

Praktisches Bewertungsmodell von Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die Nutzung von Biogas im deutsch- chinesischen Vergleich

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

1. Betreuer: Prof. Dr. Roland Baumhauer
2. Betreuerin: Prof. Dr. Barbara Sponholz

Vorgelegt im März 2010 von:
Chenxing Wang
aus Liaoning (China)

1. Prüfer: Prof. Dr. Roland Baumhauer
 2. Prüfer: PD Dr. Ralf Klein
- der mündlichen Prüfung

Tag der mündlichen Prüfung: 21. Juli 2010

Doktorurkunde ausgehändigt am:

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	11
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	14
1 EINLEITUNG	17
1.1 Einführung in die Untersuchung	17
1.2 Ziel der Untersuchung	20
1.3 Verlauf der Untersuchung	23
1.4 Kurzvergleich Deutschland und China	24
1.4.1 Geographische Grundlage China	24
1.4.2 Kurzvergleich Deutschland und China	27
2 GRUNDLEGENDE BEGRIFFE	33
3 STAND DER FORSCHUNG	40
3.1 Energieverbrauch und Nutzung von Erneuerbaren Energien	40
3.1.1 Bevölkerung und Energieverbrauch	40
3.1.2 Nutzung von Erneuerbaren Energien	43
3.2 Stand der Forschung zur Biogasnutzung	46
3.2.1 Geschichtliche Entwicklung der Biogasnutzung	48
3.2.2 Biogaserzeugung	49
3.2.3 Substratversorgung der Biogasnutzung	54
3.2.4 Anlagenbau bei der Biogasnutzung	57
3.2.5 Biogasverwertung	63
3.2.6 Aktuelle Biogasnutzung in Deutschland und China	66
3.2.7 Rechtliche Anforderungen der Biogasnutzung	72
3.3 Stand der Forschung im Klimaschutz.....	79
3.3.1 Klimaänderungen und menschliche Aktivitäten	80
3.3.2 Internationale Klimaschutzpolitik	83
3.3.3 Kyoto-Protokoll und internationaler Emissionshandel	85
3.3.4 CDM-Verfahren	90
4 METHODIK	95
4.1 Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasnutzung.....	95
4.1.1 Praktisches Verfahren der Umwelt- und Klimaschutzbilanz	95
4.1.2 Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung der Biogasnutzung	98
4.2 Bewertung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten	100
4.2.1 Umweltrisikobewertung für Biogasnutzung	101
4.2.2 Betriebliche Standortbewertung für das Biogasnutzungsprojekt	105
4.2.3 Praktische Umweltbewertungsverfahren für die Biogasnutzung in Deutschland	110
5 ERGEBNISSE	116
5.1 Ermittlung der relevanten Umweltfaktoren für die Biogasnutzung	116
5.1.1 Substratversorgung	116

5.1.2	<i>Anlagenbau</i>	117
5.1.3	<i>Biogasverwertung</i>	119
5.1.4	<i>Relevante Umweltkriterien für die Biogasnutzung</i>	120
5.2	Quantifizierung der Umweltkriterien	121
5.2.1	<i>Einstufung der Bewertungsskala</i>	121
5.2.2	<i>Luftverunreinigungen</i>	122
5.2.3	<i>Lärm</i>	124
5.2.4	<i>Andere Umweltkriterien</i>	125
5.2.5	<i>Eigener Energieverbrauch</i>	126
5.2.6	<i>Veränderung des Landschaftsbildes</i>	127
5.2.7	<i>Flächenbedarf</i>	128
5.2.8	<i>Entfernung der Substratlieferanten zur Biogasanlage</i>	132
5.3	Bewertung nach Klimaschutzaspekten	132
5.3.1	<i>Ermittlung der Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten</i>	133
5.3.2	<i>Quantifizierung der Kriterien</i>	134
5.3.3	<i>Bewertungskriterien für CDM-Projekte</i>	138
5.4	Erstellung des Bewertungsmodells für die Biogasnutzung	143
5.4.1	<i>Basischeckliste</i>	143
5.4.2	<i>Bewertungskriterien und -standard nach Umweltaspekten</i>	143
5.4.3	<i>Bewertungsschema nach Umweltaspekten</i>	149
5.4.4	<i>Bewertungskriterien und -standard nach Klimaschutzaspekten</i>	153
5.4.5	<i>Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland</i>	160
5.4.6	<i>Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in China</i>	163
5.4.7	<i>Unterschiede des Bewertungsschemas zwischen Deutschland und China</i>	167
5.5	Anwendung des Bewertungsmodells auf Fallbeispiele	169
5.5.1	<i>Fallbeispiele in Deutschland</i>	169
5.5.2	<i>Fallbeispiele in China</i>	199
5.5.3	<i>Ergebnisvergleich zwischen Deutschland und China</i>	229
6	DISKUSSION	234
7	ZUSAMMENFASSUNG	241
8	LITERATURVERZEICHNIS	245
	ANHANG I: CHECKLISTE DER VOR-ORT-ARBEIT IN DEUTSCHLAND	253
	ANHANG II: PROJEKTVERBUNDENE VOR-ORT-CHECKLISTE DER FIRMA UMR FÜR DEUTSCHLAND-BEISPIELANLAGE 1	258
	ANHANG III: CHECKLISTE IN CHINA (CHINESISCH) 沼气利用现场调查表	261
	ANHANG IV: KYOTO-PROTOKOLL (AUSZUG)	265
	ANHANG V: CHECKLISTE CDM-PROJECT IDENTIFICATION (CDM-PIN)	275

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1-1: Grundlagenvergleich Deutschland und China (CNSA 2008; WIKI 2008; BFAI 2008; BBC 2010).....	29
Tabelle 1-2: Vergleich der Umweltgesetzsysteme in Deutschland und China (eigene Darstellung. Datenquelle: UMWELTRECHT 2009; CMU 2008, 2010).....	31
Tabelle 3-1: Entwicklungsplan (2010 u. 2020) für Erneuerbare Energien in China und Deutschland (eigene Darstellung, Datenquelle: CMER 2008; DEUTSCHES EEG 2004 UND 2009).....	44
Tabelle 3-2: Wichtige Einflussfaktoren für die Biogaserzeugung (eigene Darstellung, Datenquellen: HAUER 1993; OECHSNER 2000; OSTEROTH 1992; JÄKEL & MAU 2003).....	52
Tabelle 3-3: Einheiten und ihre Abkürzungen für die Biogasproduktion.....	53
Tabelle 3-4: Biogasausbeuten für verschiedene Energiepflanzen (zusammengestellt nach EDER & SCHULZ 2006; FNR 2004 UND KTBL 2006).....	55
Tabelle 3-5: Biogasausbeuten für verschiedene Wirtschaftsdünger (zusammengestellt nach EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004).....	56
Tabelle 3-6: Biogasausbeuten für verschiedene organische Abfälle (eigene Darstellung, Datenquelle: EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004).....	57
Tabelle 3-7: Mögliche Technologien und Baumaterialien für den Fermenterbau (in Anlehnung an EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004).....	61
Tabelle 3-8: Vor- und Nachteile von Zündstrahlmotoren und Gasmotoren (nach FNR 2004; MÜLLER 2006; MUFV RHEINLAND-PFALZ 2007).....	62
Tabelle 3-9: Grenzwerte der Schadstoffemission für verschiedene Motoren (TA-LUFT 2002).....	63
Tabelle 3-10: Literaturangaben zu Wärmeproduktion und -nutzung.....	64
Tabelle 3-11: Unterschiede beim Substrat der Biogasnutzung in Deutschland und China (eigene Darstellung).....	68
Tabelle 3-12: Biogasnutzungspotenziale in Deutschland (Datenquelle: FNR 2008, KARPENSTEIN-MACHAN 2005).....	70
Tabelle 3-13: Biogasnutzungspotenziale in China bei Tierhaltung (Eigene Darstellung, Datenquelle: CMFL 2008, KARPENSTEIN-MACHAN 2005).....	71
Tabelle 3-14: Rechtliche Anforderungen für die Biogasnutzung (eigene Darstellung, nach UMWELTRECHT 2009).....	75
Tabelle 3-15: Betriebliche Anforderungen für die Biogasnutzung (nach STMUGV 2004, geändert).....	75
Tabelle 3-16: Rechtliche Anforderungen für Biogasanlagen in China (eigene Darstellung).....	77
Tabelle 3-17: Vergleich des deutschen EEG (2009) und des chinesischen EEG (eigene Darstellung).....	78
Tabelle 3-18: Klimawirksamkeit der 6 wichtigsten Treibhausgase (IPCC 2001).....	88
Tabelle 3-19: Beträge der Registrierungsgebühren (UNFCCC, EB23).....	92
Tabelle 3-20: Geforderte Dokumentationen für die CDM-Zustimmung in Deutschland und China (BMU 2007B; CCCHINA 2008).....	93
Tabelle 4-1: Vier Schritte für die Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung (ISO 14040-14043; FNR 2006A).....	96
Tabelle 4-2: Beschreibung der Risikoklassen in der Versicherungswirtschaft (eigene Darstellung, vgl. EIPPER 1995).....	101
Tabelle 4-3: Standortbezogene Umweltbewertung (nach BNatSchG 2008 & EIPPER 1995).....	107
Tabelle 4-4: Rechtlicher Schutzstatus von Natur und Landschaft nach dem Bundesnaturschutzgesetz (nach BNatSchG 2008).....	107
Tabelle 4-5: Risikobewertung der Nutzungsgebiete (nach BauNVO 1993 & EIPPER 1995).....	108
Tabelle 4-6: Bewertungsfaktoren für die betriebliche Standortbewertung (nach ROHRMÜLLER 2008; HÖLTING U.A. 1995).....	109
Tabelle 4-7: Biogasanlagengrößen gemäß dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (nach UVPG & EIPPER 2006).....	113
Tabelle 5-1: Überblick der relevanten betrachteten Umweltauswirkungen der Biogasnutzung (eigene Darstellung).....	116

Tabelle 5-2: Relevante Bewertungskriterien für Umweltauswirkungen bei der Substratversorgung (eigene Darstellung).....	116
Tabelle 5-3: Relevante Bewertungskriterien beim Anlagenbau (eigene Darstellung).....	118
Tabelle 5-4: Relevante Bewertungskriterien bei der Biogasverwertung (eigene Darstellung)	119
Tabelle 5-5: Relevante Umweltkriterien mit Emissionspfaden (eigene Darstellung)	120
Tabelle 5-6: Erweitertes Bewertungsschema für die vorliegende Arbeit (eigene Darstellung)	122
Tabelle 5-7: Luftverunreinigungen durch Biogasanlagen (eigene Darstellung).....	122
Tabelle 5-8: Referenzwerte für die Emissionsbelastung durch Luftverunreinigungen (eigene Darstellung)	123
Tabelle 5-9: Bewertungsschema für allgemeine Belastungen durch Luftverunreinigung bei unterschiedlichen BGA-Typen (eigene Darstellung).....	124
Tabelle 5-10: Immissionsrichtwerte nach der TA Lärm (eigene Darstellung. Datenquelle: TA LÄRM 1998)	124
Tabelle 5-11: Bewertungsschema nach allgemeiner Lärmbelastung für verschiedene Gebietsnutzungen (eigene Darstellung)	125
Tabelle 5-12: Bewertungsschema für den Austritt wassergefährdender Stoffe und andere Schadstoffe (eigene Darstellung)	126
Tabelle 5-13: Bewertungsschema zu den Kriterien „eigener Energieverbrauch“ und „Vergärungstemperatur“ (eigene Darstellung).....	127
Tabelle 5-14: Bewertungsschema für die Veränderung des Landschaftsbildes durch bauliche Anlagen	127
Tabelle 5-15: Bewertungsschema für die Veränderung des Landschaftsbildes durch Anbauflächen.....	128
Tabelle 5-16: Vorgehensweise zur Berechnung der nötigen Substratgewinnungs-/Stallflächen (WIRL 2008, geändert).....	129
Tabelle 5-17: Nötige Mengen sowie Energiepflanzenanbauflächen ausgewählter Substrate für eine 500 kW-Anlage (WIRL 2008, geändert)	130
Tabelle 5-18: Eigenschaften der Energiepflanzen I und II (eigene Darstellung).....	130
Tabelle 5-19: Nötige Mengen sowie Stallflächen ausgewählter Wirtschaftsdünger als Substrate für eine 500 kW-Anlage (WIRL 2008, geändert)	130
Tabelle 5-20: Bewertungsschema zum Thema Flächenbedarf für Energiepflanzen (eigene Darstellung)	131
Tabelle 5-21: Referenzwerte zum durchschnittlichen Flächenverbrauch zum Bau der Biogasanlage mit unterschiedlicher Leistungskapazitäten (eigene Darstellung, Datenquelle: WIRL 2008).....	131
Tabelle 5-22: Bewertungsschema zum Kriterium des Flächenverbrauchs zum Bau der Biogasanlage (eigene Darstellung)	131
Tabelle 5-23: Bewertungsschema zum Kriterium Flächenbedarf (eigene Darstellung)	131
Tabelle 5-24: Bewertungsschema zur Entfernung der Anbauflächen von der Biogasanlage mit Energiepflanzen (eigene Darstellung)	132
Tabelle 5-25: Relevante Emissionspfade von Treibhausgasen bei der Biogasnutzung (eigene Darstellung)	133
Tabelle 5-26: Relevante Kriterien der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	134
Tabelle 5-27: Bewertungsschema nach Treibhausgasemission für Substratversorgung (eigene Darstellung).....	136
Tabelle 5-28: Bewertungsschema nach wichtigen Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	136
Tabelle 5-29: Bewertungsschema zur Biogasverwertung nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	137
Tabelle 5-30: Bewertungsschema von Gutschriften nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	138

Tabelle 5-31: Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren für CDM-Projekte (eigene Darstellung, vgl. UBA 2008, 2009).....	140
Tabelle 5-32: Projekttypen für kleine CDM-Projekte (eigene Darstellung, Datenquelle: UNFCCC 2006)	142
Tabelle 5-33: Bewertungsschema beim CDM-Verfahren (eigene Darstellung).....	142
Tabelle 5-34: Wichtige Bewertungskriterien nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)...	143
Tabelle 5-35: Bewertungsstandards der Substratversorgung (Teil I) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	144
Tabelle 5-36: Bewertungsstandards des Anlagenbaus (Teil II) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	146
Tabelle 5-37: Bewertungsstandards der Biogasverwertung (Teil III) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	148
Tabelle 5-38: Bewertungsschema nach Umweltaspekten für Biogasnutzung (eigene Darstellung)	149
Tabelle 5-39: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	150
Tabelle 5-40: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	151
Tabelle 5-41: Abstufung der Bewertungsklassen der 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	152
Tabelle 5-42: Wichtige Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	153
Tabelle 5-43: Bewertungsstandards der Substratversorgung (Teil I) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	154
Tabelle 5-44: Bewertungsstandards des Anlagenbaus (Teil II) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	155
Tabelle 5-45: Bewertungsstandards der Biogasverwertung (Teil III) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	156
Tabelle 5-46: Bewertungsstandards des CDM-Verfahrens (Teil IV) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	157
Tabelle 5-47: Zusammenstellung: Bewertung der Ergebnisse nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung).....	161
Tabelle 5-48: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die Bewertung nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (eigene Darstellung)	161
Tabelle 5-49: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten und Gesamtbewertung für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung)	162
Tabelle 5-50: Abstufung der Bewertungsklassen der 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung)	163
Tabelle 5-51: Zusammenstellung: Bewertung der Ergebnisse nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung)	164
Tabelle 5-52: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung).....	165
Tabelle 5-53: Zusammenstellung für Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten und Gesamtbewertungen für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung).....	167
Tabelle 5-54: Abstufung der Bewertungsklasse der 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung).....	167
Tabelle 5-55: Abstufung der Bewertungsklasse der Gesamtbewertungsergebnisse für das Bewertungsschema für China (eigene Darstellung)	169
Tabelle 5-56: Abstufung der Bewertungsklasse der Gesamtbewertungsergebnisse für das Bewertungsschema für Deutschland (eigene Darstellung).....	169
Tabelle 5-57: Kurze technische Beschreibung der Deutschland-Beispielanlage I (eigene Darstellung)	171

Tabelle 5-58: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	173
Tabelle 5-59: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	173
Tabelle 5-60: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	174
Tabelle 5-61: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	174
Tabelle 5-62: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	176
Tabelle 5-63: Bewertungsergebnisse für den Anlagenbau (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	177
Tabelle 5-64: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	177
Tabelle 5-65: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	177
Tabelle 5-66: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	178
Tabelle 5-67: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 1 (eigene Darstellung)	179
Tabelle 5-68: Kurze technische Beschreibung der Deutschland-Beispielanlage 2 (eigene Darstellung)	181
Tabelle 5-69: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	182
Tabelle 5-70: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	183
Tabelle 5-71: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	183
Tabelle 5-72: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	184
Tabelle 5-73: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	186
Tabelle 5-74: Bewertungsergebnisse für den Anlagenbau (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	186
Tabelle 5-75: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	186
Tabelle 5-76: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	187
Tabelle 5-77: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	187
Tabelle 5-78: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 (eigene Darstellung)	189
Tabelle 5-79: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	191
Tabelle 5-80: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	192
Tabelle 5-81: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	192
Tabelle 5-82: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	193
Tabelle 5-83: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	195
Tabelle 5-84: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	195

Tabelle 5-85: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	195
Tabelle 5-86: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	196
Tabelle 5-87: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für die Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	196
Tabelle 5-88: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung)	198
Tabelle 5-89: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	200
Tabelle 5-90: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	201
Tabelle 5-91: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	202
Tabelle 5-92: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	202
Tabelle 5-93: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	204
Tabelle 5-94: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	204
Tabelle 5-95: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	205
Tabelle 5-96: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	205
Tabelle 5-97: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	206
Tabelle 5-98: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung)	208
Tabelle 5-99: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	211
Tabelle 5-100: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	211
Tabelle 5-101: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	212
Tabelle 5-102: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)	212
Tabelle 5-103: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	214
Tabelle 5-104: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	215
Tabelle 5-105: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	215
Tabelle 5-106: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	215
Tabelle 5-107: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	216
Tabelle 5-108: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung)	218
Tabelle 5-109: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	220
Tabelle 5-110: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	221
Tabelle 5-111: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	222

Tabelle 5-112: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....	222
Tabelle 5-113: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	224
Tabelle 5-114: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	224
Tabelle 5-115: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	225
Tabelle 5-116: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....	225
Tabelle 5-117: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)	226
Tabelle 5-118: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung).....	228
Tabelle 5-119: durchschnittliche Punktergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Bewertungen nach Umweltaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)	230
Tabelle 5-120: durchschnittliche Punktergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung).....	232
Tabelle 5-121: durchschnittliche Punktergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Gesamtbewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)	233

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Abbildung 1-1 : Die größten Treibhausgasemittenten (nach GERMANWATCH 2008).....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 1-2 : Topographische Karte Chinas (WIKI 2008).....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 1-3 : BIP-Entwicklung und jährliche Wachstumsrate der einzelnen Sektoren im Zeitraum von 1978 bis 2005 (eigene Darstellung, Datenquelle: CNSA 2008).....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 1-4 : Politische Weltkarte mit Lagevergleich Deutschland und China (nach MAPSOFWORLD 2008).....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 3-1 : Weltweites Bevölkerungswachstum und Energieverbrauch im Vergleich (WEO 2008).....</i>	<i>40</i>
<i>Abbildung 3-2 : Anteile am globalen Energieverbrauch (eigene Darstellung. Datenquelle: BP 2007).....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 3-3 : Verteilung des Energieverbrauchs in China und Deutschland 2006 (eigene Darstellung, Datenquelle: CNSA 2008, BMWi 2009).....</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 3-4 : Mögliche Arten der Erneuerbaren Energien (leicht geändert, nach KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997).....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 3-5 : Mögliche Nutzungsarten von Biomasse (geändert, KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997).....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 3-6: Verfügbarkeit der Biomasse (Biogasnutzung) im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energieträgern und die Anteile der Erneuerbaren Energien an der einzelnen Energieformen der Endenergieverbrauch in Deutschland (eigene Darstellung).....</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 3-7 : Energieumwandlung und CO₂-Kreislauf der Biogasnutzung (eigene Darstellung).....</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 3-8 : Biogasentstehungsprozesse nach der anaeroben Vergärung (nach EDER & SCHULZ 2006; HAUER 1993).....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 3-9 : Schematischer Aufbau einer Biogasanlage (WIKI 2008).....</i>	<i>58</i>
<i>Abbildung 3-10 : Entwicklung der Anzahl und Gesamtleistung der Biogasanlagen in Deutschland (UVE 2009).....</i>	<i>66</i>
<i>Abbildung 3-11 : Temperaturtrends in den letzten 150 Jahren (IPCC-WG1 2007).....</i>	<i>82</i>
<i>Abbildung 3-12 : Wichtige Entwicklungsphasen für internationale Klimaschutzpolitik mit Schwerpunkt „Emissionshandel“ (eigene Darstellung).....</i>	<i>84</i>
<i>Abbildung 3-13 : Grundlegende Ausgestaltungsvarianten des umweltökonomischen Instrumentes handelbarer Emissionszertifikate. Schematische Darstellung ohne Aussage über die Höhe realer Caps und Baselines, absolut oder im Verhältnis zueinander (nach ROTHE 2004, S. 5).....</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 3-14 : Emissionshandelsystem und Zusätzlichkeitsanforderungen für JI- und CDM-Projekte (nach ROTHE 2004, geändert).....</i>	<i>89</i>
<i>Abbildung 3-15 : CDM-Zustimmungsverfahren in China (eigene Darstellung, Datenquelle: CMER 2009).....</i>	<i>94</i>
<i>Abbildung 4-1 : Treibhausgasemission aus dem Energiepflanzenanbau für die Biogasnutzung (HEIERMANN & PLÖCHL 2002, S. 102) („l.i.“ bedeutet Anwendung niedrig konzentrierter Pflanzenschutzmittel, „h.i.“ mit hoch konzentrierter Pflanzenschutzmittel).....</i>	<i>99</i>
<i>Abbildung 4-2: Wesentliche direkte und indirekte Umwelteinwirkungen einer Biogasanlage (nach EIPPER 1995).....</i>	<i>100</i>
<i>Abbildung 4-3: Praktischer Ablauf eines Bewertungsverfahrens für ein Biogasnutzungsprojekt (in Anlehnung an EIPPER 1995, S. 138).....</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 4-4: Prüfungsliste für ein genehmigungsbedürftiges Biogasnutzungsprojekt (UMR 2009).....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 4-5: Umweltbelastungen eines Biogasnutzungsprojektes über alle Umweltpfade (eigene Darstellung).....</i>	<i>115</i>

<i>Abbildung 5-1 : Transportkostenvergleich zwischen Untersuchungsbeispielen A, B und C von Mitterleitner (MITTERLEITNER U.A. 2007, S.11).....</i>	<i>132</i>
<i>Abbildung 5-2 : Treibhausgasemissionen von Anbau, Transport und Lagerung verschiedener in Biogasanlagen eingesetzter Energiepflanzen; Bezugseinheit: 1 kg organisches Trockensubstanz (oTS) (BACHMAIER & GRONAUER 2007, S. 8).....</i>	<i>135</i>
<i>Abbildung 5-3 : Wertigkeit der 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten im Bewertungsschema (eigene Darstellung).....</i>	<i>152</i>
<i>Abbildung 5-4 : Wertigkeiten der Multiplikatoren und der durchschnittlichen Punkte von der 4 Themenbereiche für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (eigene Darstellung).....</i>	<i>163</i>
<i>Abbildung 5-5 : Wertigkeitenvergleich der 4 Teile für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten zwischen Deutschland und China (eigene Darstellung).....</i>	<i>168</i>
<i>Abbildung 5-6: Luftbild der Deutschland-Beispielanlage 1 mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (Anlagenumrisse mit roten Linien) (UMR 2007; Google Earth, License ID: 561092887602642).....</i>	<i>170</i>
<i>Abbildung 5-7 : Überblick der Deutschland-Beispielanlage 1 (Foto von CHENXING WANG). 170</i>	<i>170</i>
<i>Abbildung 5-8 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....</i>	<i>176</i>
<i>Abbildung 5-9 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....</i>	<i>179</i>
<i>Abbildung 5-10: Luftbild des Standorts der Deutschland-Beispielanlage 2 (Rechteck) und der 2 externen Substratlagern (Kreis) mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (UMR 2007; Google Earth, License ID: 561092887602642).....</i>	<i>180</i>
<i>Abbildung 5-11 : Foto von der Deutschland-Beispielanlage 2 (links: Hauptfermenter, rechts: Silage) (Fotos von CHENXING WANG).....</i>	<i>180</i>
<i>Abbildung 5-12 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung).....</i>	<i>185</i>
<i>Abbildung 5-13: Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung).....</i>	<i>188</i>
<i>Abbildung 5-14 : Topographische Karte mit Standort der Deutschland-Beispielanlage 3 (blauer Kreis) mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (UMR 2009).....</i>	<i>189</i>
<i>Abbildung 5-15: Vor-Ort-Fotos von der Deutschland-Beispielanlage 3 (UMR 2009).....</i>	<i>190</i>
<i>Abbildung 5-16: Lageplan der Behälter und Gebäude von der Deutschland-Beispielanlage 3 (UMR 2009).....</i>	<i>190</i>
<i>Abbildung 5-17 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung).....</i>	<i>194</i>
<i>Abbildung 5-18: Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung).....</i>	<i>197</i>
<i>Abbildung 5-19 : Risikoprofil der Gesamtbewertung und Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die drei Beispielanlagen in Deutschland im Vergleich (eigene Darstellung).....</i>	<i>198</i>
<i>Abbildung 5-20 : Das China-Beispielprojekt 1 in Innere Mongolei mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Foto: CHENXING WANG).....</i>	<i>200</i>
<i>Abbildung 5-21 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung).....</i>	<i>203</i>
<i>Abbildung 5-22 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung).....</i>	<i>208</i>
<i>Abbildung 5-23 : Standorte der Biogasanlagen des China-Beispielprojekt 2 mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Google Earth, License ID: 561092887602642).....</i>	<i>209</i>

<i>Abbildung 5-24 : Überblick der Biogasanlage Hexi: eine der Anlagen des China-Beispielprojekt 2 (Foto von CHENXING WANG)</i>	<i>210</i>
<i>Abbildung 5-25 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung).....</i>	<i>214</i>
<i>Abbildung 5-26 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung).....</i>	<i>218</i>
<i>Abbildung 5-27 : Trockenfermentation mit liegendem Fermenter und Rührwerk des China-Beispielprojekt 3 mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Foto von Chenxing Wang)</i>	<i>219</i>
<i>Abbildung 5-28: Liegender Fermenter mit dem Gasspeicher und das originale Design-Bild des China-Beispielprojekt 3 in China (CHENXING WANG & XIN XIANG).....</i>	<i>220</i>
<i>Abbildung 5-29 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung).....</i>	<i>223</i>
<i>Abbildung 5-30 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung).....</i>	<i>228</i>
<i>Abbildung 5-31 : Risikoprofil der Gesamtbewertung und der Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die drei China-Beispielprojekte im Vergleich (eigene Darstellung).....</i>	<i>229</i>
<i>Abbildung 5-32 : Risikoprofil im Vergleich der Bewertung nach Umweltaspekten für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung).....</i>	<i>230</i>
<i>Abbildung 5-33 : Risikoprofil im Vergleich der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung).....</i>	<i>231</i>
<i>Abbildung 5-34 : Risikoprofil im Vergleich der Gesamtbewertung für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung).....</i>	<i>232</i>
<i>Abbildung 7-1: Biogasnutzung ist ein wichtiger Knotenpunkt für Umweltschutz, Klimaschutz, Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung (eigene Darstellung)</i>	<i>241</i>

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a	Jahr
AA	Assigned Amount. Obergrenze an THG-Emissionen, die ein Annex B-Land während der ersten Verpflichtungsperiode von 2008-2012 emittieren darf.
a.a.O.	am angeführten/angegebenen Ort
AAU	Assigned Amount Unit. Handelbare Teileinheit der Gesamtemissionen (AA). Nach den Regeln von Artikel 17 des Kyoto-Protokolls entspricht eine AAU einer metrischen Tonne CO ₂ -Äquivalent.
bbf	Das Barrel (englisch für Fass) ist eine Maßeinheit des Raums (Flüssigkeiten, siehe Raummaß). Hier gilt es für Erdölprodukte: 1bbf. (U.S.)=158,987.294.928 10 ⁻³ m ³ (Liter)
bfai	Bundesagentur für Außenwirtschaft
BGA	Biogasanlage
BHKW	Blockheizkraftwerk
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMWi	Bundesministerium für Wissenschaft und Technologie
C	China
CDM	Clean Development Mechanism
CER	Certified Emission Reductions. Bezeichnung für Emissionsgutschriften, die durch CDM-Projekte erzeugt werden. CERs sind im Rahmen des EU-Emissionsrechtehandels zur Erfüllung der Reduktionsverpflichtungen einsetzbar.
CMER	Chinesisches Ministerium für Entwicklung und Reform
CMfL	Chinesisches Ministerium für Landwirtschaft
CNSA	Chinesisches Nationales Statistikamt
CO ₂ e	Kohlendioxidäquivalent. Eine Tonne CO ₂ e ist eine metrische Tonne Kohlendioxid oder eine Menge eines anderen Treibhausgases mit dem gleichen Erderwärmungspotential wie 1 t CO ₂ .
COP	<i>Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change</i> . Die Vertragsstaatenkonferenz ist das höchste Gremium der Klimarahmenkonvention von 1992, wo Länder auf höchster Ebene über notwendige Schritte zum Klimaschutz verhandeln. Laut Konvention tagt diese einmal jährlich. Nach der Ratifizierung des Kyoto Protokolls wird die COP als Treffen für die Vertragsstaaten (Meeting of Parties; MOP) dienen.
CMU	Chinesisches Ministerium für Umweltschutz
d	Tag
D	Deutschland
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
DIN	DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
DOE	Die <i>Designated Operational Entity</i> prüft entweder das Projektdesign im CDM-Anerkennungsverfahren (Validierung) oder ist für die Verifizierung und Zertifizierung zuständig. Sie ist beim Executive Board zu akkreditieren.
DNA	Designated National Authority (DNA)
EB	Executive Board. Das Executive Board ist der CDM-Verwaltungsrat und die supranationale Autorität für die Registrierung und Anerkennung von CDM-Projekten.
EIA	Environmental Impact Assessment (UVP)
ERU	Emission Reduction Unit. Bezeichnung für die Gutschriften (Emissionsminderungseinheiten), die durch JI-Projekte erzeugt werden.
EMEs	Emerging Market Economies (EMEs)
ESCAP	United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific
ET	Emission Trading
et al.	und andere (lateinisch)
EUA	EU-Allowances. Emissionsberechtigungen, die auf Antrag an die vom EU-Emissionshandel betroffenen Unternehmen von den Regierungen der EU-Mitgliedstaaten ausgegeben werden. Sie beinhalten die Befugnis zur Emission von 1 metrischen t CO ₂ in einem bestimmten Zeitraum im Rahmen des europäischen Emissionshandels.
EXX	European Energy Exchange AG
EZH-RL	EU-Emissionszertifikatrichtlinie 2003/87/EG
Fe	Fermenter
FVB	Fachverband Biogas e.V.

FSU	Staaten der früheren Sowjetunion
ggf.	gegebenenfalls
GHG	THG
GIS	Geographisches Informationssystem
GWP	Global Warming Potential
i.d.R.	in der Regel
insg.	insgesamt
IETA	International Emissions Trading Association
IW1	Langzeitwert in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft
IW2	Kurzzeitwert in der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft
JI	Joint Implementation. Nach Artikel 6 des Kyoto-Protokolls werden JI-Projekte zwischen zwei Annex I-/Annex B-Ländern durchgeführt. Sie haben die Erzeugung und den Transfer von ERU zum Ziel.
K I	Teil I (Substratversorgung) bei der Bewertung nach Klimaschutzaspekten (Bewertungsschema)
K II	Teil II (Anlagenbau) bei der Bewertung nach Klimaschutzaspekten (Bewertungsschema)
K III	Teil III (Biogasverwertung) bei der Bewertung nach Klimaschutzaspekten (Bewertungsschema)
K IV	Teil IV (CDM-Verfahren) bei der Bewertung nach Klimaschutzaspekten (Bewertungsschema)
KP	Kyoto-Protokoll
KS	gesamte Bewertungen nach Klimaschutzaspekten (Bewertungsschema)
kWh _{el}	elektrische Kilowattstunde (für Strom)
kWh _{th}	thermische Kilowattstunde (für Wärme)
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
m ³	Kubikmeter
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MIK	Maximale Immissionskonzentration von VDI Richtlinie 2310 Blatt 26
Nach E	Nach der biologischen Entschwefelung
Ng	Nachgärer
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
OPEC	Die Organisation Erdöl exportierender Länder (von engl. Organization of the Petroleum Exporting Countries) ist eine im Zeitraum vom 10. bis 14. September 1960 in Bagdad gegründete internationale Organisation.
OECD	Die Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development) ist eine internationale Organisation von 30 Ländern, die sich den Prinzipien der Demokratie und Marktwirtschaft verpflichtet fühlen. Die meisten OECD-Mitglieder gehören zu den Ländern mit hohem Pro-Kopf-Einkommen und gelten als entwickelte Länder. Sitz der Organisation ist Paris in Frankreich.
oTS	organische Trockensubstanz
ORC	Der Organic Rankine Cycle (Abkürzung ORC) ist ein Verfahren des Betriebs von Dampfturbinen mit einem anderen Arbeitsmittel als Wasserdampf. Als Arbeitsmittel werden organische Flüssigkeiten mit einer niedrigen Verdampfungstemperatur verwendet.
PCF	Prototype Carbon Fund. Fonds der Weltbank zur Förderung von Pilotprojekten des JI und CDM.
PDD	Project Design Document. Verbindliche Vorgabe für die Dokumentation eines Projektes, die im Falle des CDM und beim Track 2 JI erstellt werden muss und auf dessen Basis von der DOE bzw. der IE über die Zulassung von Projekten zu den Verfahren des JI und CDM entschieden wird.
PIN	Project Idea Note. Kurze Projektinformation als Voraussetzung für die Unterbreitung eines Projektes
ppb	parts per billion = 10 ⁻⁹ = Teile pro Milliarde
ppm	parts per million = 10 ⁻⁶ = Teile pro Million (steht für einen in Millionstel Teile ausgedrückten Zahlenwert, so wie Prozent (%) für Hundertstel steht)
ppt	parts per trillion = 10 ⁻¹² = Teile pro Billion
PPP	Purchasing Power Parity, der englische Begriff für Kaufkraftparität
PVC	Polyvinylchlorid, ein Kunststoff
RÖE	Rohöleinheit
SKE	Steinkohleneinheit
t	Tonne

TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
THG	Treibhausgase. Als relevante Treibhausgase sind im Kyoto-Protokoll festgelegt worden: Kohlendioxid (CO ₂), Methan (CH ₄), Distickstoffoxid (N ₂ O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (F-FKW/HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PCF) und Schwefelhexafluorid (SF ₆)
TS	Trockensubstanz [kg/m ³]
u.ä.	und ähnlich
u.a.O.	und anderen Orten
UA	Gesamtbewertung nach Umweltaspekten (Bewertungsschema)
UBA	Umweltbundesamt
U I	Teil I (Substratversorgung) bei der Bewertung nach Umweltaspekten (Bewertungsschema)
U II	Teil II (Anlagenbau) bei der Bewertung nach Umweltaspekten (Bewertungsschema)
U III	Teil III (Biogasverwertung) bei der Bewertung nach Umweltaspekten (Bewertungsschema)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change. Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen aus dem Jahre 1992, der inzwischen über 180 Staaten beigetreten sind.
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
ü. NN	über Normal-Null
VER	Verified Emission Reductions. Emissionsminderungsgutschrift über 1 metrische Tonne CO ₂ e aus einem VER-Projekt. VER sind für Verpflichtungen im EU-Emissionshandel sowie unter dem Kyoto-Protokoll nicht anrechenbar.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VO	Verordnung
VOC	flüchtige organische Verbindungen
WKA	Windkraftanlage
z.T.	zum Teil

1 Einleitung

Der Klimaschutz ist die größte umweltpolitische Herausforderung. Klimaforscher sehen zahlreiche Indizien dafür, dass der Klimawandel bereits begonnen hat. Eines davon ist der Umstand, dass von den zehn heißesten Jahren seit Beginn der weltweiten Temperaturaufzeichnungen in der Mitte des 19. Jahrhunderts sieben auf das letzte Jahrzehnt entfielen. Nach Einschätzung vieler Wissenschaftler ist diese Entwicklung mit hoher Wahrscheinlichkeit auch auf menschlichen Einfluss zurückzuführen (IPCC-WG1 2007). Deshalb müssen die vom Menschen verursachten Emissionen von Treibhausgasen - besonders das bei Verbrennungsprozessen entstehende Kohlendioxid (CO₂) - weltweit drastisch gesenkt werden.

Das Zusammenspiel von Klimaschutz und immer knapper werdenden fossilen Rohstoffen sorgt seit der jüngeren Vergangenheit für einen Boom der Erneuerbaren Energien. Davon ist Biogasnutzung in Deutschland neben Wind- und Sonnenenergieprojekten einer der wichtigsten Bestandteile der Erneuerbaren Energien geworden. In China ist die Situation der Biogasnutzung zwar kompliziert aber auch immer wichtiger geworden.

1.1 Einführung in die Untersuchung

Energie und Klimaschutz sind zwei Begriffe, die in Bezug auf das zukünftige Leben auf unserem Planeten nicht nur sehr eng miteinander verbunden, sondern auch von elementarer Wertigkeit sind. Die fossilen Energieträger wie Kohle, Öl und Erdgas erzeugen nicht nur enorme Mengen an schädlichen Treibhausgasen, sie gehen auch in absehbarer Zeit ihrem Ende entgegen. So gehört es für Wissenschaftler und Politiker zu den vorrangigen Aufgaben, dafür Sorge zu tragen, dass über die Entwicklung neuer innovativer Energietechnologien die Weichen für eine Wende in der sicheren Versorgung mit Energie gestellt werden. Die Technologie für Biogasnutzung gehört schon dazu.

Klimawandel, Umweltverschmutzung sowie Rohstoffmangel sind alle hochaktuell in den Medien, gleichzeitig stellen sie auch brisante Forschungsthemen für Naturwissenschaftler dar. Sie zeigen den ständigen Konflikt zwischen menschlicher Aktivität und natürlicher Umwelt auf. In China werden solche Konflikte in höchstem Maße sichtbar.

Ende der 1960er Jahre entstand eine Umweltbewegung, die innerhalb von nur ein paar Jahren in den westlichen Industrieländern zu einem wachsenden Umweltbewusstsein führte. Umfassende Maßnahmen zur Einhaltung des Umweltschutzes waren die Folge. In China war dies die Zeit der Kulturrevolution, daher hatte diese Umweltbewegung keinen Einfluss auf die Volksrepublik. 1972 fand die erste Umweltkonferenz der UN in Stockholm statt. Einen tiefen Schock brachte die so genannte „Erdölkrise“ im Jahr 1973, die besonders die Begrenztheit der Rohstoffvorkommen verdeutlichte. Die Umwelt- und Rohstoffproblematik war ein zentrales Thema in der Gesellschafts- und Wirtschaftspolitik der westlichen Industrieländer wie Deutschland (vgl. UNFCCC 2008). Das erste Umweltprogramm in Deutschland wurde im Jahr 1971 verkündet. 1974 entstand in Berlin das Bundesumweltamt. Zu seinen wichtigsten Zielen gehört es, das Informationssystem zur Umweltbelastung zu verbessern, und Aufklärung der Bevölkerung zu betreiben.

Bei dem heutigem Verbrauch und der aktuell praktizierten Nutzungstechnik werden in den nächsten 30 - 40 Jahren die Vorräte an Erdöl versiegen und in etwa 50 - 60 Jahren erschöpft sein. Bei kontinuierlich ansteigendem Energieverbrauch könnte die Erschöpfung sogar noch früher erfolgen (vgl. UNFCCC 2008). Selbst unter Einbezug der Rohstoffressourcen, die nur unter deutlich erhöhten Kosten und höheren Umweltbelastungen zu fördern sind, erhöht sich die Nutzungsdauer nur um einige Jahrzehnte. Man kann somit sagen, dass das Zeitalter von Erdöl und Erdgas zu Ende geht.

In den letzten Jahren stand die Besorgnis um den Klimawandel und auch die spezielle Sorge um die schlimmere Umweltverschmutzung in den so genannten Entwicklungs- und Schwellenländern noch stärker im Blickpunkt der Öffentlichkeit. Den Anfang machten die Industrieländer wie Deutschland, darauf folgten die Entwicklungs- und Schwellenländer wie China. Die Gefahr eines globalen Klimawandels wurde durch zahlreiche internationale politische und wissenschaftliche Konferenzen bestätigt, davon war die wichtigste der Welt-Klima-Gipfel in Rio de Janeiro im Jahr 1992. Die Internationale Gemeinschaft akzeptierte das Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen zum Thema Klimaänderungen (Klimarahmenkonvention, UNFCCC). Fünf Jahre später einigten sich die Vertragsparteien der UNFCCC im so genannten Kyoto-Protokoll auf verbindliche Minderungs- oder Stabilisierungsverpflichtungen für Treibhausgasemissionen. Im Kyoto-Protokoll verpflichteten sich die Industrieländer und einige Schwellenländer (Anlage I-Länder), ihre Treibhausgasemissionen innerhalb des Zeitraums von 2008 bis 2012 um insgesamt fünf Prozent unter das Niveau von 1990 zu senken. Die Verpflichtungen zur Emissionsminderung variieren jedoch von Land zu Land. Dieses Abkommen ist die Grundlage für die Schaffung eines internationalen Marktes für Emissionszertifikate (vgl. UNFCCC 2006, Kap. 3.3.2).

Ein simples chemisches Molekül - CO₂ - hat sich zu einer Verbindung von höchster politischer, wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Brisanz entwickelt. Der seit dem Ende des letzten Jahrhunderts rapide weltweite Anstieg des Energiekonsums und die Zunahme der Verbrennung fossiler Rohstoffe, führten in einer kurzen Zeitspanne zu einer in der Erdgeschichte nie dagewesenen CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Dies wird auch als wichtige Ursache des Klimawandels gesehen.

Allein in China leben bereits heute über 1,3 Milliarden Menschen, mehr als 20% der Weltbevölkerung. China ist seit 2010 auf Platz 2 der "Weltrangliste" der wirtschaftlich stärksten Länder aufgestiegen. Zum Ausgleich des Wachstums der chinesischen Bevölkerung und Landflucht benötigt China ein jährliches Wachstum von mindestens 8% (BBC 2010). In gleichem Maße wächst derzeit noch der Energiebedarf. Bereits jetzt übersteigt insbesondere der Elektrizitätsbedarf oftmals das vorhandene Angebot und verlangsamt so die mögliche wirtschaftliche Entwicklung. Erreichten die 1,3 Milliarden Chinesen das Wohlstandsniveau europäischer Verbraucher, wären die Welt und ihre Rohstoffe nicht mehr ausreichend.

Die Welt-Rohstoffmärkte sind angespannt wie noch nie. Die Ölpreise kletterten am 11.07.2008 auf neue Höchststände. Ein Barrel der US-Sorte West Texas Intermediate (WTI) zur Auslieferung im August stieg im Handelsverlauf bis auf 147,27 US-Dollar (N24 2008) an. Die Weltmarktpreise für Steinkohle stiegen im Jahr 2008 um 40 Prozent.

CO₂-Emissionen entstehen aus Verbrennungsprozessen (u.a. zur Energieerzeugung), nur mittelbar durch Energieverbrauch. Das 10%ige Wirtschaftswachstum Chinas ist maßgebliche Ursache dafür, dass die Nachfrage nach einigen Rohstoffen das Angebot zunehmend übersteigt. Gleichzeitig wachsen Energieverbrauch und Umweltbelastung. Bereits heute werden in China, dem zweitgrößten CO₂-Emittenten der Welt, rund 80% der CO₂-Emissionen durch den Energieverbrauch verursacht (vgl. *Abbildung 1-1*). Der Bedarf an Erneuerbaren Energien wird in der ganzen Welt, besonderes in China weiter ansteigen.

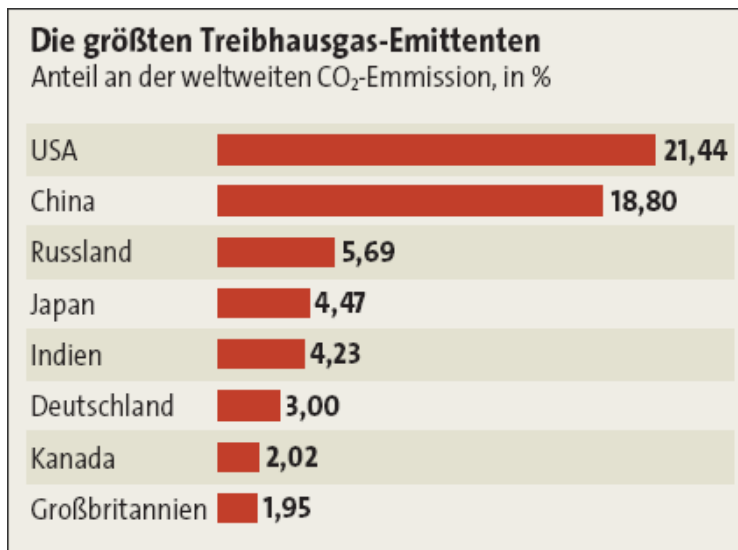


Abbildung 1-1 : Die größten Treibhausgasemittenten (nach GERMANWATCH 2008)

Abbildung 1-1 zeigt, dass China mit 18,8% der weltweiten CO₂-Emissionen nach den USA der zweitgrößte CO₂-Emittent der Welt geworden ist. Nach Schätzungen der Internationalen Energiebehörde (IEA) liegt Deutschland, mit einem Anteil von 3% der weltweiten CO₂-Emissionen, in der Rangliste auf Platz 6. Manche Experte schätzten, dass China die USA als größter CO₂-Verursacher schon im Jahr 2009 abgelöst haben sollten (SPIEGEL 2009c) Hierzu gibt es aber noch keine offizielle Daten bei der IEA.

Theoretisch ermöglichen die erneuerbaren Energiequellen den teilweisen Ersatz fossiler Energieträger. Dies leistet einen wirksamen Beitrag im Kampf gegen den Klimawandel. Die stark klimagefährdenden Industrieländer (Deutschland ist hiervon betroffen) müssen bis zur zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts knapp die Hälfte ihrer Energie aus erneuerbaren Energiequellen decken (Agenda 21 2008). Als zweitgrößter Treibhausgas-Emittent (vgl. *Abbildung 1-1*) muss auch China einen Beitrag dazu leisten. Ohne Chinas Mitwirken gibt es keine Möglichkeit, das gemeinsame internationale Ziel zu erreichen.

Im Rahmen der erneuerbaren Energieträger nimmt die Biogasnutzung eine bedeutsame Rolle ein. Um das eingangs genannte internationale Ziel zu erreichen, geht es nicht nur darum, die alternativen Verfahren zu forcieren, sondern auch ihre Auswirkungen auf Umwelt und Klimaschutz bei deren Auswahl zu berücksichtigen. Die verschiedenen Verfahren der Energieerzeugung sind deshalb nicht nur ökonomisch, sondern auch ökologisch miteinander zu vergleichen. Voraussetzung für einen solchen Vergleich ist eine optimale Verfahrensgestal-

tung. Bei der Biogasnutzung reicht dies von der Bereitstellung bzw. der Erzeugung der Substrate, über verlustarme Lagermethoden und der Biogasproduktion an sich, bis hin zur Ausbringung und dem bedarfsgerechten Einsatz der Gärreste. Beispielsweise kann der Methanverlust aus offenen Endlagern die bestehenden Umweltvorteile nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten eliminieren.

1.2 Ziel der Untersuchung

Bislang gibt es noch kein Bewertungsmodell von Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die Nutzung von Biogas. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der energetischen Biogasnutzung. Ziel ist es, in Kooperation mit der UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko Service mbH, die Möglichkeiten zur energetischen Biogasnutzung in Deutschland und China darzustellen, zu diskutieren und damit die Basis für eine Bewertung zu schaffen. Dabei werden sowohl die umweltwissenschaftlichen, technischen, rechtlichen, politischen und wirtschaftlichen Grundlagen dargestellt, als auch Kenngrößen erarbeitet, um damit ein einfaches, verständliches und transparentes Bewertungsmodell für Deutschland und China herzustellen. Im Folgenden gilt es, die relevanten Chancen, Potentiale und Unsicherheiten der energetischen Biogasnutzungsprojekte in Deutschland und China zu erkennen, und einen Weg zur systematischen Bewertung aufzuzeigen.

Die vorliegende Arbeit verfolgt daher drei Hauptziele: zum Ersten wird identifiziert, welche Umwelt- und Klimaschutzaspekte für die energetische Biogasnutzung wichtig sind. Zum Zweiten wird ein Bewertungsmodell erarbeitet. Zum Dritten wird verglichen und diskutiert, welche Unterschiede und Potenziale es bei der Biogasnutzung in Deutschland und China gibt.

Knappheit der Rohstoffe und Umweltprobleme fordern eine Erneuerung der modernen Energiestruktur. Die Entwicklung von Nutzungstechniken erneuerbarer Energien ist ein richtiger Weg, die Biogasnutzungstechnologie stellt davon einen wichtigen Teil dar.

Der Bedarf an Technologien zur Biogasnutzung wird in China weiter ansteigen. Aber die Verwendung der modernsten und umweltverträglichsten Technologien ist mit einer eigenständigen Finanzierung der Entwicklungsländer bisher jedoch kaum im benötigten Ausmaß möglich. Den so entstehenden zukünftigen Energiebedarf mit erneuerbaren Energien zu decken, scheint daher ohne Unterstützung durch die Industrieländer kaum möglich. Als eine internationale Klimaschutzmaßnahme ist die Entwicklung von CDM-Projekten eine gute Möglichkeit. Die Gestaltung einer erneuerbaren Energieversorgung in den Entwicklungsländern wie China kann daher nicht allein ein nationales Interesse der jeweiligen Länder sein. Vor dem Hintergrund von Diskussionen, wie sie beispielsweise über die internationale Klimapolitik, sowie CDM-Projekte, geführt werden, geht es auch darum, die Notwendigkeit einer internationalen Energiepolitik aufzuzeigen.

Die Nutzung von Biogas hat bereits eine sehr lange Geschichte. Im Folgenden werden Gründe genannt, warum sie aus Sicht des Autors eine der wichtigsten erneuerbaren Energien darstellt:

- Biogas ist der einzige erneuerbare Energieträger, der durch einen biologischen Abbauprozess von Biomasse entsteht.
- Im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energieträgern zeigt Biogasnutzung in Deutschland die beste Wirtschaftlichkeit mit dem gleichzeitig geringsten Aufwand an Hardware.
- Im Vergleich mit anderen EE-Projekten brauchen Biogasnutzungsprojekte am wenigsten natürliche, klimatische Voraussetzungen.
- Durch Biogasnutzungsprojekte können Treibhausgasemissionen reduziert werden.
- In Deutschland können durch Biogasnutzungsprojekte Energierohstoffimporte minimiert werden.
- In China kann durch Biogasnutzungsprojekte der Anteil der Stromerzeugung aus Kohle minimiert werden. Sie stellen auch einen großen Beitrag zum Umweltschutz dar.
- Biogasnutzungsprojekte, die mit Einsatz von Wirtschaftsdünger und Abfall funktionieren, können in beiden Ländern große Beiträge leisten.
- Biogasnutzungsprojekte sind eine ideale Maßnahme für nationale und internationale Umwelt- und Klimaschutzpolitik.
- Biogasnutzungsprojekte werden von staatlichen Förderungsprogrammen (in Deutschland und auch China) stark unterstützt.
- Biogasnutzungsprojekte sind für CDM-Verfahren gut geeignet. Besonders in Nicht-Anlage I-Ländern, wie z.B. China, bekommt der Projektinhaber durch Emissionshandel zusätzlich finanzielle Unterstützung.

Die Nutzung von Biogas zur Erzeugung von Strom und Wärme oder als Treibstoff für Kraftfahrzeuge birgt ein hohes Potenzial zur Steigerung der Nachhaltigkeit im Energiebereich. Dieses Potenzial ist sowohl in Deutschland als auch in China noch lange nicht ausgeschöpft. Besonders mit dem Anreiz der EEG-Novellierung von 2004 und 2009 besitzt Deutschland weltweit führende Biogasnutzungstechnologie. Die Biogasnutzung hat in Deutschland in vielen Bereichen bereits einen hohen Entwicklungsstand. Bundesweit sind derzeit über 4100 Biogasanlagen mit installierten Gesamtleistungen von 1435 MW (Stand 2008) (AFEE 2009) in Betrieb. Im Jahr 2007 wurde 650 Millionen Euro in die Errichtung von Neuanlagen und die Erweiterung bestehender Anlagen investieren (AFEE 2009).

Die Biogasnutzung hat auch in China eine lange Geschichte. Allein die Biogasnutzungsprojekte, die als Haushaltsbiogasanlage betrieben werden, haben schon eine jahrzehntelange Tradition. Im Jahr 2008 erzeugten den umweltfreundlichen Brennstoff zum überwiegenden Teil die 18 Millionen autarken Haushaltsanlagen in kleinstem Maßstab (CMFL 2009). In diesem Bereich hat China ausreichende Erfahrungen, aber die Technologie unterscheidet sich stark von der in Deutschland.

Seit einigen Jahren sind Großbiogasanlagen mit Kapazitäten von über 500 kW installierter elektrischer Leistung auch in China besonders gefragt. Bis 2009 wurden in China insgesamt nur vier große Biogasnutzungsprojekte mit elektrischen Leistungen zwischen einem und drei Megawatt in Betrieb genommen. Derzeit sind 90 weitere Projekte mit jeweils über einem Megawatt Leistung in Planung (CMFL 2009). In diesem Bereich hat China recht wenig Erfahrung. Für die Biogasnutzungstechnologie mangelt es den chinesischen Anlagenplanern und Bauunternehmen häufig an Sachkompetenz, was die Innovationspotenziale beschränkt. Außerdem werden speziell Großanlagen vor dem Hintergrund der hohen Preiskonkurrenz oft mit kurzlebigen Technikkomponenten und Baumaterialien gebaut.

Generell liegt die Entwicklung von effizienten und energieoptimierten großen Biogasanlagen noch immer mindestens zehn Jahre hinter dem deutschen Stand der Technik zurück. Dies eröffnet deutschen Unternehmen eine Reihe von Geschäftsmöglichkeiten. Aussichtsreich erscheinen zum Beispiel generelle Dienstleistungen für Anlagenbetreiber, die Lieferung von Zubehörteilen sowie von Mess- und Regeltechnik, die Entwicklung hocheffizienter Fermentationstechnologien, die Einführung von neuen Materialien für Fermenterbau und Gasspeicher, Komponenten zur Hochdruck-Biogasspeicherung, Blockheizkraftwerke mit effizienter Wärmenutzung sowie Ausbildungsangebote im Bereich der Technologieentwicklung.

Steigende Umwelt- und Klimaschutzansprüche in China erfordern Großbiogasanlagen auf technologisch hohem Niveau. Das ist auch ein wichtiger Grund, warum in vorliegender Arbeit China mit Deutschland verglichen werden soll.

Die Biogasnutzung ist derzeit schon eine wichtige Grundlage für Erneuerbare Energien in Deutschland. Allein im Jahr 2008 betrug die Stromproduktion aus Biogas ca. 9,2 Mrd. kWh, das entspricht ca. 1,5% am gesamten Stromverbrauch in ganz Deutschland (AFEE 2009). Im Gegensatz dazu spielt in China die Stromproduktion aus Biogas immer noch keine Rolle.

In Deutschland existiert ein komplettes Gesetzsystem für die Biogasnutzung (vgl. Tabelle 1-2), von der EU-Ebene, über die Bundesebene bis auf die Landesebene. China hat schon einige Gesetze und Regelungen für die Biogasnutzung, aber für ein komplettes Gesetzsystem braucht China noch einige Zeit. Durch die Zusammenarbeit zwischen chinesischer und deutscher Regierung hat China in dieser Branche schon teilweise deutsche Erfahrungen übernommen, und auch die vorliegende Arbeit kann einen Teil dazu beitragen.

Es gibt allerdings in China momentan noch eine Reihe von Hindernissen für die erfolgreiche Biogasnutzung. Ein Hauptproblem ist, dass die Politik in China gegenwärtig die Wirtschaftlichkeit der Nutzung nicht ausreichend unterstützt. Gefördert werden gezielt der Bau und weniger der wirklich erfolgreiche Betrieb von Biogasanlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien. So gibt es kaum spezifische Anreize für die Produktion und Nutzung von Biogas und seinen Restprodukten. Auch wird die gesamte, bei der Biogaserzeugung entstehende Produktpalette - Gas, Strom, Wärme und Dünger - nicht optimal vermarktet. Es herrscht Klarheit darüber, dass in Deutschland mit Biogasnutzungsprojekten „Geld verdient“ werden kann. Aber in China weisen die Biogasnutzungsprojekte trotz der Förderungsprogramme und Vergütungsmaßnahmen immer noch eine schlechte Wirtschaftlichkeit auf. Angekurbelt werden Biogasnutzungsprojekte in China zudem durch die Förderung als Klimaschutzmaßnahmen

(so genannt CDM-Verfahren) des weltweiten Emissionshandels. Insofern sind die Klimaschutzmaßnahmen auch ein wichtiges Thema in der vorliegenden Arbeit.

1.3 Verlauf der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit bezog sich auf die Struktur, die Bewertung von Biogasnutzungsprojekten und auch die Anerkennung als Klimaschutzprojekt wie z.B. den CDM-Projekten. Dementsprechend wurden in der ersten Phase des Projektes geowissenschaftliche, umweltwissenschaftliche, energiewissenschaftliche, technische, rechtliche und klimaschutzpolitische Daten der energetischen Biogasnutzung gesammelt und analysiert, die dann, in der zweiten Phase, in einem Bewertungsmodell über Beispielanlagen in Deutschland und China zusammengeführt wurden. Dieses Bewertungsmodell soll es ermöglichen, aus der Vielzahl an möglichen Handlungsoptionen, unter Berücksichtigung der jeweiligen Stärken und Schwächen und auch von Umwelt- und Klimaschutzaspekten passende energetische Biogasnutzungsprojekte zu identifizieren.

Im Rahmen dieser Arbeit werden daher die Möglichkeiten einer erneuerbaren Energieerzeugung am Beispiel der Biogasnutzung in Deutschland und China unter Umwelt- und Klimaschutzaspekten untersucht. Des Weiteren wird erörtert, wie ein Bewertungsmodell in beiden Ländern hergestellt und aufgebaut werden kann, welche Optimierungsmöglichkeiten bestehen und welche Chancen, Risiken sowie Potentiale es gibt.

In diesem Einleitungskapitel wird ein Überblick und die Zielsetzung der Arbeit vorgestellt, sowie ein Vergleich der Grundlagen in Deutschland und China gegeben.

Im Kapitel 2 werden die grundlegenden Begriffe erklärt.

Im Kapitel 3 wird der aktuelle Stand der Forschung dargestellt. Zwei wichtige Teile sind Klimaschutz und Biogasnutzung.

Nach diesen Einleitungen werden in Kapitel 4 verschiedene Methoden, die wichtig für die ganze Arbeit sind, dargestellt. Es wird auf geographische Ansätze, die bisherige Entwicklung der internationalen Klimaschutzpolitik, die Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasnutzung, das Kyoto-Protokoll und den Emissionshandel, CDM-Verfahren sowie die umweltwissenschaftliche und betriebliche Bewertung der Biogasnutzung in Deutschland eingegangen. Dieses Kapitel dient als Basis für das Verständnis der nachfolgenden Kapitel, in denen die verschiedenen Optionen zur Energieerzeugung nicht mehr detailliert erläutert werden.

Kapitel 5 ist der Hauptbestandteil dieser Arbeit. Zuerst wird eine Basischeckliste für Biogasnutzungsprojekte in Deutschland und China erstellt, die bei Vor-Ort-Untersuchung durchgearbeitet wird. Es erfolgt zunächst die Erstellung des Bewertungsmodells für Biogasnutzung unter umwelt- und klimaschutzbezogenen Faktoren. Dann wird auf Beispiele der energetischen Biogasnutzung in Deutschland und China eingegangen. Abschließend werden die erwartete Herstellung und der Aufbau eines Bewertungsmodells dargestellt. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

In Kapitel 6 werden die Chancen, Risiken und Vorschläge zu einer realistischen Einschätzung der Entwicklung der energetischen Biogasnutzung in Deutschland und China diskutiert.

Schließlich folgt ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung.

Eine kurze Zusammenfassung folgt in Kapitel 7.

Wichtige Tabellen, betroffene rechtliche Regelungen sowie internationales Abkommen werden separat im Anhang aufgeführt.

Ich hoffe, dass durch meine Arbeit in China mehr in die zukunftsweisende Biogasnutzungstechnologie investiert wird. Des Weiteren hoffe ich, dass in Deutschland und China mehr klimaneutrale Biomasse genutzt, Treibhausgasemissionen vermieden und damit ein Beitrag zum nachhaltigen Umwelt- und Klimaschutz geleistet wird.

1.4 Kurzvergleich Deutschland und China

1.4.1 Geographische Grundlage China

China ist ein Land mit einer großen räumlichen Ausdehnung und einer Bevölkerung von 1,3 Milliarden Menschen. Es hat nach Russland und Kanada mit einer Fläche von 9,6 Mio. km² die drittgrößte Ausdehnung der Welt. China liegt zwischen dem 18. und 53. nördlichen Breitengrad und dem 75. und 135. östlichen Längengrad und umfasst so einen großen Teil von Ost- und Zentralasien. Vom nördlichsten bis zum südlichsten Punkt des Landes beträgt die Entfernung rund 4.000 km, vom östlichsten zum westlichsten Punkt ca. 4.800 km. Über 5.000 Inseln unterschiedlichster Größe, wie z. B. die Provinz Hainan, aber auch Atolle geringer Größe gehören zum chinesischen Territorium. 13,5 % der Fläche sind bewaldet und 9,6 % sind Ackerland (vgl. CNSA 2008).

China gliedert sich in 22 Provinzen, 4 regierungsunmittelbare Städte, 2 Sonderverwaltungszone und 5 autonome Regionen, nachgeordnet 117 Regierungsbezirke und 218 bezirksfreie Städte, 2.142 Verwaltungseinheiten auf Kreisebene und die Gemeindeebene mit etwa 50 000 Gemeinden. Im Süden befinden sich Hongkong und Macau (die 2 Sonderverwaltungszone) (vgl. CNSA 2008). Hongkong war ehemals britische Kronkolonie und ist seit 1997 chinesische Sonderverwaltungszone. Macau wurde erst am 20. Dezember 1999 von Portugal an China zurückgegeben. Taiwan wird als Bestandteil der Volksrepublik betrachtet.

Die Volksrepublik China besitzt eine Vielfalt unterschiedlicher Landschaften. Ein Drittel der Landesfläche ist bergig, zum Teil mehr als 4.000 m über dem Meeresspiegel, hingegen sind nur rund 12 % des Landes Flachland. Somit liegen 65% der gesamten Landesfläche von Norden nach Süden oberhalb von 1.000 m. 20% liegen zwischen 500 m und 1.000 m und ca. 15% niedriger als 500 m. Tiefster Punkt ist die Turüamsenke, welche 154 m unter dem Meeresspiegel liegt. Das Land kann in neun Großregionen eingeteilt werden. Das Hochgebirge des Westchinesischen Berglands nimmt fast den ganzen Westen und große Teile des Zentrums ein, nur im Nordwesten weicht es dem flachen Tarimbecken mit der Wüstenlandschaft Taklamakan. Im Norden liegen die Tafellandschaften der Inneren Mongolei mit Anteilen an der Wüste Gobi. Südlich an diese Randregion schließt sich das Nordchinesische Bergland an, dem nach Süden die Stromlandschaften des unteren Changjiang folgen. Noch weiter südlich erstreckt sich das Südchinesische Bergland. Den zentralen Osten Chinas, zwischen Peking und dem Mündungsgebiet des Chanjiang, nimmt die große Ebene des Chinesischen

Tieflandes ein. Im Nordosten des Landes liegt der langgestreckte Gebirgszug des Großen Hingan (vgl. CNSA 2008).

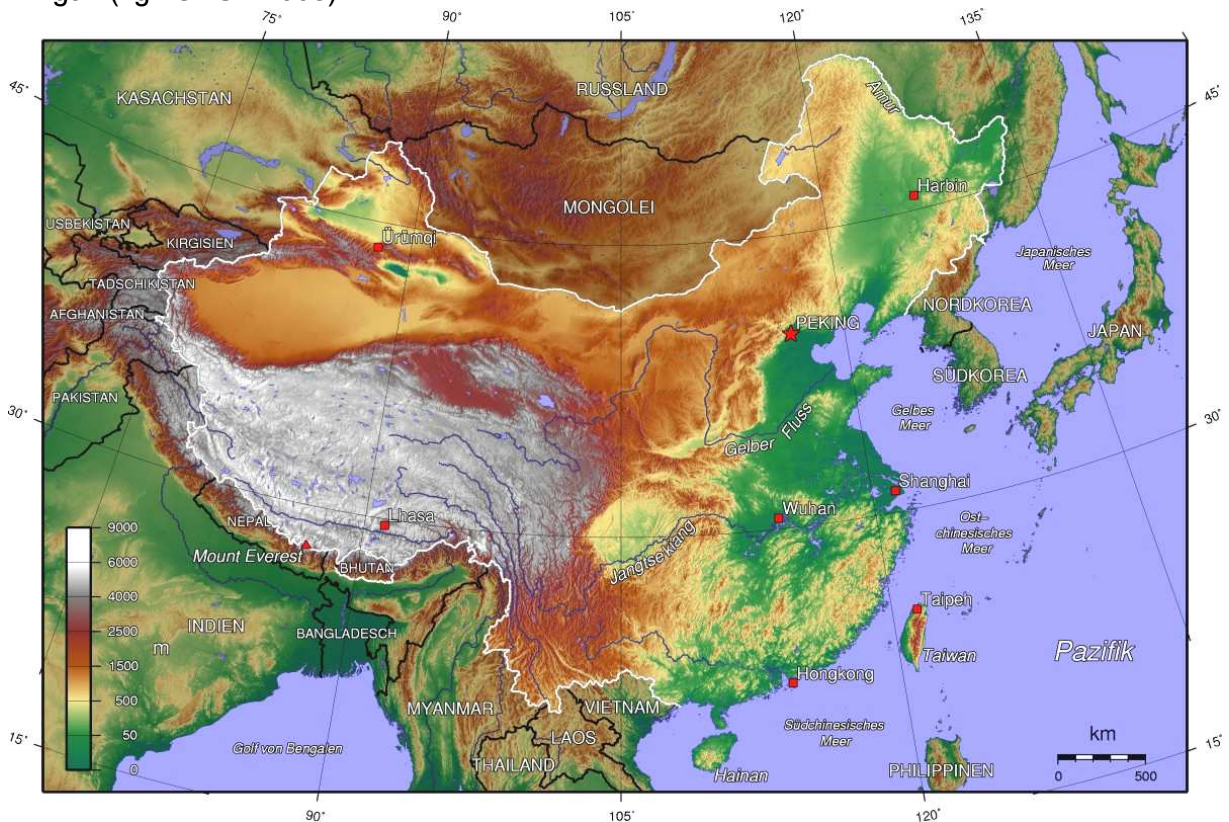


Abbildung 1-2 : Topographische Karte Chinas (WIKI 2008)

Wie in *Abbildung 1-2* zu sehen, erstreckt sich an der Grenze zu Nepal der Hauptkamm des Himalaja mit einigen der höchsten Berggipfel der Welt: Mount Everest (Qomolangma Feng 8.848 m), Lhotse Shar (8.516 m), Makalu (8.463 m) und Cho Oyu (8.201m). Das nördlich des Himalajas gelegene Hochland von Tibet ist mit einer durchschnittlichen Höhe von mehr als 4.500 m das höchste Tafelland der Erde und gilt als das „Dach der Welt“.

Die bedeutendsten Flüsse Chinas entspringen im Westchinesischen Bergland. Der 6.300 km lange Changjiang (Yangtzejiang) und der 5.464 km lange Huanghe münden ins Ostchinesische bzw. ins Gelbe Meer. Die größten Seen Chinas sind der Qinghai Hu mit 5.000 km², der Dongting Hu mit 3.100 km² und der Poyang Hu mit 2.700 km² Oberfläche (vgl. CNSA 2008).

Aufgrund seiner enormen Größe hat China Anteile an mehreren verschiedenen Klimazonen. Sie reichen vom kontinentalen Klima der zentralasiatischen Wüste über das Hochgebirgsklima bis zum ausgeprägt tropischen Klima im Süden. Im Norden sinken die Temperaturen während des Winters auf bis zu -15°C, während im Süden im Januar durchschnittlich 8°C gemessen werden.

Mit einer Gesamtbevölkerungszahl von 1.321 Mio. Menschen im Jahre 2007 ist China das bevölkerungsreichste Land der Welt vor Indien, USA und Indonesien. Die durchschnittliche Lebenserwartung beträgt 71 Jahre (Stand 2007, CNSA 2010).

Ca. 91 % der Bevölkerung sind Han Chinesen, 8,04 % gehören Minoritätengruppen an. Die offizielle Landessprache ist Mandarin. Die 7 unterschiedlichen Dialekte, die im Land gesprochen werden, und die Vielfalt der verschiedenen Schriftzeichen stellen jedoch ein Verständigungsproblem dar. Die Analphabetenquote bei den Erwachsenen beträgt 11 %, das sind 16 % der Frauen und 6 % der Männer (Stand 2005, CNSA 2008).

Der größte Teil der Bevölkerung lebt im Südosten Chinas, während der nordwestliche Teil dünn besiedelt ist. So wird für die im Osten Chinas gelegene Provinz Jiangsu eine Bevölkerungsdichte von 676 Personen pro km², für die westliche Provinz Qinghai jedoch nur eine Bevölkerungsdichte von 6 Personen pro km² angegeben. 90 % der Bevölkerung leben auf nur rund 15 % der gesamten Fläche Chinas (Stand 2005, CNSA 2008).

Von den 59 größten Städten der Welt (Einwohner über 3 Mio., ohne Vorortgürtel) im Jahre 2005 lagen 11 in China und eine in Deutschland (Berlin). Hierzu zählt die größte Stadt Chinas, Shanghai, mit 18 Mio. Einwohnern und einer jährlichen Wachstumsrate von 0,96 % im Jahr 2005. Peking, die Hauptstadt Chinas, gehört mit 15,4 Mio. Einwohnern ebenfalls dazu. Hier lag die jährliche Wachstumsrate im Jahr 2005 bei 1,09% (Stand 2005, CNSA 2008).

Im Jahre 2007 lebten 44,94 % der Gesamtbevölkerung Chinas in Städten. Für das Jahr 2025 wird erwartet, dass sich der Anteil der Stadtbewohner auf 55 % der Gesamtbevölkerung erhöht. 2005 gab es in China 113 Millionenstädte und insgesamt 221 Städte, in denen mehr als 500.000 Menschen lebten. Die jährliche Wachstumsrate der Stadtbevölkerung, die im Zeitraum von 1960 bis 1993 noch bei durchschnittlich 3,1 % lag, zeigt für die Jahre 1993 bis 2005 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von 4,5 %. Insgesamt lebten im Jahre 2005 562,1 Mio. Menschen in Städten. Für das Jahr 2025 wird erwartet, dass es 831,9 Mio. Stadtbewohner geben wird (CNSA 2008, CNSA 2010).

Verglichen mit Deutschland ist China noch ein Agrarstaat, weil 55,06 % (Stand 2007) der Bevölkerung, 727,5 Mio. Bevölkerung, auf dem Land leben. Insgesamt ca. 121,74 Mio. ha Flächen können agrar genutzt werden (Stand 2007, CNSA 2010). Mit einem Bruttosozialprodukt pro Kopf von 18.934 RMB (ca. 1.900 €) im Jahre 2007 gehört China als einer der größten Wirtschaftsräume der Welt nach den Kriterien der Internationalen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung (IPRD)/Weltbank noch zu den Ländern mit niedrigem Einkommen. Es existieren starke Einkommensgefälle sowohl zwischen verschiedenen Provinzen, bei denen nur einige am wirtschaftlichen Fortschritt Chinas teilhaben, als auch zwischen verschiedenen Wirtschaftszweigen und Bevölkerungsgruppen. Über 90 % der Industrie- und Agrarproduktion des Landes findet im Osten Chinas statt (CNSA 2008, CNSA 2010).

Die chinesische Wirtschaft entwickelt sich schnell. So wurde in den Jahren 1978 bis 2005 durchschnittlich ein jährliches Wachstum des Bruttoinlandsproduktes von 9,7 % erreicht, welches in 1989 bzw. 1990 auf 4,1% bzw. 3,8 % absank und in den Zeiträumen 1983 bis 1985, 1992 bis 1996, und 2003 bis 2005 jährlich zum Teil erheblich über 10 % lag (CNSA 2008).

Am chinesischen Bruttoinlandsprodukt von 18.395,6 Mrd. RMB (ca. 1.839 Mrd. €) im Jahre 2005 hatte der Sektor Industrie einen Anteil von 47 % (1994, 47 %). Der Anteil des landwirt-

schaftlichen Sektors am Bruttoinlandsprodukt lag bei 13 % (1994, 21 %), der des Sektors Dienstleistungen bei 40 % (1994, 32 %) (CNSA 2008).

Die Entwicklung der durchschnittlichen jährlichen Wachstumsraten der einzelnen Sektoren in den Zeiträumen von 1978 bis 2005 wird in der folgenden *Abbildung 1-3* dargestellt.

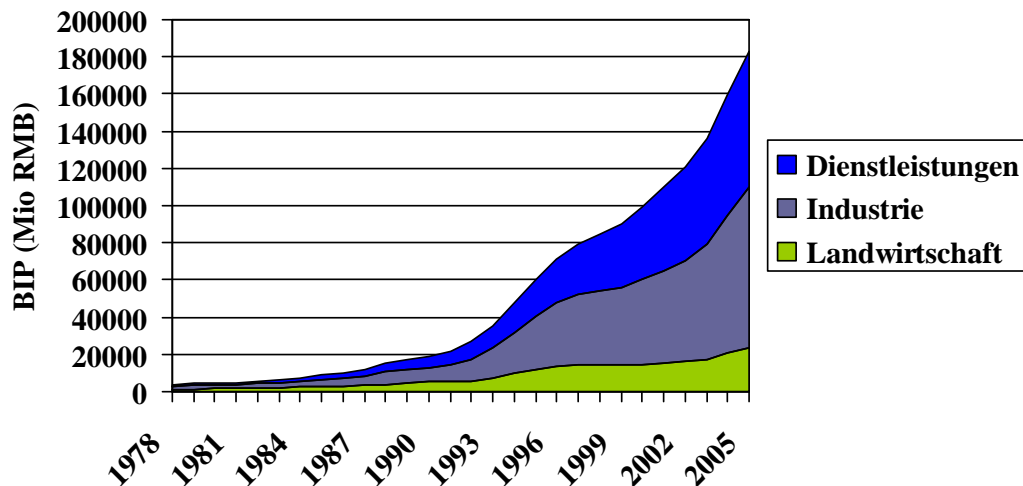


Abbildung 1-3 : BIP-Entwicklung und jährliche Wachstumsrate der einzelnen Sektoren im Zeitraum von 1978 bis 2005 (eigene Darstellung, Datenquelle: CNSA 2008)

Mit einem durchschnittlichen jährlichen Wirtschaftswachstum von 9,7 % zählte China zu den Ländern mit den höchsten Wachstumsraten weltweit. Das schnelle Wachstum führte jedoch in den letzten Jahren zu Engpässen bei der Energieversorgung, u. a. auch im Infrastrukturbereich. Trotz großer eigener Energiereserven behindert die unzureichende Elektrizitätserzeugung die wirtschaftliche Entwicklung. In den letzten Jahren konnte jedoch über Änderungen in der gesamtwirtschaftlichen Produktion die Energieintensität der Produktion verringert werden. In den Prognosen für die weitere wirtschaftliche Entwicklung nimmt die jährliche Wachstumsrate zwar ab, liegt aber mit 7,0 bis 8,5% im Jahre 2020 immer noch vergleichsweise hoch.

1.4.2 Kurzvergleich Deutschland und China

Deutschland liegt in Mitteleuropa, es grenzt an neun anderen Staaten sowie an die Nord- und Ostsee. Die Mittellage in Europa kommt vor allem im Klimacharakter zum Ausdruck, denn es handelt sich um ein Übergangsklima, das sich im Westen mehr atlantisch-maritim zeigt, während nach Osten hin zunehmend kontinentale Eigenschaften wirksam werden.

Deutschland ist relativ rohstoffarm, seine Wirtschaft ist vorwiegend auf Industrie und Dienstleistung konzentriert. Große Flächen des Landes werden landwirtschaftlich genutzt, jedoch sind nur zwei bis drei Prozent der Beschäftigten in der Landwirtschaft tätig. Deutschland ist mit einem Bruttoinlandsprodukt von etwa 3,05 Billionen US\$ (Stand 2006, CNSA 2010) vor China die drittgrößte Volkswirtschaft und Industrienation der Welt.

Zudem ist Deutschland die weltgrößte Exportnation. Beim Lebensstandard liegt Deutschland laut dem Human Development Index auf Platz 22 in der Welt. Im Jahre 2006 zog die Binnen-

nachfrage wieder an, sodass 2006 ein Wirtschaftswachstum von 2,8 Prozent erreicht wurde. Ob dies nur ein vorübergehender Effekt durch die bevorstehende Mehrwertsteuererhöhung 2007 war, bleibt abzuwarten. Auch die Zahl der Arbeitslosen stieg im Winter 2006/2007 bei weitem nicht so stark wie in den fünf vorangegangenen Wintern. Im Außenhandel ist Deutschland weiterhin sehr erfolgreich (Exporte 2006: +13 Prozent auf 894 Milliarden Euro). Das Land verzeichnet seit Jahrzehnten mit großem Abstand mehr Exporte als jedes andere Land der Welt und wird daher oft mit dem Schlagwort „Exportweltmeister“ bezeichnet (WIKI 2008).

China ist mit 9,6 Mio. km² Fläche etwa so groß wie ganz Europa. Aber China ist immer noch ein Entwicklungsland - der durchschnittliche Lebensstandard ist noch sehr niedrig. Um den deutschen Standard zu erreichen, muss sich China in den nächsten Jahrzehnten noch sehr anstrengen. Im Vergleich mit Deutschland wird China in der Zukunft noch auf viele Schwierigkeiten und Probleme stoßen, z.B. die große Bevölkerungszahlen, Sozialprobleme, Energie- und Ressourcenmangel, und natürlich auch schlimme Umweltprobleme durch diese angestrebte Entwicklung. Die geographische Lage von China und Deutschland werden in folgender *Abbildung 1-4* gezeigt:

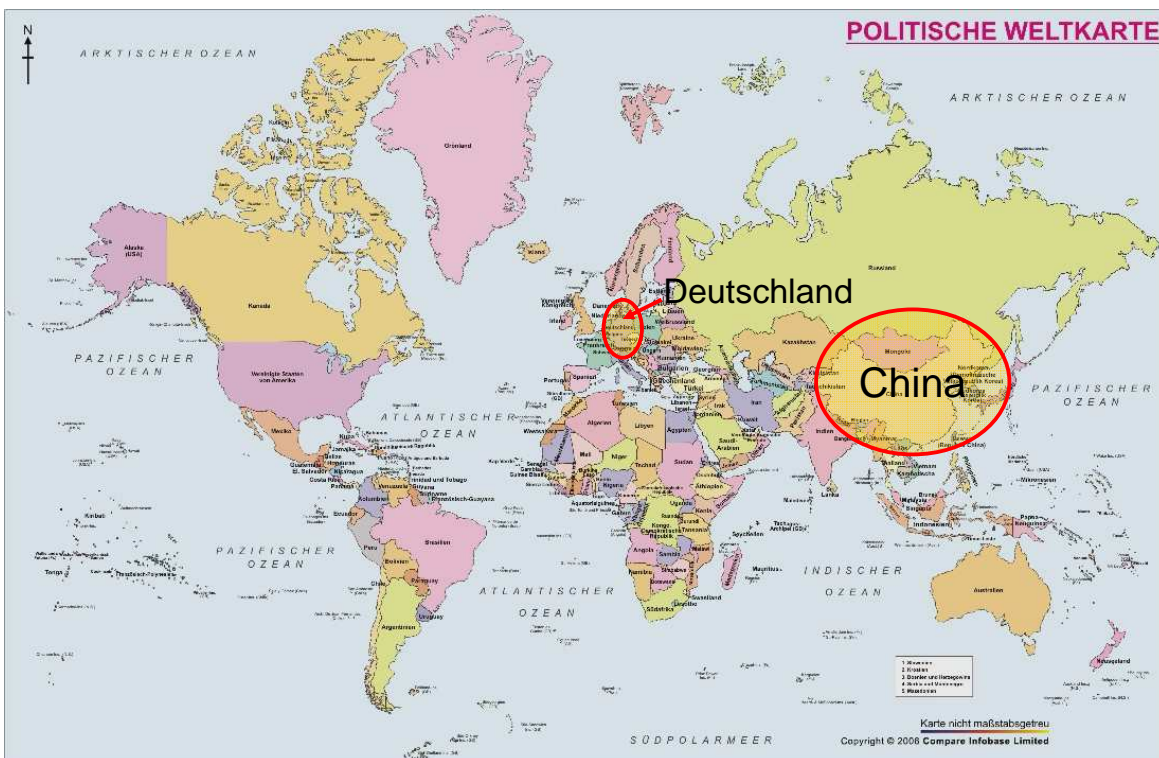


Abbildung 1-4 : Politische Weltkarte mit Lagevergleich Deutschland und China (nach MAPSOF-WORLD 2008)

China liegt im östlichen Asien und an der Westküste des Pazifiks. Deutschland liegt im westlichen Europa und nahe der Ostküste des Atlantiks. Große geographische Unterschiede bedeuten daher noch mehr Unterschiede in allen Bereichen. In der folgenden Tabelle 1-1 werden die Grunddaten von Deutschland und China parallel dargestellt:

Tabelle 1-1: Grundlagenvergleich Deutschland und China (CNSA 2008; WIKI 2008; BFAI 2008; BBC 2010)

	Deutschland	China
Lage	Mitteleuropa	Ostasien
Fläche (km²)	357.112	9.571.302
Weltrang (Fläche)	61	4
Erstes Umweltrahmengesetz	1974 (BDR); 1969 (DDR)	1979
Mitgliedschaft in regionalen Wirtschaftszusammenschlüssen	EU	APEC, ESCAP
Angrenzende Staaten	Belgien, Dänemark, Frankreich, Luxemburg, Niederlande, Österreich, Polen, Schweiz, Tschechische Republik	Vietnam, Laos, Myanmar, Bhutan, Nepal, Indien, Pakistan, Afghanistan, Tadschikistan, Kirgisistan, Kasachstan, Russland, Mongolei, Nordkorea.
Zeitzone	UTC+1=Mitteleuropäische Zeit (MEZ) mit europäischer Sommerzeit	UTC+8 = MEZ+7
Klima	Gemäßigte Klimazone durchschnittliche Jahrestemperatur 9 °C	erhebliche Klimaunterschiede zwischen Nord und Süd, West und Ost
Höchster Berg	Zugspitze 2.962 m	Mount Everest (Chomolungma) 8.848m
Längste Flüsse (schiffbar)	Rhein, Elbe, Donau	Changjiang (Yangtze), Gelber Fluss, Zhujiang, Huai Fluss
Größte Seen	Bodensee 572 km ² , Müritz 110 km ² , Chiemsee 80 km ² , Schweriner See 61 km ²	Qinghai Hu 5.000 km ² , Dongting Hu 3.100 km ² und Poyang Hu 2.700 km ²
Rohstoffe	Steinsalz, Kalisalz, Braunkohle, Steinkohle	Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Eisen, Kupfer
Einwohner 2008	81,882 Mio. (2009)	1,330 Mrd.
Weltrang (Einwohner)	15 (2009)	1
Bevölkerungsdichte (Einwohner je km²)	229	137,6
Bevölkerungswachstum (2006)	-0,2%	+0,5%
Amtssprache	Hochdeutsch	Hochchinesisch
Religionszugehörigkeit	Christen 62,5 % (Katholiken 31,4 %, Protestanten 31,1 %); Muslime 4 %; Juden 0,2 %	Verbreitete Religionen sind: Buddhismus, Daoismus, Islam, Christentum
Hauptstadt	Berlin	Beijing (Peking)
Staatsform	Demokratisch-parlamentarischer Bundesstaat seit 1949	Volksrepublik seit 1949
Verfassung	Grundgesetz (GG) von 1949 (mit Änderungen)	Verfassung von 1954 (mit Änderungen)
Staatsoberhaupt	Bundespräsident Prof. Dr. Horst Köhler	Staatspräsident Hu Jintao
Parlament	Bundestag (614 Mitglieder) und Bundesrat (69 Mitglieder)	Der Nationale Volkskongress
Regierungschef	Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel	Premierminister Wen Jiabao
Verwaltung	16 Länder	23 Provinzen, fünf autonome Gebiete,

	Deutschland	China
		vier regierungsunmittelbare Städte und zwei Sonderverwaltungszone
Währung	1 Euro = 100 Cent	1 RMB Yuan = 10 Jiao = 100 Fen
BIP 2008 (Mrd. US\$)	3.667	4.401
Weltrang (BIP) (2006/2009)	4/4	3/2
BIP je Einwohner 2008 (US\$)	44.660	3.315
Weltrang (BIP je Einwohner)	19	105
Wirtschaftswachstum 2009	+1,3 % (2008)	+8,7%
Exporte 2006	894,5 Mrd. Euro	968,9 Mrd. US\$
Weltrang (Exporte) (2006/2009)	1/2	2/1
Importe 2006	730, Mrd. Euro	791,5 Mrd. US\$
Straßennetz	Insgesamt 231.500 km davon Autobahnen 12.400 km, Bundesstraßen 41.000 km, Landstraßen 86.600 km	Insgesamt 1.930.500 km davon Autobahnen 41.000 km
Schiennetz	38.000 km	75.400 km
Binnenschifffahrt	7.500 km	123.300 km
wichtigste Binnenhäfen	Duisburg und Magdeburg	Chongqing, Wuhan, Nanjing, Zhenjiang und Nantong
Wichtigste Seehäfen	Hamburg, Wilhelmshaven, Bremen, Rostock und Lübeck	Shanghai, Guangzhou, Xiamen, Shenzhen, Ningbo, Qingdao, Tianjin und Dalian
Luftverkehr	19 internationale Flughäfen	135 Flughäfen
Wichtigste Flughäfen	Frankfurt a.M., München	Beijing, Shanghai, Hongkong und Guangzhou

Der ländliche Raum ist in Deutschland eine Ergänzung des städtischen Raums. In China ist es umgekehrt: der ländliche Raum prägt das Land. Im ländlichen Raum leben immer noch zwei Drittel der Bevölkerung. Die Landwirtschaftsentwicklung entscheidet über die politische und soziale Stabilität des Chinas. Chinas Landwirtschaft hat nicht nur die Ernährung von 1,3 Mrd. Menschen zu sichern, sie sorgt auch für über 300 Mio. Arbeitsplätze. Im Vergleich dazu sind in Deutschland zurzeit nur 3% aller Erwerbstätigen in der Landwirtschaft tätig (vgl. BÖHN & WANG 1997).

Die Wertigkeit der Umwelt wird auch in China erkannt. Aber in den Industrieländern wie Deutschland entstanden schon seit den 70er Jahren starke Umweltbewegungen. Danach wurden zahlreiche Umweltprogramme, Umweltschutztechnologien, Umweltpolitik sowie Umweltgesetze in Deutschland durchgesetzt. Nun hat Deutschland als ein weltweit umweltpolitisch und auch umwelttechnisch führender Staat ein komplettes Umweltgesetzsystem begründet. In folgender Tabelle 1-2 werden die wichtigsten Umweltgesetze in Deutschland im Vergleich mit China ausgewählt:

Tabelle 1-2: Vergleich der Umweltgesetzsysteme in Deutschland und China (eigene Darstellung. Datenquelle: UMWELTRECHT 2009; CMU 2008, 2010)

Wichtige Umweltgesetze und -politik in Deutschland	Auch in China vorhanden?	Gesetze und Politik in China
Umweltschutz als Staatsziel im Grundgesetz	Ja	Umweltschutzgesetz
Gesetz zur Errichtung eines Umweltbundesamtes	nein	
Gesetz zur Errichtung einer Stiftung „Deutsche Bundesstiftung Umwelt“	nein	
Gesetz zur Förderung eines freiwilligen ökologischen Jahres	nein	
Umweltstatistikgesetz	nein	Aber rechtliche Regelung
Gesetz über Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP/G)	Ja	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz
Umweltinformationsgesetz	nein	
Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS)	nein	
Gesetz zur Ausführung der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS)	nein	
Verordnung über immissionsschutz- und abfallrechtliche Überwachungserleichterungen für nach der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 registrierte Standorte und Organisationen	nein	
Gesetz zur Errichtung eines Bundesamtes für Naturschutz	nein	
Gesetz zu Naturschutz und Landschaftspflege	(ja)	Landschaftspflege-Gesetz; rechtliche Regelung zum Naturschutz
Tierschutzgesetz	ja	Wildtierschutzgesetz
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten	nein	
Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes	ja	Wassergesetz
Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer	ja	Gesetz zum Schutz gegen Wasserverschmutzungen
Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln	nein	
Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen	(ja)	Kreislaufwirtschaftgesetz; Gesetz zum Schutz gegen feste Abfälle
Gesetz über das in den Verkehr bringen, die Rücknahme und die umweltverträgliche Entsorgung von Elektro- und Elektronikgeräten	nein	Aber rechtliche Regelung
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	(ja)	Gesetz zum Schutz gegen Luftverschmutzung; Gesetz zum Schutz gegen Lärm
Gesetz zum Schutz gegen Luftlärm	nein	
Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen	nein	Aber rechtliche Regelung
Gesetz über die Errichtung eines Bundesamtes für Strahlenschutz	nein	
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kern-	nein	Aber rechtliche Regelung

Wichtige Umweltgesetze und -politik in Deutschland	Auch in China vorhanden?	Gesetze und Politik in China
energie und den Schutz gegen ihre Gefahren		
Gesetz zum vorsorgenden Schutz der Bevölkerung gegen Strahlenbelastung	ja	Gesetz gegen Strahlenbelastungen
Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden	ja	Energieeinsparungsgesetz
Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien	ja	Erneuerbare-Energie-Gesetz
Gesetz zur Umsetzung von Rechtsakten der Europäischen Gemeinschaft auf dem Gebiet der Energieeinsparung bei Geräten und Kraftfahrzeugen	nein	
Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung	nein	
Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen	nein	Aber rechtliche Regelung
Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen	nein	Aber rechtliche Regelung
Gesetz zur Regelung der Gentechnik	nein	
Düngemittelgesetz	nein	
Umwelthaftungsgesetz	nein	
Hochwasserschutzgesetz	ja	Gesetz gegen Überschwemmung
Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft	ja	Forstgesetz
		Gesetz gegen Verwüstung
		Grünlandschutzgesetz

2 Grundlegende Begriffe

Agenda 21

Die Agenda 21 ist ein entwicklungs- und umweltpolitisches Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert. Das Leitpapier zur nachhaltigen Entwicklung wurde 1992 von 178 Staaten auf der "Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen" (UNCED) in Rio de Janeiro beschlossen. An dieser Konferenz nahmen neben Regierungsvertretern auch viele nichtstaatliche Organisationen teil. Nachhaltige Entwicklung - und damit die Agenda 21 - ist vielerorts zur Leitlinie öffentlichen Handelns geworden. Durch anzupassende komfortable Wirtschafts-, Umwelt- und Entwicklungspolitik sollen die Bedürfnisse der heutigen Generation befriedigt werden, ohne die Chancen künftiger Generationen zu beeinträchtigen (vgl. AGENDA 21 2008, BPB 2009).

Annex-B-Staaten

Der Anhang B des Kyoto-Protokolls von 1997 beinhaltet, dass alle Länder dieser Gruppe ihre Emissionsreduzierung konkret einhalten, wie es im Kyoto-Protokoll vorgeschrieben ist. Zu diesem Anhang gehören die Anlage I-Länder ohne die Türkei und Weißrussland, dafür aber Liechtenstein, Slowenien, Monaco und Kroatien (INFO-KLIMAWANDEL 2009).

Anlage I-Länder (Annex I-Staaten)

Der erste Anhang der Klimarahmenkonvention beinhaltet, dass alle Länder dieser Gruppe ihre Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2000 auf den Stand von 1990 reduzieren. Zum Anhang 1 gehören die westeuropäischen Staaten, sowie Japan, Neuseeland, Australien, Kanada, die Türkei und die USA. Außerdem die OECD-Staaten und die ost- und mitteleuropäischen Transformationsländer. Die Länder des Anhang 1 werden auch als Industrieländer bezeichnet (INFO-KLIMAWANDEL 2009).

Anlage II-Länder (Annex II-Staaten)

Der zweite Anhang der Klimarahmenkonvention beinhaltet alle Länder der industrialisierten OECD-Staaten von 1992 (alle Anlage I-Länder ohne Transformationsländer). Diese Staaten haben sich verpflichtet Entwicklungsländer durch finanzielle Mittel zu unterstützen, um dort die Schadstoffemissionen zu verringern. Weiterhin wird der Transfer von umweltfreundlichen Technologien in Transformations- und Entwicklungsländer unterstützt (INFO-KLIMAWANDEL 2009).

Assigned Amount

Assigned Amount ist die Obergrenze an THG-Emissionen, die ein Annex B-Land während der ersten Verpflichtungsperiode von 2008-2012 emittieren darf. (vgl. UNFCCC 2006, Kyoto-Protokoll).

Assigned Amount Unit (AAU)

Einheit für Emissionszertifikate, die den Vertragsstaaten gemäß ihren Emissionsbegrenzungen zur Verfügung stehen. Ein AAU entspricht 1 t CO₂e (ESB 2009).

Baseline und Credit Ansatz

Referenzszenario (*Baseline*), das für die Bestimmung der Zusätzlichkeit von Emissionsminderungen durch ein Projekt zu Grunde gelegt wird. Es beschreibt die wahrscheinliche Entwicklung innerhalb der gleichen Systemgrenzen (Business as usual) der THG-Emissionen für den Fall, dass das JI-/CDM-Projekt nicht durchgeführt wird.

Der *Baseline* und Credit Ansatz erzeugt Emissionszertifikate, die aus Projektaktivitäten (CDM-/JI-/VER-Projekte) generiert werden (vgl. UNFCCC 2006, ESB 2009).

Biogas

Biogas ist ein brennbares Gas, das durch Vergärung von Biomasse in Biogasanlagen hergestellt wird und zur Erzeugung von Bioenergie verwendet wird. Vor der Aufbereitung ist es eine wassergesättigte Gasmischung mit den Hauptkomponenten Methan (CH₄) und Kohlendioxid (CO₂). In Spuren sind meist auch Stickstoff (N₂), Sauerstoff (O₂), Schwefelwasserstoff (H₂S), Wasserstoff (H₂) und Ammoniak (NH₃) enthalten. Deponiegas und Klärgas entstehen, ebenso wie Biogas, bei der als Vergärung oder Faulung bezeichneten anaeroben Zersetzung von organischem Material. Daher werden sie gelegentlich auch unter den Begriff Biogas (in China ja, in Deutschland nein!) zusammengefasst. Für die Verwertung des Biogases ist der Methananteil am wichtigsten, da er, als oxidierbare Verbindung, bei der Verbrennung Energie freisetzt (SCHAUMAN 2009).

Biosiegel, staatliches (Deutschland)

Das kleine sechseckige Zeichen mit dem Schriftzug "Bio" schafft seit 2001 in Deutschland Klarheit, Einheitlichkeit und Orientierung bei Bio- bzw. Öko-Produkten. Verbraucherinnen und Verbraucher können sich darauf verlassen: "Wo 'Bio' drauf steht, ist auch 'Bio' drin". Denn nur Erzeuger und Hersteller, die die Bestimmungen der EG-Öko-Verordnung einhalten und sich den vorgeschriebenen Kontrollen unterziehen, dürfen ihre Produkte als Bio- oder Ökowerke verkaufen und mit dem Bio-Siegel kennzeichnen. Die Nutzung des Bio-Siegels richtet sich nach den Kriterien der EG-Öko-Verordnung. In ihr ist unter anderem Folgendes festgeschrieben (BPB 2009):

Verbote:

- Verbot der Bestrahlung von Öko-Lebensmitteln
- Verbot gentechnisch veränderter Organismen
- Verzicht auf Pflanzenschutz mit chemisch-synthetischen Mitteln
- Verzicht auf leicht lösliche, mineralische Dünger

Anforderungen:

- Abwechslungsreiche, weite Fruchtfolgen
- Flächegebundene, artgerechte Tierhaltung
- Fütterung mit ökologisch produzierten Futtermitteln ohne Zusatz von Antibiotika und Leistungsförderern

Certified Emission Reduction (CER)

Bezeichnung für Emissionsgutschriften, die durch CDM-Projekte erzeugt werden. CERs sind im Rahmen des EU-Emissionsrechtehandels zur Erfüllung der Reduktionsverpflichtungen einsetzbar (ESB 2009).

Clean Development Mechanism (CDM)

Mechanismen für umweltverträgliche Entwicklung = Clean Development Mechanisms sind Klimaschutzprojekte in Ländern, die sich im Kyoto-Protokoll nicht zu einer Begrenzung ihrer Treibhausgasemissionen verpflichtet haben (Entwicklungs- und Schwellenländer), aber das Kyoto-Protokoll ratifiziert haben. Die Projekte haben die Erzeugung und den Transfer von Certified Emission Reduction (CER) zum Ziel (vgl. UNFCCC 2006, ESB 2009).

CO₂-Bilanz

Da CO₂-Emissionen wesentlich mitverantwortlich für den Treibhauseffekt sind, ist das Wissen um die persönliche CO₂-Produktion eine wichtige Information beim Energiesparen. Die persönliche CO₂-Bilanz umfasst im Prinzip jegliches Handeln und seine Auswirkungen auf die Emissionen, so z.B. die Ernährung, die persönliche Energienutzung (Heizen, Strom usw.) oder die Mobilität (Nutzung von Auto, öffentlichen Verkehrsmitteln, Fahrrad usw.). Darüber hinaus kann man die CO₂-Bilanz auch auf Menschengruppen, Staaten usw. beziehen (nach BPB 2009).

Emission

(von lat. *emittere* = ausschicken, ausschenden) Emission bedeutet allgemein Austrag, zum Beispiel von Schadstoffen, Reizstoffen, oft auch natürlichen Allergenen, aber auch von Lärm, Licht, Strahlung oder Erschütterungen, aus/von einer entsprechenden Quelle (= Emit-

tent). Beispiele sind gasförmige Schadstoffemissionen aus Autos oder Schornsteinen, flüssige Emissionen aus Altlasten, staubförmige Emissionen von Halden oder Lärm-Emissionen. Jede Emission hat eine Immission (Eintrag) in ein Umweltmedium zur Folge. Für den Klimawandel werden vor allem CO₂-Emissionen (durch den Menschen verursacht) verantwortlich gemacht (BPB 2009). Definition des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen: Die Freisetzung von Treibhausgasen oder deren Vorläufersubstanzen in die Atmosphäre über einem bestimmten Gebiet und in einem bestimmten Zeitraum (nach ESB 2009).

Emissionsgutschrift

= Im Rahmen von JI-/CDM-Projekten zertifizierte, handelbare Emissionsminderung, die der Befugnis zur Emission von 1 t CO₂e entspricht (ESB 2009).

Emissionshandel

Der Handel mit Emissionen wurde im Kyoto-Protokoll als flexibles Instrument zum Erreichen der nationalen und internationalen Reduktionsziele etabliert. Emissionszertifikate verbriefen einem Unternehmen oder Staat das Recht, zum Beispiel eine bestimmte Menge Kohlendioxid (CO₂) innerhalb eines festgelegten Zeitraumes zu emittieren. Liegt der tatsächliche Ausstoß unter dem zulässigen Wert, können die nicht benötigten Zertifikate bzw. CO₂-Mengen verkauft werden. Damit soll erreicht werden, dass Emissionen dort vermieden werden, wo es am kostengünstigsten ist (BPB 2009). Die EU-Klimapolitik hat das Ziel, mit geringen volkswirtschaftlichen Kosten die Treibhausgasemissionen zu senken. Der Emissionshandel ist davon ein marktwirtschaftliches Instrument. Das im Kyoto-Protokoll festgesetzte Klimaschutzziel ist es, die Treibhausgasemissionen um 8% zu senken und das bis 2012. Ein Mittel dafür ist der Emissionshandel, ein Vorreiter des möglichen globalen Systems (INFO-KLIMAWANDEL 2009).

Emission Reduction Unit (ERU)

Bezeichnung für die Emissionsgutschriften, die durch JI-Projekte erzeugt werden. Energetische Sanierung = Erneuerung der thermischen Hülle eines Gebäudes zur Minimierung des Heizenergiebedarfs (ESB 2009).

Entry-Exit-Modell

Mit dem Entry-Exit-Modell soll der Wettbewerb auf dem deutschen Gasmarkt verbessert werden. Gashändler mussten bislang für ihr zu transportierendes Gas mit allen Netzbetreibern entlang der Versorgungsstrecke separate Durchleitungsverträge abschließen. Aufgrund der Vielzahl an Gasnetzbetreibern in Deutschland (zurzeit etwa 750) verhinderten die hohen Kosten für die Durchleitung einen funktionierenden Wettbewerb. Künftig sollen Gashändler jedoch nach dem sogenannten Entry-Exit-Modell nur noch einen Einspeise- und einen

Ausspeisevertrag abschließen müssen und damit preisgünstiger Gas zum Endkunden transportieren können. Der Gaslieferant speist an einem beliebigen Punkt Gas ein (=Entry) und zahlt die lokal fällige Einspeisegebühr. Der Transportweg ist für die Berechnung der Kosten unerheblich. Zu einem anderen Zeitpunkt kann dann beliebig Gas an verschiedenen Orten entnommen werden (=Exit).

EU-Allowance(EUA)

Emissionsberechtigungen, die auf Antrag an die vom EU-Emissionshandel betroffenen Unternehmen von den Regierungen der EU-Mitgliedstaaten ausgegeben werden. Sie beinhalten die Befugnis zur Emission von 1 metrischen t CO₂ in einem bestimmten Zeitraum im Rahmen des europäischen Emissionshandels (ESB 2009).

International Emissions Trading (IET) - Internationaler Emissionsrechtehandel

Der Internationale Emissionsrechtehandel ist einer der drei flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls. Gemäß den Vorgaben können Kohlenstoffeinheiten oder Emissionsminderungseinheiten für ein Projekt nur dann zugestanden werden, wenn sich die Länder (Industrie- und Transformationsländer) zu Emissionsminderungen verpflichtet und das Kyoto-Protokoll ratifiziert haben (ESB 2009).

Klimaneutralität

Der beste Beitrag zum Klimaschutz ist die Reduzierung bzw. Vermeidung schädlicher Treibhausgase. Letzteres ist aber in vielen Fällen nicht in vollem Umfang realisierbar bzw. nicht wirtschaftlich. Da klimaschädliche Treibhausgase jedoch global wirken, können unvermeidbare Emissionen durch Emissionsminderungsprojekte an anderer Stelle ausgeglichen werden. Diese Kompensation von Emissionen wird oft als "Klimaneutralität" bezeichnet (ESB 2009).

Klimaschutz

Klimaschutz ist in vorliegender Arbeit der Sammelbegriff für Maßnahmen, die der globalen Erwärmung entgegen wirken und ihre Folgen abmildern oder verhindern sollen. Umweltschutz bezeichnet den Schutz der Umwelt vor störenden Einflüssen oder Beeinträchtigungen, wie beispielsweise Umweltverschmutzung, Lärm, globaler Erwärmung und Flächenversiegelung bzw. Flächenverbrauch (vgl. UNFCCC 2006, BPB 2009).

Klimawandel/Globale Erwärmung

Als globale Erwärmung bezeichnet man den während der vergangenen Jahrzehnte beobachteten allmählichen Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdnahen Atmosphäre. Ihre Ur-

sachen liegen hauptsächlich im Verbrennen fossiler Brennstoffe und in den daraus resultierenden Emissionen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) sowie in der Freisetzung weiterer Treibhausgase (BPB 2009).

Kyoto-Protokoll

1997 in der japanischen Stadt Kyoto erarbeitetes und 2005 in Kraft getretenes internationales Klimaschutzabkommen, das die Vertragsstaaten zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen bis 2012 verpflichtet. Das Kyoto-Protokoll stellt weltweit den ersten völkerrechtlich verbindlichen Vertrag zur Eindämmung des Klimawandels dar. Da die beteiligten Länder in unterschiedlichem Maße zu den weltweiten Kohlendioxid-Emissionen beitragen, gelten für die jeweiligen Länder unterschiedliche Zielvorgaben. (vgl. UNFCCC 2006).

Umweltbetriebsprüfung

Umweltbetriebsprüfung ist ein Managementinstrument, das eine systematische, dokumentierte, regelmäßige und objektive Bewertung der Umweltleistung der Organisation, des Managementsystems und der Verfahren zum Schutz der Umwelt umfasst und folgenden Zielen dient (EG-UMWELTAUDITVERORDNUNG 2001):

- Erleichterung der Managementkontrolle von Verhaltensweisen, die eine Auswirkung auf die Umwelt haben können;
- Beurteilung der Übereinstimmung mit der Umweltpolitik der Organisation, einschließlich ihrer Umweltzielsetzungen und -einzelziele.

Umweltmanagementsystem

Das Umweltmanagementsystem ist ein Teil des gesamten Managementsystems, der die Organisationsstruktur, Planungstätigkeiten, Verantwortlichkeiten, Verhaltensweisen, Vorgehensweisen, Verfahren und Mittel für die Festlegung, Durchführung, Verwirklichung, Überprüfung und Fortführung der Umweltpolitik betrifft (EG-UMWELTAUDITVERORDNUNG 2001).

Umweltprüfung

Die Umweltprüfung ist eine erste umfassende Untersuchung der Umweltfragen, der Umweltauswirkungen und der Umweltleistung im Zusammenhang mit den Tätigkeiten einer Organisation (EG-UMWELTAUDITVERORDNUNG 2001).

Verpflichtungsperiode (CDM-Verfahren)

Eine Verpflichtungsperiode ist ein Zeitraum, in dem Annex B-Staaten ihre mit Ratifizierung des Kyoto-Protokolls verbindlichen Emissionsreduktionsziele erreichen müssen. Die erste Verpflichtungsperiode ist für den Zeitraum von 2008 bis 2012 vorgesehen (vgl. UNFCCC 2006).

Verified Emission Reduction (VER)

Ein Verified Emission Reduction-Projekt ist ein freiwilliges Emissionsminderungsprojekt, das nicht oder noch nicht als JI- oder CDM-Projekt anerkannt ist, aber nach den Regeln des Kyoto-Protokolls von einem unabhängigen Prüfer überprüft wurde (vgl. UNFCCC 2006).

Zertifizierung (CDM-Verfahren)

Die Zertifizierung wird von der Designated Operational Entity vorgenommen. Sie erfolgt auf Basis der Verifizierung und ist die schriftliche Bestätigung, dass ein CDM-Projekt über den Prüfungszeitraum die verifizierten Emissionsminderungen realisiert hat (vgl. UNFCCC 2006).

Zusätzlichkeit (Additionality)

Gemäß den Vorgaben im Kyoto-Protokoll können Kohlenstoffeinheiten oder Emissionsverminderungseinheiten für ein Projekt nur dann zugestanden werden, wenn nachgewiesen werden kann, dass die Minderung zusätzlich zu der sonst zu erwartenden Entwicklung erzielt worden ist. Voraussetzung für die Ausstellung von zertifizierten Emissionsminderungen und für die Anerkennung eines Projektes im Rahmen von JI oder CDM ist, dass es zu Emissionsminderungen führt, die in einer Entwicklung ohne das Projekt nicht entstanden wären. Diese Emissionsminderungen sind dann zusätzlich (additional) (vgl. UNFCCC 2006).

3 Stand der Forschung

Das Kapitel 4 gliedert sich in drei Unterkapitel. Kapitel 3.1 behandelt der allgemeine Energieverbrauch und die Nutzung von Erneuerbaren Energien, Kap. 3.2 die Stand der Forschung zur Biogasnutzung und Kap. 3.3 die Stand der Forschung im Klimaschutz.

3.1 Energieverbrauch und Nutzung von Erneuerbaren Energien

3.1.1 Bevölkerung und Energieverbrauch

Im letzten Jahrhundert ist die Weltbevölkerung außerordentlich stark angewachsen, von 1,5 Mrd. im Jahr 1900 hat sie sich bis zum Jahr 2000 auf ca. 6 Mrd. vervierfacht, die 7-Milliarden-Marke wird voraussichtlich im Jahr 2012 erreicht. Die Weltbevölkerung wird noch mehrere Jahrzehnte lang um 70 bis 80 Millionen Menschen pro Jahr wachsen und sich frühestens in einigen Jahrzehnten bei etwa 8 bis 12 Milliarden stabilisieren (WEO 2004, WIKI 2010). Nach Aussagen der UN wird die Weltbevölkerung bis zum Jahr 2030 wahrscheinlich auf über 8 Mrd. Menschen anwachsen, davon werden ca. 40% in China und Indien leben.

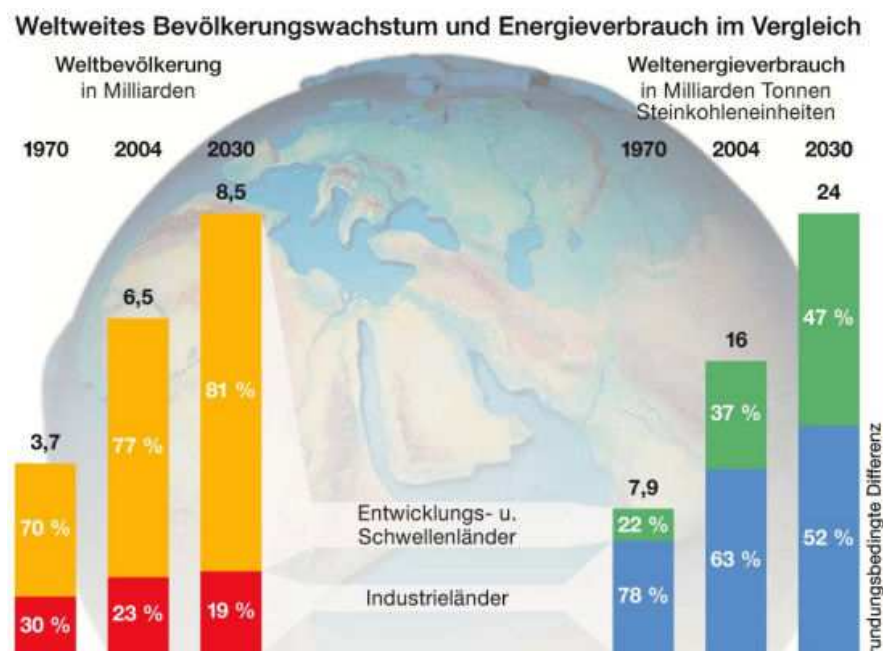


Abbildung 3-1 : Weltweites Bevölkerungswachstum und Energieverbrauch im Vergleich (WEO 2008)

Wie *Abbildung 3-1* zeigt, wird der weltweite Energieverbrauch weiter stark ansteigen. Bis zum Jahr 2030 wird ein Wachstum der Primärenergieträger von über 60% berechnet (IEA 2004). Weiterhin rechnet die IEA damit, dass die fossilen Energieträger den größten Anteil des zusätzlichen Bedarfs abdecken müssen, und dass der prozentuale Anteil an der Gesamtbedarfsdeckung bis zu diesem Zeitpunkt weiterhin bei über 80% liegen dürfte. Aber viele Staaten haben schon geplant, möglichst viele Erneuerbare Energien zu nutzen. z.B. sollte in Deutschland der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30 Prozent erhöht werden (§1, das deutsche EEG 2009). In den Industrielän-

dem liegt der Energie- und Rohstoffverbrauch pro Kopf zwanzig- bis fünfzig Mal höher als in den Entwicklungsländern. Er ist zugleich ein Maß für die Umwelt- und Ressourcenbelastungen.

Aus europäischer und deutscher Perspektive kommt eine wachsende Importabhängigkeit, vor allem für die Energieträger Erdöl und Erdgas, aber auch der Steinkohle, hinzu. Um die Versorgungssicherheit zukünftig sicherstellen zu können, ist eine größere geostrategische Diversifizierung der Importländer zu erreichen. Hierdurch erhält die Energiepolitik in Europa eine immer größer werdende außenpolitische Verknüpfung. Der zukünftig stark steigende weltweite Bedarf an fossilen Primärenergieträgern wird langfristig zu steigenden Preisen und zu starken Preisbewegungen an den Energierohstoffmärkten führen.

In China und Indien leben bereits heute ca. 40 % der Weltbevölkerung. In der ganzen Welt wird, ausgehend von der Einwohnerzahl im Jahre 2000, eine Verdoppelung der Bevölkerung im nächsten Jahrhundert erwartet. Bereits jetzt übersteigt insbesondere der Elektrizitätsbedarf oftmals das vorhandene Angebot und verlangsamt so die mögliche wirtschaftliche Entwicklung. China hat große eigene Kohlereserven und wäre in der Lage, mit diesem Energieträger den größten Teil seines Strombedarfs zu decken, sofern die entsprechenden Kraftwerke zur Verfügung stünden. In der Zukunft plant China immer noch, Kohle als Hauptenergieträger zu nutzen. Bereits heute sind China und Indien zwei der größten CO₂-Emittenden der Welt (vgl. *Abbildung 1-1*).

Die rasche wirtschaftliche Entwicklung Chinas wird den Weltenergieverbrauch unweigerlich steigen lassen, sie wird dem Rest der Welt aber auch erhebliche wirtschaftliche Vorteile bringen. Mit dem Wachstum der chinesischen Exporte erhöht sich allerdings auch der Wettbewerbsdruck für andere Länder, was Struktur Anpassungen nach sich zieht. Der steigende Rohstoffbedarf droht die Weltmarktpreise für Rohstoffe - einschließlich Energie - in die Höhe zu treiben, vor allem wenn es auf der Angebotsseite zu Engpässen bei den Investitionen kommt. Aufgrund der schieren Größe dieser Länder und ihres zunehmenden Gewichts im internationalen Handel mit fossilen Brennstoffen verursachen die energiewirtschaftlichen Entwicklungen in China und auch Indien radikale Veränderungen im globalen Energiesystem. Angesichts der Geschwindigkeit ihrer wirtschaftlichen Entwicklung dürfte der Energieverbrauch dieser Länder weiter stark expandieren. Denn wenn die Menschen dort wohlhabender würden, kauften sie mehr Elektrogeräte und Autos und bräuchten zudem mehr Strom für ihre Fabriken und Büros. Dies führte dazu, dass die Lebensqualität für mehr als 1 Milliarden Menschen besser würde. Diese Entwicklungen führen zu einer erheblichen Verbesserung ihrer Lebensqualität, ein legitimes Bestreben, das vom Rest der Welt berücksichtigt und unterstützt werden muss.

Der Verbrauch aller Energieformen hat sich in der Periode 2001 - 2006 im Vergleich zu den vorhergehenden fünf Jahren beschleunigt. Dies impliziert, dass der weltweite Verbrauch an Primärenergie sich von 1,2% pro Jahr in der Periode 1996 - 2001 auf 3% im Zeitraum 2001 - 2006 beschleunigt hat. China allein hat fast die Hälfte des Weltenergiewachstums in den letzten fünf Jahren erzeugt und dominiert damit die globalen Gesamtdaten. Diese Beschleunigung ist jedoch auch in der Welt außerhalb Chinas aufgetreten - und zwar von 1,2% auf 1,9%

pro Jahr (vgl. BP 2007). Folgende *Abbildung 3-2* zeigt die Veränderungen des Energieverbrauchs der wichtigen Ländern und Organisationen von 1991 bis 2006:

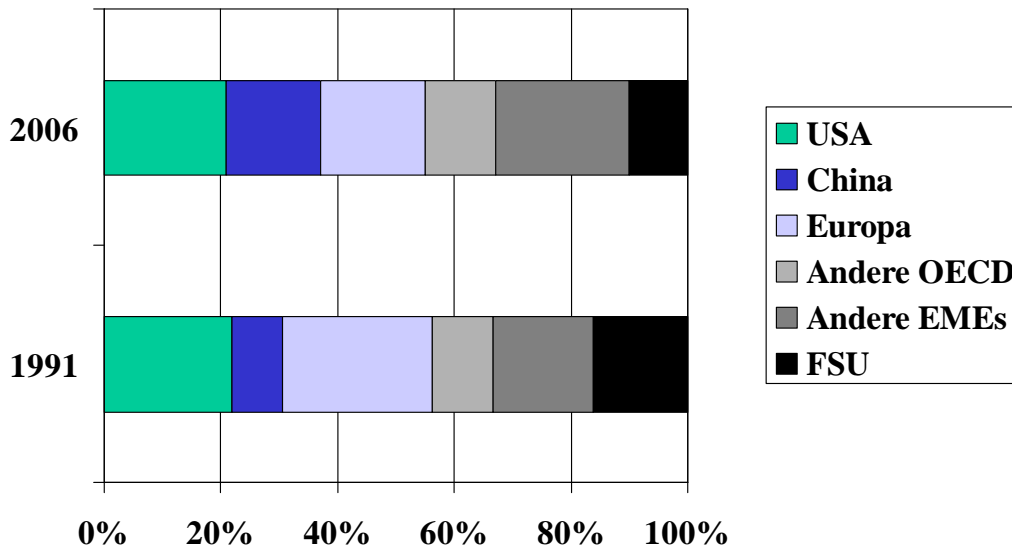


Abbildung 3-2 : Anteile am globalen Energieverbrauch (eigene Darstellung. Datenquelle: BP 2007)

Weltweit werden über 80% des Energieverbrauchs durch fossile Primärenergieträger gedeckt. Im Jahre 2006 waren es 92,8% in China und über 82,2% in Deutschland. Besonders schwerwiegend ist, dass ca. 70% des Energieverbrauchs in China durch Strom aus Kohle gedeckt werden. *Abbildung 3-3* zeigt die genaue Situation im Jahr 2006 in Deutschland und China.

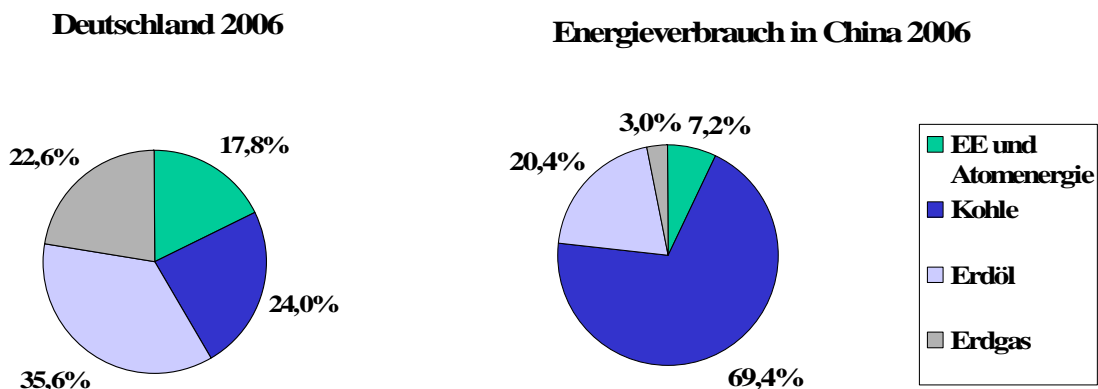


Abbildung 3-3 : Verteilung des Energieverbrauchs in China und Deutschland 2006 (eigene Darstellung, Datenquelle: CNSA 2008, BMWi 2009)

Der globale Energiebedarf wird in den nächsten Jahrzehnten rapide ansteigen. Höhere Energieeffizienz, Einsparpotenziale und Nutzung von erneuerbaren Energien werden den Mehrbedarf nur marginal bremsen. Zwar wird der Energieverbrauch in den Industrieländern zukünftig nicht mehr so stark wachsen oder gar sinken. Doch in den so genannten Entwicklungs- und Schwellenländern wird sich der Energiebedarf bis 2020 mehr als verdoppeln. Der Gesamtenergiebedarf der Weltbevölkerung wird sich bis 2050 voraussichtlich ebenfalls

verdoppeln (vgl. BP 2007). Hauptenergiequelle werden trotz eines steigenden Anteils regenerativer Energien voraussichtlich weiterhin die fossilen Energieträger sein. Die wachsende CO₂-Emission ist nur eine der negativen Folgen. Angesichts der Knappheit fossiler Energieträger ist langfristig eine Energiekrise nicht auszuschließen.

3.1.2 Nutzung von Erneuerbaren Energien

Die Nutzung von Erneuerbaren Energien zur Energieversorgung ist nicht neu. In der Menschheitsgeschichte waren Erneuerbare Energien sehr lange Zeit Hauptträger der Energieversorgung. Seit der industriellen Revolution spielen fossile Energieträger - angefangen bei der Steinkohle und dem Erdöl - eine immer größere Rolle.

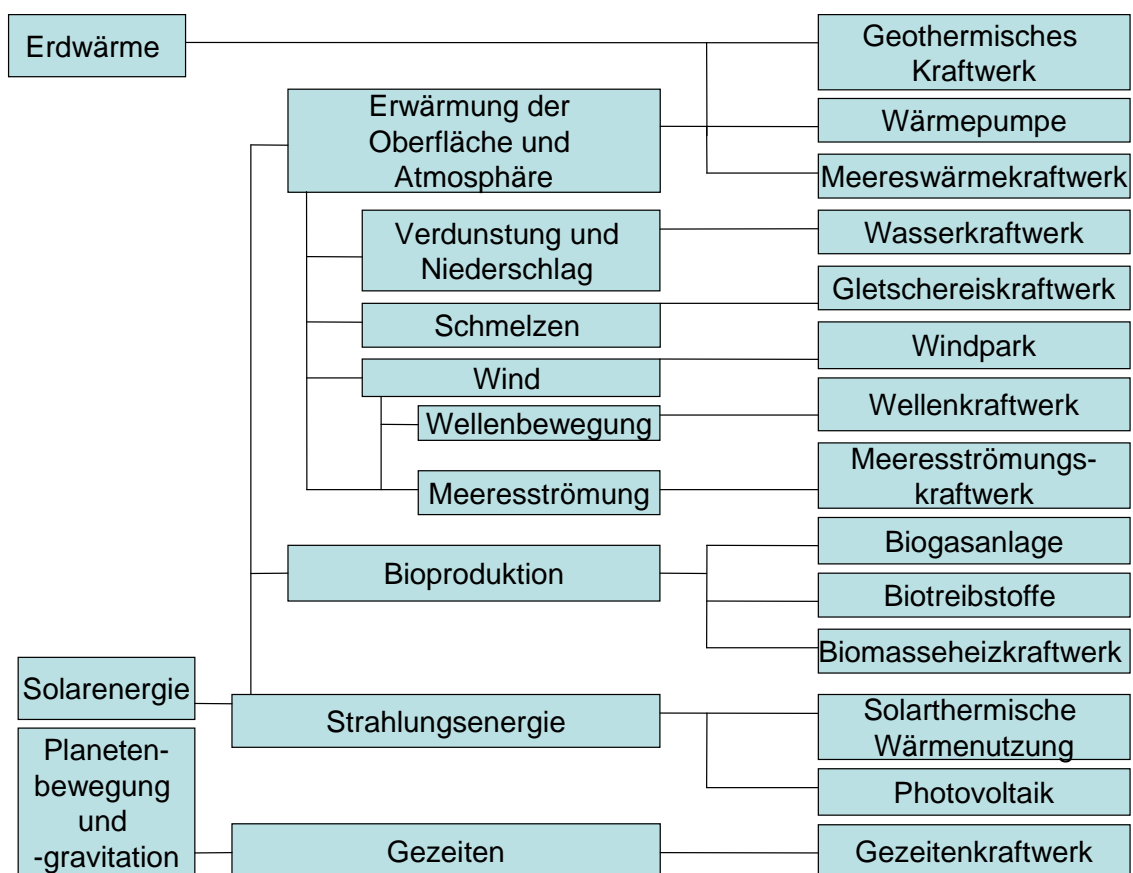


Abbildung 3-4 : Mögliche Arten der Erneuerbaren Energien (leicht geändert, nach KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997)

Wie *Abbildung 3-4* zeigt, entstammen die nutzbaren erneuerbaren Energiequellen drei grundsätzlich unterschiedlichen Primärquellen: Erdwärme, Gezeitenenergie und Solarstrahlung. Aus diesen drei Quellen werden durch die verschiedenen natürlichen Umwandlungen innerhalb der Erdatmosphäre eine ganze Reihe sehr unterschiedlicher weiterer Energieströme hervorgerufen. So stellen beispielsweise die Windenergie und die Wasserkraft, wie auch die Meeresströmungsenergie und die Biomasse im Wesentlichen eine umgewandelte Form der Sonnenenergie dar.

Erneuerbare Energien sind nicht nur in Europa in den Fokus der Versorger gerückt, sondern auch in Amerika und Asien. Offensichtlich haben die Bedenken um den Klimawandel in der globalen Energieversorgungsbranche einen Umdenkungsprozess bewirkt. Es bleibt allerdings abzuwarten, wie schnell und in welchem Ausmaß sich dies in einer spürbaren Veränderung der Energiestruktur niederschlägt.

In den letzten 20 Jahren ist das Interesse an erneuerbaren Energien deutlich gestiegen, was u.a. in Deutschland durch die Einführung des Stromeinspeisegesetzes (EEG seit dem 01.04.2000 bzw. Erneuerung EEG seit dem 01.06.2004 und 01.01.2009) und von Förderprogrammen deutlich wird. Um die Energieversorgung langfristig sicherstellen zu können, ist die Erschließung erneuerbarer Energien wie z.B. aus Sonnenlicht, Windkraft oder Biomasse unerlässlich. Auch Umweltaspekte sprechen für den stärkeren Einsatz erneuerbarer Energien.

Tabelle 3-1: Entwicklungsplan (2010 u. 2020) für Erneuerbare Energien in China und Deutschland (eigene Darstellung, Datenquelle: CMER 2008; DEUTSCHES EEG 2004 UND 2009)

	Chinesischer EE-Entwicklungsplan					Deutsches EEG
	Anteil EE in China (%)	Windenergie (GW)	Fotovoltaik (GW)	Bioenergie (GW)	Wasserkraft (GW)	Anteil EE in Deutschland (%)
2010	10	5	0,3	5,5	190	12,5
2020	16	30	1,8	30	300	30

An Tabelle 3-1 zeigt sich deutlich, dass der Anteil der Wasserkraft an den erneuerbaren Energien im Jahr 2010 ca. 95% und 2020 immer noch ca. 83% betragen soll. Sie wird also in der Branche der erneuerbaren Energien immer eine wichtige Rolle spielen.

Nach dem Bericht der „Climate Organisation“ waren Deutschland und China im Jahr 2007 auf Platz 1 und 2 der Weltrangliste der Investitionen in Erneuerbare Energien. Die Investitionssumme Deutschlands betrug 14 Mrd. US\$, Chinas 12 Mrd. US\$. Die Prognose des Berichts zeigt, in den kommenden Jahrzehnten wird in China jährlich ca. 33 Mrd. US\$ in die EE-Branche und andere Energieeinsparungsbranchen investiert werden, und China wurde nach der Bericht von BBC schon im Jahr 2009 Deutschland überholen (BBC 2010). Es ist sicher, dass beide Länder in den EE-Technologien und EE-Nutzungen weltweit führend sind.

Unter Biomasse im erweiterten Sinne wird Pflanzenmasse und Zoomasse verstanden, von der schätzungsweise $1,84 \cdot 10^{12}$ t Trockenmasse auf den Kontinenten existieren. Biomasse kann als einzige der Energiequellen für die Strom-, Wärme- und die Kraftstofferzeugung unabhängig von Tages- und Jahreszeiten verwendet werden. Pflanzenmasse wird von autotrophen Organismen gebildet, die in der Lage sind, ihre Energie durch Umwandlung der Sonnenenergie im Prozess der Fotosynthese zu gewinnen. Heterotrophe Organismen dagegen, die primär die Zoomasse bilden, sind für den Energiegewinn auf den Abbau anderer organischer Substanz angewiesen (vgl. KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997).

In dieser Arbeit wird Biomasse nach der deutschen Biomasseverordnung definiert: „Biomasse sind Energieträger aus Phyto- und Zoomasse. Hierzu gehören auch aus Phyto- und Zoomasse resultierende Folge- und Nebenprodukte, Rückstände und Abfälle, deren Energiegehalt aus Phyto- und Zoomasse stammt.“ Dies gilt insbesondere für Folgende:

- Pflanzen und Pflanzenbestandteile
- Aus Pflanzen oder Pflanzenbestandteilen hergestellte Energieträger
- Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft aus der Land-, Forst- und Fischwirtschaft
- Bioabfälle
- Aus Biomasse durch Vergasung oder Pyrolyse erzeugtes Gas und daraus resultierende Folge- und Nebenprodukte
- Aus Biomasse erzeugte Alkohole, deren Bestandteile, Zwischen-, Folge- und Nebenprodukte aus Biomasse erzeugt wurden
- Altholz, bestehend aus Gebrauchtholz oder Industrierestholz
- Pflanzenölmethylester
- Treibsel aus Gewässerpflege, Uferpflege und -reinhaltung

Die gesamte Neubildung von Biomasse beträgt ca. 100 Gt. C pro Jahr, davon ca. 2/3 auf dem Land und ca. 1/3 in den Ozeanen (vgl. KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997). Über die Hälfte davon sind für Menschen nicht direkt nutzbar, und die auf kultivierten Flächen nachwachsende Biomasse wird ausschließlich für die Ernährung der Weltbevölkerung benötigt. Aber es ist klar, dass das Potential für energetische Biomassennutzung sehr groß ist.

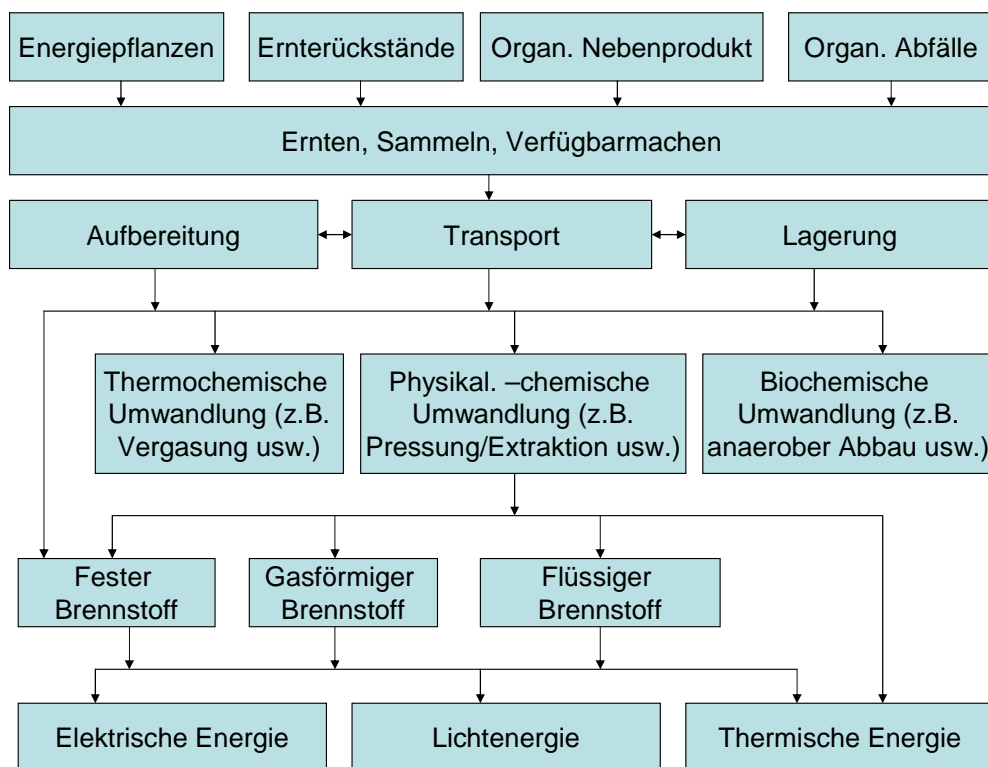
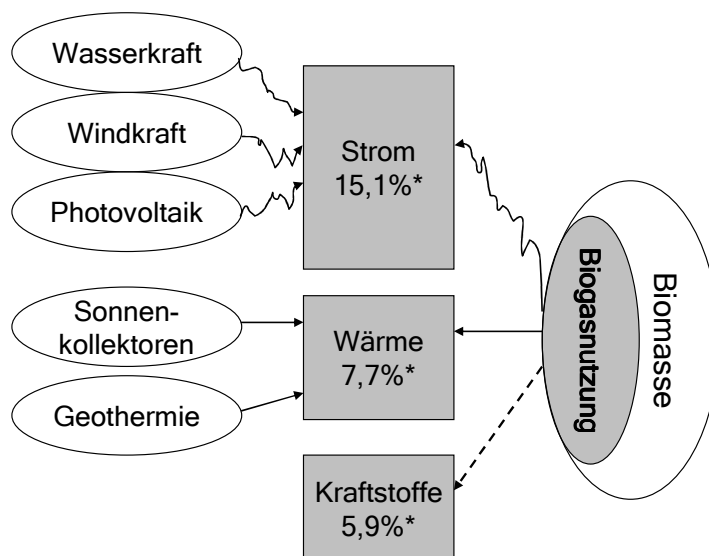


Abbildung 3-5 : Mögliche Nutzungsarten von Biomasse (geändert, KALTSCHMITT & WIESE U.A. 1997)

Zum Energieträger Biomasse zählen in Deutschland fast alle möglichen Arten (vgl. *Abbildung 3-5*): Energiepflanzen, Ernterückstände, organische Nebenprodukte, organische Abfälle. Aber in China spielen als Energiepflanzen nur Holz und Holzrückstände eine Rolle. Sonst sind folgende Stoffe als wichtige Energieträger aus Biomasse zu nennen: Stroh, Gülle, Mist und Bioabfälle als Brennmaterial, Biogas und Bagasse, ein Kuppelprodukt, welches bei der Zuckerproduktion anfällt. Landwirtschaftliche Energiepflanzen sind in Deutschland ein wichtiger Energieträger geworden, aber wegen der Nahrungsmittelversorgungspolitik spielt es in China gar keine Rolle.

Die ländlichen Gebiete Chinas verwenden zurzeit pro Jahr rund 180 Mio. t Feuerholz, um ihren Energiebedarf zu decken. Dies ist knapp das Doppelte der Menge von 93 Mio. t Holz aus Brennholzwäldern und den restlichen Waldflächen, die jährlich für die Brennholznutzung vorgesehen sind, wenn eine dauerhafte Nutzung des Holzes für die Energieerzeugung gewährleistet sein soll. Trotzdem steht für die Hälfte der Bauern in einem Zeitraum von ungefähr 3 Monaten jährlich nicht genügend Feuerholz zur Energieversorgung zur Verfügung (CMFL 2009).

Während mit Windkraft, Wasserkraft und Photovoltaik nur Strom produziert werden kann, ist die als Biomasse (überwiegend Biogasnutzung) gespeicherte Sonnenenergie in alle Energieformen umwandelbar. Dies soll mit *Abbildung 3-6* verdeutlicht werden, die Anteile der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch im Jahr 2008 werden auch dargestellt (vgl. WIKI 2010):



*Anteil der Erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch in Deutschland 2008

Abbildung 3-6: Verfügbarkeit der Biomasse (Biogasnutzung) im Vergleich mit anderen erneuerbaren Energieträgern und die Anteile der Erneuerbaren Energien an der einzelnen Energieformen der Endenergieverbrauch in Deutschland (eigene Darstellung)

3.2 Stand der Forschung zur Biogasnutzung

Biogas entsteht beim Abbau von Biomasse durch Bakterien. Verschiedene Bakteriengruppen bauen die Biomasse, die vorwiegend aus Wasser, Eiweiß, Fett, Kohlehydraten und Mineral-

stoffen besteht, ab, und zerlegen sie in ihre ursprünglichen Bestandteile Kohlendioxyd, Mineralien und Wasser. Dabei entsteht als Stoffwechselprodukt ein Gasgemisch, das so genannte Biogas. Hauptteil des Biogases ist wie beim Erdgas das brennbare Methan (CH_4) mit 50 bis 85%. Und damit ist Biogas auch ein Energieträger (vgl. EDER & SCHULZ 2006).

Die Treibhausgaskonzentrationen (z. B. CO_2 , CH_4 , N_2O) in der Atmosphäre steigen ständig an und sind Ursache für den Treibhauseffekt. Bei optimaler Verbrennung von Biogas wird neben Wasser nur jene CO_2 -Menge freigesetzt, die beim Stoffaufbau der Fotosynthese von den Pflanzen aufgenommen wird, wodurch der In- und Output von Kohlendioxid neutral verläuft. Biogas, gewonnen aus organischen Abfällen in der Landwirtschaft, Klärschlamm, Bioabfällen, Energiepflanzen u.a., zeigt in Deutschland eine Möglichkeit, Energie vorwiegend aus inländischen Ressourcen zu erzeugen (vgl. HAUER 1993).

Die Energieumwandlung und CO_2 -Kreislauf der Biogasnutzung wurden in folgender *Abbildung 3-7* dargestellt:

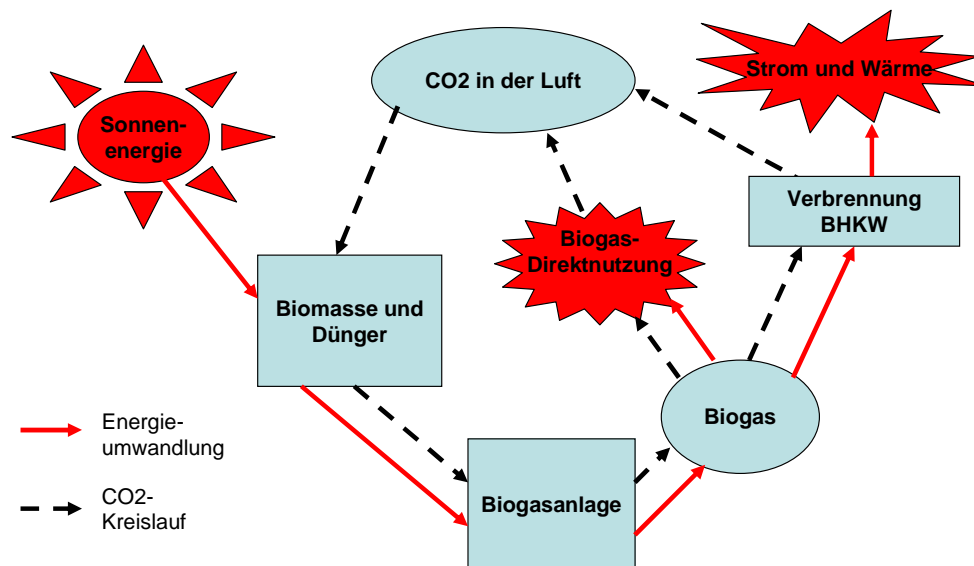


Abbildung 3-7 : Energieumwandlung und CO_2 -Kreislauf der Biogasnutzung (eigene Darstellung)

Biogas ist aufgrund seines Methangasgehaltes brennbar und damit energetisch nutzbar. Die Biogaserzeugung bei einer landwirtschaftlichen Anlage beruht auf folgendem Prinzip: Organische Reststoffe und Wirtschaftsdünger werden zur Biogasanlage befördert, wo diese in einem Fermenter in 25-50 Tagen vergären. Bei der Vergärung entsteht Biogas mit einem 35-50%igen Kohlendioxidanteil und einem 50-65%igen Methangasanteil, durch dessen Verbrennung in BHKW die Stromproduktion angetrieben wird (vgl. KALTSCHMITT & KUHN U.A. 1993). Die dabei entstehende Wärme kann zur Deckung des Wärmebedarfs z.B. von Häusern, Gewächshäusern oder Abferkelställen genutzt werden. Das vergorene Substrat kann anschließend als Dünger auf die Felder ausgetragen werden.

3.2.1 *Geschichtliche Entwicklung der Biogasnutzung*

Die erste Biogasforschung wurde von Alessandro Volta angefangen. Im Jahr 1770 fing er natürliches Biogas - Sumpfgas im Seen-Schlamm auf und machte damit Verbrennungsversuche.

Am Ende des 19. Jahrhunderts wurde es bewiesen, dass das Biogas durch den anaeroben Fäulnisprozess erzeugt wurde, und mit diesem Verfahren kann Abwasser gereinigt werden. Dann kam die Biogasnutzungszeit wirklich (vgl. EDER UND SCHULZ 2006).

Im Jahr 1897 wurde weltweit die erste Biogasanlage in Indien gebaut, zuerst wurde das Biogas nur zur Beleuchtung verwandt. Ab 1907 wurde von dieser Biogasanlage erzeugtes Biogas zu der Stromerzeugung genutzt.

Biogasnutzung in Deutschland begann am Anfang des 20. Jahrhunderts. Im Jahr 1906 baute Herr Imhoff eine erste anaerobe Klärgasanlage. Bis zum 2. Weltkrieg machte die Klärgasnutzung rasche Fortschritte. Dazwischen wurde in Deutschland wegen steigender Nachfrage nach Treibgas versucht, die Gasproduktion der Kläranlagen durch Beigabe fester organischer Abfallstoffe zu erhöhen. Dieses Verfahren entspricht der heutigen sogenannten Kofermentation.

Im Jahr 1947 wurde die erste landwirtschaftliche Biogasanlage in Deutschland von der TU Darmstadt für kleinere landwirtschaftliche Betriebe gebaut. Im Jahr 1950 ging die erste größere landwirtschaftliche Biogasanlage in Niedersachsen in Betrieb (vgl. EDER UND SCHULZ 2006).

Ein Aufschwung der Biogasnutzung erfolgte 1973 durch die weltweite Energiekrise. Infolge des Anstieges der Energiepreise wurden die regenerativen Energien verstärkt gefördert. Bis 1980 waren in Bayern 15 Biogasanlagen und in Baden-Württemberg 10 Anlagen in Betrieb. In Deutschland gab es damals noch ein deutliches Süd-Nord-Gefälle in der Verbreitung der Biogasnutzung. Mit Abstand die meisten Biogasanlagen (80%) fanden sich in Bayern und Baden-Württemberg. Die Gründe dafür waren vor allem in der Wertigkeit der Tierproduktion und in der Betriebsgrößenstruktur zu sehen. Aber in der Zeit von 1985 bis 1990 ging der Bau der neuen Biogasanlagen in Deutschland spürbar zurück.

Ein nächster Aufschwung für die Biogasnutzung in Deutschland begann 1990 durch die gesetzliche Regelung der Einspeisevergütung von Strom aus Biogas. Durch die Novellierung des Stromeinspeisungsgesetzes im Jahr 2000 in Form des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG), bei der eine höhere und gesicherte Vergütung für Strom aus Biogas festgeschrieben wurde, hält dieser Aufschwung bis 2007.

In China begann die Biogasnutzung erst ab dem Ende der 19. Jahrhunderts in Guangdong. Am Anfang der 20. Jahrhunderts experimentierte und entwickelte Guorui Luo die erste Biogasanlage in China, bei der das Biogas zur Beleuchtung genutzt wurde, weil es damals in den meisten Gebieten Chinas noch keine Stromversorgung gab. 1929 gründete er seine Biogasfirma in Shantou, die 1931 nach Shanghai umsiedelte. Insgesamt hat er in 14 Provinzen 50 Niederlassungen aufgebaut, die alle bis 1942 im 2. Weltkrieg zerstört wurden.

Einen Aufschwung der Biogasnutzung in China gab es von 1973 bis 1980 durch stärkere Nachfrage nach Heizstoffen auf dem Land. Damals in der Mao-Zeit, wurden insgesamt über 7 Mio. Biogasanlagen in ganz China gebaut, welche fast alle sog. Minibiogasanlagen waren. Wegen Bau- und Technikmangel mussten fast alle Anlagen nach 5 Jahre Betriebszeit stillgelegt werden. 1979 wurde das erste staatliche BiogASForschungsinstitut (der Autor hat im Jahr 2007 besucht) in Chengdu gegründet. Danach investierte die Zentralregierung immer mehr in die BiogASForschung und den Bau von entsprechenden Anlagen. Bis 2008 wurden insgesamt über 18 Mio. Minibiogasanlagen und ca. 4.000 Mittel- oder Großbiogasanlagen fertig gebaut (CMfL 2009).

Der geschichtliche Verlauf der Biogasnutzung verdeutlicht den Einfluss der Energiepolitik auf die Entwicklung der Biogasnutzung, besonders in Deutschland. Nach der Durchführung der Öffnungspolitik ist dieser Einfluss in China immer stärker, aber in der Vergangenheit hatte dort die Entwicklung von Biogasanlagen in Form einfacher Kleinanlagen eine größere Wertigkeit.

3.2.2 Biogaserzeugung

3.2.2.1 Biologischer Prozess

Grundvoraussetzung für den sogenannten anaeroben Vergärungsprozess (Fermentation) ist der Ausschluss von Luft und Licht. Allerdings zeigen einige Bakterienkulturen wie die acidogenen Bakterienkulturen eine gewisse Toleranz gegenüber Sauerstoff, der bei Neubeschickung von Substrat oder beim Öffnen für Kontrolleinstiege in den Faulraum eindringen kann. Bei dem Vergärungsvorgang wird die von Pflanzen durch Fotosynthese aufgenommene Sonnenenergie wieder freigesetzt und kann in Form von Methan erneut genutzt werden. Die Nutzung von Biogas wird daher auch im weiteren Sinne zur Sonnenenergienutzung gezählt. Die Molekularstruktur der organischen Masse wird durch die spezialisierten Bakterienmischkulturen verändert. Die dabei stattfindende Zersetzung wird als Fermentationsprozess bezeichnet. Bei der Fermentation werden die hochmolekularen Strukturen gespalten und mineralisiert, wodurch niedermolekulare Verbindungen erzeugt werden, indem organische Feststoffe wie Eiweiße, Kohlenhydrate und Fette zu Fettsäuren und Alkoholen abgebaut werden (vgl. FNR 2004). Die Produkte der Fermentationspopulationen hängen des Weiteren von den gegebenen Konditionen und hier in besonderem Maße vom pH-Wert ab.

Kofermentation ist die Mitvergärung von organischen Reststoffen aus Gewerbe, Agrarindustrie u.a., neben den Exkrementen aus der Nutztierhaltung. Als Kofermentation wird die gemeinsame Vergärung von Flüssigmist oder speziell vorbehandeltem Festmist zusammen mit landwirtschaftlichen, gewerblichen, agroindustriellen oder kommunalen Bioabfällen unter Gewinnung von Biogas bezeichnet. Ziel der Kofermentation ist es, im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes, das seit Oktober 1996 in Kraft ist, eine verantwortbare Rückführung der organischen Abfälle einschließlich der darin enthaltenen Nährstoffe in den landwirtschaftlichen Stoffkreislauf zu erreichen, und gleichzeitig das in den Abfällen verfügbare Energiepotenzial technisch zu nutzen (vgl. KÜHNER 1998).

Biogas besteht aus Methan (CH_4) [50-75%], Kohlendioxid (CO_2) [25-50%] sowie Wasser, Stickstoff und Schwefelwasserstoff. Es kann u.a. direkt für Heizzwecke, Beleuchtung oder mittels eines Blockheizkraftwerks (BHKW) zur gekoppelten Produktion von Strom und Wärme genutzt werden. Biogas ist ein Stoffwechselprodukt von Bakterien (vgl. EDER & SCHULZ 2006). Bei der Biogaserzeugung handelt es sich um einen anaeroben Vergärungsprozess, bei dem durch spezielle Bakteriengemeinschaften die organischen Materialien u.a. in Biogas umgesetzt werden (vgl. HAUER 1993). Der Prozess wird in folgenden vier Stufen geteilt (vgl. *Abbildung 3-8*):

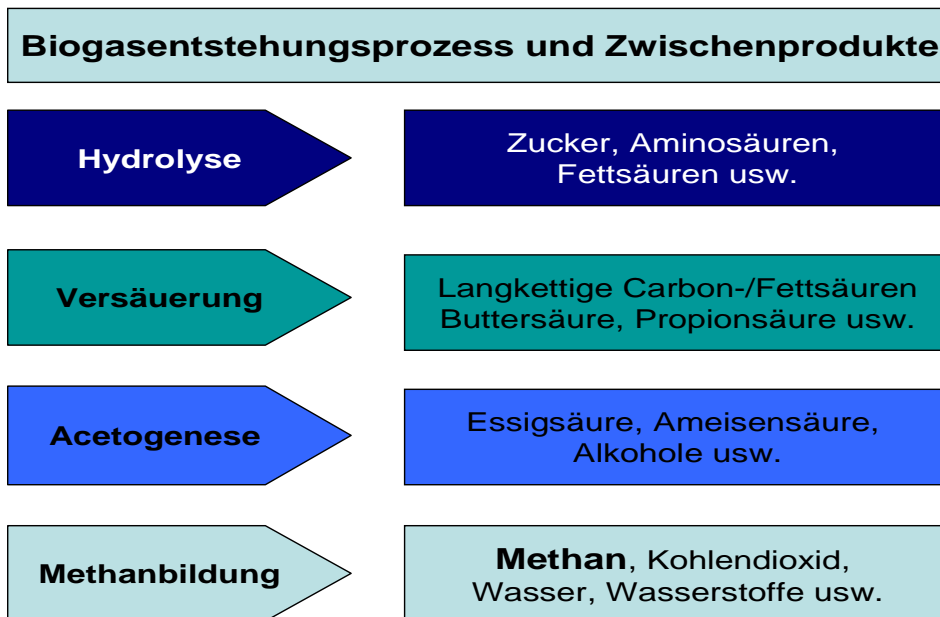


Abbildung 3-8 : Biogasentstehungsprozesse nach der anaeroben Vergärung (nach EDER & SCHULZ 2006; HAUER 1993)

- Enzymatische Hydrolyse

Während der Hydrolyse werden hochmolekulare organische Substanzen wie Eiweißkörper, Kohlenhydrate oder Zellulose durch extrazelluläre Enzyme von Bakterien in wasserlösliche niedermolekulare Verbindungen umgeformt (vgl. PESTA & MEYER-PITTRÖFF 2002a). Die organischen Bestandteile des Substrates werden in kleine wasserlösliche Moleküle aufgespalten und verflüssigt (vgl. FNR 2004; HAUER 1993). Es handelt sich bei der Hydrolyse um eine Umwandlung von Polymeren in Monomere. Der Vorgang wird durch den pH-Wert und die Verweilzeit beeinflusst. Der optimale pH-Wert für die Hydrolyse variiert in Abhängigkeit von den abzubauenen Substraten.

- Versäuerung

Bei der Versäuerung werden die gebildeten Zwischenprodukte durch säurebildende Bakterien weiter zu Carbonsäuren sowie niederen Fettsäuren (Propion-, Buttersäure usw.) umgewandelt. Es handelt sich dabei um fakultativ anaerobe Bakterien, die den noch verbliebenen Sauerstoff verbrauchen und so die für die Methanbakterien notwendigen anaeroben Bedingungen schaffen. Bei einem pH-Wert von 6-7,5 werden hauptsächlich kurzkettige Carbonsäuren (Essig-, Ameisen-, Butter-, Propionsäure), niedermolekulare Alkohole wie Ethanol

und Gase wie Kohlendioxid, Wasserstoff, Schwefelwasserstoff und Ammoniak erzeugt (vgl. FNR 2004; EDER & SCHULZ 2006).

- Acetogenese/Essigsäurebildung

In der dritten Phase des Vergärungsprozesses entstehen methanogene Verbindungen, die in der vierten Abbauphase von den Methanbakterien zu Biogas abgebaut werden können. Die Produkte der acidogenen Bakterien werden von den acetogenen Bakterien in Substrate für die methanogenen Bakterien umgewandelt. Die acetogenen Bakterien wandeln die Butter- und Propionsäure zu Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid um (vgl. HAUER 1993; PESTA & MEYER-PITTRUFF 2002A). Die wasserstoffreduzierenden Bakterien sind sehr temperatur-empfindlich, daher handelt es sich an dieser Stelle thermodynamisch gesehen um den kompliziertesten Schritt innerhalb des gesamten Systems. Nur bei ausreichend hoher Temperatur können die Bakterien die endogenen Reaktionen durchführen und gleichzeitig dem eigenen Wachstum nachkommen (vgl. HAUER 1993).

- Methanogenese

Während der Methanogenese spalten die Methanbakterien die Essigsäure oder reduzieren Kohlendioxid mittels Wasserstoff. Somit werden in dieser Phase etwa 90 % des gesamten Methans produziert (vgl. FIZ 1998). In dieser letzten Phase des vierstufigen Vergärungsprozesses ist die anaerobe Umgebung Grundvoraussetzung für die Produktivität der methanogenen Bakterien, die letztendlich aus den methanogenen Verbindungen Biogas erzeugen können. Dieser Prozess läuft in einem pH-Bereich von 6,6-7,6 ab (vgl. HAUER 1993). Das entstehende Methan wird zu etwa 70 % aus Essigsäure produziert und zu etwa 30 % aus der Reduktion von Kohlendioxid mit Wasserstoff. Darüber hinaus können einige methanogene Bakterien Methanol oder Ameisensäure zur Erstellung von Methangas nutzen. Dieser Vorgang spielt eine untergeordnete Rolle. Im Allgemeinen sind die methanogenen Bakterien von allen Bakterienpopulationen, die in diesen Prozess involviert sind, die sensibelsten im Hinblick auf pH-Wert, Temperatur, Schadstoffe usw. Der optimale pH-Bereich für die methanogenen Bakterien liegt bei 7 (vgl. PESTA & MEYER-PITTRUFF 2002A). Ein stabiler anaerober Vergärungsprozess kann aber nur dann ablaufen, wenn die methanogenen Bakterien in dem Abbauprozess stabil sind, da die methanogenen Bakterien den pH-Wert nicht zu hoch ansteigen lassen und Säuren beseitigen, welche schon in früheren Stadien entstanden sind. Diese methanbildenden Bakterien sind Angehörige der Gruppe der Archaeobakterien, sie werden zu den extrem fakultativen anaeroben Mikroorganismen gezählt (vgl. HAUER 1993).

Es ist anzumerken, dass eine genaue Trennung der vier Prozesse in realiter nicht existiert, da die Methan- und Säurebakterien in einer Symbiose miteinander verbunden sind. Die Prozesse laufen räumlich sowie zeitlich parallel ab und beeinflussen sich gegenseitig durch ihren komplexen Zusammenhang. Die lokalen Bedingungen von Temperatur, Substratzusammensetzung und weitere prozessbedingte Faktoren beeinflussen das System. Lediglich eine Abgrenzung der ersten Stufe, der Hydrolyse, ist möglich, indem ein zweistufiges System mit einem kleineren vorgeschalteten Gärbehälter und daran anschließenden Fermenter errichtet wird. Diese Bauform ist jedoch in der Praxis weniger häufig zu finden. Da keine der vier un-

tersuchten Biogasanlagen über ein derartiges System verfügt, wird dieses nicht eingehender erläutert.

3.2.2.2 Einflussfaktoren auf den Biogasprozess

Durch die Prozessanalyse kann ein Rückschluss auf die Prozessstabilität gezogen werden. Die Umweltbedingungen sind in ihren Eigenschaften wie Temperatur, pH-Wert usw. ganz entscheidende Einflussfaktoren für den Ablauf und die Ergebnisse des gesamten Prozesses. Die physikalischen und chemischen Parameter werden im Wesentlichen durch die Zusammensetzung des Substrates und die Dauer der Faulzeit beeinflusst (vgl. HAUER 1993). Auf die einzelnen Einflussfaktoren, die im komplexen System der Biogaserzeugung eine Rolle spielen, wird in der folgenden Tabelle 3-2 detailliert eingegangen:

Tabelle 3-2: Wichtige Einflussfaktoren für die Biogaserzeugung (eigene Darstellung, Datenquellen: HAUER 1993; OECHSNER 2000; OSTEROTH 1992; JÄKEL & MAU 2003)

Einflussfaktor	Beschreibung
Temperatur	Die Temperatur spielt eine entscheidende Rolle. Da es sich bei den biologischen Stoffwechselfvorgängen um enzymatische Biokatalysatoren handelt, sind deren Aktivitäten und somit auch die Reaktionsgeschwindigkeiten von der Temperatur abhängig. Je höher die Temperatur, desto schneller ist der Abbauprozess der Biomasse und damit auch die Biogasproduktion. Allerdings darf die Temperatur ein bestimmtes Maximum nicht überschreiten. Es gibt drei Temperaturbereiche bei der Vergärung: a) psychrophile Bakterien (< 25 °C), b) mesophile Bakterien (30-45 °C), c) thermophile Bakterien (45-60 °C).
pH-Wert	Das optimale pH-Milieu für die Bakterien ist 6,4 - 8. Falls der pH-Wert außerhalb dieser Spanne liegt, kann es zu einer schlechteren Gasausbeute und Gaszusammensetzung mit einem höheren CO ₂ -Anteil kommen. Ein überhöhtes Angebot von Substrat kann zu einer zu starken Konzentration organischer Säuren führen, wodurch der biologische Abbauprozess gestört werden kann.
Fettsäuren	Durch Fettsäureanalysen mittels Gaschromatographie kann die Versäuerung kontrolliert werden. Bei einem Fettsäurespektrum für Biogasanlagen werden die Fettsäuren C1-C6 (Essigsäure, Propionsäure, Iso-Butter-, Butter-, Iso-Valerian-, Valerian- und Carbonsäure) und ein Essigsäureäquivalent untersucht. Das Essigsäureäquivalent und die Propionsäure sind laut Wellinger (1997) gute Indikatoren zur Beurteilung der Frage, ob der Prozess stabil verläuft oder nicht. Liegt der Gesamtsäurewert unter 1 g/l und der Anteil der Propionsäure unter 200 mg/l, so verläuft der Abbauvorgang optimal. Übersteigen die Werte 3 g/l bzw. bei der Propionsäure 300 mg/l, so liegt eine Störung vor.
Toxische Stoffe	Durch ein erhöhtes Vorkommen toxischer Stoffe wie z. B. Medikamente (Antibiotika) oder Futteradditive wie Zink und Kupfer kann es bei Überschreiten der Toxizitätsgrenzen und der maximalen Raumbelastung zu einer reduzierten Gasausbeute oder im Extremfall zum Zusammenbruch des Systems kommen, da das Wachstum der Mikroorganismen durch zu hohen Input behindert wird. Das gleiche Phänomen wird durch ein erhöhtes Vorkommen von Ammoniak (NH ₃), freien Fettsäuren und Schwefelwasserstoff (H ₂ S) auftreten, was bei Schweinegülle durch die erhöhten Eiweißgehalte im Futter häufig der Fall ist.
Substratkonzentration im Fermenter	Die Nährstoffe Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium werden durch die Vergärung nicht verändert. <ul style="list-style-type: none"> • Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis (C/N) Das C/N-Verhältnis gibt die Relation des Gesamtkohlenstoffs zum Gesamtstickstoff an. Das optimale Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff liegt zwischen 30:1 und 10:1. Durch darunter liegende Werte wird ein zu hoher Ammoniakgehalt erzeugt, welcher, wie oben erläutert, eine toxische Wirkung auf die Methanbakterien hat. <ul style="list-style-type: none"> • Ammoniakgehalt (NH₃) Der Ammoniakgehalt erhöht sich mit dem pH-Wert sowie der Temperatur. Ammoni-

Einflussfaktor	Beschreibung
	<p>ak hat bei einem Vorkommen von 50-200 NH₃ mg/l eine stimulierende Wirkung auf den Vergärungsprozess. Ab 3.000 NH₃ mg/l kann es laut Jäkel und Mau (2003) indessen zur Hemmung der bakteriellen Abbauprozesse kommen.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwefelwasserstoffgehalt (H₂S) <p>Die Hemmung der bakteriellen Abbauprozesse wird bei einem Schwefelwasserstoffanteil von über 1% ausgelöst.</p>
Verweilzeit	<p>Die Verweilzeit beschreibt die Dauer in Tagen, die ein Substrat in einem Fermenter verbleibt. Die Verweilzeit ist der entscheidende Faktor für den Umsetzungsgrad der Biomasse, denn bei kurzen Verweilzeiten werden nur die leicht abbaubaren Stoffe methanisiert, und bei längeren Verweilzeiten können auch mittel bis schwer abbaubare Stoffe umgewandelt werden. Daraus folgt: Je länger die Verweilzeit, desto größer wird die Gasausbeute pro Kilogramm organischer Trockenmasse. Die Biogasausbeute verläuft mit zunehmender Verweilzeit asymptotisch und strebt auf einen Maximalwert zu. Die Verweilzeit ist abhängig von der Durchsatzmenge an zugeführter Frischmasse, das bedeutet, dass bei Erhöhung der Substratzufuhr die Verweilzeit verringert wird. Bei der Wahl spielt das zu vergärende Substrat eine entscheidende Rolle.</p> <p>Nach Praxisuntersuchungen in einem bundesweiten Messprogramm der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) von Weiland (2004) sollen die Verweilzeiten bei 55% der Anlagen im Durchschnitt 60-120 Tage betragen.</p>
Raumbelastung	<p>Mit der Raumbelastung wird die tägliche Beschickungsmenge der organischen Trockensubstanz in kg/m³ des vergärbaren Substrates bezogen auf das Faulvolumen bezeichnet. Die Faulraumbelastung gibt in kg/m³ an, wie viel an organischer Trockensubstanz (oTS) in einem Kubikmeter Gärsubstrat im Fermenter enthalten ist. Die Raumbelastung darf bis zu 4 kg oTS/m³ betragen. Jäkel und Mau (2003) sprechen von einer Raumbelastung von 2-4kg oTS/m³, die aber auch bis zu 6 und mehr kg oTS/m³ bei Anlagen betragen kann. Bei erhöhter Raumbelastung kann dies zu einem instabilen Prozess führen. Die Faulraumbelastung ist ein wichtiges Maß für die Planung von Anlagen und bestimmt u. a. die Fermentergröße.</p>

3.2.2.3 Biogasproduktion und -qualität

Die Biogasproduktion wird im Wesentlichen durch das eingesetzte Substrat, die Temperatur, pH-Werte und die Verweilzeit beeinflusst. Die unterschiedlichen Einheiten in der Literatur wurden in folgender Tabelle 3-3 zusammengefasst:

Tabelle 3-3: Einheiten und ihre Abkürzungen für die Biogasproduktion

Abkürzung	Einheit
m ³ /t FM	m ³ Biogas/t Substrat oder Frischmasse
m ³ /kg TS	m ³ Biogas/kg Trockensubstanz
m ³ /kg oTS	m ³ Biogas/kg organische Trockensubstanz
m ³ /1GVE	m ³ Biogas/Großvieheinheit

Zusätzlich können die Gasproduktionswerte auf die gesamte Biogasproduktion oder auf die Methangasproduktion bezogen werden. Die Biogasqualität ist abhängig von der Inhaltszusammensetzung der eingesetzten Stoffe. Kohlenhydrathaltige Substrate (Mais, Gras, Getreide usw.), die eiweiß- und fettarm sind, produzieren Biogas mit einem geringeren Methangasgehalt von 55 % und einer geringeren Biogasausbeute. Proteinhaltige Substrate (z.B. Speiseabfälle, Schlempe) hingegen erzeugen einen hohen Methangasgehalt und gleichzeitig einen hohen Schwefelwasserstoffgehalt, dafür aber eine geringere Biogasausbeute. Aus den schwefelhaltigen Aminosäuren wird beim Abbau Schwefel freigesetzt (vgl. PESTA & MEYER-PITTRUFF 2002 B). Substrate mit einem hohen Anteil an Fetten (Fettabscheiderrückstände) erzeugen hohe Biogasausbeuten mit hohen Methangasgehalten und geringeren Schwefelwasserstoffgehalten.

Das durch den anaeroben Abbau entstandene Biogas besteht zum größten Teil aus Methan, Kohlendioxid, Stickstoff und Sauerstoff. Die Komposition des erzeugten Biogases ist abhängig von den Substrateigenschaften und von den verfahrenstechnischen Abläufen. In der Literatur sind derzeit folgende Angaben zum Methangasgehalt zu finden: 50-75% (FVB 2000); 60-80% (KOHRT 2001); 55-70% (KÖTTNER 2003); 50-70% (PESTA & MEYER-PITTRROFF 2002A); 60-70% (SCHULZ 1997) und 50-70% (WEILAND 2004); 50-65% (FNR 2005).

Durch die Bestandteile Schwefelwasserstoff und Kohlendioxid kann Biogas auf Metalle wie Kupfer und Eisen korrosiv wirken. Vor allem Schwefelwasserstoff ist ein aggressives Gas und kann Umweltschäden sowie Vergiftungen verursachen (vgl. HAUER 1993). Neben Methan und Kohlendioxid sowie Schwefelwasserstoff sind noch weitere leicht flüchtige Spurengase (NH_3 , N_2 , H_2 , O_2) im Biogas enthalten.

Problematisch für den Verbrennungsvorgang im Motor sind Bestandteile im Brenngas wie Silizium-, Chlor- und Fluorverbindungen sowie Feuchte. Durch Schwefelwasserstoff und Wasserdampf im Biogas werden aggressive Säuren gebildet. Es werden schmierige bis feste Substanzen abgelagert. Im Motoröl sind die Säuren ebenfalls wieder zu finden, und der Ölwechsel muss in kürzeren Abständen durchgeführt werden.

Biogas wird auch im Nachgärer produziert. Das vergorene Substrat sollte in einem gasdichten Nachgärer zwischengespeichert werden, damit das Substrat nachgären kann. Aufgrund des ungleichen Abbauverhaltens von Flüssigmist und Kosubstraten kommt es häufig zu erheblichen Nachgasungen, die bis zu 10 % der Gesamtgasausbeute betragen können (vgl. WEILAND 2004). Nach Angaben der Fachagentur für nachwachsende Rohstoffe (FNR 2004) können es sogar bis zu 20 % sein (Verweis siehe Kap. 3.2.4).

3.2.3 Substratversorgung der Biogasnutzung

Grundsätzlich können alle organischen Stoffe, die auf anaerobem Wege abbaubar sind, als Substrate der Biogasnutzung verwendet werden. In vorliegender Arbeit werden die Substrate bei der Biogasnutzung in folgende 3 Arten unterteilt:

- Energiepflanzen (siehe Kap. 3.2.3.1)
- Wirtschaftsdünger (siehe Kap. 3.2.3.2)
- Organische Reststoffe (siehe Kap. 3.2.3.3)

Ob sich ein Substrat für die Biogasnutzung eignet, kann nicht allein anhand der typischen Gasausbeute entschieden werden. Vielmehr ist eine ganz Reihe zusätzlicher Faktoren bei der Auswahl zu berücksichtigen. z.B. müssen für Bioabfälle laut EEG und Abfallrecht Kosten für besondere Einrichtungen sowie Schadstoffgehalte im Vorfeld bedacht werden.

3.2.3.1 Energiepflanzen

Viele landwirtschaftliche Produkte wie Gras, Getreide, Maissilage und Futterrüben können als Energiepflanzen gezielt für die Biogasnutzung verwendet werden. Zum Feldgemüse zählen unterschiedliche Arten wie Zwiebeln, Erbsen, Kraut, Salat, Kohl oder Spinat.

In Deutschland ist die energetische Biogasnutzung aus pflanzlichen Kulturen (so genannte Energiepflanzen) ein relativ neues Thema, da die Landwirtschaft bislang weltweit auf die Erzeugung von Nahrungsmitteln und Futtermitteln konzentriert war. Bis jetzt sind Energiepflanzen in China wegen der immer größeren Nachfrage an Nahrungsmitteln und der Landwirtschaftspolitik noch kein Thema für die Biogasnutzung. Dahingegen sind Energiepflanzen in Deutschland seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 das wichtigste Substrat für die Nutzung von Biogas. In Deutschland erhalten die Biogasanlagen, die reine Energiepflanzen als Substrat einsetzen und daraus Strom erzeugen, für den eingespeisten Strom einen finanziellen Bonus, und die Energiepflanzen zur Biogasnutzung stellen einen eigenen von Abfall völlig getrennten Zweig dar. Für den Landwirt ist die Möglichkeit schon gegeben, vom Landwirt zum Energiewirt zu werden.

In der folgenden Tabelle 3-4 sind die Biogasausbeuten der verschiedenen Energiepflanzen dargestellt. Insgesamt zeigen die Energiepflanzen eine geringe Streuung beim Biogasertrag pro kg oTS. Deutlich größere Unterschiede zeigen die Energiepflanzen in ihren Hektarerträgen. Den höchsten Methanertrag erzielen Zuckerrübe und Maissilage mit über 4.500 m³/ha. In der Praxis wird in Deutschland Maissilage ausschließlich zur Biogasproduktion verwendet.

Tabelle 3-4: Biogasausbeuten für verschiedene Energiepflanzen (zusammengestellt nach EDER & SCHULZ 2006; FNR 2004 UND KTBL 2006)

Substrat	TS (%)		davon oTS (%)		Biogasertrag (l/kg oTS)		Methan-gehalt (%)		Ertrag (Mittel-niveau, tTS/ha)	Methan (m ³ /ha)	Strom, bei Wg. 32%; (kWh/ha)
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.			
Maissilage	20	35	85	96	450	700	50	55	50	4.613	14.760
CCM (Corn-cob-Mix)		60		96		665		53	14	2.621	8.389
Zuckerhirse		22		91		538		54	68	3.491	11.170
Sudangras		27		91		520		55	55	3.435	10.993
Roggen-GPS	30	35	92	98	550	680		55			
Zuckerrübe	18	23	90	95	690	860	53	54	100	5.680	18.177
Masserübe		12	75	85	620	850	53	54			
Rübenblatt		16	75	80	550	600	54	55			
Ackergräser und Leguminosen-mischungen		35		88		560		54	36	2.926	9.363
Grassilage	25	50	70	95	550	620	54	55	28	2.344	7.501

3.2.3.2 Wirtschaftsdünger

In China sind durch die Änderung der Nahrungsstruktur Tierhaltungen schnell gewachsen. Dies bietet eine Chance für die vermehrte Nutzung der Exkremate zur Biogasproduktion bei gleichzeitig steigenden Umwelanforderungen. Als Hauptsubstrat werden in China Wirtschaftsdünger verwendet, die sich aus Flüssig- und Festmist zusammensetzen und von Rindern, Schweinen oder Geflügel stammen. In Deutschland werden neben dem Wirtschaftsdünger auch Energiepflanzen und organische Abfälle genutzt.

Rindergülle besitzt einen hohen Gehalt an Methanbakterien und leistet daher einen wichtigen Beitrag zur Vergärung, und das, obwohl die Biogasausbeute dabei relativ gering ausfällt.

Schweinegülle zeigt mit weniger Trockensubstanz die gegenteiligen Eigenschaften im Vergleich zu Rindergülle. Hühnerkot ist zwar sehr gut abbaubar, kann jedoch aufgrund seines hohen Anteils an Kalk und Sand die Bildung von Sinkschichten verursachen und erfordert aufgrund dessen spezieller verfahrenstechnische Maßnahmen. Der Strohanteil im Festmist hat eine positive Auswirkung auf die Gasproduktivität (vgl. Tabelle 3-5):

Tabelle 3-5: Biogasausbeuten für verschiedene Wirtschaftsdünger (zusammengestellt nach EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004)

Substrat	TS (%)		davon oTS (%)		Biogasertrag (l/kg oTS)		Mehtan-gehalt (%)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Rindergülle	8	11	75	82	200	500	55	60
Rindermist		25	68	80	210	450	55	60
Schweinemist	20	25	75	80	270	450		60
Schweinegülle	6	7	75	86	300	700	60	70
Hühnerkot	32	45	63	80	250	500	60	65
Pferdekot ohne Stroh		28		75		300		55

3.2.3.3 Organische Reststoffe

- landwirtschaftliche Abfälle

Ernterückstände, verdorbene Silage oder das Schnittgrün von Pflegeflächen können ebenfalls zur Biogasnutzung verwendet werden. Die landwirtschaftlichen Produkte haben den Vorteil, dass sie keine unbekanntes Gefahrenstoffe enthalten.

- Agroindustrielle Reststoffe

Zu den agroindustriellen Reststoffen gehören Gemüsereste, Treber, Schlempe, Molke usw. Zu den eher dünnflüssigen Substraten zählen z. B. Melasse, Kartoffelschlempe und zu denen mit höherem Trockensubstanzgehalt werden Rapspresskuchen, Biertreber oder Apfeltrester gerechnet. Auch wenn diese Substrate teilweise nur saisonal anfallen, so lassen sich die Substrate auf unkomplizierte Art zwischenlagern. Zudem haben die agroindustriellen Reststoffe als Nebenprodukt von Nahrungsmittelerzeugnissen ein geringes Vorkommen an Schad- und Störstoffen, besitzen eine homogene Struktur, und da die spezifische Gasausbeute im Durchschnitt höher liegt als bei Flüssigmist, wirkt sich dieser Umstand positiv auf die Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen aus (vgl. FNR 2006A).

- organische Abfälle

Zu den organischen Abfällen aus Kommunen und Haushalten gehören die Biotonne aus der kommunalen Abfallentsorgung, Rasenschnitt, Fettabscheiderinhalt, Speiseabfälle, Flo-tatschlamm, Panseninhalt usw. Diese haben zumeist einen hohen energetischen Wert und eignen sich somit hervorragend für die Vergärung. Allerdings handelt es sich hierbei um Schadstoffe. Außerdem schwankt die Zusammensetzung der einzelnen Substrate teilweise sehr stark, da unterschiedliche Fraktionen in den einzelnen Stoffklassen vorhanden sind (FNR 2004).

Großküchenabfälle oder Schlachthofabfälle wie Flotatschlämme zeichnen sich vor allem durch ihren hohen Gehalt an leicht abbaubaren Bestandteilen aus. Aus diesem Grunde besteht die Gefahr, dass die säurebildenden (acidogenen) Bakterien mehr Säure bilden, als die Methanbakterien abbauen können, weswegen der pH-Wert oft unter 5 abfällt. Die Abfälle eignen sich zwar für die Vergärung, sind aber aus seuchenhygienischer Sicht und bezüglich ihrer Geruchsbelästigung bedenklich, was Hygienisierungs- und Abluftmaßnahmen erforderlich macht (vgl. OECHSNER & GOSCH 1998).

Speiseabfälle sind gute Vergärungssubstrate und enthalten relativ wenige Schadstoffanteile. Knochen in Speiseabfällen erschweren den Vergärungsvorgang und führen zu technischen Problemen in Biogasanlagen, weswegen sie vorher gemahlen werden müssen (vgl. OECHSNER & GOSCH 1998). Um Speisereste seuchenhygienisch unbedenklich zu machen, ist eine Zerkleinerung und Vorpasteurisierung durchzuführen.

In Deutschland fallen jährlich über zwei Millionen Tonnen Speisereste an, die ab Dezember 2006 nicht mehr in schweinehaltenden Betrieben verfüttert werden dürfen. In folgender Tabelle 3-6 werden Biogasausbeuten der verschiedenen organischen Abfälle nach Arten, Anteilen der TS und oTS dargestellt:

Tabelle 3-6: Biogasausbeuten für verschiedene organische Abfälle (eigene Darstellung, Datenquelle: EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004)

Substrat	TS (%)		davon oTS (%)		Biogasertrag (l/kg oTS)		Methan-gehalt (%)	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Biomüll	40	75	50	70	150	600	58	65
Küchenabfälle	9	37	80	98	200	500	45	61
Grünschnitt	12	21	82	92	550	680	55	65
Marktabfälle	5	45	50	90	400	600	60	65
Panseninhalt	11	19	80	90	200	400	58	62
Flotatschlamm	5	24	80	95	900	1.200	60	72
Fett aus Fettabscheidern	2	70	75	93		700	60	72
Mageninhalt (Schwein)	12	15	75	86	250	450	60	70
Bleicherde		93				1.500	50	60
Biertreber	20	25	70	80	580	750	59	60
Apfeltrester	25	45	85	90	660	680	65	70
Rebentrester	40	50	80	90	640	690	65	70
Pülpe	13	16		90	650	750	52	65
Fruchtwasser	3	4	70	75	1.500	2.000	50	60
Prozesswasser	1	2	65	90	3.000	4.500	50	60
Kartoffelschlempe	6	7	85	95	400	700	58	65
Getreideschlempe	6	8	83	88	430	700	58	65
Obstschlempe	2	3		95	300	650	58	65
Pressschnitzel	22	26		95	250	350	70	75
Melasse	80	90	85	90	360	490	70	75

3.2.4 Anlagenbau bei der Biogasnutzung

Die Biogaserzeugung erfolgt in Biogasanlagen durch anaerobe Vergärung organischer Stoffe. Die Erzeugung von Strom und Wärme aus dem erneuerbaren Energieträger Biogas, die

damit verbundenen positiven Effekte für Umwelt und Klimaschutz sowie die Möglichkeit, durch den Verkauf von Strom und Wärme landwirtschaftliche Einkommen zu sichern, sind alles gute Gründe für den Bau einer Biogasanlage.

Grundsätzlich bestehen Biogasanlagen aus einem Fermenter (Reaktor od. Behälter) und einem Nachgärer bzw. Endlager. Dem Fermenter werden Substrate zugeführt, welche erhitzt werden. Das durch den biologischen Abbauprozess entstehende Biogas wird einem Blockheizkraftwerk (BHKW) zur Verbrennung zugeführt und Strom sowie Wärme sind die Folgeprodukte (vgl. *Abbildung 3-9*). Die hauptsächliche Vergärung läuft im beheizten Fermenter ab. Hier ist es besonders wichtig, dass kein Gas entweichen kann und der Raum luftdicht abgeschlossen ist. Darüber hinaus ist eine gute Wärmedämmung erforderlich, damit die Temperatur möglichst konstant gehalten werden kann und nicht zu viel Wärme verloren geht.

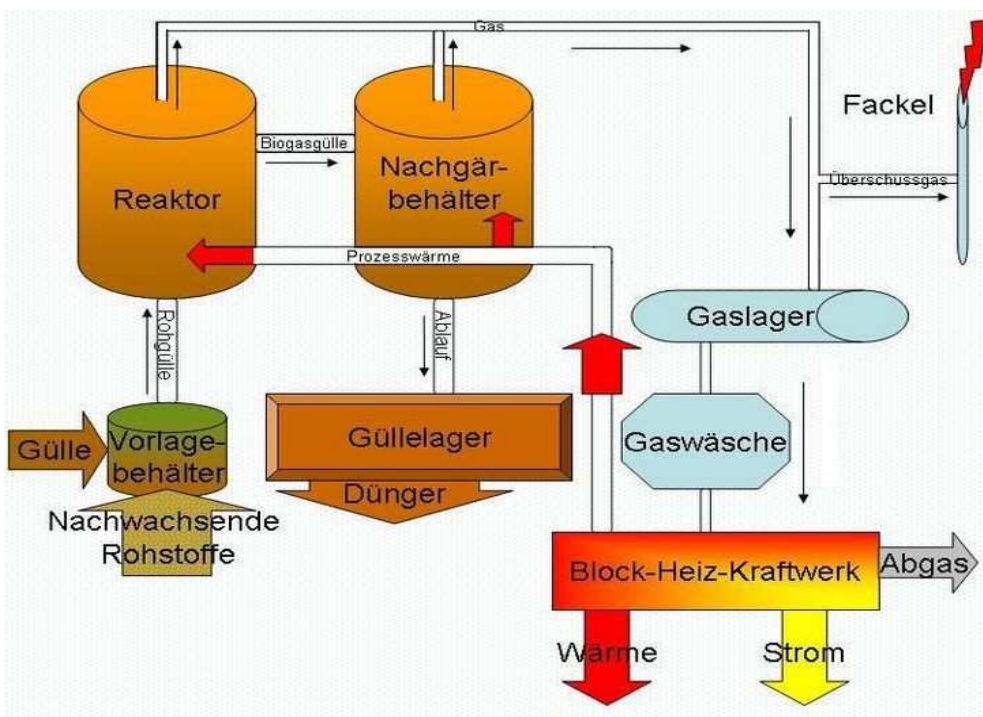


Abbildung 3-9 : Schematischer Aufbau einer Biogasanlage (WIKI 2008)

Feste und flüssige Substrate werden in einer Vorgrube zusammen gemischt und hierüber in den Fermenter gepumpt. Im Fermenter werden die unvergorenen Substrate mit bereits vergorenem Substrat vermischt. Das vergorene, abgebaute Substrat sickert zu Boden und gelangt durch kommunizierende Röhren in einen Nachgärer zur Zwischenlagerung sowie weiteren Ausgasung. Das entstehende Biogas aus Fermenter und Nachgärer kann in einem Gasspeicher zwischengelagert werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Biogas zu speichern, auf die hier nicht genauer eingegangen wird. Der Folienspeicher, der bei den meisten untersuchten Anlagen verwendet wurde, zählt zu den drucklosen Speichern. Er stellt eine kostengünstige und technisch mit wenig Aufwand verbundene Speichermöglichkeit dar. Bei den Folienspeichern unterscheidet man Tragluftdächer und Einfachfoliendächer. Bei Tragluftdächern wird mittels einer Pumpe Luft unter eine äußere Folie geblasen, die dann als äußeres Dach fungiert. Im Innern liegt eine zweite Folie, die als Gasspeicher dient und durch

die Tragluftfolie vor äußeren Einflüssen geschützt wird. Bei leerem Zustand des Gasspeichers liegt die innere Folie auf einem Netz oder einer Balkendecke oberhalb der Fermenterwand auf. Einfachfolienspeicher bestehen lediglich aus einer stabilen Folie. Von dem Gasspeicher aus gelangt das Biogas zur Energieumwandlung zu einem Blockheizkraftwerk. Im BHKW wird das Biogas durch Verbrennung in einem Motor in mechanische und thermische Energie umgewandelt. Die mechanische Energie wird anschließend über einen Generator in elektrische Energie verwandelt. Sie kann für den eigenen Energiebedarf genutzt oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist werden. Daher werden fast alle Biogasanlagen in Deutschland mit Kraftwärmekopplung betrieben. Aber in China wird das Biogas aus kleinen Biogasanlagen direkt zum Kochen und zur Beleuchtung genutzt. Die in dieser Arbeit untersuchten chinesischen Anlagen sind mit deutschen Anlagen vergleichbare, so genannte größere Biogasanlagen, die zumeist auch mit BHKW betrieben werden. Eine Anlage wird mit Kraftwärmekopplung betrieben.

In China werden zurzeit die meisten Biogasanlagen nur mit Wirtschaftsdünger betrieben. Eine Wirtschaftlichkeit ist bei dieser Betriebsweise deutlich weniger als in Deutschland gegeben. In Deutschland werden Kosubstrate oder reine Energiepflanzen eingesetzt, um eine höhere Energieausbeute und damit Wirtschaftlichkeit zu erzielen. Diese Verfahrensweise wird als Kofermentation oder Energiepflanzen-Fermentation bezeichnet.

3.2.4.1 Verfahrenstechnik

Das so genannte Durchflussverfahren ist heute in Deutschland auch in China vorherrschend genutzt. Bei Biogasanlagen mit Durchflussverfahren wird der Fermenter mindestens einmal oder günstigstenfalls sogar mehrmals täglich regelmäßig mit frischem Substrat gespeist. Die entsprechende Menge wird gleichzeitig an verfaultem, weniger aktivem Substrat entnommen bzw. aus dem Fermenter verdrängt. Hierdurch soll die Biogasproduktion konstant bleiben, die Raum-Zeit-Ausbeute hoch und der Wärmeverlust sowie der Bauaufwand gering gehalten werden, und es kann eine gewisse Prozessautomatisierung erfolgen. Dabei sollte in Betracht gezogen werden, dass der technische Aufwand bei dieser Verfahrensweise unter Umständen höher ausfallen kann, da das Substrat mehrmals täglich zum Fermenter transportiert werden muss.

Dieser Verfahrensprozess ist typisch für Nassfermentation. In der vorliegenden Arbeit gibt es eine Beispielanlage in Deutschland (vgl. Kap. 5.5.1.1) und eine in China (vgl. Kap. 5.5.2.3), deren Verfahren als so genannte „Trockenfermentation“ anerkannt werden. Aber die verwendete Verfahrenstechnik für die Deutschland-Beispielanlage 1 (vgl. Kap. 5.5.1.1) entspricht anderen Nassfermentationsanlagen. Es gibt noch typische Verfahren zur Trockenfermentation, z.B. Containerverfahren, Boxen-Fermenter-Verfahren, Folienschlauch-Verfahren und Propfenstromfermenter-Verfahren (vgl. FNR 2004). Nur die verwendete Verfahrenstechnik für das China-Beispielprojekt 3 (vgl. Kap. 5.5.2.3) gehört zu Boxen-Fermenter-Verfahren.

Die wichtigsten Merkmale für Trockenfermentation sind: keine Flüssigkeitssubstrate (sondern stapelbare Substrate), direkte Einfügung und der durchschnittliche TS-Anteil der Substrate muss über 30% sein. Trockenfermentation bei der Biogasnutzung muss mit größerem technischem und wirtschaftlichem Aufwand als Nassfermentation realisiert werden. Nach deut-

schem EEG 2004 wurden daher Biogasanlagen mit Trockenfermentation mit einem Technologie-Bonus extra unterstützt (BMU 2008c), aber nach EEG 2009 gilt der zurzeit nicht mehr.

Die Biogasnutzung kann grundsätzlich unabhängig von der Betriebsweise in vier verschiedene Verfahrensschritte unterteilt werden:

- Anlieferung, Lagerung, Aufbereitung, Transport und Einbringung der Substrate
- Biogasgewinnung, -speisung, und -aufbereitung
- Gärrestlagerung, -aufbereitung und -ausbringung
- Biogasverwertung, Stromerzeugung und Wärmegewinnung

3.2.4.2 Fermenterbau

Der Biogasanlagenbau beinhaltet den Bau der Fermenter, Nebeneinrichtungen sowie BHKW usw. Die Fermenter als Hauptteil der Biogasanlagen bestehen grundsätzlich aus einem Fermenter, der wärmegeklämt errichtet wird, einem Heizsystem und einem Rührsystem. Zurzeit werden die meisten Fermenter mit einer luftdichten Abdeckung als Biogasspeicher errichtet.

Die Fermenterbauförmn können sehr unterschiedlich sein. So gibt es liegende oder stehende, und in Höhe und Durchmesser variierende Fermenter, sowie z.B. die Möglichkeit, eine Hygienisierung vorzuschalten, um Erreger abzutöten. In der vorliegenden Arbeit wird nur die stehende runde Bauweise betrachtet. Gegenüber der liegenden Bauweise ergibt sich der Vorteil, dass man sie kompakter, also mit einem günstigeren Verhältnis von Oberfläche zu Volumen bauen kann, wodurch sich Materialaufwand und Wärmeverluste verringern. Ein anderer Vorteil ist, dass die Fermentervolumen bei der stehenden Bauweise nicht begrenzt sind, bei der aktuellen Bautechnik sind Baugrößen bis 6.000 m³ möglich (vgl. EDER & SCHULZ 2006). Nach der DIN 1045-2 sind Betonfermenter in der Regel die preiswerteste Variante. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass sie nicht über 8 m gebaut werden dürfen. Auf die anderen Vor- und Nachteile der einzelnen Fermenterbauförmn wird ausführlich in der Literatur und an dieser Stelle nicht genauer eingegangen, zumal die Wahl der Fermenterbauförmn unter anderen von den individuellen Standortfaktoren abhängig ist.

Im Fermenter entstehendes Biogas muss gesammelt und in das BHKW weitergeleitet werden. Da die Biogasproduktion schwankt, ist ein Biogasspeicher bei der Biogasnutzung erforderlich. Die einfachste Möglichkeit der Gasspeicherung bietet bei stehendem Fermenter der Einbau eines Gasspeicherdaches. Diese Bauweise wird in Deutschland für die meisten Biogasanlagen genutzt. Natürlich kann man verschiedene separate Gasspeicher bauen, aber andere Bauweisen werden hier nicht dargestellt. Beim Gasspeicherbau sollten die Brandschutz- sowie Dichtigkeitsprüfung beachtet werden. In folgender Tabelle 3-7 werden verschiedene Teile der Fermenter separat dargestellt:

Tabelle 3-7: Mögliche Technologien und Baumaterialien für den Fermenterbau (in Anlehnung an EDER & SCHULZ 2006 UND FNR 2004)

Bauteil	Beschreibung	Mögliche Technologien oder Materialien
Fermenter	Baumaterial	Stahlbeton
		Schwarzstahl oder Stahlblech
		Edelstahl
Wärme- dämmung	Um Wärmeverlust zu verringern, müssen die Fermenter zusätzlich mit Wärmedämmmaterial versehen werden. Zur Wärmedämmung können viele Materialien verwendet werden. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen wird das Dämmmaterial mit Trapezblechen oder Holz verkleidet.	Mineralfasermatten
		Expandierte Polystyrolplatten
		Styroporflocken
		Extrudierte Polystyrolschaumplatten
		Polyurethanschaumplatten
		Organische Dämmstoffe (z.B. Baumwolle, Kokosfaser, Flachs usw.)
Abdeckung als Gasspeicher	Folienhauben und Folienabdeckung	Einfache Ethylen-Propylen-Terpolymer-Folienhaube
		PVC-Gewebe-Folienhaube
		Gasspeicher unter einem Folien-Fermenterdach
		Doppelfolie als Tragluftdach
Heizsystem	Die leistungsfähigen Biogasanlagen müssen unter den Klimabedingungen in Deutschland und China künstlich beheizt werden, um den gewünschten Temperaturbereich aufrecht zu erhalten und Wärmeverluste nach außen auszugleichen. Hierzu wird das Substrat in der Regel über einen Warmwasserkreislauf oder einen Wärmetauscher aufgeheizt. Die dafür benötigte Wärmemenge deckt die Abwärme des BHKW.	Im Fermenter integrierte Heizungen erwärmen das Substrat im Fermenter. Sie arbeiten nach diesem Prinzip: nur das Heizwasser wird umgepumpt. Folgende Technologien werden eingesetzt: <ul style="list-style-type: none"> • Bodenheizung • Wandheizungen • Rührwellenheizungen
		Bei externen, als außerhalb des Fermenters angeordneten Wärmetauschern werden Substrat und Heizwasser im Gegenstrom durch einen Wärmeüberträger gepumpt. Das Gegenstromprinzip ist thermodynamisch sehr effizient. Ein großer Vorteil ist, dass der externe Wärmetauscher eine sehr gute Zugänglichkeit für Wartung und Reinigung hat.
Rührsystem	In der Regel wird das Substrat im Fermenter mindestens mehrmals täglich gerührt. Eine gute Durchmischung des Substrats muss aus folgenden Gründen gewährleistet sein: <ul style="list-style-type: none"> • Vermischen von frischem und vergorenem Substrat, wodurch das frische Substrat angeimpft wird • Eine gleichmäßig Verteilung von Wärme und Nährstoffen im Fermenter • Die Vermeidung und Zerstörung von Sink- und Schwimmschichten • Ein gute Ausgasung des Biogases aus dem Substrat 	Tauchmotorpropeller-Rührwerk mit Elektromotor (Einsatzbereiche: Vorgrube und kleinere Fermenter)
		Tauchmotorpropeller-Rührwerk mit hydraulischem Antrieb und Großflügel (Einsatzbereiche: relativ große Fermenter)
		Horizontales und vertikales Paddelrührwerk (Einsatzbereiche: Fermenter bis 6 m Tiefe und 22 m Ø)
		Stabmixer (Langachs-rührwerke mit Bodenlager) (Einsatzbereiche: Fermenter bis 8 m Tiefe)
		Stabmixer (Langachs-rührwerke ohne Bodenlager) (Einsatzbereiche: Vorgrube und kleinere Fermenter)
		Hydraulische Rührwerke (Einsatzbereiche: in China umfangreich genutzt, in Deutschland selten)

Es gibt noch andere Nebeneinrichtungen für Biogasanlagen, z.B. Silage, Vorgrube und Vorlagerung, Rohrleitungen und Pumpen sowie Kontroll- und Messeinrichtungen, die hier nicht im Detail erklärt werden.

3.2.4.3 Blockheizkraftwerke (BHKW)

In Deutschland wird das Biogas meistens durch das BHKW in Strom umgewandelt und dieser ins Netz eingespeist. Bei KWK-Nutzung wird das Biogas im Verbrennungsmotor verwendet, der einen Generator zur Stromerzeugung antreibt. Die gleichzeitig anfallende Motorabwärme kann zum Heizen und anderen Zielen genutzt werden. Nach dem deutschen EEG für die KWK-Nutzung gibt es einen extra Bonus. Die energetische Biogasnutzung kann durch die thermische Nutzung einen deutlichen wirtschaftlichen Vorteil bekommen.

Für den Verbrennungsmotor des BHKW stehen zwei unterschiedliche Konzepte zur Verfügung: Zündstrahlmotoren und Gasmotoren. Bei Zündstrahlmotoren werden dem verdichteten Gas-Luft-Gemisch über Einspritzdüsen geringe Mengen Zündöl zugeführt. Als Zündöl wird in der Regel leichtes Heizöl verwendet, dessen Anteil zwischen 4 - 30 % schwanken kann (vgl. EDER & SCHULZ 2006). Ab 1.1.2007 ist in Deutschland bei neuinstallierten Zündstrahl-BHKW für die Biogasnutzung nur noch Zündöl biogener Herkunft zulässig. Nun wird das Heizöl durch reines Pflanzenöl oder Pflanzenöl-Methylester ersetzt. Die vor diesem Datum in Betrieb genommenen Zündstrahl-BHKW können jedoch weiter mit Zündöl fossiler Herkunft betrieben werden. Zündstrahlmotoren sind weniger empfindlich gegenüber Schwankungen der Gasqualität, haben in kleinen Leistungsklassen einen relativ hohen Wirkungsgrad, benötigen aber eine Stützfeuerung und sind nicht so langlebig wie Gasmotoren.

Gasmotoren können ausschließlich mit Biogas laufen, aber sie sind vor allem bei kleinen Leistungsklassen deutlich teurer und haben erst ab ca. 300 - 500 kW bessere elektrische Wirkungsgrade als vergleichbare Zündstrahlmotoren. Mit zusätzlichen Einrichtungen können Gasmotorleistungen bis zu 3.000 kW je BHKW und elektrische Wirkungsgrade von 40% realisieren. In folgender Tabelle 3-8 werden die Vor- und Nachteile der Zündstrahlmotoren und Gasmotoren zusammengefasst:

Tabelle 3-8: Vor- und Nachteile von Zündstrahlmotoren und Gasmotoren (nach FNR 2004; MÜLLER 2006; MUFV RHEINLAND-PFALZ 2007)

Motorart	Vorteile	Nachteile
Zündstrahlmotor	30 - 40% elektrischer Wirkungsgrad	Zündöl nötig
	um 3 - 4% höherer elektrischer Wirkungsgrad als Gasmotoren	Verkoken der Einspritzdüsen
	kostengünstig	Ruß an Wärmetauscherflächen
	Unabhängig von der Gasqualität	Höherer Wartungsaufwand
	Auch im kleinen Leistungsbereich unter 100 kW	Die Schadgasemission übersteigt u.U. Grenzwerte der TA-Luft
	ausschließlicher Betrieb mit Heizöl möglich (Notstromaggregat bei Ausfall der Gasproduktion, Beheizung des Fermenters in der Anfangsphase möglich)	Zündölanteil: Nach Meinung der Stromversorger sollte dieser 10 % nicht überschreiten. Dieser Wert wird in der Praxis häufig nicht eingehalten, um eine bessere Kühlung der Einspritzdüsen zu erreichen
		Kontrolle und Konflikt mit Stromversorgern über Zündölanteil, ab 2007

Motorart	Vorteile	Nachteile
		auch Herkunft des Zündöls
		Einzelaggregate über 500 kW selten
		Der Motorölhaushalt verfügt über eine geringere Ölmenge als z.B. der Gasmotor, wodurch die Ölstandzeiten verkürzt werden
		Niedrige Standzeiten 35.000 Betriebsstunden
Gasmotor	34 - 40% elektrischer Wirkungsgrad, aber erst ab 300 kW	Aggregate unter 100 kW selten
	Hohe Standzeiten 60.000 Betriebsstunden	Als Gasqualität mindestens 45% Methangehalt erforderlich
	Niedrigere Schadgasemissionen: TA-Luft wird sicher eingehalten	Teuer
	Geringer Wartungsaufwand	Niedrige Elektrischer Wirkungsgrade unter 300 kW
		Nicht notstromfähig

Für eine Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten sind Emissionen des BHKW ein wichtiges Thema. Bei der Biogas-Verbrennung entstehen hauptsächlich CO₂, O₂ und Wasser. Hinzu kommen umweltrelevante Schadgase CO, NO, NO₂, SO₂, Formaldehyd und Kohlenwasserstoffe. Die bestehen Grenzwerte der verschiedene Schadgase nach der Technischen Anleitung (TA)-Luft werden in folgender Tabelle 3-9 dargestellt:

Tabelle 3-9: Grenzwerte der Schadstoffemission für verschiedene Motoren (TA-LUFT 2002)

	Einheit	Gasmotor		Zündstrahlmotor	
		unter 3 MW	über 3 MW	unter 3 MW	über 3 MW
CO	mg/m ³	1.000	650	2.000	650
NOx	mg/m ³	500	500	1.000	500
Schwefeldioxid	mg/m ³	350	350	350	350
Gesamtstaub	mg/m ³	20	20	20	20
Formaldehyd	mg/m ³	60	20	60	60

BHKW über 1 MW Gesamtfeuerleistungswärmeleistung fallen obendrein unter die Bundesimmissionschutzverordnung (BImSchV) und müssen diese Grenzwerte einhalten. Für BHKW unter 1MW gelten diese Vorschriften nicht zwingend, werden aber als Richtwerte herangezogen.

3.2.5 Biogasverwertung

Hier wird die Biogasverwertung und im Einzelnen Aspekte wie Stromerzeugung, der anlageninterne Stromverbrauch der Biogasanlage, Wärmenutzung und Gärrestnutzung betrachtet.

3.2.5.1 Stromerzeugung und Wärmenutzung

Bei der Biogasnutzung in Deutschland wird das Biogas meistens durch das BHKW zu Strom umwandelt. Die Stromerzeugung steht in engem Zusammenhang mit dem elektrischen Wirkungsgrad des BHKW. Die Energie-Effizienz wird durch die elektrischen Wirkungsgrade berechnet. Der Wirkungsgrad des BHKW entspricht dem Verhältnis der zugeführten zur produzierten Energie, angegeben in Prozent. Der elektrische Wirkungsgrad wird durch den mechanischen Wirkungsgrad des Motors und den elektrischen Wirkungsgrad des Generators bestimmt. Bei optimaler Nutzung der Wärme mit Hilfe eines Blockheizkraftwerkes kann im

Idealfall ein Gesamtwirkungsgrad von 90 % erreicht werden, der aber in der Praxis kaum auftritt (vgl. JÄKEL & MAU 2003). Der Wirkungsgrad bezeichnet das Verhältnis von Input zu Output. Für den Input steht die zugeführte Energie bei Zündstrahlmotoren in Form von Bioheizöl und Biogas, und für den Output die erzeugte Energie von Strom und Wärme. Für Heizöl und Biogas muss der entsprechende Heizwert ermittelt werden.

Der Stromverbrauch einer Anlage steht in Abhängigkeit zu den Laufzeiten der jeweiligen Verbraucher. Zu diesen gehören Rührwerke, Pumpen und Feststoffdosierer. In der Literatur sind hierzu keine genauen Angaben zu finden, da bisher keine Messungen diesbezüglich durchgeführt worden sind. Nach Schneider (2006) verbrauchen Biogasanlagen 2-15 % des selbst erzeugten Stroms, Jäkel und Mau (2003) gehen bei den Wirtschaftlichkeitsberechnungen von 8 % Prozessenergie aus. Nach Dr. Emmerich (2010, schriftliche Mitteilung) liegt der Eigenstromverbrauch einer Biogasanlage meist bei 8 % und kann bis zu 12 % erreichen.

Durch das BHKW kann das Biogas nicht komplett in elektrische Energie umgewandelt werden, sondern es werden ca. 2/3 in Wärme umgewandelt. Die Wärmeproduktion der Biogasanutzung ist also abhängig vom thermischen Wirkungsgrad. Aufgrund der häufig nicht gegebenen Nutzungsmöglichkeiten sowie der nicht ausschlaggebenden Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen ist er weniger relevant. Nach Oechsner (2000) beträgt der thermische Wirkungsgrad 55%. Seit der Novellierung des EEG im Jahr 2004 gibt es einen sogenannten „KWK-Bonus“ für außerhalb der Biogasanlage genutzte Wärme.

Die Angaben zur Wärmeproduktion der BHKW in der Literatur basieren auf den Aussagen der Motorenhersteller. Die Angaben der Anlagenwärmeverwendung sind zum Teil geschätzte Daten und beziehen sich auf die Gesamtwärmeproduktion. Folgende Werte sind in der Literatur zu finden:

Tabelle 3-10: Literaturangaben zu Wärmeproduktion und -nutzung

Literatur	Thermischer Wirkungsgrad und Nutzungsgrad
Jäkel, Mau (2003)	35 % Wärmeprozessenergie
Köttner (2003)	rechnet mit einer 1,5fachen Wärmeproduktion bei Zündstrahlmotoren der Stromproduktion, wovon 30-50 % zur Beheizung des Fermenters benötigt werden
Oechsner (2000)	25 % Wärmenutzung des Fermenters
Schneider (2006)	20-80 % Wärmenutzung des Fermenters

3.2.5.2 Gärrestnutzung

Die in einer Biogasanlage vergorenen Gärreste können direkt oder nach Verarbeitung als Dünger weiter verwendet werden, wodurch Düngemittel unter finanziellen und Umwelt-Gesichtspunkten eingespart werden. Durch den Abbau der Trockensubstanz treten positive Eigenschaften der Gärreste, wie bessere Pumpfähigkeit, schnelleres Eindringen in den Boden oder geringere Ätzwirkung, auf.

Die für die Pflanzenproduktion wichtigen Mineralnährstoffe Phosphor, Kalzium und Stickstoff bleiben in den Gärresten weitestgehend erhalten, wodurch das vergorene Substrat sehr gut für die Düngung sowie als Torfersatz geeignet ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass sich das Kohlenstoff-Stickstoff-Verhältnis verengt, da bei der Vergärung und Ausgasung vor-

nehmlich der Kohlenstoffgehalt reduziert wird (vgl. HAUER 1993; KALTSCHMITT & KUHN u.a. 1993).

Untersuchungen von SCHULZ & MITTERLEITNER (1991) ergaben, dass beim Einsatz von Gärresten zwischen 21 und 36 % an Mineraldünger aufgrund der hohen Düngequalität eingespart werden können. Durch die Mischung von Rinder- oder Schweinegülle mit anderen Substraten wird eine effizientere Verteilung der Nährsalze Phosphor und Kalium im Verhältnis zum Bedarf der Pflanzen ermöglicht. Ein Teil des organisch gebundenen Stickstoffes wird in die pflanzenverfügbare, mineralische Form umgewandelt. Hierdurch ist eine gezieltere Düngung möglich (vgl. JÄKEL 2000). Darüber hinaus wird das Grundwasser durch reduzierte Nitratauswaschungen geschützt, denn infolge der geringeren Ätzwirkung und der besseren Aufnehmbarkeit der Gülle durch die Pflanzen dringt weniger Nitrat ins Grundwasser ein.

Die Gärreste haben eine geringere Ätzwirkung auf die Anbaupflanzen. Es kann infolgedessen während der Vegetationsperiode zum optimalen Zeitpunkt ausgetragen werden und ist zur Kopfdüngung geeignet, denn für die Ätzwirkung sind die niederen Fettsäuren verantwortlich, welche bei der Vergärung zur Methanproduktion überwiegend abgebaut werden (vgl. KUHN & DÖHLER 1993). Die Gärreste sind zudem ein schnell wirkender organischer Dünger, der gezielt und effizient in die wachsenden Pflanzenbestände ausgetragen werden kann.

Eine zusätzliche Nutzung der Vergärung ist, dass durch die Wärme menschliche Krankheitserreger, pflanzenpathogene Keime sowie Unkrautsamen zum Teil abgetötet werden (vgl. BOXBERGER, AMON U.A. 2002). Das bedeutet wiederum, dass Insektizide und Pestizide, welche ebenfalls unter Einsatz von Mineralöl erzeugt werden, eingespart werden können, was im Weiteren positiv für den Grundwasser- und Bodenschutz ist und folglich eine entscheidende Rolle für die Umwelt spielt.

Zusammenfassend lassen sich die Vorteile der Gärrestenutzung wie folgt darstellen:

- homogenere und feinere Struktur, bessere Verteilung der Nährstoffe im Substrat und dadurch Mineraldüngereinsparung, verminderte Ätzwirkung, Kopfdüngung möglich,
- Reduzierung von pathogenen Keimen und Unkrautsamen geringere Methan- und Lachgasemissionen,
- Reduzierung der Geruchsbelästigung,
- Nährstoffrecycling aus organischen Abfällen,
- Schonung der Rohstoffressourcen,
- Aufbau eines wachstumsfähigen Energiewirtschaftssektors.
- Reduktion von Treibhausgasemissionen,
- wirtschaftliche Stabilisierung landwirtschaftlicher Betriebe, und
- kontinuierliche Verfügbarkeit der regenerativen Energiequelle Biogas im Vergleich zu Windkraft und Fotovoltaik.

Zwar sind in Deutschland Gärreste nutzbar, wegen schwierigen Nutzungsbedingungen sowie rechtlichen Beschränkungen führt die Gärrestenutzung in Deutschland allerdings nicht zu ei-

ner zusätzlichen Wirtschaftlichkeit. Ganz im Gegensatz dazu hat die Gärrestnutzung für die Biogasnutzung in China eine viel größere Wertigkeit. Nach der Verarbeitung können die Gärreste als hochwertiger Dünger im Düngemittelmarkt verkauft werden. Im Folgenden ist ein Berechnungsbeispiel aus China:

Eine 180 kWel. BGA (mit Schweinegülle und Wasserpflanzen) kann pro Jahr ca. 1,3 Mio. kWh Strom erzeugen.

- Erlöse = 78.000 - 104.000 Euro (bei 0,06-0,08 Euro/kWh)

Nach der Gärresteaufbereitung können ca. 800 - 1.000 t so genannter organischer Dünger hergestellt werden.

- Erlöse = 48.000 - 60.000 Euro (bei 60 Euro/t trockener Dünger)

Die Erlöse aus der Gärrestverwertung in China entsprechen somit ca. 40 % des Gesamtertrags des Biogasnutzungsprojektes.

3.2.6 Aktuelle Biogasnutzung in Deutschland und China

Bis 1993 lag der Bestand an Biogasanlagen in Deutschland nur bei über 250 Stück. Allein die garantierte Stromabnahme durch das Stromeinspeisungsgesetz (1990) mit einem Vergütungssatz von 10 Cent/kWh brachte eine Vervierfachung der Anlagenzahl auf 1.000 bis zum Jahr 2000 (vgl. *Abbildung 3-10*). Die Erhöhung der Tarife für eingespeisten Strom sowie die Garantie der Stromabnahme (EEG 2000) verdoppelte die Anlagezahl in nur 4 Jahren. Die Entwicklung der Biogasnutzung in Deutschland wird in folgende *Abbildung 3-10* graphisch dargestellt:

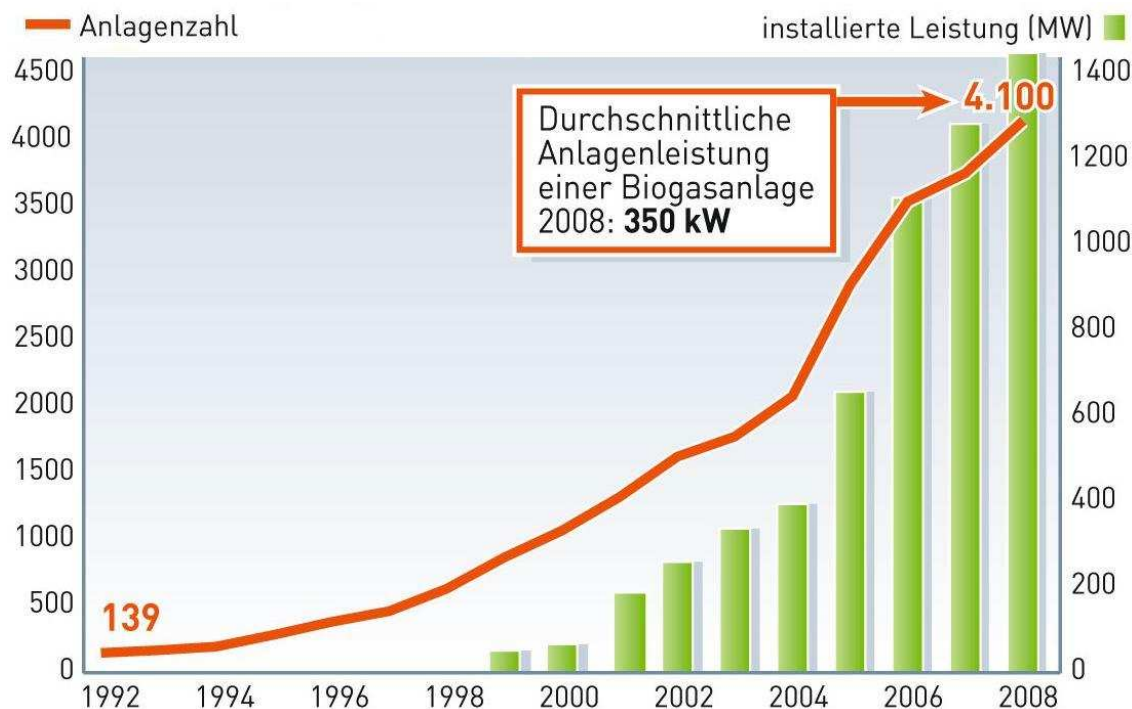


Abbildung 3-10 : Entwicklung der Anzahl und Gesamtleistung der Biogasanlagen in Deutschland (U-VE 2009)

Die *Abbildung 3-10* zeigt noch, dass den absoluten Durchbruch die Novellierung des EEG 2004 mit dem Bonus für nachwachsende Rohstoffe erzielte, wodurch in 2 Jahren bis 2006 die Anlagenzahl auf über 3.500 gestiegen ist. Obwohl seit 2007 der Rohstoffpreis nicht mehr so schnell steigt wie vorher - die Zahl der Biogasanlagen lag bis Ende 2008 in Deutschland bei insgesamt ca. 4.100 (vgl. FVB 2009) - ist Deutschland, gemessen an der Biogasanlagenzahl, immer noch weltweit führend.

Die Entwicklungen auf dem Feld der Biogasnutzung sind seit Jahren sehr rasant. Während Deutschland bei den Erneuerbaren Energien im Sektor „Wind“ weltweit führend ist, besteht bei der Biogasnutzung noch Nachholbedarf. In China ist es ähnlich, besonders für die Abfallwirtschaft wächst die große Wertigkeit der Biogasnutzung noch stärker. Seit Jahren nehmen die Anzahl der Biogasanlagen und das Interesse an dieser Technologie deutlich zu, dies ist insbesondere in Deutschland zu sehen. Im Vergleich mit dem Jahr 2000 hat sich die Anzahl der Biogasanlagen in Deutschland im Jahr 2007 verdreifacht und die installierten elektrischen Leistungen sogar ca. verzwanzigfacht (vgl. *Abbildung 3-10*).

In China steigt die Anzahl der Biogasanlagen zwar auch, aber bedeutend weniger schnell als in Deutschland. Besonders hat sich auch die Technologie für die Biogasnutzung in China deutlich langsamer entwickelt, obwohl es viele geographische, politische und auch wirtschaftliche Gründe gibt. Bis 2008 gab es in China insgesamt ca. 18 Mio. Biogasanlagen, aber davon sind die meisten so genannte Haushaltsbiogasanlagen oder Minibiogasanlagen. Es gibt nur ca. 4.000 so genannte Mittel- und Großbiogasanlagen, die mit deutschen Anlagen vergleichbar sind (CMFL 2009). Ein weiterer Vorteil der Biogasnutzung in China ist, dass Biogasnutzungsprojekte als CDM-Projekt anerkannt werden können. Dies leistet einen zusätzlichen Beitrag zur Wirtschaftlichkeit.

Die unterschiedlichen Förderstrategien und die Politik der beiden Länder für eine energetische Biogasnutzung lassen sich auch anhand des verwendeten Inputs aufzeigen. In Deutschland werden sehr viel Energiepflanzen verwendet, in China dagegen kaum. Unter den Energiepflanzen ist vor allem Silomais, aufgrund der relativ geringen Kosten im Anbau und der hohen Gasausbeuten, interessant. In China werden in landwirtschaftlichen Biogasanlagen zum größten Teil Gülle, Mist und landwirtschaftliche Abfälle verwertet. Kosubstrate werden in China kaum genutzt. Daraus folgt auch ein niedrigerer Wirkungsgrad für die Biogasausbeute. Gleichzeitig sind Biogasaufbereitung und -verwendung in beiden Ländern grundsätzlich verschieden. In Deutschland wird Biogas meistens durch das BHKW als elektrische Energie und thermische Energie genutzt, in China wird es dagegen meistens direkt zum Kochen und zur Beleuchtung verwendet. Aber um die Möglichkeiten der Biogasnutzung in China zu vergrößern, werden immer mehr so genannte mittlere und große BGA mit BHKW eingerichtet. Eine Chance für die Biogasnutzung bietet auch die Mindestvergütung des chinesischen EEG. Eine mögliche Gefahr geht davon aus, dass die Biogasnutzungstechnologie in Hochschulen und Instituten sehr wenig erforscht und weiterentwickelt wird. Folgende Tabelle 3-11 zeigt die Unterschiede des Substrats bei der Biogasnutzung in Deutschland und China:

Tabelle 3-11: Unterschiede beim Substrat der Biogasnutzung in Deutschland und China (eigene Darstellung)

Substrat	Deutschland	China
Energiepflanzen	Hauptsubstrat	nein
Wirtschaftsdünger	ja	Hauptsubstrat
Andere tierische Nebenprodukte	ja	kaum
Grünabfälle und andere landwirtschaftliche Bioabfälle	ja	kaum
Küchen- und Speiseabfälle	Ja, besonders nach 2006 (In der Schweinepeststrichlinie der EU wurde deshalb ein generelles Verfütterungsverbot zum 01.07.2002 vorgesehen (Fristverlängerung bis zum 31.10.2002 bzw. durch die Verordnung von Hygienevorschriften war die Verfütterung noch bis 2006 zugelassen). Mit dem 1.11.2006 ist das Verfütterungsverbot für Speiseabfälle nun endgültig in Kraft getreten.	Kaum Werden meistens verfüttert
Andere Bioabfälle	ja	nein In China werden Abfälle noch nicht sortiert
Abwasser	nein Kläranlagen sind extra geregelt	ja Kläranlagen gehören auch zu Biogasanlagen
Gemischte Abfälle	nein Deponiegasnutzungsanlagen sind extra geregelt	ja Deponiegasnutzungsanlagen gehören auch zu Biogasanlagen

In Deutschland sind das Hauptsubstrat der Biogasnutzung die Energiepflanzen und stellen eine relativ preiswerte Quelle für Erneuerbare Energie dar. Schon heute kann der Landwirt in Deutschland die Energiepflanzen ab Feld für ca. 25-30% der Rohölpreise bereitstellen (vgl. KARPENSTEIN-MACHAN 2005). Energiepflanzen haben dabei den Vorteil, dass sie in kalkulierbarer Menge von Jahr zu Jahr nachwachsen und damit die Substratversorgung auf viele Jahre im Voraus kalkulierbar machen.

Für die Biogasnutzung kann und soll in Deutschland die ganze Energiepflanze genutzt werden, um einen hohen Biogashektarertrag zu erzielen. Da bei Nutzung der Ganzpflanze im Vergleich zur Körner- oder Corn-Cob-Mix-Nutzung auch dreimal bzw. doppelt so hohe Erträge vom Hektar erzielt werden können, ist die Ganzpflanzennutzung die produktivste Form der Energiegewinnung vom Acker. Bei allen Energiepflanzen, die als Ganzpflanzensilage genutzt werden, wird die Vollreife nicht abgewartet, sie werden bereits in der Mich- oder spätestens in der Teigreife geerntet. Eine gleichmäßige terminierte Abreife zur Ernte ist nicht erforderlich. Daraus ergeben sich für die Energiepflanzen neben ökologischen Vorteilen auch betriebliche Vorteile, denn im Gegensatz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion mit eng begrenzten Ernteterminen lassen sich Saat- und Erntetermine für den Energiepflanzenbau flexibler gestalten.

Laut Einschätzung des Fachverbandes Biogas e.V. wird der im EEG verankerte NowaRo-Bonus dazu beitragen, dass vermehrt Ackerflächen für die Energieproduktion bereitgestellt und neue Biogasanlagen überwiegend zur Nutzung von Energiepflanzen gebaut werden.

Unabhängig von den in Studien errechneten Flächenpotenzialen, die in Zukunft für Nahrungs- und Futtermittel nicht mehr benötigt werden, wird sich die Nutzungsverteilung der Ackerflächen an wirtschaftlichen Rahmenbedingungen orientieren.

Zur Ernte 2007 waren in Deutschland fast 250.000 Hektar Mais - dazu gehören Silomais, Lieschkolbenschrot und Corn-Cob-Mix - zur Biogasnutzung angemeldet, das entsprach einem Plus von 54 Prozent gegenüber dem Vorjahr (vgl. PROPLANTA 2009). Davon entfielen rund drei Viertel oder 189.300 Hektar auf den Anbau mit der so genannten „Energiepflanzenprämie“, die 45 Euro je Hektar beträgt. Auf Stilllegungsflächen wurden weitere 59.900 Hektar angebaut. Erfasst sind nur die bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) zur energetischen Nutzung angemeldeten Flächen. Es ist aber davon auszugehen, dass darüber hinaus auch Mais von nicht angemeldeten Flächen zur Biogaserzeugung eingesetzt wird. Die größte Maisanbaufläche zur Biogasnutzung befand sich in Niedersachsen, einer Region mit einer besonders hohen Dichte an Biogasanlagen.

Bei der Potentialabschätzung wird davon ausgegangen, dass in der Zukunft auf 2 Mio. Hektar Ackerflächen Energiepflanzen für Biogasnutzung angebaut werden können (FNR 2008). Es wird von dem heutigen Ertragsniveau (60 t FM/ha) auf der Fläche ausgegangen. Durch die Einbeziehung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdüngern kann das Stromerzeugungspotenzial aus Biogasnutzung in der Zukunft von ca. 7,4 TWh (2007) auf 58,9 TWh erhöht werden und damit der Anteil der Biogasnutzung an der Stromerzeugung in Deutschland ca. 9,6% erreichen (vgl. Tabelle 3-12). Biogasnutzung kann damit einen erheblichen Beitrag zur Energieerzeugung leisten.

Neben Energiepflanzen als das Hauptsubstrat der Biogasnutzung in Deutschland spielt Wirtschaftsdünger für Biogasnutzung in Deutschland auch eine wichtige Rolle. Besonders vor der Novellierung des EEG im Jahr 2004 war die so genannte Kofermentation - Vergärung mit Wirtschaftsdünger-Einsatz - die wichtigste Verfahrenstechnik für Biogasnutzung in Deutschland. Wie eine Studie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) zeigt, stellen Wirtschaftsdünger in Deutschland bis 2004 das Hauptsubstrat für die Biogasnutzung dar. Vor der Novellierung des EEG im Jahr 2004 betrug bei über 80% der Biogasanlagen in Deutschland der Massenanteil von Wirtschaftsdünger mindestens 50% (vgl. KARPENSTEIN-MACHAN 2005). Obwohl sich der Anteil für den Energiepflanzen-Einsatz für Biogasnutzung immer mehr erhöht, sind Wirtschaftsdünger wie Gülle, Festmist und Jauche auch heute und in Zukunft ein wichtiges Substrat für Biogasnutzung in Deutschland (vgl. Tabelle 3-12). Aufgrund des geringen Trockensubstanzgehaltes und der Vorvergärung im Tiermagen liefern die Wirtschaftsdünger im Vergleich zu Energiepflanzen deutlich niedrigere Biogaserträge, dennoch hat der Einsatz von Wirtschaftsdüngern aus folgenden Gründen Vorteile:

- Gringere Kosten bei Substratversorgung
- Weniger Aufwand beim Rühren durch dünnflüssigere Substrate
- Stabilisierung des Gärprozesses durch ständigen Eintrag von Bakterien
- Neutralisation von Säuren durch Pufferwirkung der Gülle

In der folgenden Tabelle 3-12 werden die Biogasnutzungspotenziale in Deutschland zusammengestellt:

Tabelle 3-12: Biogasnutzungspotenziale in Deutschland (Datenquelle: FNR 2008, KARPENSTEIN-MACHAN 2005)

Substratpotenziale für Biogasnutzung in Deutschland	Mögliche install. Leistung in MW	Strompotential in TWh	Anteil a.d. Stromerzeugung 2007 (616,2 TWh)
Potenziale Wirtschaftsdünger	1858	13,8	
Flächenpotenziale 2 Mio. ha	6062	45,1	
Biogasnutzungspotenziale insgesamt	7920	58,9	9,6%
Biogasnutz. Aktuelle Stand 2007	1270	7,4	1,2%

Nach einer Studie des KTBL (2005) ergibt sich seit 1994 eine insgesamt abnehmende Tendenz im Wirtschaftsdüngeranfall in Deutschland. Schreibt man den deutlich negativen Trend im Rinderdunganfall und den leicht positiven Trend im Anfall von Schweinedung bis 2010 fort, stehen 2010 ca. 23 Mio. t Wirtschaftsdünger zur Verfügung. Mit dem jährlich aus Wirtschaftsdüngern anfallenden Biogas könnten eine BHKW-Leistung von 1858 MW installiert und damit 13,8 TWh Strom produziert werden (vgl. Tabelle 3-12).

Auf der anderen Seite verlangsamt sich die Entwicklung der Biogasnutzung zwischen 2007-2008 aufgrund steigender Nahrungsmittelpreise in Deutschland sehr deutlich. Das ist ein Signal, dass in Deutschland die Biogasnutzung zu abhängig von Energiepflanzen ist, und die Substratversorgungspolitik in Deutschland geprüft werden muss. Damit Biogasnutzung und Energiepflanzenanbau in Deutschland tatsächlich einen wesentlichen Beitrag für die Erneuerbaren Energien leisten können, ist es notwendig, ein standortangepasstes nachhaltiges umwelt- und klimaschutzbetrachtendes Substratversorgungskonzept zu entwickeln.

In China hat die Biogasnutzung eine lange Tradition (vgl. Kap. 3.2.1), aber die industrielle Biogasnutzung, die in der vorliegenden Arbeit mit deutschen Verhältnissen vergleichbar ist, steht noch in der Anfangsphase. Das bedeutet auch, dass die Biogasnutzung in China ein enormes Potential hat. Mit einem chinesischen EEG, chinesischen Förderungsprogrammen und durch die Unterstützungen internationaler Klimaschutzmaßnahmen wie das durch das Kyoto-Protokoll geregelte CDM-Verfahren ist es auch in China möglich, dass die Biogasnutzung wirtschaftlich machbar ist, und zumindest im Bereich der Biomassenutzung eine Musternutzungsart geworden ist.

Aufgrund der Nahrungsmittelpolitik in China dürfen fast alle Kulturpflanzen (landwirtschaftliche Pflanzen) nicht zur Energiegewinnung genutzt werden. Somit spielen für die Biogasnutzung in China Energiepflanzen keine Rolle. Substrate für die Biogasnutzung in China sind überwiegend Wirtschaftsdünger, die eine fast kostenlose Quelle für erneuerbare Energie darstellen. Nach Aussagen von Herrn XIN XIANG (Zentrum für Energie und Umwelt der CMfL, 2009) hat China ca. 2,61 Mrd. Tonnen Wirtschaftsdüngeranfall pro Jahr. Die offiziellen Daten (CMfL 2009, Wirtschaftsdüngeranfall der in Haushalten gezüchteten Tieren sind nicht inkl.) werden in Tabelle 3-13 gezeigt. Im Jahr 2007 fielen ca. 1.12 Mrd. Tonnen Wirtschaftsdünger bei Tierhaltungsfarmen an. Diese können theoretisch gesamt als potentielle Biogasnutzungsquelle betrachtet werden. Die möglichen installierten elektrischen Leistungen betragen ca. 10437 MW, dies entspricht ca. 20.874 500-kW-Biogasanlagen. Aktuell ist es in China un-

denkbar, dass alle Wirtschaftsdünger durch Biogasnutzug verwertet werden. Die größten Möglichkeiten bestehen darin, dass bei jeder großen Tierhaltungsfarm eine eigene Biogasanlage gebaut wird. Das bedeutet, dass insgesamt ca. 10.532 Biogasanlagen mit einer durchschnittlich 121-kW (mit deutschem Verhältnis ungerechnet) elektrischen Leistung gebaut werden könnten (vgl. Tabelle 3-13). Zurzeit gibt es ca. 700 Biogasanlagen (XIN XIANG 2008), die Strom erzeugen. Dieser Strom wird hauptsächlich selbst genutzt oder in ein dezentrales Netz eingespeist. Abwärme der BHKW wird überwiegend nicht genutzt. Somit hat die Biogasnutzung auf dieser Art und Weise in China noch einen langen Weg vor sich, um den gleichen Stand wie in Deutschland zu erreichen.

Die Potenziale der Biogasnutzung in der Tierhaltungsbranch in China werden in folgender Tabelle 3-13 dargestellt:

Tabelle 3-13: Biogasnutzungspotenziale in China bei Tierhaltung (Eigene Darstellung, Datenquelle: CMFL 2008, KARPENSTEIN-MACHAN 2005)

		Biogaserzeugung bei Biogasnutzung (Mio. m ³ /a)	Strompotenzial (TWh)	Mögliche install. Leistung (MW)
Gezüchtet Tiermenge (Mio.)	5797,2			
Wirtschaftsdüngeranfall (Mio. t)	1117,9	34099	77,6	10437
Davon große Farmen	10532			
Darunter Gezüchtet Tiermenge (Mio.)	698,7			
Darunter Wirtschaftsdüngeranfall (Mio. t)	136,6	4167	9,5	1275

Neben der großen Chance für die Biogasnutzung mit Wirtschaftsdünger-Einsatz gibt es noch viele praktische Probleme in China, die man mit deutschem Verständnis kaum nachvollziehen kann:

- Mangelnde Durchsetzung des Umweltrechts und der Regelungen auf lokaler Ebene.
- Für die Gärrestebehandlung und -verwertung gibt es bisher in China keiner geeigneten Mechanismus und keine passenden Standards. Mit Gefahren durch sekundäre Verschmutzungen ist bei den aktuellen Verfahren der Biogasnutzung zu rechnen.
- Es gibt zu wenig Beachtung für die industrielle Biogasnutzung, obwohl die letzteren weithin als die künftige Musternutzungsart der ländlichen Entwicklung im Energiebereich anerkannt werden. Die meisten staatlichen Unterstützungen sind für Haushalt-Biogasanlagen.
- Aufgrund mangelnder Zusammenarbeit zwischen den zuständigen Behörden und mangelnder Koordinierung der institutionellen Regelungen ergeben sich verschiedene Institute, die die verschiedenen Technologien durch unterschiedliche Finanzierungsquellen unterstützen.
- Eine gängige Praxis der kleinen Schweinebetriebe ist es, dass offene anaeroben Vergärungswanne für die Schweinegülle-Behandlung genutzt werden, die eine große Menge an Treibhausgasemissionen freisetzen und die Umwelt somit stark verschmutzen.

- Die Integration von CDM-Verfahren bietet Chancen auf eine zukünftige Einnahmequelle für Biogasnutzungsprojekte, aber die Finanzierung- und Investitionsfrage bilden Hindernisse, die die Entwicklung der Biogasnutzung in China limitieren. Es gibt noch keinen offiziellen Finanzplan, der die industrielle Biogasnutzung unterstützt.
- In Ermangelung einer drastischen Veränderung der Tierhaltung wird die Umweltverschmutzung und Schadstoffbelastung aus Tierhaltung weiter steigen. Bis zu dem Jahr 2020 wird die Tierhaltung in China voraussichtlich um 167% gegenüber dem Niveau vom Jahr 2000 steigen. Bisher ist Biogasnutzung die beste Maßnahme für die Entsorgung der Wirtschaftsdünger und Stallabwässer.
- Dies ist eine erhebliche Herausforderung für die Tierhaltung in China, gleichzeitig ist es auch ein riesiger Markt für Biogasnutzung.

Neben dem Wirtschaftsdünger müssen auch die landwirtschaftliche Abfälle und unwirtschaftliche Pflanzen und Pflanzenreste in China als Substrate für eine Biogasnutzung berücksichtigt werden. Vor allem ist hierbei die Nutzung von Stroh zu nennen. In China fallen jährlich ca. 0,7 Mrd. Tonnen Stroh an. Das meiste davon wird noch nicht genutzt. Bisher wird nur ein geringer Teil für die Biogasnutzung verwertet, gilt aber dennoch als eine wichtige Substratquelle für die Biogasnutzung in China. Die Forschung sollte hierfür in Zukunft geeignete Lösungsansätze bieten.

3.2.7 Rechtliche Anforderungen der Biogasnutzung

3.2.7.1 Rechtliche Grundlagen in Deutschland

In Deutschland sind folgende Gesetze für die Biogasnutzung wichtig:

- Baugesetzbuch,
- Raumordnungsgesetz,
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung,
- Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (BImSchG),
- Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt,
- EG-Verordnung Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte,
- Gesetz über den Handel mit Berechtigungen zur Emission von Treibhausgasen (TEHG),
- Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG),
- Verordnung über die Erzeugung von Strom aus Biomasse (BiomasseV),

- Düngemittelgesetz,
- Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG) und
- Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung (KWKG-Gesetz).

Biogasanlagen können sich in der Projektierung erheblich voneinander unterscheiden. Dies betrifft viele Parameter wie Anlagenteile, Stoffstrom usw. Eine Biogasanlage verfügt in der Mindestausstattung über eine Einrichtung zur Zwischenlagerung von Substrat, Fermentern, die erforderlichen Steuereinrichtungen, eine Vorrichtung zur Erfassung und Zwischenlagerung von Biogas und Gärresten sowie in Deutschland meistens ein Blockheizkraftwerk (BHKW) und weitere Verstromungseinrichtungen. Sonst sollen manche Biogasanlagen mit Hygienisierungseinrichtungen und umfangreichen Lagervorrichtungen ausgestattet werden. Vor diesem Hintergrund soll eine Biogasanlage geprüft werden, ob sie genehmigungspflichtig ist und welche Genehmigungen erforderlich sind, welche Betriebsanforderungen gelten und was bei der Substratversorgung und Gärresteverwertung zu beachten ist.

3.2.7.2 Genehmigungen für die Biogasnutzung in Deutschland

Genehmigungspflichtigkeit von Einrichtung und Betrieb einer Biogasanlage hängt im wesentlichen von den Eigenschaften der Anlage, den Substraten, den Gärsubstraten und der Einbindung der Anlage in vorhandene Betriebsstrukturen ab.

➤ Baurechtliche Genehmigung

Eine Biogasanlage braucht nach den Landesbauordnungen der Bundesländer eine Baugenehmigung. Liegt ein Bebauungsplan vor, muss das Vorhaben seinen Festlegungen entsprechen. Die Errichtung von Biogasanlagen ist beispielsweise in einem ausgewiesenen Gewerbe- oder Industriegebiet im Sinne der §§8,9 der Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke (BauNVO) und unter den weiteren Voraussetzungen des §30 Baugesetzbuch (BauGB) regelgerecht möglich.

➤ Genehmigung nach der EG-Verordnung 1774/2002

Biogasanlagen, deren Substraten tierische Nebenprodukte sind, bedürfen einer gesonderten Zulassung nach Art. 15 der EG-Verordnung 1774/2002. Die Zulassung ist an die Einhaltung umfangreicher Verarbeitungsvorgaben geknüpft. Die tierischen Nebenprodukte werden abhängig von ihrem Gefährdungspotential in drei Kategorien unterteilt, wobei nur Material der Kategorien 2 und 3 für eine Vergärung zulässig ist. Tierische Nebenprodukte sind: Tierkörper, Tierkörper Teile oder Erzeugnisse tierischen Ursprungs, die nicht für den menschlichen Verzehr bestimmt sind (Art.1, 2,4,7,15 EG-Verordnung 1774/2002).

➤ Umweltverträglichkeitsprüfung

Biogasanlagen, deren Substrate nicht besonders überwachungsbedürftige Abfälle sind und von deren Einsatzstoffen mehr als 50 t/Tag genutzt werden, brauchen nach dem Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Besei-

tigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG) eine allgemeine Vorprüfung des Einzelfalls. Die Anlagen mit Einsatzstoffen von 10 bis 50 t/Tag brauchen eine standortbezogene Vorprüfung des Einzelfalls. Werden besonders überwachungsbedürftige Abfälle genutzt, bedarf es ab 1 t Einsatzstoffe/Tag einer standortbezogenen Vorprüfung des Einzelfalls und ab 10 t muss eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchgeführt werden (KrW/AbfG; §3C UVPG).

➤ Wasserrechtliche Genehmigungen

Eine wasserrechtliche Änderungsgenehmigung braucht z.B. eine Biogasanlage, die im Zusammenhang mit einer Abwasserbehandlungsanlage errichtet wird, und die zu einer wesentlichen Änderung dieser Anlage führt (§58 Landeswassergesetz NRW). Die Entsorgung von nach dem Stand der Technik gereinigten Abwassers aus den Biogasanlagen sollte z.B. über die öffentliche Kanalisation sichergestellt werden. Hier sind eigene Genehmigungen einzuholen, z.B. von der Gemeinde (§59 Landeswassergesetz NRW). Die Einleitung in Gewässer ist erlaubnispflichtig.

➤ Immissionsschutzrechtliche Genehmigungen

Eine Biogasanlage ist grundsätzlich genehmigungspflichtig, soweit sie im Anhang der 4. Verordnung zu Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) aufgeführt ist. Im einfachen Genehmigungsverfahren (Spalte 2, Anhang der 4. BImSchV) fällt die Beteiligung von Behörden und Öffentlichkeit geringer aus. So wird das Vorhaben weder öffentlich bekannt gemacht, noch öffentlich erörtert (§19 BImSchG). Biogasanlagen sind nach Nr. 8.6 des Anhangs der 4. BImSchV als Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen bestimmter Art und Menge genehmigungspflichtig (s.o.: Umweltverträglichkeitsprüfung, vgl. Vorschriften des KrW/AbfG).

Biogasanlagen können als Nebeneinrichtung im Zusammenhang mit einer Anlage nach BImSchG genehmigungspflichtig sein (vgl. §1 der 4. BImSchV). Ebenfalls ist die Errichtung der Biogasanlagen genehmigungspflichtig, wenn dies zu einer wesentlichen Änderung einer bereits vorhandenen immissionsschutzrechtlich genehmigungspflichtigen Anlage führt (§§15, 16 BImSchG). z.B. Biogasanlagen, die zur Energieerzeugung durch den Einsatz der Verbrennungseinrichtung mit einer Feuerungswärmeleistung von 10 MW oder mehr, sind genehmigungspflichtig (Nr. 1.2 Anhang der 4. BImSchV). Biogasanlagen mit einem Fassungsvermögen der Güllelagerung von 2500 m³ sind genehmigungsbedürftig (Nr. 9.36 Anhang der 4. BImSchV); der Gärbehälter darf nicht zu den Lagerbehälter zählen, da hier keine Lagerung im rechtlichen Sinne stattfindet.

Die allgemeinen Anforderungen an der Biogasnutzung sind abhängig von der Genehmigungspflicht der Anlagen und der eingesetzten Substrate im Wesentlichen aus dem Immissionsschutzrecht, der Bioabfallverordnung und der EG-Verordnung 1774/2002 über die Beseitigung tierischer Nebenprodukte. Die rechtlichen und betrieblichen Anforderungen werden separat in folgender Tabelle 3-14 und der Tabelle 3-15 dargestellt:

Tabelle 3-14: Rechtliche Anforderungen für die Biogasnutzung (eigene Darstellung, nach UMWELT-RECHT 2009)

	Anforderungen	rechtliche Quelle
Anforderungen des Immissionsschutzrechts	Die Anlagen sollen nicht zu schädlichen Umwelteinwirkungen und sonstigen Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen für die Allgemeinheit und die Nachbarschaft führen und entsprechende Vorsorge betrieben werden. Nicht vermeidbare Abfälle sind schadlos zu verwerten. Energie ist sparsam und effizient zu verwenden.	§5 Abs.1 BImSchG
	Messung und Überwachung und der Emission und Mindestabstände der Biogasanlage sind gefordert.	§3,6,8 der 30. BImSchV
	Andere öffentlich-rechtliche Vorschriften müssen auch beachtet werden. Z.B. nach der TA-Luft können die emissions- und immissionsseitigen Anforderungen für nicht genehmigungspflichtige Biogasanlagen von Wertigkeit sein.	§6 Abs.1 BImSchG Nr.1, 4, 5 TA-Luft
Tierische Nebenprodukte als Substrat der Biogasanlage	In Biogasanlagen dürfen nur tierische Nebenprodukte der Kategorie 2 und 3 benutzt werden. Andere Stoffe sind nicht frei verfügbar.	Anhang VI Kap.II B der EG-Verordnung 1774/2002 TierNebG
	Für die Gärrückstände müssen Biogasanlagen z.B. über eine unumgehbare Pasteurierungsabteilung, Geräte u.a. zur Überwachung der Temperatur und Aufzeichnung der Messergebnisse, sowie eine Reinigungsschleuse für Fermenter und Transportfahrzeuge im Ausgang der Anlagen verfügen. Ferner sind ausreichende Abstände und Trennungen zu anderen Betriebsteilen sicherstellen.	Anhang VI Kap.II B der EG-Verordnung 1774/2002 BioAbfaV
Verwertung der Gärreste	Gärreste sind insbesondere wenn sie zu Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln aufbereitet und zur entsprechenden Verwertung in den Verkehr gebracht werden, den düngemittelrechtlichen Kennzeichnungs- und Verkehrsbeschränkungen unterworfen; Düngemittel müssen einem Düngemitteltyp entsprechen, der in der Düngemittelverordnung aufgeführt ist.	§1 Nr. 2, 3, 4, 5; §§2,3 Düngemittelgesetz (DüngerMG) §§2,3 DüMV
	Herkunft der Ausgangsstoffe sind hier geregelt	Anlage 2 DüMV
	Gärreste dürfen als Bioabfälle auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden nur unter den detaillierten Voraussetzungen aufgebracht werden	§§4, 6, 7, 11 BioabfallV
	Gärreste, die als Ausgangsstoffe tierische Nebenprodukte haben, können nur teilweise zur Anwendung gebracht werden	EG-Verordnung 1774/2002 §21 des Entwurfs der Verordnung zur Durchführung des TierNebG

Tabelle 3-15: Betriebliche Anforderungen für die Biogasnutzung (nach STMUGV 2004, geändert)

	Anforderungen	Art der Biogasanlage
Eingabeverfahren und Substrataufbereitung	Vermeidung von Staubaufwirbelungen und/oder Freisetzung von Gerüchen	Alle Anlagen
	Ausrüstung der Vorgube mit geruchsdichter Abdeckung	Anlagentyp II:
	Vermeidung von Geruchsemissionen beim Eingabeverfahren	

	Anforderungen	Art der Biogasanlage
	ren in Abhängigkeit des eingesetzten Substrats (Vermeidung eines offenen Gülle-Spülstrahls bzw. Eingabe durch Förderschnecken, Stempelpressen, usw.)	
	Kapselung der Aufbereitung für Kosubstrate, Erfassung geruchsintensiver Abgase und Zuführung zu einer Abgasreinigung (Biofilter, Abgaswäscher, usw.)	
Gasführende Anlagenkomponenten, Gasspeicher	Maßnahmen zur Vermeidung von Gasfreisetzungen bei Ansprechen der Überdrucksicherung (z.B. Reduzierung der Fütterung auf ein Mindestmaß, Einsatz von Reservemotoren oder Einsatz von Gasfackeln, Vorhalten von ausreichendem Speichervolumen, rechtzeitiger Einsatz einer mobilen Gasfackel oder eines Ersatzmotors)	Alle Anlagen
Gasreinigung und Gasqualität	Einsatz geeigneter Abgasreinigungseinrichtungen zur Entfernung von Schwefelwasserstoff z.B. durch Luftzudosierung in den Gas-/Fermenterraum, Einsatz eines Biogaswäschers usw.	Alle Anlagen
	Regelmäßige Kontrolle der Gasqualität bzgl. H ₂ S-Gehalt	Anlagentyp II
BHKW	Bei Zündstrahlmotoren: der Zündölanteil ist bis 10% zu beschränken. Dokumentation des Zündölverbrauchs im Betriebstagebuch	Alle Anlagen
	Reduzierung des Methangehaltes im Motorenabgas durch betriebstechnische Maßnahmen	Anlagen mit Gesamt-Feuerungswärmeleistung ≥ 1 MW
	Platzvorhalten für Oxidationskatalysator bei Zündstrahlmotoren	
Abgasableitung	Ableitung der Motorenabgase über Abgasstutzen/Schornsteine in die freie Luftströmung (Bestimmungen gem. FeuV); Festlegung einer Mindesthöhe	Alle Anlagen
	Abgasstutzen/Schornsteine dürfen nicht überdacht werden; zum Schutz gegen Regeneinfall können Deflektoren auf gesetzt werden	
	Ableitung der Motorenabgase über Abgasstutzen/Schornsteine in die freie Luftströmung (Bestimmungen gem. TA-Luft); Festlegung einer Mindesthöhe von 10 m ggf. i.V. mit weiteren Regelungen der TA-Luft	Anlagen mit Gesamt-Feuerungswärmeleistung ≥ 1 MW
Lagerung und Entnahme der Gärreste	Lagerung von Flüssigmist und Gärresten in geschlossenen Fermentern	Anlagentyp II
	Vermeidung von Staubaufwirbelungen und /oder Freisetzen von Gerüchen und Ammoniak bei Entleerung des Gärsubstratendlagers	Alle Anlagen
Eigenüberwachung, Wartung und Dokumentation	Motorwartung und Funktionsprüfung entsprechend den Herstellerangaben, ggf. durch Fachfirma	Alle Anlagen
	Organisatorische Anforderungen an das Führen des Betriebstagebuches	Alle Anlagen
	Führen eines Betriebstagebuches zum Nachweis des ordnungsgemäßen Betriebs mit folgenden Angaben: Art der Einsatzstoffe (ggf. Abfallschlüssel), Menge, Herkunft, Lieferscheine Durchgeführte Wartungsarbeiten z.B. Zündkerzenwechsel, Änderungen an der Motoreneinstellung, Motortausch, Reparaturarbeit Dokumentation besonderer Vorkommnisse wie Betriebsstörungen Betriebs- und Stillstandszeiten der Anlage	Alle Anlagen
	Überwachung des H ₂ S-Gehaltes des Biogases Ergebnisse von orientierenden Messungen im Rahmen der Motoren/Anlagenwartung (i.d.R. NO _x , CO ggf. auch Abgas-trübung)	Anlagentyp II
Lärmschutz	Beachtung der Bestimmungen der TA Lärm	Alle Anlagen

	Anforderungen	Art der Biogasanlage	
	Betrieb von Motoren, Maschinen, Aggregaten entsprechend dem Stand der Lärmschutztechnik	Alle Anlagen	
	Entkopplung körperschallabstrahlender Anlagen von Luftschallabstrahlenden Gebäude- und Anlagenteilen	Alle Anlagen	
	Ersatz von Schalldämpfern im Abluftkamin bzw. in Zu- und Abluftöffnungen (max. Schallleistungspegel: LWA = 85 dB(A))	Alle Anlagen	
	Begrenzung der Schallleistungspegel dB(A) lärmrelevanter Anlagenteile	Alle Anlagen	
	Schließen von Türen, Toren und Fenstern des Generatorhauses beim Betrieb der Motoren	Alle Anlagen	
	Schalldämm-Maße R_w von Außenbauteilen im Bereich des Generatorhauses:	Alle Anlagen	
	Dachkonstruktion		R_w 40 dB
	Fenster bzw. Festverglasungen		R_w 42 dB
	Türen		R_w 39 dB
	Tore		R_w 35 dB
	Zeitliche Beschränkung von Fahrverkehr sowie Betrieb von Radladern oder anderen Transportmaschinen auf die Zeit von 6 -22 Uhr, ausgenommen Fahrverkehr im Zuge der Ernte nachwachsender Rohstoffe, sowie der Ausbringung von Gärresten	Alle Anlagen	
	Die von der Gesamtanlage ausgehenden Geräusche (inkl. Fahrverkehr) dürfen an den nächstgelegenen Immissionsorten im Einwirkungsbereich der Anlage grundsätzlich folgende Immissionsrichtwerte (IRW), in tagsüber 50 dB(A) und in nachts 35 dB(A) ggf. i.V. mit weitere Regelungen der TA Lärm, nicht überschreiten.	Alle Anlagen	

(Erklärung für Anlagentyp II: Für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlagen: Einsatz von Bioabfällen mit Durchsatzleistung von ≥ 10 t/d oder Güllelager ≥ 2500 m³ oder Gesamt-Feuerungswärmeleistung ≥ 1 MW; Für Immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Anlagen: Nicht ausreichender Abstand zur Wohnbebauung (<300 m) oder Einsatz besonders geruchsintensiver Stoffe oder zum Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme)

3.2.7.3 Rechtliche Anforderungen für die Biogasnutzung in China

In China sind die rechtlichen Grundlagen für Biogasnutzung im Vergleich mit Deutschland viel einfacher. Für Minibiogasanlagen und Mittel- und Großbiogasanlagen gibt es jedoch große Unterschiede. In folgender Tabelle 3-16 werden diese tabellarisch dargestellt:

Tabelle 3-16: Rechtliche Anforderungen für Biogasanlagen in China (eigene Darstellung)

Arten der Biogasanlage	Genehmigungen	Andere Anforderungen	Rechtliche Grundlagen
Haushalts- oder Minibiogasanlage	nein	Wird von Zentral- und Regionalregierung politisch und finanziell unterstützt	Pläne und Sonderregelungen von der Zentral- und Regionalregierung
Mittel- und Großbiogasanlage	Baugenehmigungen	Einfacher Prozess in ländlichem Raum	EEG Baugesetzbuch
		Strenger Prozess in Stadtgebieten	EEG; Baugesetzbuch; Gesetz für Grundstücksnutzung; Gesetz für Stadtplanung
		Anmeldungspflicht bei Umweltschutz-Behörde	Umweltgesetz; Gesetz für Kreislaufwirtschaft
		Technische Anforderung, besonders für Druckfer-	Gesetz für Arbeitssicherheit Verordnung über Druckbehäl-

Arten der Biogasanlage	Genehmigungen	Andere Anforderungen	Rechtliche Grundlagen
		menter, Druckgasleitungen und Druckgasspeicher	ter
		Technische Anforderung, besonders für BHKW, Abwasser, Abluft	Umweltgesetz; Gesetz für Arbeitssicherheit; Verschiedene Verordnungen für Umweltschutz und Technologie
	Genehmigung für Stromerzeugung		EEG; Gesetz für Stromerzeugung
	Genehmigung für Stromeinspeisung		EEG; Gesetz für Stromerzeugung; Verordnung für Stromeinspeisung

3.2.7.4 EEG im Vergleich mit Deutschland und China

In Deutschland haben die Durchführungen des EEG im Jahr 2000 und die Novellierungen des EEG im Jahr 2004 und 2009 der Entwicklung der Biogasnutzung dreimal vorangetrieben und geregelt. Die aktuelle Novellierung des EEG im Jahr 2009 scheint noch keine große positive Auswirkung zu haben. Die Einspeisungsvergütung macht es möglich, dass alle Arten von Biogasanlagen in Deutschland wirtschaftlich durchführbar sind. Die Unterstützung der Entwicklung der Erneuerbaren Energien ist seit Jahren auch ein wichtiges Ziel der chinesischen Zentralregierung. Ein wichtiger Aspekt war die Durchführung des chinesischen EEG im Jahr 2006. Seitdem hat China viel mit Deutschland zusammengearbeitet und auch viele Aspekte des deutschen EEG übernommen. Aber im Vergleich mit Deutschland war der Einfluss der EEG-Durchführung auf die Biogasnutzung in China nicht so deutlich (vgl. Tabelle 3-17). Ein Grund ist, dass bei den meisten Biogasanlagen kein Strom erzeugt wird, sondern dass Biogas direkt zum Kochen, Heizen oder zur Beleuchtung genutzt wird. Die Einspeisungsvergütung spielt dafür fast keine Rolle. Ein anderer Grund ist, dass die Vergütungs- und auch Einspeisungsmaßnahmen in chinesischem EEG nicht praxisnah genug sind. Gleichzeitig gibt es im chinesischen EEG keine Abnahme- und Übertragungspflicht für den Netzbetreiber, daher sind für die meisten Biogasanlagenbetreiber die Stromeinspeisung und auch die Einspeisungsvergütung nicht zu erreichen.

Tabelle 3-17: Vergleich des deutschen EEG (2009) und des chinesischen EEG (eigene Darstellung)

Inhalt	Deutsches EEG	Chinesisches EEG
Titel:	Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien	Gesetz für Erneuerbare Energien
Kurztitel:	Erneuerbare-Energien-Gesetz	
Abkürzung:	EEG	EEG
Art:	Bundesgesetz	Staatliches Gesetz
Geltungsbereich:	Bundesrepublik Deutschland	
Rechtsmaterie:	Umweltrecht	Rechtssystem für Energien
Ursprüngliche Fassung vom:	29 März 2000	28 Februar 2005
Inkrafttreten am:	1 April 2000	1 Januar 2006
Letzte Neufassung vom:	25 Oktober 2008	
Inkrafttreten der Neufassung	1 Januar 2009	
Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung:	2010: 12,5% 2020: 20%	Kein genaues Ziel
Mindestvergütung für Strom aus Biomasse	1-150 KW: 11,67 Cent/kWh 151-500 KW: 9,18 Cent/kWh 501 kW-5MW: 8,25 Cent/kWh	Marktpreis + 0,25 RMB/kWh (ca. 2,5 Cent/kWh)

Inhalt	Deutsches EEG	Chinesisches EEG
	bis 20MW: 7,79 Cent/kWh	
Mindestvergütung für Strom aus Geothermieanlagen	1-10MW: 16 Cent/kWh ab 10MW: 10,5 Cent/kWh	Sonderregelung
Mindestvergütung für Strom aus Solarstromanlagen	31,94 Cent/kWh	Sonderregelung
Mindestvergütung für Strom aus Solarstromanlagen an oder auf Gebäuden	1-30 KW: 43,01 Cent/kWh; 31-100 KW: 40,91 Cent/kWh; bis zu 1 MW: 39,58 Cent/kWh ab 1 MW: 33,0 Cent/kWh	Sonderregelung
Mindestvergütung für Strom aus Wasserkraft	1-500KW: 12,67 Cent/kWh; 501KW-2MW: 8,65 Cent/kWh bis 5MW: 7,65 Cent/kWh	Sonderregelung
Mindestvergütung für Strom aus Deponiegas	1-500 KW: 9,0 Cent/kWh; bis 5 MW: 6,16 Cent/kWh	0,25 RMB/kWh = ca. 2,5 Cent/kWh
Mindestvergütung für Strom aus Klärgas	1-500 KW: 7,11 Cent/kWh; bis 5 MW: 6,16 Cent/kWh	0,25 RMB/kWh = ca. 2,5 Cent/kWh
Mindestvergütung für Strom aus Grubengas	1-500 KW: 7,16 Cent/kWh; bis 5 MW: 5,16 Cent/kWh	0,25 RMB/kWh = ca. 2,5 Cent/kWh
Grundvergütung für Strom aus Windenergie	5,02 Cent/kWh	Sonderregelung
Grundvergütung für Strom aus Offshore-Windenergie	3,5 Cent/kWh	Sonderregelung
Mindestvergütung für Strom aus Gezeitenenergie	keine	Sonderregelung
Abnahme- und Übertragungspflicht	Netzbetreiber sind verpflichtet	Netzbetreiber sollen
Vergütungspflicht	Netzbetreiber sind verpflichtet	Netzbetreiber sollen
Extra-Vergütung für den Einsatz von neuen Technologien	ja	nein

3.3 Stand der Forschung im Klimaschutz

Klimaschutz wird mit seiner immer stärker werdenden Bedeutung als ein selbständiges Forschungsziel von der Umweltwissenschaft abgetrennt. Beim Thema „Klimaschutz und Biogasnutzung“ ist die Anerkennung des Biogasnutzungsprojektes als Klimaschutzmaßnahme und das mit Kyoto-Protokoll verbundene CDM-Verfahren mehr bedeutend. Das CDM-Verfahren ist aber bis 2012 zeitlich streng begrenzt. Nach dem Kyoto-Protokoll kann das Biogasnutzungsprojekt, welches in keinen Anhang-I Ländern (Entwicklungsländern), z.B. wie China, entwickelt wird, als CDM-Projekt anerkannt werden.

Die Maßnahmen nach 2012 sowie die Nachfolgeabkommen des Kyoto-Protokolls sollten im Klimagipfel in Kopenhagen Ende 2009 abgeschlossen werden. Aber in Kopenhagen gab es keine formale Abstimmung. Der Klimagipfel mit 193 Staaten erkannte die Kopenhagen-Vereinbarung am 19.12.2009 nur an, stimmte aber nicht verbindlich darüber ab. Jedes Land kann nun selbst entscheiden, ob es den Text annimmt oder nicht. Folgende Ergebnisse können genannt werden (vgl. DPA 2009):

- Alle Staaten haben sich auf das Zwei-Grad-Ziel geeinigt. Die deutliche Senkung des Treibhausgas-Ausstoßes wird mit Blick auf die Begrenzung der Erderwärmung auf zwei Grad als erforderlich bezeichnet, ohne Schritte zu nennen.
- Das Abschluss-Dokument ist weder rechtlich noch politisch bindend und soll als Grundlage für weitere Verhandlungen dienen.

- Alle Staaten sollen bis zum 1. Februar 2010 nationale Klimaschutzziele vorlegen (keine aktuellen Informationen).
- Kurz- und langfristige Finanzhilfen der reicheren Staaten für die Entwicklungsländer sind vorgesehen, als Anschubfinanzierung von Klimamaßnahmen in den Entwicklungsländern sollen 30 Milliarden Dollar (21 Milliarden Euro) aufgebracht werden.
- Viele Staaten haben CO₂-Reduktionen versprochen. Wetzel (2009) wertete es als Erfolg, dass sich die USA und große Schwellenländer wie Indien und China überhaupt erstmals zur Notwendigkeit der Emissionsminderung bekannt hätten und das Ziel, die Erderwärmung auf unter zwei Grad zu begrenzen akzeptiert haben (vgl. WETZEL 2009).
- Ein völkerrechtlich bindender Vertrag soll bis Ende 2010 abgeschlossen werden, der als Nachfolgeabkommen des Kyoto-Protokolls am 1. Januar 2013 in Kraft treten könnte (DPA 2009).

Allerdings ist der Minimalkompromiss von Kopenhagen ein schlechter Start für die im Jahr 2010 geplanten Klimakonferenzen in Bonn und Mexiko-Stadt. Dort sollen dann die jetzt verpassten Klimaschutzziele verbindlich festgelegt werden, und die internationalen Klimaschutzmaßnahmen nach 2012 verbindlich festgestellt und fortgesetzt werden.

Clean Development Mechanism (CDM) ist Win-Win-Mechanismus für Klimaschutz in Entwicklungsländern und auch in Industrieländern. Die Industrieländer erhalten eine Senkung der Treibhausgas-Emissionsreduktionen im „Kyoto-Protokolls“ im Rahmen der Verpflichtungen zur Reduzierung der Emissionen, den Entwicklungsländern Zugang zu Kapital und moderne Technologie, Förderung der wirtschaftlichen und sozial nachhaltigen Entwicklung zur Verfügung zu stellen. CDM-Verfahren können in den Entwicklungsländern die Treibhausgas-Emissionen steuern, um Treibhausgas-Emissionen weltweit insgesamt zu reduzieren und Klima effektiv zu schützen. „CDM-Verfahren“ sind eigentlich nur eine von vielen internationalen Klimaschutzmaßnahmen, welche nach dem Kyoto-Protokoll geregelt werden. Für die Biogasnutzung in China stellen Maßnahmen nach dem CDM-Verfahren nur eine zusätzliche Unterstützung dar (vgl. Kap. 3.3.3).

3.3.1 Klimaänderungen und menschliche Aktivitäten

Menschliche Aktivitäten haben seit Beginn der Industrialisierung in starkem Maße zu einem Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre geführt. Zu dem Anstieg der atmosphärischen Kohlendioxidkonzentrationen trägt zudem die fortschreitende Entwaldung des Planeten bei, da die Pflanzen und Bäume das Treibhausgas in erheblichem Maße absorbieren und damit eine der größten Senken für das Kohlendioxid bilden. Bedingt durch die anthropogenen Emissionen ist die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre seit dem Jahr 1750 bis heute um über 30% gestiegen (vgl. IPCC-WG1 2007). Durch die rapide Zunahme der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre wird die Strahlungsbilanz verändert und der oben beschriebene Treibhauseffekt verstärkt. Dies hat zur Folge, dass sich die Durchschnittstemperaturen auf der Erdoberfläche erhöhen. Danach muss aufgrund des vom Men-

schen verursachten zusätzlichen Treibhauseffektes bis zum Jahr 2100 bereits mit einem Anstieg der mittleren Erdtemperatur von bis zu 6°C gerechnet werden (vgl. IPCC-WG1 2007).

Inzwischen gibt es keine Zweifel mehr an der vom Menschen mitverursachten Klimaänderung. Es folgen Aussagen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) zum Klimawandel: „...das Klima hat sich regional wie global geändert, es ergibt sich das Gesamtbild einer sich insgesamt erwärmenden Erdatmosphäre. Indizien sind u.a. ansteigende Temperaturen, Anstieg des Meeresspiegels, Rückgang des arktischen Eises, Abschmelzen der Inlandgletscher, Rückgang von Permafrostgebieten, Zunahme des Niederschlags und von Starkniederschlägen (mit stark regionalen Unterschieden), Änderung des Artenspektrums von Ökosystemen, Wanderung und Änderung der Verbreitungsgebiete von Pflanzen und Tieren, Anstieg von wetterbedingten Versicherungsschäden. Modelle und statistische Studien zeigen, dass während der letzten 50 Jahre der Einfluss des Menschen auf diese Entwicklung dominierend war. Natürliche Einflüsse treten dem gegenüber stark zurück...“ (GERMANWATCH 2009, S. 1).

Durch anthropogene Emissionen, insbesondere der Verbrennung fossiler Energieträger, massive Brandrodung, weltweite Zunahme der Tierhaltung, Erdölaufarbeitung und Herstellung von chemischen Produkten, steigen diese Spurengase kontinuierlich an und verursachen den anthropogenen Treibhauseffekt. Industriell produzierte Spurengase, die halogenierten Kohlenwasserstoffverbindungen und bestimmte Vorläufersubstanzen wie Stickoxide, Kohlenmonoxid, Methan und höhere flüchtige organische Verbindungen (VOC), welche die Ozonbildung in der Troposphäre erhöhen, verstärken den anthropogenen Treibhauseffekt.

Seit 1861, dem Beginn systematischer meteorologischer Aufzeichnungen, stieg die global gemittelte Temperatur um 0.6°C (+/- 0.2 °C) (100jähriger linearer Trend für 1901-2000). Dabei handelt es sich um die stärkste Temperaturerhöhung während der letzten 1.000 Jahre auf der nördlichen Erdhalbkugel. Darüber hinaus waren die 90er Jahre des 20. Jahrhunderts weltweit das wärmste Jahrzehnt seit 1861. Der Meeresspiegel erhöhte sich im vergangenen Jahrhundert um 10 bis 20 cm. Die Schneebedeckung der Nordhemisphäre sank seit 1960 um 10 %, und die Dauer der Eisbedeckung von Seen und Flüssen verringerte sich um ca. 14 Tage. Der Niederschlag über den mittleren und höheren Breiten der Nordhemisphäre nahm im 20. Jahrhundert um 0,5 bis 1 % pro Dekade zu (vgl. IPCC 2007-WG1). Über den subtropischen Breiten nahm der Niederschlag dagegen ab. Dies führte besonders in den letzten Jahrzehnten dazu, dass in einigen Teile Afrikas und Asiens häufigere und intensivere Dürren auftraten. Der Wandel des globalen Klimas wird im 21. Jahrhundert weltweit gravierende Folgen nach sich ziehen. Bereits im 20. Jahrhundert wurden vielfältige Veränderungen beobachtet (vgl. IPCC 2007-WG1, IPCC 2001A). Dazu gehörten die folgenden Auswirkungen:

- das Abtauen von Gletschern,
- das Abschmelzen der Masse des Arktischen Eises,
- das Auftauen von Dauerfrostböden (Permafrost),
- das spätere Zufrieren und frühere Aufbrechen von Flussvereisungen,

- eine Verschiebung von Lebensräumen bestimmter Tiere und Pflanzen in größere Höhen und polwärts,
- die Dezimierung einiger Tierpopulationen,
- das frühere Auftreten von Baumblüten,
- das Auftauchen nicht heimischer Insektenarten und
- ein verändertes Brut- und Wanderungsverhalten bei Vögeln.

Nach dem Bericht des IPCC (2001a, b, c) ergeben sich CO₂-Konzentrationen bis zum Jahr 2100 im Bereich von 540 bis 970 ppm gegenüber 368 ppm heute. Die damit verbundene Temperaturerhöhung beträgt zwischen 1,4 und 5,8 °C gegenüber 1990. Kohlendioxid ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas. Nach dem Bericht der Arbeitsgruppe I des IPCC (IPCC 2007-WG1, 2, 3) ist die CO₂-Konzentration schon von einem vorindustriellen Wert von etwa 280 ppm auf 379 ppm im Jahre 2005 angestiegen. Die atmosphärische Kohlendioxidkonzentration im Jahre 2005 übertrifft die aus Eisbohrkernen bestimmte natürliche Bandbreite der letzten 650.000 Jahre (180 bis 300 ppm) bei Weitem. Die jährliche Wachstumsrate der Kohlendioxidkonzentration war in den letzten 10 Jahren (Durchschnitt 1995 - 2005: 1,9 ppm pro Jahr) größer als in der Zeit seit Beginn der kontinuierlichen direkten atmosphärischen Messungen (Durchschnitt 1960-2005: 1,4 ppm pro Jahr), auch wenn die Wachstumsrate von Jahr zu Jahr schwankt (IPCC-WG1 2007). Die Konzentration des Distickstoffoxids (Lachgas, N₂O) im Jahr 2005 ist im Vergleich mit dem Jahr 1750 um 49 ppb (18 %) angestiegen und steigt weiter kontinuierlich.

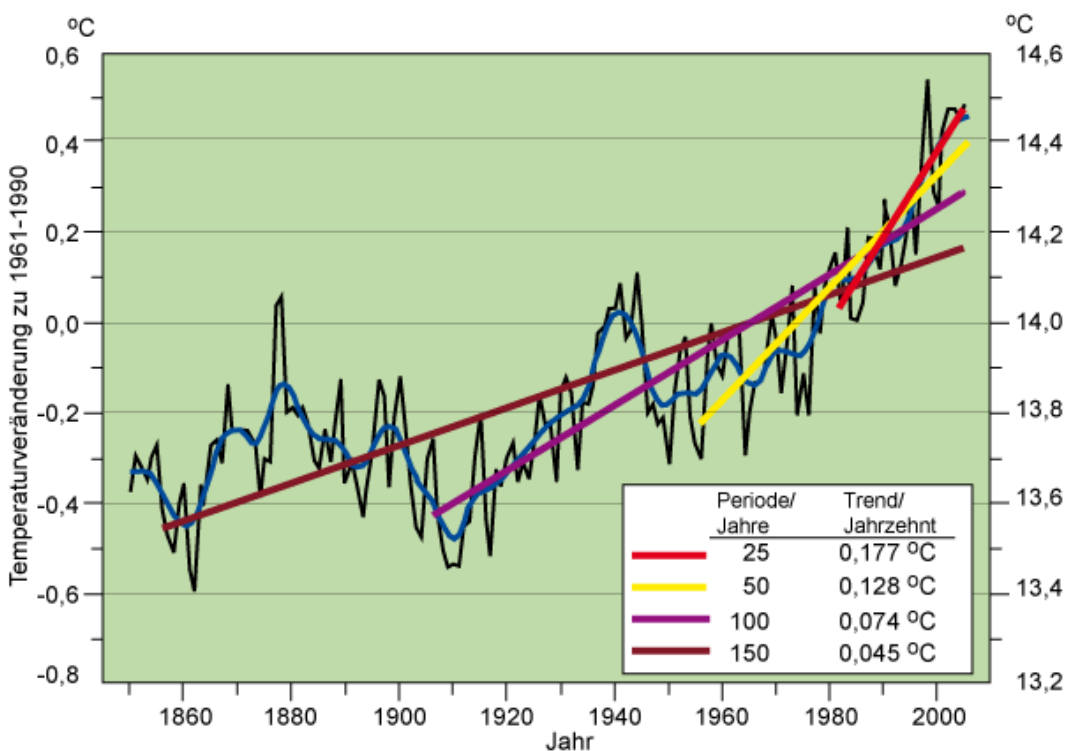


Abbildung 3-11 : Temperaturtrends in den letzten 150 Jahren (IPCC-WG1 2007)

Die *Abbildung 3-11* zeigt die Veränderung der globalen Mitteltemperatur seit Beginn der instrumentellen Messungen sowie die Trends in verschiedenen Zeitabschnitten. Links sind die Temperaturänderungen im Vergleich zum Mittel der Jahre 1960-1991 angegeben, rechts die absoluten Werte. Die farbigen Trendbalken beziehen sich auf die letzten 150, 100, 50 und 25 Jahre. Erkennbar ist eine deutliche Zunahme der Rate der Temperaturerhöhung von 0,045 °C pro Jahrzehnt über den gesamten Zeitraum auf 0,177 °C pro Jahrzehnt in den letzten 25 Jahren. Zwischen den ersten 70 Jahren der instrumentellen Messungen (1850-1919) und den letzten 5 Jahren (2001-2005) hat die globale Mitteltemperatur um 0,78 °C zugenommen.

Nach den Berichten des IPCC (IPCC-WG1 2007, IPCC-WG1 2007, IPCC-WG3 2007) muss damit so gerechnet werden, dass bedingt durch die Erwärmung der Erdoberfläche der Meeresspiegel bis zum Jahr 2100 um 10 bis 90 cm ansteigen wird. Dies wird die Überflutung ganzer Inselstaaten und zahlreicher tief gelegener Küstenregionen zur Folge haben. Insbesondere in den warmen äquatorialen Klimazonen wird es durch Veränderung der Niederschlags- und Verdunstungsverhältnisse wahrscheinlich zu einer zunehmenden Austrocknung und Degradation der Böden sowie zu einem spürbaren Rückgang der Nahrungsmittelproduktion und Artenvielfalt kommen. Davon werden vor allem Entwicklungsländer betroffen sein, die ohnehin schon größte Schwierigkeiten bei der Nahrungsmittelversorgung haben. Nicht zuletzt wird von den Klimaexperten eine Häufung extremer Wetterverhältnisse wie Wirbelstürme und Dürreperioden vorhergesagt.

3.3.2 Internationale Klimaschutzpolitik

Wegen der weltweiten Verursachung der Klimaänderung ist ein wirksamer Klimaschutz allerdings nur möglich, wenn möglichst alle Staaten ihre nationale Verantwortung wahrnehmen. Das setzt im internationalen Wettbewerb der Volkswirtschaften jedoch unbedingt eine langfristige Kooperation und faire Verantwortungsteilung voraus. In diesem Sinne wurde auf dem „Umwelt-Klima-Gipfel“ (UNCED) in Rio 1992 eine globale Klimarahmenkonvention mit dem Ziel, die Konzentration der Treibhausgase auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine Störung des Klimasystems verhindert, verabschiedet. Dieses Niveau soll zudem in einem Zeitraum erreicht werden, der gewährleistet, dass die Ökosysteme sich auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und eine nachhaltige Entwicklung möglich bleibt.

Auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz wurde 1997 zudem das Kyoto-Protokoll verabschiedet, dass die Industrieländer als die Hauptverantwortlichen für den zusätzlichen Treibhauseffekt erstmals rechtsverbindlich zu konkreten Reduzierungen ihrer Emissionen verpflichten. Mit dem Protokoll wurde beschlossen, dass die Industriestaaten ihre Emissionen der sechs wichtigsten Treibhausgase bis zum Zeitraum 2008 bis 2012 insgesamt um mindestens fünf Prozent gegenüber 1990 verringern, wobei die einzelnen Staaten in unterschiedlichem Maße zur Erfüllung dieses Zieles beitragen müssen (vgl. UNFCCC 2006, 2010). Ferner wurde im Protokoll vereinbart, dass die Staaten ihre Reduktionspflichten in begrenztem Maße auch durch Reduktionsmaßnahmen im Ausland erfüllen können. Damit schafft das Kyoto-Protokoll erstmals die unabdingbaren Kooperationsvoraussetzungen für einen wirksamen internationalen Klimaschutz.

Die wichtigsten Entwicklungsschritte für internationale Klimaschutzpolitik mit Schwerpunkt „Emissionshandel“ werden in folgender *Abbildung 3-12* dargestellt:

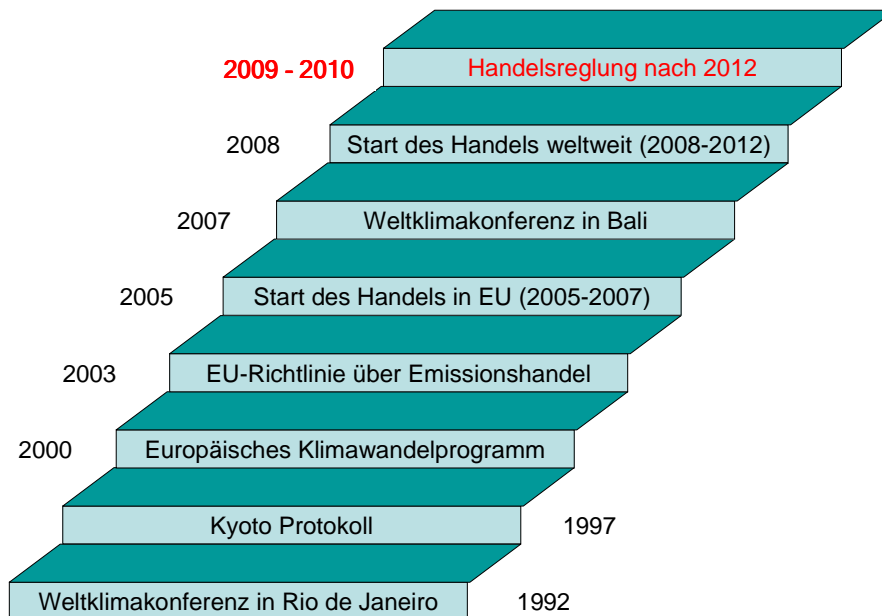


Abbildung 3-12 : Wichtige Entwicklungsphasen für internationale Klimaschutzpolitik mit Schwerpunkt „Emissionshandel“ (eigene Darstellung)

Das wichtigste Ergebnis des UN-Klimagipfels in Bali 2008 war, dass spätestens bis zum Klimagipfel in Kopenhagen 2009 alle Industriestaaten wie auch die Schwellenländer die verbindliche Begrenzung und Senkung von Treibhausgas-Emissionen bis 2020 und 2050 akzeptieren und umsetzen müssen. Leider wurde sich auf kein verbindliches Abkommen zum Klimaschutz auf dem Klimagipfel in Kopenhagen Ende 2009 geeinigt, aber alle beteiligten Staaten hoffen, dass im Jahr 2010 die internationalen Klimaschutzmaßnahmen nach 2012 verbindlich festgestellt und fortgesetzt werden (vgl. UNFCCC 2006, 2010).

Das deutsche nationale Klimaschutzprogramm zeigt mit zahlreichen Maßnahmen und Ansatzpunkten nicht nur eine Vielzahl von Handlungsmöglichkeiten auf. Es verdeutlicht auch, dass in allen Bereichen, die durch ihren Energieverbrauch CO₂-Emissionen hervorrufen, erhebliche Einsparungen zu vertretbarem Aufwand möglich sind. Vielfach amortisieren sich die Einsparungsmaßnahmen für den Investor durch die Verringerung des Energieverbrauchs schon nach kürzester Zeit, wie z.B. bei der Gebäudedämmung. Die deutsche Bundesregierung hat am 5. Dezember 2007 das „Integrierte Energie- und Klimaprogramm“ (IEKP) beschlossen. Das IEKP ist ein 29 Maßnahmen umfassendes Paket, vor allem zugunsten von mehr Energieeffizienz und mehr erneuerbaren Energien. Mit dem IEKP hat die deutsche Bundesregierung wichtige Weichen für eine hochmoderne, sichere und klimaverträgliche Energieversorgung in Deutschland gestellt. Zugleich hat sie die Maßnahmen für einen ehrgeizigen, intelligenten und effizienten Klimaschutz festgelegt. Schon jetzt ist Deutschland bei erneuerbaren Energien eine der wichtigsten Exportnationen.

China ist der zweitgrößte Energieverbraucher und zweitgrößte Verursacher von Treibhausgasemissionen (vgl. *Abbildung 1-1*). Im Hochsommer, wenn überall die Klimaanlage betrieben werden, müssen Fabriken wegen Energiemangels zeitweise abgeschaltet werden. Der Schlüssel liegt in der Energieeffizienz und den Erneuerbaren Energien. Auch die chinesische Regierung hat längst verstanden, dass sie Energie einsparen muss. China wird bis 2010 den Energieaufwand pro BIP-Einheit um 20 Prozent reduzieren. Sollte dies gelingen, könnte China im Jahr 2010 nach Schätzungen von Experten 1,6 Milliarden Tonnen weniger CO₂ in die Atmosphäre emittieren (CMER 2008).

Schon im Jahre 1994 verabschiedete China eine nationale Agenda 21 im Anschluss an den „Umwelt-Klima-Gipfel“ (UNCED) 1992 in Brasilien, dessen Ziele die Förderungen der Umweltschutz- und Klimaschutzmaßnahmen sowie nachhaltige Entwicklung sind. Die Fünfjahrespläne der chinesischen Regierung beschäftigen sich auch mit Entwicklungszielen für die Energiewirtschaft, den Umweltschutz sowie den Klimaschutz. Im Jahre 2006 begann der 11. Fünfjahresplan. Darüber hinaus gibt es Entwicklungspläne für die Energiewirtschaft wie z. B. den „Erneuerbare Energieentwicklungsplan bis zum Jahr 2020“ und den „Zehnjahresplan für die Energieindustrie“. Um die Erneuerbaren Energien langfristig auch wirtschaftlich für die Stromerzeugung einsetzen zu können, wurde von der chinesischen Regierung ein Entwicklungsprogramm eingeführt, in dem genaue Ziele für deren Nutzung festgelegt sind. Im 11. Fünfjahresplan ist der Aufbau eines internationalen Zentrums geplant, um sich über Entwicklungen bei der Nutzung der Erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung besser austauschen zu können. Als geplante Energiesparziele für die Sektoren Industrie und Landwirtschaft werden 42 % gegenüber dem Ausgangswert angegeben. In den Haushalten sollen ebenfalls energiesparendes Verhalten, z. B. durch den Einsatz energiesparender Geräte, gefordert werden (CMER 2009). Gleichzeitig hat China ein starkes Interesse an den modernen Energienutzungstechnologien, z.B. Erneuerbare Energie-Technologie, aber auch die effiziente und saubere Technologie für Kohlekraftwerke. Da Kohle in China noch lange Zeit Hauptenergieträger bleiben wird.

3.3.3 Kyoto-Protokoll und internationaler Emissionshandel

Grundlage des Internationalen Emissionshandels stellt das Kyoto-Protokoll (KP) aus dem Jahre 1997 dar. Das Kyoto-Protokoll ist ein Meilenstein in der internationalen Klimaschutzpolitik, da es erstmals völkerrechtlich verbindliche Emissionsreduktionsziele festlegt und mit einem klaren Zeitrahmen versieht. Das Kyoto-Protokoll hat dem internationalen Klimaschutz einen Rahmen gesetzt. Durch dieses völkerrechtliche Vertragswerk haben die meisten Industrieländer rechtsverbindliche quantitative Verpflichtungen zur Reduktion bzw. Begrenzung ihrer Treibhausgasemissionen in der Periode 2008-2012 akzeptiert. Für die weiteren internationalen Verhandlungen ist es wichtig, über die Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls hinaus mittel- und langfristige Klimaschutzziele festzulegen, denn die internationale Klimaschutzpolitik darf nicht im Jahr 2012 enden, die sollen im Jahr 2010 bestimmt werden.

Das Kyoto-Protokoll ist am 16. Februar 2005 völkerrechtlich in Kraft getreten. Es wurde bis Ende 2009 von 184 Vertragsstaaten ratifiziert, darunter alle EU-Mitgliedstaaten, Kanada, Neuseeland, Norwegen, Japan, sowie wichtige Entwicklungs- und Schwellenländer wie Chi-

na, Brasilien, Mexiko, Indien, und Südafrika. Die USA als weltweit größter Emittent von CO₂ hatten erklärt, das Protokoll nicht zu ratifizieren.

Zur Erfüllung ihrer Ziele stellt das Kyoto-Protokoll den Staaten verschiedene Mittel zur Auswahl: Neben Reduktionsmaßnahmen im eigenen Land erlaubt es den Staaten, untereinander mit ihren Emissionsrechten zu handeln. Das Kyoto-Protokoll ermöglicht den Staaten außerdem, mittels der sog. projektbezogenen Mechanismen *Joint Implementation* (JI) (Art. 6 Kyoto-Protokoll) und *Clean Development Mechanism* (CDM) (Art. 12 Kyoto-Protokoll) Emissionsreduktionsprojekte im Ausland durchzuführen, und sich diese Emissionsminderungen zuhause auf ihre Kyoto-Verpflichtung anrechnen zu lassen. JI und CDM werden auch als die „Flexiblen Mechanismen“ des Kyoto-Protokolls bezeichnet, da sie es den Staaten erlauben, einen Teil ihrer Reduktionsverpflichtungen kostengünstiger im Ausland zu erbringen (BMU 2008a; EU-Kommission 2003a), so z.B. zwischen Deutschland und China. Dies soll den Staaten eine größere Flexibilität bei der Erfüllung ihrer Ziele ermöglichen. Dahinter steht die Tatsache, dass es aufgrund der ausschließlich globalen Wirkung von Treibhausgasen (THG) unerheblich ist, an welchem Ort der Erde Emissionsminderungen stattfinden (EU-KOMMISSION 2003A).

Unabhängig von den Mechanismen des Kyoto-Protokolls haben verschiedenen Staaten (u.a. Kanada, Großbritannien) sowie die EU selbständige Emissionshandelssysteme auf der Ebene der Unternehmen eingeführt. Diese Systeme können als eine von Art. 17 des Kyoto-Protokolls unabhängige Anwendung des umweltökonomischen Instruments des Emissionszertifikatehandels auf einer dem Kyoto-System untergeordneten Ebene betrachtet werden, mit dem Zweck, im jeweiligen Staat durch die Minderung von Emissionen in dem vom System erfassten Bereich der Wirtschaft zur Erfüllung der Kyoto-Ziele beizutragen. In den nicht erfassten Sektoren wenden die Staaten dagegen andere Instrumente zur Reduktion von Emissionen an, wie Energiesteuern oder Förderprogramme (BMU 2004A). Das unternehmensbasierte Emissionshandelssystem ist somit nur eines von mehreren Mitteln zur Erfüllung der Reduktionsverpflichtung eines Staates im übergeordneten Emissionshandelssystem des Kyoto-Protokolls.

Die Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls beziehen sich zunächst nur auf Transaktionen zwischen Staaten bzw. deren Kooperation. Die Ausführungsbestimmungen zum Kyoto-Protokoll, sog. *Marrakesh Accords*, erlauben es den Staaten jedoch auch privaten oder öffentlich-rechtlichen Körperschaften, wie z. B. Unternehmen, die Teilnahme an den flexiblen Mechanismen zu ermöglichen (UNFCCC 2002A Nr. 29, Nr. 33 und Nr.5). Die EU wird von dieser Möglichkeit voraussichtlich Gebrauch machen, indem sie es den Unternehmen im EU-Emissionszertifikatehandel ermöglicht, diesen zu nutzen (EU-KOMMISSION 2003A). Wann immer ein Unternehmen JI- oder CDM-Zertifikate zur Erfüllung von Verpflichtungen im EU-Emissionszertifikatehandel eines EU-Staates abgibt, zählen diese gleichzeitig auch für das Kyoto-Ziel dieses Staates. Man kann sagen, dass die flexiblen Mechanismen dann sozusagen über den Umweg des Handels zwischen Unternehmen abgewickelt werden.

Beim Emissionshandel legt der Staat eine Gesamtmenge des Kohlendioxid-Ausstoßes für einen Zeitraum fest. Industrie und Stromversorgern wird daraus eine Menge an Emissions-

rechten zugeteilt. Jedes Zertifikat berechtigt zum Ausstoß einer Tonne Kohlendioxid. Unternehmen, die vergleichsweise sauber produzieren, können Rechte verkaufen. Wer stärker verschmutzt, muss zukaufen. Dadurch wird der Kostendruck für „schmutzige“ Energieerzeugung erhöht, sodass sich Investitionen in Effizienztechnologien lohnen.

3.3.3.1 Grundprinzip des Emissionshandels

Grundprinzip des Emissionshandelssystems ist das umweltökonomische Instrument handelbarer Umweltzertifikate. Es wurde zuerst von Crocker (1966) und Dales (1968) zur Regulation der Wasser- und Luftverschmutzung vorgeschlagen und im EU-Emissionszertifikatehandel als so genanntes Cap-and-trade-System oder Baseline-und-Credit-System ausgestaltet (vgl. BETZ U.A. 2003; EU-KOMMISSION 2003A), welche in folgender *Abbildung 3-13* schematisch dargestellt werden:

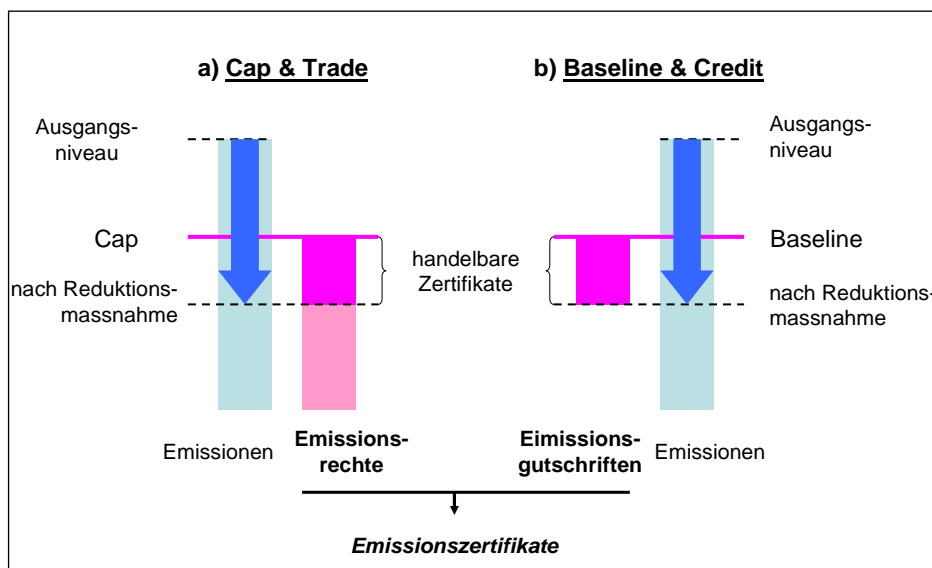


Abbildung 3-13 : Grundlegende Ausgestaltungsvarianten des umweltökonomischen Instrumentes handelbarer Emissionszertifikate. Schematische Darstellung ohne Aussage über die Höhe realer Caps und Baselines, absolut oder im Verhältnis zueinander (nach ROTHE 2004, S. 5)

In einem Cap-and-trade-System sind Emissionen nur zulässig, sofern Emittenten eine der Menge ihrer Emissionen entsprechende Anzahl an Emissionszertifikaten halten, andernfalls drohen Sanktionen. Ein Emissionszertifikat verbrieft das Recht zur Emission einer bestimmten Menge eines Stoffes bezogen auf einen bestimmten Zeitraum, und wird daher auch als „Emissionsrecht“ bezeichnet (vgl. BETZ U.A. 2003). Sowohl im Kyoto-System als auch im EU-Emissionszertifikatehandel liegen Zertifikate dabei ausschließlich in elektronischer Form vor und werden von den Teilnehmern in Konten gehalten.

Die Gesamtmenge der Emissionen, die von allen am System beteiligten Emittenten während eines definierten Zeitraums emittiert werden darf, wird begrenzt (sog. Cap). Dieses Reduktionsziel stellt die ökologische Zielgröße des Systems dar. Die zulässige Gesamtmenge wird auf die einzelnen am System beteiligten Emittenten verteilt. Jeder Emittent erhält eine seinem Anteil entsprechende Menge an Emissionsrechten und somit ein individuelles Reduktionsziel (Cap) zugewiesen. Emittenten, die über die ihnen in Form von Emissionsrechten zu-

geteilte Menge hinaus emittieren, müssen entweder ihre Emissionen durch technische Maßnahmen oder eine Einschränkung der Produktion reduzieren, oder auf dem Markt Emissionsrechte hinzukaufen (trade = Handel), die von Emittenten angeboten werden, die ihre Emissionen unter die ihnen zugeteilte Menge abgesenkt haben.

Die Entscheidung zwischen eigener Vermeidung von Emissionen und Zukauf von Emissionsrechten trifft jeder Emittent, indem er anhand eines Vergleichs der eigenen Vermeidungskosten mit dem Marktpreis der Zertifikate die kostengünstigere Alternative wählt. Danach werden Emittenten mit hohen Vermeidungskosten Zertifikate kaufen, Emittenten mit niedrigen Vermeidungskosten dagegen Reduktionsmaßnahmen umsetzen, mit dem zusätzlichen Anreiz, überzählige Zertifikate auf dem Markt zu verkaufen.

Zusammenfassend gesagt, stellt der Emissionshandel ein umweltökonomisches Instrument der Mengensteuerung dar, das ökonomische Effizienz mit hoher ökologischer Treffsicherheit verbindet. Im Gegensatz zu herkömmlichen Instrumenten der Preissteuerung oder spezifischen Emissionsgrenzwerte wird die Ungewissheit über das tatsächliche Eintreten der angestrebten Umweltentlastung vermieden (vgl. BMU 2001).

Durch das Kyoto-Protokoll verpflichten sich die Anlage B-Staaten, ihre anthropogenen Emissionen der sechs wichtigsten Treibhausgase so weit zu reduzieren bzw. zu begrenzen, dass ihre gemeinsamen jährlichen Emissionen dieser Gase im Zeitraum 2008 - 2012 durchschnittlich um mindestens 5% niedriger liegen als im Jahr 1990 (ART.3 DES KYOTO-PROTOKOLLS; BMU 2008A). Hierzu hat jeder Staat eine individuelle Mengenbegrenzung seines Treibhausgasausstoßes im Zeitraum 2008 - 2012 in Bezug auf das Basisjahr 1990 akzeptiert (sog. „Kyoto-Ziele“, ANLAGE B DES KYOTO-PROTOKOLLS). Mit Beginn der Verpflichtungsperiode 2008 - 2012 erhält jeder Staat eine seiner zulässigen Höchstmenge entsprechende Anzahl an Emissionsrechten („Assigned Amount Units“, AAUs). Ein solches Zertifikat berechtigt dabei jeweils zur Emission von einer Tonne CO₂-Äquivalent (UNFCCC 2002A Nr.1). Die verschiedenen Treibhausgase haben eine sehr unterschiedliche Klimawirksamkeit. Um den Einfluss unterschiedlicher Treibhausgase auf die Erderwärmung vergleichbar zu machen, wird ihre Klimawirksamkeit (Global Warming Potential, GWP, vgl. Tabelle 3-18) in Bezug auf die Klimawirksamkeit einer Einheit CO₂ (CO₂-Äquivalent) angegeben.

Tabelle 3-18: Klimawirksamkeit der 6 wichtigsten Treibhausgase (IPCC 2001)

Treibhausgase	Klimawirksamkeit (GWP)
Kohlendioxid (CO ₂)	1
Methan (CH ₄)	21
Distickstoffoxid (N ₂ O)	310
Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC)	140 bis 117.000
Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)	6.500 bis 9.200
Schwefelhexafluorid (SF ₆)	23.900

3.3.3.2 Die projektbezogenen Mechanismen

Die zwei flexiblen Mechanismen JI und CDM („Clean Development Mechanism“, Art. 12 des Kyoto-Protokolls; auf Deutsch: „Mechanismus für eine umweltverträgliche Entwicklung“) werden auch als projektbezogene oder projektbasierende Mechanismen in Kyoto-Protokoll bezeichnet. Sie ermöglichen es den Staaten mit einer Reduktionsverpflichtung nach Anlage B

des Kyoto-Protokolls, durch die Finanzierung von Klimaschutzprojekten in einem Gastgeberland eine der Emissionsminderung durch das Projekt entsprechende Menge an Emissionsreduktionsgutschriften (ERUs, CERs) zu erzeugen. Diese sind anrechenbar auf die Kyoto-Ziele der Staaten und ebenfalls handelbar (vgl. Art. 3 des Kyoto-Protokolls, UNFCCC 2002A).

Das Gastgeberland des CDM-Projektes ist ein nicht in Anlage I der Klimarahmenkonvention aufgeführtes Land ohne eine Reduktionsverpflichtung im Rahmen des Kyoto-Protokolls (kein Anlage B-Staat), d.h. ein Entwicklungs- oder Schwellenland. Das Gastgeberland muss jedoch das Kyoto-Protokoll ratifiziert haben.

Durch CDM-Projekte werden Emissionsgutschriften, sog. CERS (engl.: Certified Emission Reductions, 1 CER entspricht 1 t CO₂- Äquivalent), neu generiert. Im Unterschied zum JI verfolgen CDM-Projekte auch das erklärte Ziel, das Gastgeberland bei einer nachhaltigen Entwicklung zu unterstützen (vgl. Art. 12 des Kyoto-Protokolls). CDM-Projekte können schon ab dem Jahr 2000 CERs erzeugen (siehe Art. 12 des Kyoto-Protokolls).

Emissionsminderungen aus JI- und CDM-Projekten müssen gemäß Art. 6 Abs. 1 und Art. 12 Abs. 5 des Kyoto-Protokolls zusätzlich sein. Die Anforderung der „Zusätzlichkeit“ folgt notwendig daraus, dass Gutschriften aus Projekten heimische Reduktionsverpflichtungen von Staaten oder Unternehmen in Emissionshandelssystemen ersetzen können (vgl. *Abbildung 3-14*; Betz u.a. 2003):

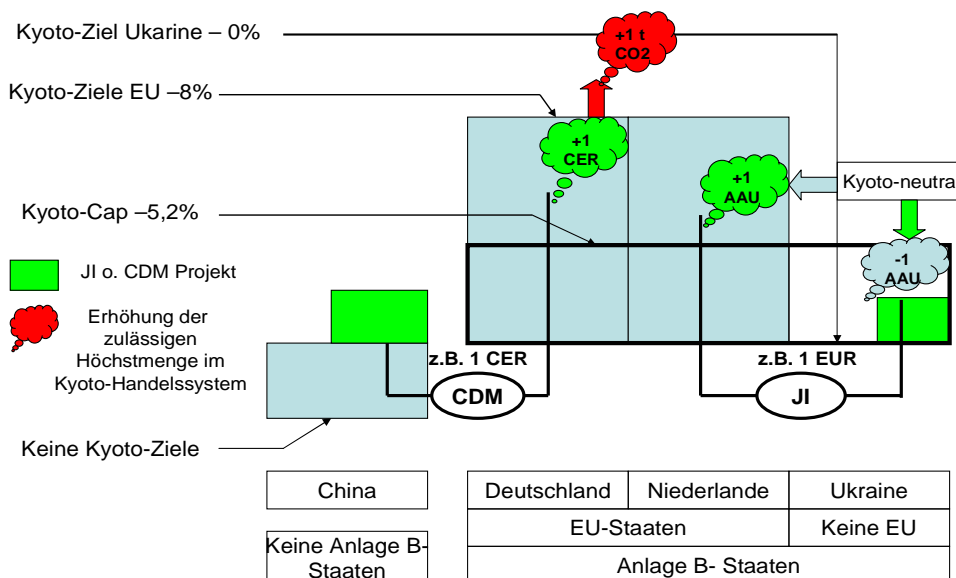


Abbildung 3-14 : Emissionshandelsystem und Zusätzlichkeitsanforderungen für JI- und CDM-Projekte (nach ROTHE 2004, geändert)

Wie *Abbildung 3-14* zeigt, sind zusätzlich nur Emissionsminderungen, die ohne den Anreiz der Erzeugung von Gutschriften nicht stattgefunden hätten. Dürften auch solche Minderungsmaßnahmen Gutschriften generieren, die z.B. aufgrund von gesetzlichen Vorgaben oder wirtschaftlicher Attraktivität ohnehin stattgefunden hätte, so müsste ein Emittent (hier: ein Staat, der schon Kyoto-Protokoll ratifiziert hat), der diese Gutschriften zur Erfüllung seiner Verpflichtungen verwendet, weniger Klimaschutz betreiben, ohne dass dafür an einem anderen Ort mehr Klimaschutz stattfindet. Anders ausgedrückt wird dann durch die Erzeugung

von Gutschriften die Menge an Emissionszertifikaten im Handelssystem erhöht, ohne dass dies aber durch eine zusätzliche Emissionsminderung an anderer Stelle ausgeglichen wird. In diesem Fall würden projektbezogene Mechanismen keinen Beitrag zum Klimaschutz leisten, sondern netto zu einer Erhöhung der Treibhausgasemission führen.

3.3.4 CDM-Verfahren

Der Clean Development Mechanism (CDM) ist ein komplexes rechtlich-institutionelles System, das einerseits Industriestaaten Optionen zur kostengünstigen Emissionsreduktion anbietet und andererseits Entwicklungsländern die Chance auf eine nachhaltige Entwicklung ermöglicht. Investoren stehen vor der Schwierigkeit aus ungefähr 130 möglichen Gastgeberländern - von kleinen Staaten wie Albanien und Zambia bis zu großen Schwellenländern wie China und Indien - und nahezu 60 möglichen Projektaktivitäten geeignete CDM-Projekte zu erkennen (vgl. Art 12 und Anlage B des Kyoto-Protokolls).

3.3.4.1 Grundprinzip von CDM-Projekten

Die Industrie- und Transformationsländer haben sich im Kyoto-Protokoll darauf geeinigt, ihre Emissionen der sechs Treibhausgase (Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Di-Stickstoffoxid (N₂O), teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (HFC), perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF₆)) zwischen 2008 und 2012 um durchschnittlich 5,2% im Vergleich zu 1990 zu reduzieren (vgl. Art 12 und Anlage B des Kyoto-Protokolls).

Der Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung (CDM) ist einer der vom Kyoto-Protokoll vorgesehenen flexiblen Mechanismen. Er soll dabei helfen, die Kosten zum Erreichen der vertraglich festgelegten Reduktionsziele möglichst niedrig zu halten. Ein Land welches im Anhang B des Kyoto-Protokolls aufgeführt wird, kann bei einem Land, welches dort nicht aufgeführt wird, "carbon credits" (CERs) einkaufen. Damit besteht die Möglichkeit dort die Treibhausgas-Emissionen zu verringern, wo es am günstigsten möglich ist. Ein erwünschter Nebeneffekt ist auch der Transfer von neuester Technologie in Entwicklungsländer.

Um im Rahmen eines CDM-Projektes handelbare Zertifikate zu erlangen, sind die Beteiligten an ein spezielles Verfahren gebunden. Durch dieses Verfahren wollen die internationalen Klimaschutzorganisationen Missbrauch und Wildwuchs bei den flexiblen Instrumenten vermeiden, und sicherstellen, dass tatsächlich Treibhausgase reduziert werden. Deshalb muss der Projektträger ein internationales Genehmigungsverfahren anstrengen, an dem sowohl das Projektgastland, das Investorenland, als auch unabhängige Prüforganisationen (Operational Entity) beteiligt sind. Grundsätzlich müssen alle CDM-Projekte sowie das methodische Vorgehen durch das CDM-Executive Board (UN-Behörde) genehmigt werden. CDM-Projekte können seit 2005 im Rahmen des EU-Emissionshandels genutzt werden. Die aus CDM-Projekten generierten Minderungsgutschriften sind die so genannten Certified Emission Reductions (CERs).

Im CDM sind verschiedene Projekttypen möglich. Es liegen allerdings noch nicht für alle Projekttypen international anerkannte Methoden (Methodology) vor. Entscheidend für eine anerkannte Vorgehensweise sind die so genannte Baselinebestimmung (*Baselineszenario*) und das Emissionsmonitoring. Die Methode zur Baselinebildung muss bereits im Vorfeld durch

das CDM Executive Board genehmigt werden. Ein Projektträger kann auf bereits anerkannte *Baselines* zurückgreifen oder eigene entwickeln, die er dann aber vom Executive Board genehmigen lassen muss. Die anerkannten Methoden können auf den Internetseiten der International Emissions Trading Association (IETA) aufgerufen werden.

CDM-Projektinhaber können neben ihren Leistungen für die Umwelt auch wirtschaftlich gewinnen. Allein durch den Verkauf von CO₂-Zertifikaten aus einem zugelassenen CDM-Projekt kann man pro Tonne CO₂ jährlich ca. 12,71 Euro (EEX 2010) verdienen. So können z.B. durch einen 50 MW Windkraftpark jährlich ca. 100.000 Tonnen an CO₂-Emissionen vermindert werden. Durch den Verkauf der hieraus zu erzielenden CO₂-Zertifikate kann der Projektinhaber somit zur Projektfinanzierung zusätzlich ca. 1.271.000 Euro jährlich generieren.

3.3.4.2 CDM-Projektkreislauf

Die Durchführung von Projekten im Sinne des Clean Development Mechanism unterliegt einem international anerkannten Verfahren und umfasst verschiedene Schritte:

- Projektidentifizierung

Im ersten Schritt sollte der Projektverantwortliche sein Vorhaben in einer Projektskizze (Project Idea Note, PIN, siehe ANHANG V) formulieren und einem Kurzcheck (Pre-Check) auf CDM Tauglichkeit unterziehen.

- Erstellung der Projektdokumentation (PDD)

Als nächster Schritt folgt die Erstellung der Projektdokumentation, die eine Beschreibung des geplanten Projektes, eine genehmigte *Baseline*- und Monitoring-Methodologie und deren Anwendung auf das Projekt, die Dauer des Projektes und den CERs-Anrechnungszeitraum sowie Informationen zu Umweltauswirkung usw. enthält. Die förmlichen Vorlagen werden von UNFCCC öffentlich herausgegeben und können von der UNFCCC-Homepage heruntergeladen werden. Das PDD ist das wichtigste Dokument im Hinblick auf die Validierung, Registrierung und Verifizierung.

- Validierung

Validierung bezeichnet den Prozess der unabhängigen Evaluierung einer Projektaktivität durch eine Designated Operational Entity (DOE) aufgrund der Anforderungen des CDM auf der Basis des PDDs. In dem Stadium veröffentlicht die DOE das PDD auf der UNFCCC-Website und fordert die Öffentlichkeit auf, innerhalb von 30 Tagen Kommentare abzugeben. Nach Ablauf der Frist für öffentliche Kommentare entscheidet die DOE über die Validierung des Projektes. Fällt das Ergebnis der Validierung negativ aus, informiert die DOE die Projektteilnehmer über die Gründe für die Ablehnung. Das PDD kann nach entsprechender Überprüfung erneut zur Validierung eingereicht werden (BMU 2007B).

- Staatliche Zustimmungen

Voraussetzungen für die Registrierung sind die Zustimmungen des Gastgeberlandes und des Investorlandes. Als Beispiele werden die Zustimmungsverfahren in Deutschland und China weiter unten in Kap. 3.3.4.3 konkret dargestellt.

- Registrierung

Nach der erfolgreichen Validierung des Projektes übermittelt die Designated Operational Entity (DOE) das PDD, den Validierungsbericht und die staatlichen Zustimmungen an den Exekutivrat zur Registrierung. Wenn der Exekutivrat keine Einwände gegen das Projekt erhebt, gilt dieses acht Wochen nach Eingang des Antrags auf Registrierung als registriert (bei Kleinstprojekten nach vier Wochen). Falls eine an der Projektaktivität beteiligte Partei oder mindestens drei Mitglieder des Exekutivrats eine Überprüfung des Projektes verlangen, hat das Projekt einen Überprüfungsprozess zu durchlaufen.

Die Gebühren zur Registrierung des CDM-Projektes sind in folgender Tabelle 3-19 aufgelistet:

Tabelle 3-19: Beträge der Registrierungsgebühren (UNFCCC, EB23)

CO ₂ -Äquivalent des Projektes (t/a)	Registrierungsgebühren
< 15.000	keine
≥ 15.000 < 215.000	0,10 USD/CER
≥ 215.000	0,20 USD/CER

- Durchführung und Überwachung

Die Projektteilnehmer sind verpflichtet, die erforderlichen Daten zu sammeln und die im Rahmen des Projektes erzielten Emissionsreduktionen quantitativ korrekt zu erfassen. Die Überwachung ist entsprechend dem Überwachungsplan durchzuführen. Die Projektentwickler haben einen Überwachungsbericht zu erstellen, der alle im Überwachungsplan festgelegten Punkte für jeden Verifizierungszeitraum abdeckt, für den CER ausgestellt werden sollen (vgl. BMU 2007B).

- Verifizierung und Zertifizierung

Die Projektentwickler senden den Überwachungsbericht zur Verifizierung an eine DOE. In der Verifizierung prüft die DOE, ob die im Überwachungsbericht angegebenen überwachten Emissionsreduktionen für das Projekt tatsächlich erzielt wurden.

Auf der Grundlage des Verifizierungsberichtes gibt die DOE eine schriftliche Zusicherung, die so genannte Zertifizierung, dass die Projektmaßnahme zu den verifizierten Emissionsreduktionen geführt hat.

- Ausstellung und Verteilung von CER

Durch das Einreichen des Zertifizierungsberichts beim Exekutivrat stellt die DOE den Antrag auf Ausstellung von CERs in Höhe der verifizierten Emissionsreduktionen. Bei Erhalt des Zertifizierungsberichts stellt der Exekutivrat die CERs innerhalb von 15 Tagen aus, sofern nicht eine der an dem Projekt beteiligten Parteien oder mindestens drei Mitglieder des Exekutivrats eine Überprüfung beantragen (BMU 2007B).

Das UNFCCC-Sekretariat richtet ein separates CDM-Register für die Ausstellung und den Transfers von CERs ein. Der Verwalter des CDM-Registers verbucht erst dann die CERs auf dem Konto der Projektteilnehmer.

3.3.4.3 Staatliche CDM-Zustimmungsverfahren in Deutschland und China

- CDM-Zustimmungsverfahren in Deutschland als Investorland

Für CDM-Verfahren ist einem Anlage-I-Land dies nur als Inverstorland möglich. Falls ein Unternehmen eines Anlage-I-Landes an einem CDM-Projekt beteiligt ist, hat auch die Designated National Authority (DNA) dieses Landes dem Projekt zuzustimmen. Die deutsche DNA, die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt, untersteht der Fachaufsicht des BMU.

Im deutschen Projekt-Mechanismen-Gesetz (ProMechG) wird zwischen Zustimmung und Befürwortung eines CDM-Projektes durch die DEHSt unterschieden. Zustimmung bezeichnet die offizielle Genehmigung (vgl. §2 Nr.16 ProMechG) eines CDM-Projektes durch die deutsche DANN. Um eine Zustimmung zu erhalten, sind folgende Unterlagen einzureichen (BMU 2007B). In folgender Tabelle 3-20 werden die angeforderten Dokumentationen für CDM-Zustimmung in Deutschland und China separat dargestellt:

Tabelle 3-20: Geforderte Dokumentationen für die CDM-Zustimmung in Deutschland und China (BMU 2007B; CCCHINA 2008)

Geforderte Dokumentationen	Deutschland	China
Schriftlicher Antrag	ja	ja
Projektdokumentation (PDD)	ja	ja
Validierungsbericht	ja	nein
Zustimmung des Gastgeberlandes (falls bereits vorhanden)	ja	nein
Vorstellung der Projektentwickler	nein	ja
Vorstellung des CER-Käufers	nein	ja
Projektgrundlage	nein	ja
Projektfinanzplan	nein	ja
Technische Beschreibung	nein	ja
Erwartete Emissionsverminderungen	nein	ja
Wirtschafts- und Sozialbilanz	nein	ja
Allgemeine Projektgenehmigungen	nein	ja
Umweltverträglichkeitsprüfungsbericht	nein	ja
Aktuelle Projektinfo.	nein	ja

Die DEHSt soll innerhalb von zwei Monaten nach Erhalt der vollständigen Unterlagen über den Antrag auf Zustimmung zu dem CDM-Projekt entscheiden.

- CDM-Zustimmungsverfahren in China als Gastgeberland

Als CDM-Gastgeberland ist in China die DNA das Büro der Nationale Kooperationsgruppe gegen Klimawandel im Ministerium für Entwicklung und Reform (CMER). Darüber hinaus gibt es noch ein Nationales CDM-Projektprüfungskomitee, das der Fachaufsicht des Ministeriums für Entwicklung und Reform, des Ministeriums für Wissenschaft und Technologie, des Ministeriums für Umweltschutz, des Ministeriums für Landwirtschaft, des Ministeriums für Finanz und des Nationalen Meteorologischen Amtes untersteht.

Der Ablauf eines Zustimmungsverfahrens in China wird in folgender *Abbildung 3-15* dargestellt:

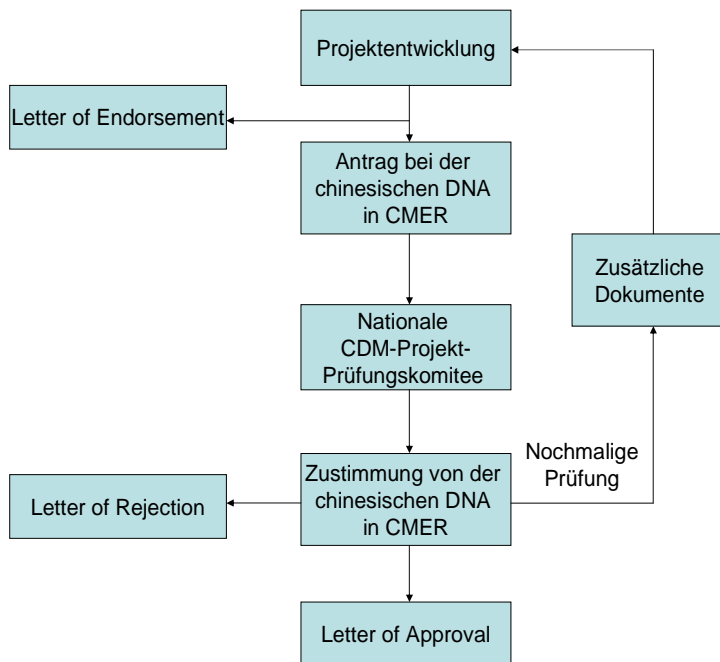


Abbildung 3-15 : CDM-Zustimmungsverfahren in China (eigene Darstellung, Datenquelle: CMER 2009)

Allgemein soll es in der Bestätigung der DNA enthalten, ob die Teilnahme an dem CDM-Projekt freiwillig ist und das Projekt die nationalen Nachhaltigkeitskriterien erfüllt. Gleichzeitig wird mit dieser Bestätigung noch zur Validierung lediglich ein vorläufiges Befürwortungsschreiben (Letter of Endorsement, LoE) eingereicht, in dem die Regierung des Gastgeberlands ihre generelle Unterstützung für das Projekt zusagt. Die konkreten angeforderten Dokumentationen werden schon in Tabelle 3-20 dargestellt. Nach Erhalt der vollständigen Unterlagen über den Antrag auf Zustimmung dauert es normalerweise weniger als zwei Monate bis der LoA (Letter of Approval) von der DNA ausgestellt wird.

4 Methodik

Das Kapitel 4 gliedert sich in zwei Unterkapitel aufgeteilt. Kapitel 4.1 behandelt die Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasnutzung, und Kap. 4.2 die Bewertungen der Biogasnutzung nach Umweltaspekten.

In diesem Kapitel wird es versucht, mit der unterschiedlichen Bewertungsmethoden vor der Realisierung eines Biogasnutzungsprojektes in Deutschland, im Planungsstadium, im Anlagenbau und im laufenden Betrieb des Projektes alle denkbaren Einflüsse und Risiken von Umwelt- und Klimaschutzaspekten praktisch zu betrachten.

4.1 Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasnutzung

Bei der Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung lassen sich im Wesentlichen drei Konzepte unterscheiden: die Stoff- und Energiebilanz, die Umwelt- und Klimaschutzbuchhaltung und die Umwelt- und Klimaschutzbilanz. Ausgang jeder Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung sind so genannt Stoff- und Energiebilanzen, deren Grundzüge bereits Mitte der siebziger Jahre dargestellt wurden. Sie gehen von der Grundannahme aus, dass in das Betriebssystem eingebrachte Stoffe und Energien grundsätzlich erhalten bleiben und lediglich in andere Stoffe und Energien umgewandelt werden. Durch eine Gegenüberstellung von Input und Output lassen sich Stoffe und Energien aufdecken, die ansonsten unbewusst an die Umwelt abgegeben werden und dort möglicherweise Schäden verursachen (vgl. MEFFERT & KIRCHGEOG 1992).

4.1.1 *Praktisches Verfahren der Umwelt- und Klimaschutzbilanz*

Bei der Aufstellung von Stoff- und Energiebilanzen lassen sich drei Verfahrensschritte unterscheiden:

- Den ersten Verfahrensschritt bildet die betriebsbezogene Datenerfassung. Dabei erfolgt eine verfahrenstechnische Analyse des Produktionsprozesses zur Aufdeckung unerwünschter Wirkungen des Produktionsprozesses.
- Im zweiten Verfahrensschritt erfolgt eine umwelt- und klimaschutzbezogene Datenerfassung, bei der eine Analyse aller Stoffe im Hinblick auf die Bewertung ihrer Umwelt- und Klimawirkungen vorgenommen wird.
- Im dritten Verfahrensschritt wird versucht, aufgrund der betriebsbezogenen, der umweltbezogenen und der klimaschutzbezogenen Datenerfassung Planungsaussagen abzuleiten.

Bei der Aufstellung von Stoff- und Energiebilanzen findet lediglich eine qualitative Bewertung der von einem Betrieb ausgehenden Umwelt- und Klimawirkungen statt.

Die Ermittlung einer derartigen Gesamtmesszahl ist gerade der Kernpunkt der umwelt- und klimaschutzbezogenen Buchhaltung. Entsprechend der betrieblichen Buchhaltung wird ein Kontenrahmen eingerichtet, in welchem der Verbrauch von Ressourcen (Input) sowie die

entstehenden Emissionen (Output) in ihren jeweiligen physikalischen Einheiten erfasst werden.

Neuere Konzepte zur Aufstellung einer Umwelt- und Klimaschutzbilanz knüpfen an die Systematik an und bauen ebenfalls auf der Stoff- und Energiebilanz auf. Das Konzept einer Umwelt- und Klimaschutzbilanz besteht aus vier Bilanzen: In einer Betriebsbilanz werden die Umwelt- und Klimawirkungen eines Betriebs als Grenzen erfasst: auf der Input-Seite die eingesetzten Stoffe und Energien, auf der Output-Seite die Produkte und die stofflichen und energetischen Emissionen. Mit Hilfe der Prozessbilanz werden die Transformationsprozesse zwischen Input- und Outputseiten in stofflicher und energetischer Hinsicht dargestellt, um die Beiträge einzelner Transformationsprozesse zur gesamten Umweltbelastung eines Betriebs zu ermitteln. In der Produktbilanz soll die Umwelt- und Klimaschutzrelevanz der erzeugten Produkte während des gesamten Produktlebenszykluses von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Entsorgung dargestellt werden (vgl. HALLAY 1995). Schließlich erfolgt in einer Substanzbilanz die Analyse struktureller Eingriffe in die Umwelt und den Klimaschutz, wie etwa die Nutzung von Bodenflächen, oder die umwelt- und klimaschutzbezogene Betrachtung von Anlagevermögen und Lagerbeständen.

Das Ziel der Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung ist es, die durch die Bereitstellung von Produkten und Dienstleistungen entstehenden Auswirkungen auf Umwelt, Klimaschutz sowie menschliche Gesundheit gesamtökologisch zu bewerten. Die Umwelt- und Klimaschutzbilanz wird auch als Lebenszyklusanalyse bezeichnet. Im Rahmen einer Umwelt- und Klimaschutzbilanz wird der gesamte Lebenszyklus des Zielprodukts von der Rohstofferschließung und -gewinnung über die Produktion und Nutzung bis Entsorgung analysiert, um die mit dem Produkt verbundenen Umweltbelastungen zu ermitteln (vgl. FNR 2006A). Dies gilt auch für die Biogasnutzung. Die Erstellung einer Umwelt- und Klimaschutzbilanz ist an die internationalen Normen ISO 14040 (1997) bis ISO 14043 (1998) gebunden, in denen die Durchführung einer Lebenszyklusanalyse geregelt ist. Entsprechend dieser Normen besteht eine Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung aus vier Teilen, die in folgender Tabelle 4-1 separat dargestellt werden:

Tabelle 4-1: Vier Schritte für die Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung (ISO 14040-14043; FNR 2006A)

Teil	Beschreibung
Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens (ISO 14041, 1997)	Die Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens stellt den ersten Schritt der Umwelt- und Klimaschutzbilanz dar, bei dem einerseits das Ziel einer Umwelt- und Klimaschutzbilanzbewertung festzulegen ist, sowie die Gründe für die Durchführung darzustellen sind. Andererseits wird der Untersuchungsrahmen möglichst detailliert definiert, wobei eine Reihe von Entscheidungen getroffen werden. Nach ISO 14040 (1997) müssen folgenden Punkte berücksichtigt und beschrieben werden: Die Funktion und die Grenzen des Produktsystems; die funktionelle Einheit; die Allokationsverfahren; die Wirkungskategorien und die Methodik; die Anforderungen an die Daten; die Annahmen; die Einschränkungen und die Art und Aufbau des für die Bewertung vorgesehenen Berichts.
Sachbilanz (ISO 14041, 1998)	In der Sachbilanz werden alle relevanten Stoff- und Energieströme der verschiedenen Prozesse des Produktsystems über den gesamten Lebensweg erfasst und quantifiziert. Die mit Hilfe der Sachbilanz erhaltenen kumulierten Rohstoffinputs und Schadstoffoutputs sind dabei auf eine definierte funktionelle Einheit zu beziehen. Für die Berechnung der Sachbi-

Teil	Beschreibung
	lanz können folgende Verfahren genutzt werden: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Prozesskettenanalyse ➤ Die Ökologische Input-Output-Analyse ➤ Die Hybrid-Methode
Wirkungsabschätzung (ISO 14042, 1999)	Bei der Wirkungsabschätzung erfolgt basierend auf den Ergebnissen der Sachbilanz eine Beurteilung der Größe und Wertigkeit potenzieller Umweltfolgen. Den Sachbilanzgrößen sind für diese Beurteilung verschiedene Wirkungskategorien zu geordnet. Folgende sind wichtige betrachtete Wirkungskategorien: Treibhauseffekt; Ozonabbau; Eutrophierung; Versauerung; Humantoxizität; Lärmbelästigung; Ressourcenbeanspruchung; Naturraumbeanspruchung; kumulierter Primärenergieaufwand usw.
Auswertung (ISO 14043, 1998)	Für die Auswertung werden die Ergebnisse der Sachbilanz und Wirkungsabschätzung im Bezug auf das Umwelt- und Klimaschutzbilanzziel ausgewertet. Hierbei ist auch eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen, um zu untersuchen, wie stark sich die Änderungen der Randbedingungen auf das Gesamtergebnis der Umwelt- und Klimaschutzbilanz auswirken.

Eine Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung der Biogasnutzung sollte grundsätzlich nach den Leitlinien einer Umwelt- und Klimaschutzbilanz gemäß der internationalen Norm ISO 14040-3 erfolgen. Die Biogasnutzung in der Energiewirtschaft verfolgt zum einen das Ziel der Vermeidung von Treibhausgasemissionen und zum anderen der Energiebereitstellung. Die wichtigsten Parameter in der Bewertung sind die Bilanz der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O), sowie von Ammoniak (NH₃). Wobei letzteres nach seiner Deposition in der Umwelt zu etwa 1 % bezogen auf den Stickstoff als Lachgas wieder emittiert wird. Diese Emissionen werden in der Bilanz als „g CO₂e/kWh“ ausgewiesen und im Ergebnis zusammengefasst. Die CO₂-Äquivalente berücksichtigen die unterschiedlichen Treibhauswirkungen (GWP) der genannten Gase (vgl. Tabelle 3-18), bezogen auf einen Zeithorizont von 100 Jahren.

Im Rahmen der Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung werden die Umwelt- und Klimaschutzeffekte der Biogasnutzung anhand der folgenden Wirkungskategorien beurteilt und diskutiert:

- Treibhauseffekt
- Verbrauch an fossiler Primärenergie
- Emissionen mit versauernder Wirkung
- Emissionen mit eutrophierender Wirkung

Die Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung erfasst die Umweltwirkungen aller Arbeitsschritte innerhalb eines konkreten Produktionsprozesses und die anteiligen Umweltwirkungen der Herstellung der Werkzeuge, Maschinen und Energien, die materiell notwendig sind, um diese Arbeitsschritte durchzuführen. Das sind im Falle der Biogaserzeugung alle Teile der Biogasanlage (Fermenter, Pumpen, Rührwerke, Leitungen, Gasspeicher, Kontrolleinrichtungen etc.) und somit die Emissionen, um die Materialien dieser Komponenten herzustellen, sowie der Bau selbst. Weiterhin werden in die Umwelt- und Klimaschutzbilanz die Emissionen eingerechnet, die sich aus der Umsetzung der eingesetzten Stoffe und dem Betrieb der Biogasanlage ergeben.

4.1.2 Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung der Biogasnutzung

Für die Biogasnutzung erfolgt die Bilanzierung auf Grundlage der technischen Ausrüstung, die sich aus den jeweiligen Nutzungsvarianten ergeben: Im Falle der Strom- und Wärmeproduktion im Blockheizkraftwerk (BHKW) sind dies die Anlagenteile des BHKW, inklusive denen der Gasaufbereitung und der Wärmenutzung. Die Umwelt- und Klimaschutzbilanz wird sinnvollerweise auf das Endprodukt der Biogasnutzung bezogen, d.h. auf die Kilowattstunde erzeugten Stroms und Wärme. Durch diesen Bezug wird auch deutlich, dass bei mangelhafter Nutzung der Wärme die Umwelt- und Klimaschutzbilanz schlechter ausfällt als bei möglichst vollständiger Nutzung von erzeugtem Strom und erzeugter Wärme.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Ersatz fossiler Energieträger (Kohle, Erdöl, Erdgas) durch Biogas eine positive Umwelt- und Klimaschutzbilanz erbringt. Die Erzeugung von Biogas hat vergleichsweise geringe Emissionsbelastungen im Vergleich zum Abbau und Transport fossiler Energieträger. Die klimarelevanten Emissionen bei der Stromerzeugung sind beim Einsatz von Biogas wesentlich geringer als bei fossilen Energieträgern. Grund dafür ist, dass beim Umsatz organischer Stoffe nur so viel Kohlendioxid direkt freigesetzt wird, wie vorher durch die Fotosynthetische Stoffproduktion von der Pflanze aus der Atmosphäre entzogen wurde. Bei fossilen Energieträgern wird Kohlendioxid freigesetzt, das über Jahrmillionen in der Erdkruste gespeichert war. Voraussetzung für eine günstige Umwelt- und Klimaschutzbilanz ist jedoch, dass die Substrate zur Biogaserzeugung aus einem engen Umkreis (maximal 50 km, ideal < 12 km) zur Biogasanlage kommen (vgl. MATTHES 2002). Aufgrund der, im Vergleich zu fossilen Energieträgern, geringen Energiekonzentration von Gülle, aber auch der anderen Substrate (Energieganzpflanzen, organische Abfälle usw.) haben Transporte, die wesentlich über diesen Umkreis hinausgehen, sehr viel ungünstigere Umwelt- und Klimaschutzbilanzen. Wird z.B. Gülle über eine Strecke von 100 km transportiert, um in einer großen, zentralen Biogasanlage (> 50 MWel) vergoren zu werden, wird die Umwelt- und Klimaschutzbilanz, bezogen auf eine ausschließliche Stromnutzung, schlechter als bei Einsatz fossiler Brennstoffe.

Im Folgenden werden die Umwelt- und Klimaschutzbilanzen einzelner Biogassubstrate separat sowie auch des Anlagenbaus dargestellt:

4.1.2.1 Gülle und organische Abfälle

Werden Gülle und organische Abfälle als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt, ist deren Erzeugung mit keinen Emissionen belastet, da sie als Reste einer Produktion anfallen, die nicht der Energiegewinnung aus Biogas zugerechnet wird. Emissionen werden durch weite Transportstrecken oder Verarbeitungsschritte verursacht, die unbedingt berücksichtigt werden müssen. Solche erhöhten Emissionen können die positive Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Energiegewinnung aus Biogas umkehren.

Die Umsetzung von Gülle und andern organischen Abfälle setzt Emissionen an Kohlendioxid, Methan, Lachgas und Ammoniak frei. Im Vergleich zu anderen Verfahren des Abbaus organischer Substanz schließt die Biogaserzeugung aufgrund der geschlossenen Verfahrensweise am günstigsten ab. Eine solche Reduktion von Emissionen geht als „Gutschrift“ in die

Umwelt- und Klimaschutzbilanz ein. Auch bei der direkten Lagerung unbehandelter Gülle wird in erheblichem Umfang Methan und Lachgas emittiert. Diese bei der Biogasproduktion im Vergleich zu anderen Verfahren der Umsetzung der Gülle und anderen organischen Abfällen vermiedenen Emissionen können erhebliche Gutschriften zur Folge haben: bei Biogasnutzung zur Strom- und Wärmeproduktion kann die Gutschrift aus der Emissionsvermeidung um ein Vielfaches größer sein, als die Emissionen aus der Biogasproduktion selbst. Alle Emissionen zur Biogasproduktion belaufen sich in der Summe auf 50 - 100 g CO₂e/ kWh, die vermiedene Emission durch den Verzicht der Güllelagerung kann mit 500 - 700 g CO₂e/ kWh angesetzt werden, dann beträgt die Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasproduktion und -nutzung insgesamt ca. 525 g CO₂e/ kWh (vgl. JUNGMEIER U.A. 1999).

4.1.2.2 Energiepflanzen

Speziell angebaute Energiepflanzen zur Biogasnutzung können den Methanertrag gegenüber dem alleinigen Einsatz von Gülle deutlich steigern. Bei ihrem Einsatz ist die Umwelt- und Klimaschutzbilanz des Anbaus mit zu berücksichtigen. Arten- und Sortenwahl, optimaler Erntezeitpunkt, hoher Trockenmassegehalt und Silagequalität der angebauten Energiepflanzen beeinflussen maßgebend die erreichbare Biogasausbeute. Die Optimierung des Gesamtverfahrens ist daher für jeden Betrieb eine betriebswirtschaftliche Notwendigkeit. Die Umwelt- und Klimaschutzbilanz sollte nicht auf die Basis der Anbaufläche (Hektar) oder der Trockenmasse bezogen werden, sondern wie im gesamten Energiebereich auf die erzeugte Energieeinheit (kWh). Bei den in Brandenburg möglichen Energiepflanzen zur Biogasnutzung beläuft sich die Umwelt- und Klimaschutzbilanz auf 100 - 200 g CO₂e/ kWh. Hierbei sind Transporte vom Feld zur Biogasanlage von durchschnittlich 10 km berücksichtigt. Erhöht sich die Transportentfernung, sind für alle weiteren 10 km ca. 5 - 12 g CO₂e/ kWh zu berücksichtigen (vgl. HEIERMANN & PLÖCHL 2002).

Nach der Studie von HEIERMANN UND PLÖCHL (2002) werden die Treibhausgasemissionen von verschiedenen Energiepflanzen für die Biogasnutzung in *Abbildung 4-1* dargestellt:

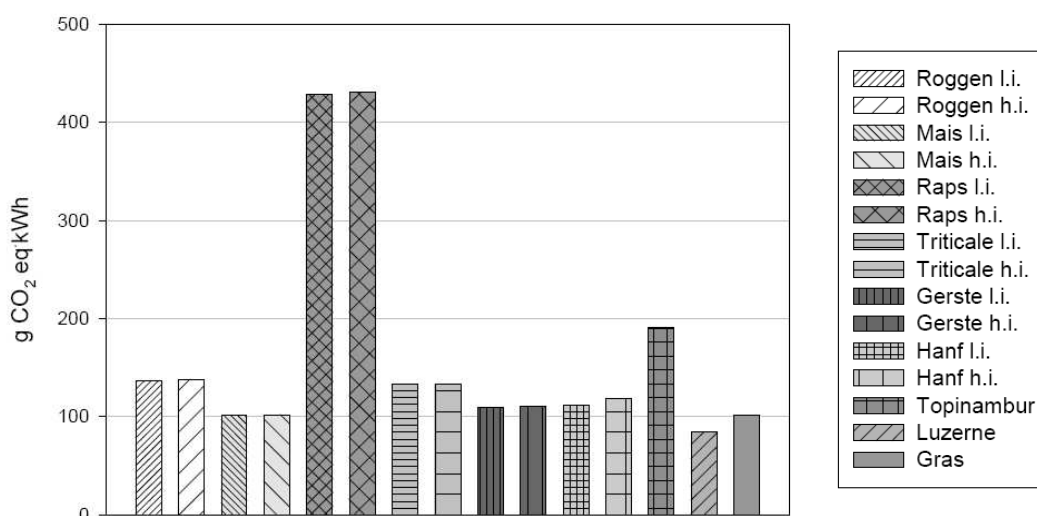


Abbildung 4-1 : Treibhausgasemission aus dem Energiepflanzenanbau für die Biogasnutzung (HEIERMANN & PLÖCHL 2002, S. 102) („l.i.“ bedeutet Anwendung niedrig konzentrierter Pflanzenschutzmittel, „h.i.“ mit hoch konzentrierter Pflanzenschutzmittel)

4.1.2.3 Biogasanlagenbau

Die Umwelt- und Klimaschutzbilanz des Anlagenbaus begründet sich hauptsächlich auf den Stahl und den Beton, die für die Anlagen verbaut werden. Für das BHKW sind das ca. 300 t Beton und 60 t Stahl je Megawatt elektrischer Leistung, daraus ergeben sich 29 g CO₂e/kWh. Für die baulichen Anlagen können im Mittelwert 117 kg/kW Beton und 27 kg/kW Stahl angenommen werden. Dies ergibt nach dem Globalen Emissionsmodell Integrierter Systeme eine Treibhausgasbilanz von ca. 13 g CO₂e/kWh (vgl. HEIERMANN & PLÖCHL 2002).

Damit hat die Biogasnutzung erhebliche umweltfreundliche Vorteile gegenüber der Energiebereitstellung durch fossile Energieträger. Die Umwelt- und Klimaschutzbilanz der Biogasnutzung ist somit im Vergleich zur Strom- und Wärmeproduktion aus fossilen Energiequellen als ausgesprochen positiv zu bewerten.

4.2 Bewertung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten

Vor dem aktuellen umweltpolitischen Hintergrund in Deutschland sollte ein praktisches Bewertungsverfahren entwickelt werden, das es ermöglicht, Biogasnutzung hinsichtlich ihrer Umweltauswirkungen zu bewerten. Das komplexe interdisziplinäre Feld aus Recht, Technologie, Organisation und Umweltwissenschaft wurde in kompatible Einzelbereiche zerlegt, deren Verknüpfung eine effiziente Umweltbewertung der Biogasnutzung ermöglicht.

Nach der betrieblichen Umweltrisikobewertungsmethodik von Eipper (1995) können die direkten und indirekten Umwelteinwirkungen einer Biogasanlage in einem Strukturbild in folgender *Abbildung 4-2* graphisch dargestellt werden:

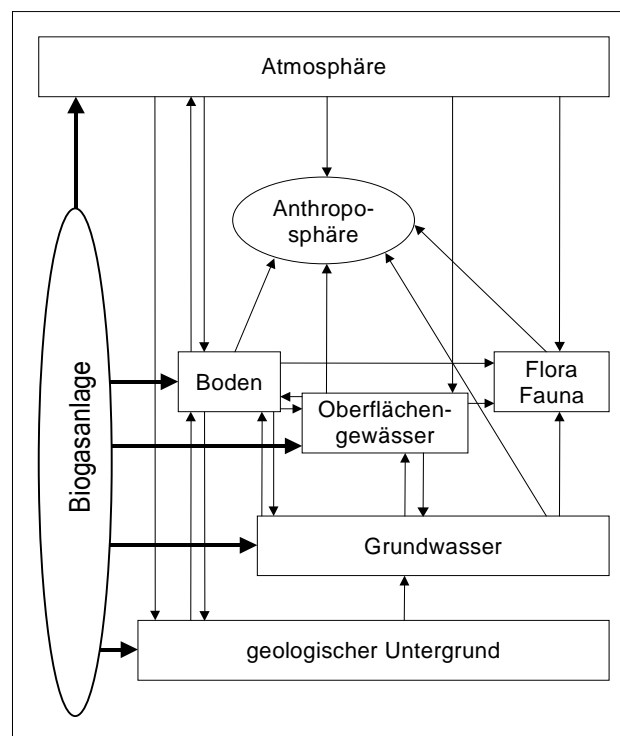


Abbildung 4-2: Wesentliche direkte und indirekte Umwelteinwirkungen einer Biogasanlage (nach EIPPER 1995)

In der vorliegenden Arbeit wurde das Biogasnutzungsprojekt als ein betrieblicher Komplex behandelt. Um ein Biogasnutzungsprojekt nach Umweltaspekten zu bewerten, sind die folgenden klassischen betrieblichen Umweltrisikobewertungen sinnvoll.

Nach Eipper (1995) werden die beiden Basiselemente der allgemeinen betrieblichen Umweltbewertung, die betriebliche Umweltrisikobewertung und die betriebliche Standortbewertung, auch für die Biogasnutzung getrennt voneinander ermittelt.

4.2.1 Umweltrisikobewertung für Biogasnutzung

Die Umweltrisiken sind aufgrund ihrer Komplexität, Vielfalt der Zusammensetzung und Unterschiedlichkeit des Erscheinungsbildes einem Berechnungsverfahren nur mit unverhältnismäßigem Aufwand zugänglich. Stattdessen sollten wichtige Eigenschaften der Umweltfaktoren klassifiziert werden und nach den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen bewertet werden (vgl. EIPPER 1995).

Die Bewertung der verschiedenen Kriterien je Umweltfaktor wird mittels einer fünfstufigen Skala vorgenommen. Die Zuweisung zu den Stufen ergibt sich aus empirischen Daten und dem Stand der Wissenschaft (vgl. EIPPER 1995). Die Risikoklassen und deren Kurzbeschreibungen werden in Tabelle 4-2 dargestellt.

Tabelle 4-2: Beschreibung der Risikoklassen in der Versicherungswirtschaft (eigene Darstellung, vgl. EIPPER 1995)

Risikoklasse	Risikobeschreibung
I	keine
II	gering
III	durchschnittlich
IV	erhöht
V	tolerierbar

Im nächsten Schritt erfolgen die Gegenüberstellung der betrieblichen Umweltrisikopotentiale und der Teilelemente sowie die Ableitung des so genannten Konfliktpotentials. Dieses Konfliktpotential dient nun der Beurteilung der Gefahr und der Dimension einer möglichen Umweltauswirkung (vgl. EIPPER 1995).

Bei der Umweltrisikobewertung steht die Gesamtbewertung eines Biogasnutzungsprojektes zunächst im Hindergrund. Vielmehr soll eine detaillierte Bewertung der verschiedenen Themenbereiche der Biogasnutzung im Hinblick auf eine Prioritätensetzung erreicht werden, so dass die Einzelbewertungen direkt zur Umsetzung von Maßnahmen verwendbar sind.

Nach Eipper (1995) und Hitzler (1998) können die betrieblichen Umweltrisiken durch folgende Umweltgefährdungen in Erscheinung treten:

- Stoffliche bzw. stoffgebundene Umweltrisiken
- Energetische Umweltrisiken
- Räumlich-strukturelle Umweltrisiken

Im Rahmen der allgemein betrieblichen Umweltrisikobewertung liegt das Hauptaugenmerk auf den stofflichen Austauschbeziehungen mit der Umwelt, da diese im Verhältnis zu den räumlich-strukturellen Umweltrisiken durch eine wesentlich größere Dynamik geprägt sind

und meist auch ein größeres Schadenspotential aufweisen. Die energetischen Umweltrisiken hängen häufig eng mit den stofflichen Risiken zusammen, deswegen werden für die Umweltisikobewertung eines Biogasnutzungsprojektes folgende einzelne Umweltrisiken und Umweltauswirkungen in Betracht gezogen:

4.2.1.1 Abwasser, Belastungen für Oberflächengewässer, Bodenbelastungen und Grundwasserbelastungen

Abwässer entstehen beim häuslichen, landwirtschaftlichen, gewerblichen und industriellen Gebrauch von Nutzwasser und durch in die Kanalisation abfließendes Niederschlagswasser. Das Abwasser wird meist nach Durchlaufen einer Kläranlage in ein Oberflächengewässer eingeleitet (vgl. HITZLER 1998). Die Belastungen für Boden, Oberflächengewässer und Grundwasser resultieren aus den nicht abgebauten oder nicht entzogenen, gefährdenden Stoffen des Abwassers. Für die Biogasnutzung setzen sich die Belastungen für Boden, Oberflächengewässer und Grundwasser aus folgenden wichtigen Anteilen zusammen:

- Sickerwasser von Energiepflanzen,
- Häusliche Abwässer der Anlagenbetreiber,
- Stallabwässer,
- Reinigungsabwässer,
- Prozessabwasser von Nebeneinrichtungen,
- Niederschlagswasser von verschmutzten Fahrwegen und sonstigen Freiflächen mit Abfluß,
- Gülleverlust, sowie
- Gärresteverlust.

4.2.1.2 Luftverunreinigungen

Die Quellen der Luftverunreinigung für Biogasnutzung lassen sich folgendermaßen einteilen:

- Abgase aus der Energieerzeugung (BHKW),
- Abgase aus Betriebsfahrzeugen,
- Abgase aus der Gasfackel,
- Abluft aus dem Stall,
- Emissionen von der Siloplatte
- Emissionen von Fermenter und Endlager,
- Abgase durch die Betriebsfahrzeugen der Substrateinbringung und Gärrestausbringung, sowie
- Abgase durch Transport.

Von diesen Emittenten gehen unterschiedliche Luftschadstoffe aus. Aufgrund der emittierten Mengen werden 6 Gruppen an so genannten Hauptschadstoffen (TA-LUFT, 2002), die vor allem bei Verbrennungsprozessen entstehen, unterschieden:

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickoxide (NO_x)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Kohlenwasserstoffe (u. a. VOC)
- Staub, Ruß
- Kohlendioxid (CO₂)

Diese Schadstoffe können lokal in solchen Konzentrationen auftreten, dass Umweltrisiken von diesen ausgehen. Zudem leisten diese Schadstoffe einen Betrag zu den regionalen und großräumigen Umwelteffekten. In vorliegender Arbeit wird CO₂ nicht als Umweltschadstoff sondern als Treibhausgas behandelt.

4.2.1.3 Lärm und Gerüche

Umweltrisiken durch Lärm und Gerüche wirken auf die belebte Umwelt ein. Da der Mensch meist direkt betroffen ist, werden die Umweltrisiken durch den Empfindlichkeitsanspruch des Menschen berücksichtigt. Im Gegensatz zur stofflichen Umweltbelastung haben Lärm und Gerüche den Vorteil, dass bei Eliminierung oder Sicherung der Emissionsquellen keine langfristigen Wirkungen zu erwarten sind (vgl. HITZLER 1998). Im Folgenden werden die wichtigsten Belastungsquellen von Lärm und Gerüche bei der Biogasnutzung aufgezählt:

- Lärm aus der Biogasverbrennung (BHKW),
- Lärm aus Nebeneinrichtungen,
- Lärm aus Transport,
- Lärm aus Fahrzeugen bei Substrateinbringung und Gärrestausbringung,
- Gerüche aus den Stallanlagen,
- Gerüche von der Siloplatte, sowie
- Gerüche aus Fermenter und Endlager.

4.2.1.4 Abwärme

Von Wärmeemissionen gehen energetische Belastungen der Umwelt aus. Wärme wird absichtlich und unabsichtlich emittiert. unabsichtliche Abwärme entsteht z.B. bei nicht ausreichender Wärmedämmung von Fermenter und anderen Räumen, bei Abluft- und Abwasseranlagen. Eine absichtliche Abgabe an Abwärme erfolgt bei Biogasnutzung mit Biogasverbrennung im BHKW. Für die Biogasnutzung sind folgende Abwärmequellen denkbar:

- Abwärme aus dem BHKW,
- Abwärme aus der Gasfackel,

- Abwärme aus Nebeneinrichtungen, sowie
- Abwärme aus Gärresten (Endlager)

4.2.1.5 Bodenveränderung, Veränderung des Landschaftsbildes und Flächenversiegelung

Bodenveränderung, Veränderung des Landschaftsbildes und Flächenversiegelung gehören alle zu den räumlich-strukturellen Umweltrisiken. Sie besitzen ein hohes Konfliktpotential bezüglich anthropogenen und ökologischen Ansprüchen, da solche Belastungen prinzipiell immer zu einem Widerspruch zwischen menschlichem Nutzen und ungestörter Natur führen. Für die Biogasnutzung sind folgende Belastungsquellen denkbar:

- Bodenveränderung durch Energiepflanzenanbau,
- Bodenveränderung durch Kontamination mit Betriebsstoffen (z.B. Zündöl, Reinigungsmittel etc.),
- Bodenveränderung durch belastetes Sickerwasser am Standort und bei der Zwischenlagerung,
- Veränderung des Landschaftsbildes durch Energiepflanzenanbau,
- Veränderung des Landschaftsbildes durch Einrichtung der Biogasanlage,
- Flächenversiegelung durch Bau des Fermenter,
- Flächenversiegelung durch Bau der Substrat-Siloplatte,
- Flächenversiegelung durch Anlegen des Biogasgeländes (Fahrwege, etc.) sowie
- Flächenversiegelung durch Bau der Nebeneinrichtungen.

4.2.1.6 Umweltrisiken bei einem Störfall

Für die Umweltrisikobewertung müssen auch die Umweltrisiken beim Störfall berücksichtigt werden. Störfälle treten immer wieder auf. Daher muss der frühzeitigen Erkennung von Störfallpotentialen und der Vermeidung bzw. Minimierung von Auswirkungen durch Sicherungsmaßnahmen Aufmerksamkeit geschenkt werden. Störfälle können aus dem Betrieb internen heraus entstehen oder natürlich bedingte Ursachen haben, z. B. Hochwasser, Sturm, Blitzschlag usw. Während natürlichen Störfällen nur durch Sicherungsmaßnahmen zu begegnen ist, können betriebinterne Störfälle z. T. wirksam durch Beseitigung der Ursachen vermieden werden (vgl. HITZLER 1998).

Die Umweltrisiken der Störfälle sind von der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Umweltrelevanz der Emissionen abhängig. Die Schadenshöhe ist zudem zeitabhängig, sodass die Umweltrisiken im Weiteren davon beeinflusst werden, ob ein Störfall unbemerkt eintreten kann. Typische Störfälle bei der Biogasnutzung sind Explorionen und Bersten von Rohleitungen und Fermentern. Dies kann zur Freisetzung erheblicher Mengen an flüssigem Substrat führen.

4.2.2 Betriebliche Standortbewertung für das Biogasnutzungsprojekt

Die Standortbewertung ist ein klassischer geographischer Bereich. Aber die betriebliche Standortbewertung ist keine typische geographische Standortbewertung. Hier wird die Definition „Standort“ nach Artikel 2 der Verordnung (EG) Nr. 761/2001 (EG-UMWELTAUDITVERORDNUNG) genutzt: in welcher Standort definiert wird als „das gesamte Gelände an einem geographisch bestimmten Ort, das der Kontrolle einer Organisation untersteht und an dem Tätigkeiten ausgeführt, Produkte hergestellt und Dienstleistungen erbracht werden, einschließlich der gesamten Infrastruktur, aller Ausrüstungen und aller Materialien.“ Hier umfasst der Begriff betrieblicher Standort nicht nur das Betriebsgelände, sondern vor allem die gesamte Umgebung, die durch einen Störfall des Betriebes beeinflusst bzw. geschädigt werden kann.

4.2.2.1 Allgemeine betriebliche Standortbewertung

Die betriebliche Standortbewertung spielt eine wichtige Rolle im Hinblick auf betriebliche Emissionen, sowohl im Normalbetrieb als auch bei Störfallereignissen. Die *Abbildung 4-2* zeigt bereits die Umweltsphären, die durch betriebliche Emissionen in Mitleidenschaft gezogen werden können (vgl. EIPPER 1995). Es wird deutlich, dass der Standort nicht nur durch direkte Einflüsse belastet werden kann, sondern auch auf indirektem Wege durch Interaktion der einzelnen Umweltsphären untereinander.

Die physisch-geographischen Bewertungsfaktoren entstammen den einzelnen Sphären. Berücksichtigt wurden für die betriebliche Standortbewertung die Geokomponenten Klima, Gewässer, Relief, Boden und Gestein. Mit ihrer Hilfe soll die Standortbelastbarkeit gegenüber einer Schädigung ermittelt werden. Der Einfluss von Emissionen bei Normal- und Störfallbetrieb haben einen unterschiedlichen Einfluss auf die verschiedenen Umweltsphären, d.h. während eine Umweltsphäre vollständig betroffen ist, ist eine andere nicht betroffen. Ein gutes Beispiel hierfür ist die Direkteinleitung, die zwar für den Vorfluter relevante Auswirkungen hat, aber in Bezug auf die Luftqualität wertigkeitslos bleibt (vgl. ROHRMÜLLER 2008).

Die Schädigungen treten jedoch nicht nur unter Direkteinfluss an Ort und Stelle auf, da es aufgrund der Wechselwirkungen der verschiedenen Umweltpfade (Wasser, Boden, Luft usw.) zu Verlagerungen von z.B. Schadstoffen kommen kann. Hierdurch ist auch eine Beeinträchtigung rechtlich festgesetzten Zonen, wie z.B. Schutzgebiete, möglich. Als Folge davon ist unter anderem mit Sanierungskosten, Reinigung von Anlagen, Notversorgung bis hin zur Neuanlage von Brunnen zu rechnen.

Wichtige Kriterien der betrieblichen Standortbewertung werden im Folgenden separat dargestellt:

➤ Boden und Grundwasser

Bei der betrieblichen Standortbewertung sind all jene Bodenbelastungen von Interesse, die direkt auf den zu untersuchenden eventuellen Verursacher zurückgeführt werden können. Damit spielen alle so genannten Summations- und Distanzschäden eine untergeordnete Rolle, da jene aufgrund der über lange Zeiträume bzw. über große Entfernungen hinweg er-

folgenden Schutzgutkontamination nur schwer oder gar nicht zum einzelnen Verursacher rückverfolgbar sind und die Abschätzung der Wirkungsfolgen laut Eipper (1995) noch immer eine kaum gelöste Aufgabe darstellt. Lediglich im direkten Umfeld des Standorts kann von Kontaminationen, die über die Luft entstanden sind, auf den Verursacher rückgeschlossen werden.

Die hydrogeologische Situation übernimmt eine zentrale Stellung bei der Standortbewertung. Diese resultiert zum einen aus den empfindlichen Nutzungsansprüchen an das Grundwasser und zum anderen aus den erheblichen Problemen beim Umgang mit Grundwasserkontaminationen (vgl. EIPPER 1995).

Lokale Verunreinigungen sind hinsichtlich der Art, Konzentration, Form und Reichweite der Schadstoffemission mit hydrogeologischen Methoden meist größenordnungsmäßig erfassbar. Einen praktikablen grundwasserschutzbezogenen Ansatz zeigt der BEIRAT BEIM BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTW_S (UBA 2001, UBA 1991) auf.

➤ Oberflächengewässer

Oberflächengewässer sind nicht nur wesentlicher Bestandteil der Landschaft, sie unterliegen wie kaum eine andere Geosphäre einer intensiven Nutzungskonkurrenz. Damit hat jede Einwirkung auf ein Gewässer vielfältige direkte und indirekte Auswirkungen. Oberflächengewässer sind immer in die Standortbewertung einzubeziehen. Insbesondere die besonders hohen Nutzungsansprüche des Menschen an die Gewässer haben in der Vergangenheit den Gewässerschutz zu einer Keimzelle des auch rechtlich verankerten Umweltschutzes werden lassen (vgl. EIPPER 1995).

➤ Klima (Atmosphäre)

Das klimatische Risiko eines Betriebs hinsichtlich der betrieblichen Umweltbewertung stützt sich auf das Ausmaß der Fähigkeit der Standorts zur Milderung von Immissionsbelastungen. Es werden also die klimatischen Verhältnisse, die Schutzfunktionen für die Umgebung des Unternehmens übernehmen, zum Gegenstand einer Standortuntersuchung (vgl. EIPPER 1995). Damit sind alle klimatischen Größen, die eine Verdünnung bzw. Konzentrierung von Emissionen bedingen oder die ein konzentriertes Ableiten der Emissionen bzw. deren Verharren am Betriebsstandort hervorrufen, von besonderer Wertigkeit. Grundsätzlich treten die höchsten Immissionsbelastungen bei geringen Windgeschwindigkeiten auf. Damit ist für die klimatische Umweltrelevanz eines Betriebes das Ausmaß des örtlichen Luftaustausches zu erfassen (vgl. EIPPER 1995).

4.2.2.2 Standortbezogene Umweltbewertung

in Anlehnung an die Gliederung des Bundesnaturschutzgesetzes ist eine Einstufung nach der standortbezogenen Umweltempfindlichkeit in folgender Tabelle 4-3 wiedergegeben, wodurch eine Bewertung der meisten Landschaftseinheiten möglich wird:

Tabelle 4-3: Standortbezogene Umweltbewertung (nach BNatSchG 2008 & EIPPER 1995)

Standortempfindlichkeitsklasse		Flächenausweisung, -nutzung, Schutzwürdigkeit
I	unempfindlich	naturferne, stark anthropogen überprägte Standorte
II	gering	agroindustrielle Produktion
III	mäßig	Landwirtschaftsflächen, Forste, Naturparke
IV	erhöht	Nationalparke, Landschaftsschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile, Biotope
V	sehr hoch	Naturschutzgebiete, Naturdenkmale, Sonderstandorte (extremer Wasser-, Nährstoff- oder Strahlungshaushalt), naturnahe Wälder

Jede Teilfläche eines zu untersuchenden Standortes übernimmt bestimmte Biotopfunktionen, d.h. sie stellt den Lebensraum bzw. Teile eines Lebensraumkomplexes für bestimmte Pflanzen- und Tierarten dar. Hinsichtlich der Empfindlichkeit der Biosphäre sind jene Flächen von besonderem Interesse, die als Sonderstandorte durch außergewöhnliche Verhältnisse des Wasser-, Nährstoff- und Strahlungshaushaltes gekennzeichnet oder aufgrund ihrer besonderen Struktur von regionaler oder gar überregionaler Wertigkeit sind (vgl. EIPPER 1995).

Das Naturschutzrecht nimmt einen klaren und abgestuften Schutz der Landschaften und Landschaftsteile vor. Die entsprechenden Regelungen und Festsetzungen sind im Abschnitt 4 in den §§ 23 bis 38 des Bundesnaturschutzgesetzes verankert. Es können folgende Unterscheidungen benannt werden.

Für die Bewertung kann in erster Linie auf den in folgender Tabelle 4-4 zusammengestellten rechtlichen Schutzstatus von Natur und Landschaft zurückgegriffen werden.

Tabelle 4-4: Rechtlicher Schutzstatus von Natur und Landschaft nach dem Bundesnaturschutzgesetz (nach BNatSchG 2008)

BNatSchG	Benennung	Verbindlichkeit	Nutzung	Schutz
§ 23	Naturschutzgebiete (NSG)	rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete	können nach Maßgabe des Schutzzweckes der Allgemeinheit zugänglich gemacht werden	alle schädigenden Handlungen sind verboten
§ 24	Nationalparke (NP)	rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete	unter Berücksichtigung von Großräumigkeit und Besiedlung Schutz wie NSG	sind zu schützen
§ 25	Biosphärenreservate	rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete	werden wie Naturschutzgebiete oder Landschaftsschutzgebiete geschützt	
§ 26	Landschaftsschutzgebiete (LSG)	rechtsverbindlich festgesetzte Gebiete	keine Veränderung des Gebietscharakters	Handlungen, die den Charakter des Gebietes verändern sind verboten
§ 27	Naturparke	einheitlich zu entwickelnde und zu pflegende Gebiete	Entwicklung entsprechend ihrem Erholungszweck nach der Raumordnung und nachhaltigen Regionalentwicklung	
§ 28	Naturdenkmale (ND)	rechtsverbindlich festgesetzte Einzelschöpfungen der Natur oder	zum Schutz des ND ist die Einbeziehung der Umgebung möglich	Beseitigung sowie alle schädigenden Handlungen sind verboten

BNatS chG	Benennung	Verbindlichkeit	Nutzung	Schutz
		Flächen (bis 5 ha)		
§ 29	Geschützte Landschaftsbestandteile	rechtsverbindlich festgesetzte Teile von Natur und Landschaft		Beseitigung sowie alle schädigenden Handlungen sind verboten; bei Bestandsminderung können Ersatzpflanzungen festgelegt werden
§ 30	Biotope		Die Länder sollen geeignete Maßnahmen treffen, um die räumliche Ausdehnung und die ökologische Beschaffenheit der Biotope zu erhalten	Die Länder regeln das Verbot von Maßnahmen
§ 32	Europäisches Netz „Natura 2000“			Die Länder erfüllen die sich aus den Richtlinien 92/43/EWG und 79/409/EWG ergebenden Verpflichtungen

Bei baurechtlicher Klassifizierung von Landschaftsbestandteilen werden umweltbezogene Standortempfindlichkeiten dort zuerst wahrgenommen, wo sie menschliche Nutzungsansprüche beeinflussen, beeinträchtigen oder verhindern. Dabei sind folgende Kategorien zu unterscheiden (vgl. EIPPER 1995):

- direkte und unausweichliche Betroffenheit eines Nutzungsanspruchs (z.B. Immissionsauswirkungen auf die menschliche Gesundheit, Betroffenheit von Risikogruppen),
- indirekte Beeinflussung des Menschen, die mit Verzögerung auftritt (z.B. Garten-, Landwirtschaftsnutzung),
- Qualitätseinbußen von Eigentum (z.B. Grundstückskontamination) und
- zusätzliche Auswirkungen auf vorbelasteten, genutzten Bereiche (z.B. Industriegebiete).

Ausgehend von den rechtlichen Vorgaben der Baunutzungsverordnung ergeben sich die in folgender Tabelle 4-5 dargestellten Nutzungseinstufungen:

Tabelle 4-5: Risikobewertung der Nutzungsgebiete (nach BauNVO 1993 & EIPPER 1995)

Risikoklasse der Nutzungsgebiete		Beschreibung
I	unempfindlich	Industriegebiete (GI)
II	gering	Gewerbegebiete (GE) extensive Weidewirtschaft
III	mäßig	Mischgebiete (MI), Kerngebiete (MK), Landwirtschaftsflächen, Garten- und Parkanlagen, Sportanlagen
IV	erhöht	allgemeine Wohngebiete (WA), besondere Wohngebiete (WB), Dorfgebiete (MD), Sondergebiete (SO) (Fremdenverkehr, Erholung), Gartenbau, Schrebergärten, Vorranggebiete für Wassernutzung, Industriebrauchwasserbrunnen, Landwirtschaft mit Grundwassernutzung, Fischzucht, Fischerei, Uferfiltratentnahme
V	sehr hoch	reine Wohngebiete (WR), Sondergebiete (SO) (Kurgebiete, Kliniken), Kindergärten, Spielplätze, WSG-Ausweisung, Privatbrunnen, Heilquellen

Das Bewertungskriterium ist ein Merkmal eines bewerteten Objektes, das seinen Wert für das wertende Subjekt ausmacht.

Zusammenfassend werden die wichtigen Bewertungsfaktoren einer betrieblichen Standortbewertung in folgender Tabelle 4-6 dargestellt:

Tabelle 4-6: Bewertungsfaktoren für die betriebliche Standortbewertung (nach ROHRMÜLLER 2008; HÖLTING U.A. 1995)

Bewertungs-faktor	Beschreibung
Boden	Boden ist das Ergebnis der Verwitterung von Fest- und Lockergestein (Ausgangsgestein) durch Einfluss von Klima, Vegetation, Bodenfauna, Mikroflora, Relief, Zeit und Menschen. Allgemein besteht Boden zur Hälfte aus Festsubstanz (Bodengefüge), wobei der Hauptbestandteil Mineralstoffe sind. Die andere Hälfte wird von einem Hohlraumsystem (Poren) eingenommen, das mit Wasser oder Luft gefüllt ist.
Grundwasser	Laut DIN 4049 Teil I, Grundwasser „unterirdisches Wasser, das die Hohlräume der Erdrinde zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich oder nahezu ausschließlich von der Schwerkraft und den durch die Bewegung selbst ausgelösten Reibungskräften bestimmt wird.“ Grundwasser entsteht durch die Infiltration von Niederschlägen oder Oberflächengewässern in den Boden. Sobald die obere Bodenschicht gesättigt ist sickert das Wasser tiefer bis es sich über einer stauenden Schicht ansammelt. Verunreinigungen führen meist zu zeitintensiven, kostenintensiven und technisch aufwändigen Sanierungsmaßnahmen. Um dies zu verhindern, sind zahlreiche Maßnahmen und gesetzliche Auflagen erarbeitet worden. Als Beispiel hierfür seien der Transport und das Lagern von wassergefährdenden Stoffen genannt. Die Bedeutsamkeit des Grundwassers für den Menschen zeigt sich auch daran, dass es nicht ohne Erlaubnis entnommen werden darf und selbst mit Genehmigung nur unter Auflagen entnommen werden darf.
Oberflächen-gewässer	Laut EG-Wasserrahmenrichtlinie sind Oberflächengewässer „Binnengewässer mit Ausnahme des Grundwassers sowie die Übergangsgewässer und Küstengewässer“ (WRRL 2000). Binnengewässer umfassen hierbei natürlich oder künstlich entstandene fließende (z.B. Flüsse) als auch stehende (z.B. Seen) Gewässer. Übergangsgewässer besitzen, bedingt durch die Nähe zu den Küstengewässern einen gewissen Salzgehalt, werden jedoch hauptsächlich von Süßwasserströmungen bestimmt.
Klimatische Faktoren	Im Zusammenhang mit schädlichen Emissionen ist die Kenntnis der Hauptwindrichtung und mittleren Windgeschwindigkeit von Wertigkeit. Der Deutsche Wetterdienst bietet fertige Windrosen für 230 Stationen in Deutschland an. Diese zeigen die Häufigkeiten der Windgeschwindigkeiten aus 12 verschiedenen Windrichtungen (30°-Sektoren). Hieraus lässt sich die mittlere Windrichtungsverteilung ablesen.
Hochwasser und Überschwemmung	Nach Auffassung des Menschen liegt das größte Gefahrenpotential der Flüsse bei Hochwässern. Eine Überschwemmung liegt vor, wenn der Fluss über bestimmte Bezugslinien (z.B. Ufer des normalen Flusslaufes) tritt. Aus Anwohnersicht liegt eine Überschwemmung vor, sobald persönliches Eigentum betroffen ist. Die Hauptursachen für Hochwasser sind extrem hohe Niederschläge und Schneeschmelze. Des Weiteren treten Überschwemmungen bei Staudammbruch, Flussdurchbruch durch natürliche/künstliche Seitendämme, Bergstürze, Gletschervorstöße oder Schlammströme auf.
Planungsrecht (Nachbarschaft und Schutzgebiete)	Über die Umweltpfade Luft, Boden und Wasser können rechtlich festgesetzte Schutzgebiete geschädigt werden, was auf jeden Fall einiges an Sanierungskosten nach sich zieht. Aus diesem Grund ist es nötig die Entfernung des Betriebsstandortes von den nächsten Schutzgebieten zu kennen, in denen über einen der Umweltpfade Schaden verursacht werden kann. Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) unterscheidet verschiedene Kategorien von Schutzgebieten. Hierzu gehören Naturschutzgebiete, Nationalparke, Biosphärenreservate, Landschaftsschutzgebiete und Naturparke. Die wichtigste Kategorie sind die Naturschutzgebiete. Die Kategorien können sich zum Teil überlagern oder sich decken.

4.2.3 Praktische Umweltbewertungsverfahren für die Biogasnutzung in Deutschland

Die Bewertung eines Biogasnutzungsprojektes nach Umweltaspekten ist ein vielschichtiger naturwissenschaftlicher, technischer, organisatorischer und umweltrechtlicher Arbeitsprozess notwendig.

Die praktische Eignung eines Bewertungsverfahrens wird neben der angepassten Umsetzung der theoretischen Kenntnisse durch die Nachvollziehbarkeit, die Anwendbarkeit und die Effizienz bestimmt.

Die beiden Basiselemente der betrieblichen Umweltauswirkungsbewertung, die betriebliche Umweltrisikobewertung und die betriebliche Standortbewertung, werden in dieser Arbeit zusammen für die Biogasnutzung eingesetzt. Zunächst werden die wichtigen Bewertungsfaktoren und deren Steuergrößen, wie z.B. Input und Output, bzw. die Funktionen in den verschiedenen Themenbereichen der Biogasnutzung, wie Substratversorgung, Anlagenbau oder Biogasverwertung, ermittelt und analysiert. Diese Steuergrößen werden anhand festgelegter Kriterien zu aussagekräftigen Kenngrößen verdichtet.

Ein praktisches Bewertungsverfahren für die Biogasnutzung ist in der *Abbildung 4-3* illustriert:

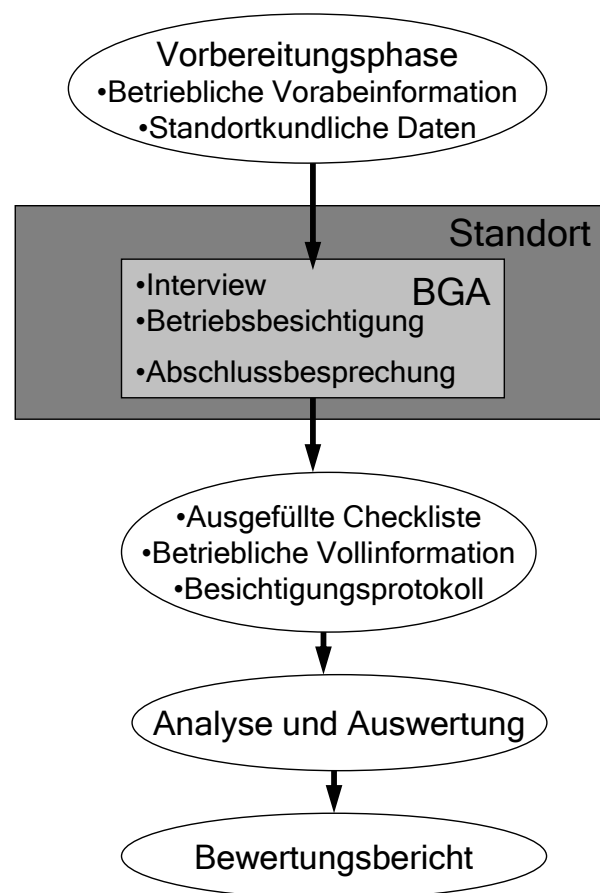


Abbildung 4-3: Praktischer Ablauf eines Bewertungsverfahrens für ein Biogasnutzungsprojekt (in Anlehnung an EIPPER 1995, S. 138)

Für die ganzheitliche praktische Bewertung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten werden die Bewertungsfaktoren aus folgenden drei Hauptthemenbereichen betrachtet:

- betriebliche Umweltrisikobewertung,
- betriebliche Standortbewertung sowie
- rechtliche Bewertung (vgl. EIPPER 2006)

Die Bewertungsfaktoren des praktischen Bewertungsverfahrens werden mit folgender relevanten Themenbereichen verschnitten:

➤ Anbauflächen

Flächengröße, Bodenqualität und klimatische Bedingungen müssen ausreichende Erntemengen gewährleisten; bei Bedarf müssen anbautechnische Maßnahmen zur Risikominderung getroffen werden (z.B. Bewässerung); zusätzlich ist auch die Marktlage und eventuelle Lieferkonkurrenz zu beachten. Im Zweifel wäre auch der Einsatz von Risikotransfermaßnahmen wie z.B. eine Ernteausfallversicherung zu prüfen.

➤ Anbaupflanzen

Art und Qualität des Anbaugutes steuern Gasmenge und Gasqualität (Methananteil im Biogas); bei Bedarf sind Gärversuche durchzuführen. Die Beachtung der Fruchtfolge ist dabei wichtig für die langfristige Ertragssicherheit.

➤ Substratversorgungsrisiken

Werden in der Anlage Bioabfälle verarbeitet, kommt dem konsequenten Herkunftsnachweis und der Qualitätsüberwachung eine zentrale Wertigkeit zu. Alle stofflichen Risiken können zur gesundheitlichen Gefährdung der Mitarbeiter, zum Zusammenbruch der Biologie im Reaktor und zu Verwertungsproblemen beim Gärrest führen.

➤ Transport

Die Transportkosten sind eine entscheidende Größe bei der Gesamtkostenplanung für das Substrat, so dass sich die Lieferflächen in einem entsprechend engen Radius um die BGA befinden müssen.

➤ Siloplatte, Endlager

Es werden große Substratlager (Siloplatte, Gärrestlager) benötigt, die einen entsprechenden Flächenbedarf auslösen und zur Versiegelung führen. Mit dem Betrieb ist der Austritt von Gärgasen, Gerüchen und Sickerwasser verbunden.

Ebenso können Sammelgruben, Vorlagebehälter und Puffertanks vorhanden sein. Jene sind unter Aspekten der VAWS (Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen) sowie unter Störfallaspekten zu betrachten. Insbesondere Letzteres hat in den vergangenen Jahren immer wieder zur Freisetzung erheblicher Mengen an flüssigem Substrat geführt, die Freiflächen, Wohnflächen und Gewässer kontaminierten.

➤ Fermenter und Gasspeicher

Es werden je nach BGA-Typ Hauptfermenter und Nachgärer oder mehrere Speicherbehälter betrieben. Es sind die typischen Geruchsemissionen zu prüfen sowie die Störfallrisiken. Überall dort wo das Biogas gesammelt wird (Gashaube über Fermenter, separater Foliengasspeicher) ist der Brand- und Explosionsschutz zu prüfen.

➤ BHKW und Biogasverwertung

Je nach Motorentyp (Zündstrahler, Gasmotoren) sind die Schall- und Abgasemissionen zu prüfen. Zusätzlich können Nebeneinrichtungen wie (z.B. Zündöllager, Thermoöle, Kühlstoffe) als typische Boden- und Grundwasserrisiken sowie Arbeits- und Brandschutzrisiken relevant sein.

➤ Nebeneinrichtungen

Die Nebeneinrichtungen eines Biogasnutzungsprojektes wie Substrataufbereitung, Hygienisierung, Biogasreinigung, Gasfackel usw. können für die Biogasnutzung zu Umweltfolgen führen, insbesondere sind Einflüsse durch Lärm und Gerüchen relevant.

➤ Nachbarschaft

Die mit einem Biogasnutzungsprojekt verbundenen Emissionen befinden sich vorwiegend in den Bereichen Geruch und Lärm (Anlagen, Transportvorgänge). Eine entsprechende Bewertung der Einwirkungsbereiche und der betroffenen Nachbarschaft gehört zum Stand der Technik.

➤ Versiegelung

Versiegelung ist abhängig von der Art der Biogasnutzung-Technologie, Substrat- und Gärrestlagerung.

➤ Störfallrisiken

Störfallrisiken sind abhängig von der Schutztechnik, wie z.B. verwendete Baumaterialien für Fermenter und Gasspeicher, Einbau einer Gasfackel etc., sowie von der Topographie des Standortes, z.B. Abstand zum Oberflächengewässer, Gefälleverhältnisse, Versickerung des Untergrunds usw.

➤ Veränderung des Landschaftsbildes

Jede Biogasanlage, zumal wenn sie als landwirtschaftlicher Betrieb die Kulturlandschaft intensiv nutzt, verändert das Landschaftsbild und wirkt somit auf den Raum: Zum einen durch die notwendigen baulichen Maßnahmen des Biogasanlagenbaus, zum anderen durch die Entscheidung für oder gegen bestimmte Feldfrüchte, die ebenfalls eine jeweils spezielle Optik mit sich bringen (Bsp.: gelbe Rapsfelder). Jedoch sind optische Kriterien in der Regel äußerst subjektive Wahrnehmungen, die durch umfangreiche und qualitativ hochwertige Öffentlichkeitsarbeit relativ leicht positiv beeinflusst werden kann.

Bei der Veränderung des Landschaftsbildes durch Energiepflanzenanbau muss auch vor dem Hintergrund der aktuellen Energiemais-Monokultur-Diskussion betrachtet werden. Lediglich 13% der gesamten Anbaufläche Deutschlands, 2,1 Mio. ha (1,7 Mio. ha im Jahr

2005), sind im Jahr 2009 mit Grün- und Silomais bestückt worden (vgl. TOPAGRAR 2010 & EIPPER 2006).

➤ Schutz- und Schongebiete

Bei der Standortbetrachtung liefern ausgewiesene Schutz- und Schongebiete zusätzliche Risikoinformationen und führen zu Maßnahmenbedarf. Sonst ist es auch relevant, dass z.B. Hochwasser, Bergsetzungen und andere standortbezogene Faktoren für die Biogasnutzung zu Umweltfolgen führen könnten (vgl. Kap. 4.2.2.2).

➤ Umweltverträglichkeitsprüfung

Biogasanlagen sehen sich als komplexe Anlagen umfangreichen umweltrechtlichen Anforderungen gegenübergestellt. In der vorliegenden Arbeit sollen die vielen einzelnen Regelungen aus nationalen und EU-rechtlichen Anforderungen nicht aufgezeigt werden (vgl. Kap. 3.2.7), sondern lediglich die Ansätze, die zur Prüfung der Umweltaspekte führen.

In der folgenden Tabelle 4-7 werden die angeforderten Prüfungen nach der Biogasanlagen-Größen gemäß dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) dargestellt:

Tabelle 4-7: Biogasanlagengrößen gemäß dem Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (nach UVPG & EIPPER 2006)

Nr. des Anhangs I	Kriterium	Prüfung
1.1.4	> 10 MW Feuerungswärmeleistung	standortbezogene Vorprüfung
1.2.2, 1.4.2	50-200 MW Feuerungswärmeleistung	allgemeine Vorprüfung
8.4.1	> 50 t nicht überwachungsbedürftiger Abfall / d	allgemeine Vorprüfung
8.4.1	10-50 t nicht überwachungsbedürftiger Abfall / d	standortbezogene Vorprüfung
8.9.2.1	Lagerkapazität für nicht überwachungsbedürftige Abfälle von 10 t je Tag oder mehr oder Gesamtlagerkapazität von 150 t oder mehr	allgemeine Vorprüfung
8.9.2.2	Geringere Kapazitäten als 8.9.2.1	standortbezogene Vorprüfung

➤ Immissionsschutzrechtliche Prüfung und Genehmigung

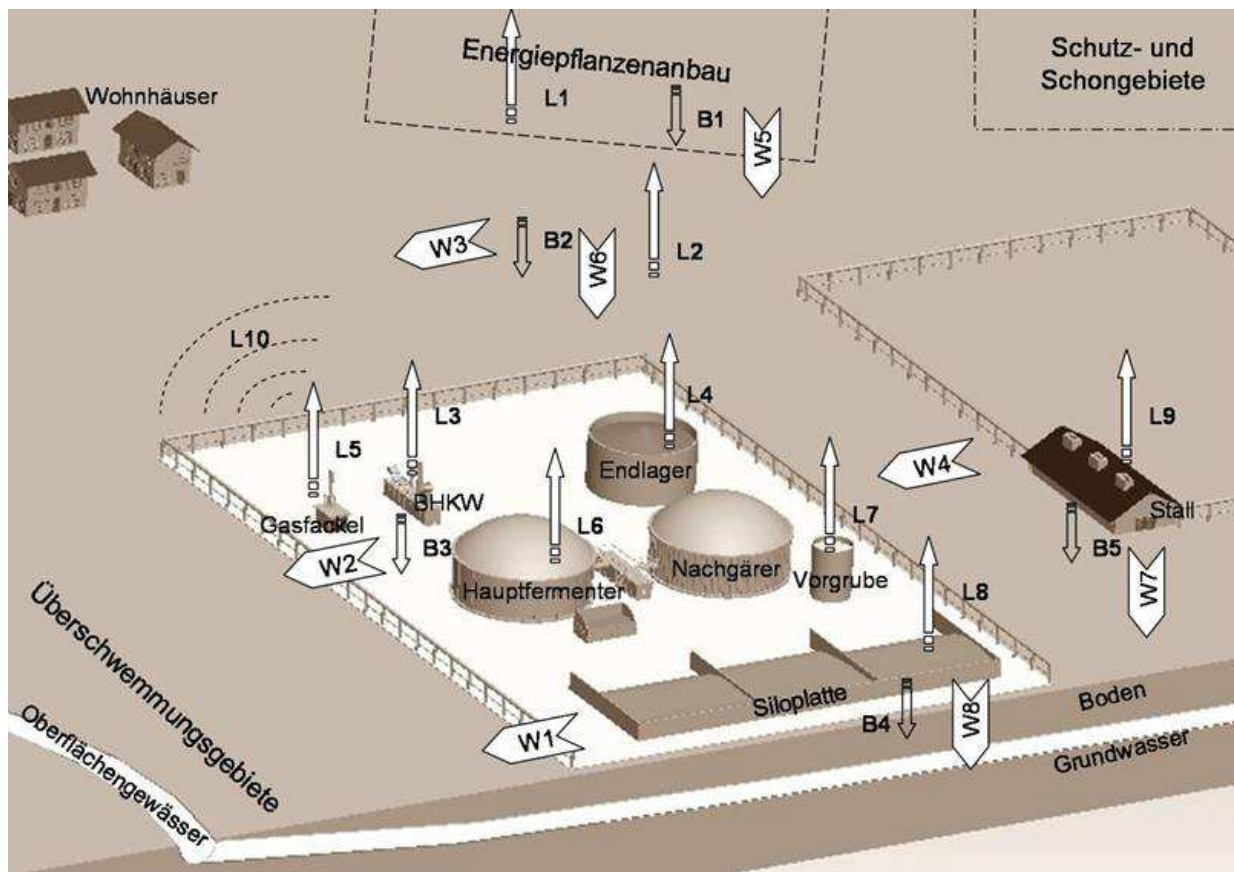
Biogasanlagen sind im baurechtlichen oder immissionsschutzrechtlichen Verfahren zu genehmigen, je nach Art und Menge der Einsatzstoffe, der Feuerungswärmeleistung der dazugehörigen Verbrennungsmotorenanlage bzw. des betrieblichen Zusammenhangs mit einer Tierhaltungsstallanlage. Die Abgrenzung ergibt sich insbesondere aus den Festlegungen der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV).

Die folgende *Abbildung 4-4* zeigt für Biogasanlagen einen Prüfungsablauf, ob eine Baugenehmigung oder eine immissionsschutzrechtliche Genehmigung notwendig ist.

Anwendung des BauGB i. V. m. der BayBO Mengenschwelle der 4. BImSchV wird unterschritten	Biogasanlage	Anlage zur biologischen Behandlung von <ul style="list-style-type: none"> ▪ gefährlichen Abfällen gemäß KrW-/AbfG mit einer Durchsatzleistung ≥ 1 t/d bis < 10 t/d (Nr. 8.6 Spalte 2 a 4. BImSchV) 	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ nicht gefährlichen Abfällen gemäß KrW-/AbfG mit einer Durchsatzleistung ≥ 10 t/d bis < 50 t/d (Nr. 8.6 Spalte 2 b 4. BImSchV) 	
	Lagerstätte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Errichtung einer BGA mit Güllelager ≥ 6.500 m³ (Nr. 9.36 Spalte 2 4. BImSchV) 	
		zeitweilige Lagerung von <ul style="list-style-type: none"> ▪ gefährlichen Abfällen gemäß KrW-/AbfG ≥ 1 t/d Aufnahmekapazität oder ≥ 30 t Gesamtlagerkapazität (Nr. 8.12 a Spalte 2 4. BImSchV) 	
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ nicht gefährlichen Abfällen gemäß KrW-/AbfG ≥ 100 t Gesamtlagerkapazität (Nr. 8.12 b Spalte 2 4. BImSchV) 	
	Verbrennungseinheit (BHKW)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schlammern mit Abfalleigenschaft gemäß KrW-/AbfG ≥ 10 t/d Aufnahmekapazität oder ≥ 150 t Gesamtlagerkapazität (Nr. 8.13 4. BImSchV) 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlage zur Energieerzeugung aus Biogas (Gasfeuerung) mit einer FWL ≥ 10 MW bis ≤ 50 MW (Nr. 1.2 b Spalte 2 4. BImSchV) 			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlage zur Energieerzeugung aus Biogas (Verbrennungsmotor) mit einer FWL ≥ 1 MW bis ≤ 10 MW (Nr. 1.4 b, aa Spalte 2 4. BImSchV) 			
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anlage zur Energieerzeugung aus Biogas (Gasturbinenanlage) mit einer FWL ≥ 1 MW bis ≤ 10 MW (Nr. 1.5 b, aa Spalte 2 4. BImSchV) 		
		Mengenschwelle der 4. BImSchV ist erreicht bzw. überschritten.	
		Anwendung des BImSchG	

Abbildung 4-4: Prüfungsliste für ein genehmigungsbedürftiges Biogasnutzungsprojekt (UMR 2009)

Zusammenfassend für die ganzheitliche Bewertung eines Biogasnutzungsprojektes nach Umweltaspekten können alle wichtigen umweltrelevanten Faktoren in folgender *Abbildung 4-5* zusammengefasst werden (vgl. Kap. 4.2.1, EIPPER 2006):



Legende:

L: Belastungen über den Luftpfad	B: Belastungen über den Bodenpfad	W: Belastungen über den Wasserpfad
L1: Treibhausgasemission aus Energiepflanzenanbau	B1: Bodenveränderung durch Düngemittel und Pflanzschutzmittel des Energiepflanzenanbaus	W1: Auslaufen von Sickerwasser
L2: Abgas während Transport und Geruch aus Gärrestausbringung	B2: Bodenbelastung während Transport und Gärrestausrückführung	W2: Kontamination von abfließenden Niederschlägen und wassergefährdend im BGA-Gelände
L3: direkte Abluft aus BHKW	B3: Bodenbelastung aus Heizöllagerung	W3: Kontamination von Gärrestverlust und Störfall während Transport
L4: Geruch aus Endlager	B4: Bodenbelastung von Sickerwasser	W4: Kontamination von Wirtschaftsdünger und Stallabwasser
L5: direkte Abluft aus Gasfackel	B5: Bodenveränderung durch Wirtschaftsdünger und Stallabwasser	W5: Untergrundkontaminationen von Energiepflanzenanbau
L6: Geruch aus Hauptfermenter und Nachgärer		W6: Untergrundkontaminationen von Gärrestverlust und Störfall während Transport
L7: Geruch aus Vorgrube		W7: Untergrundkontaminationen von Dünger- und Stallabwasser
L8: Geruch aus Substratlager		W8: Untergrundkontaminationen von Sickerwasser
L9: Geruch aus Stall		
L10: Lärm aus BHKW und anderen Einrichtungen		

Abbildung 4-5: Umweltbelastungen eines Biogasnutzungsprojektes über alle Umweltpfade (eigene Darstellung)

Die Betrachtung aus *Abbildung 4-5* zeigt neben den anlagenbezogenen Umweltbelastungen durch Luft-, Boden- und Wasserpfad auch deutlich die Außenbeziehungen zum Standort, z.B. Oberflächengewässer, Wohngebiete, Schutz- und Schongebiete usw. Hier finden sich alle klassischen Fragen für eine Bewertung eines Biogasnutzungsprojektes nach Umweltaspekten.

5 Ergebnisse

Die Biogasnutzung sieht sich heute konfrontiert mit einer schwer zu erfassenden technischen Fortentwicklung und einer hohen Sensibilität gegenüber Umwelt- und Klimaschutzproblemen. Auch die Darstellung der Bewertungsergebnisse nimmt wesentlichen Einfluss auf die Effizienz des Verfahrens.

5.1 Ermittlung der relevanten Umweltfaktoren für die Biogasnutzung

In der vorliegenden Arbeit wird Biogasnutzung in drei Hauptteile unterteilt: Substratversorgung, Anlagenbau und Biogasverwertung. Die in folgender Tabelle 5-1 dargestellten relevanten Umweltauswirkungen werden in dieser Arbeit emphatisch betrachtet:

Tabelle 5-1: Überblick der relevanten betrachteten Umweltauswirkungen der Biogasnutzung (eigene Darstellung)

Themenbereich der Biogasnutzung	Umweltauswirkungen
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substratversorgung (Kap. 5.1.1) ➤ Anlagenbau (Kap. 5.1.2) ➤ Biogasverwertung (Kap. 5.1.3) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Luftverunreinigung ➤ Bodenbelastungen ➤ Belastungen für Oberflächengewässer ➤ Belastungen für Grundwasser ➤ Lärmbelastung ➤ Geruch ➤ Flächenbedarf sowie ➤ Veränderung des Landschaftsbildes

5.1.1 Substratversorgung

Die Substratversorgung stellt für den Biogasbetrieb zunächst keinen offensichtlichen Bestandteil dar, ist aber als Energieinput ein wichtiger Faktor für die Biogasnutzung. Aufgrund der differenzierteren Eigenschaften für verschiedene Substrate können Biogasanlagen in Energiepflanzenanlagen, Wirtschaftsdüngeranlagen und Abfallanlagen unterteilt werden.

Die relevanten Umweltauswirkungen werden in folgender Tabelle 5-2 nach oben genannten drei Anlagenarten zusammengefasst:

Tabelle 5-2: Relevante Bewertungskriterien für Umweltauswirkungen bei der Substratversorgung (eigene Darstellung)

BGA-Arten		Relevante Umweltfaktoren (Art der Umweltauswirkung)
Energiepflanzenanlagen	Anbau von Energiepflanzen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Energiepflanzenarten ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von den angebauten Energiepflanzen und dem angestrebten Biogasertrag ➤ Wasserbedarf in Abhängigkeit von den Energiepflanzenarten ➤ Abgase durch Maschinen und Fahrzeugen vom Energiepflanzenanbau ➤ Bodenveränderung durch Energiepflanzenanbau ➤ Versauerung des Bodens durch Düngemittel und Pflanzenschutzmittel ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser
	Transport	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entfernung der Anbaufläche zur BGA ➤ Abgase von Transportfahrzeugen

BGA-Arten		Relevante Umweltfaktoren (Art der Umweltauswirkung)
		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verkehrsbelastung (Lärm) in Abhängigkeit von der Transporthäufigkeit ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle während des Transports
Wirtschaftsdüngeranlagen	Tierhaltung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arten des Wirtschaftsdüngers ➤ Flächenbedarf für Stallungen ➤ Tierarten und -menge ➤ Flächenversiegelung durch oberirdische Bauten ➤ Gerüche in Stallungen ➤ Abgase in Abhängigkeit von Betriebsfahrzeugen ➤ Bodenveränderung durch Stallabwasser ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser im Betriebsbereich der Stallungen
	Transport	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entfernung der Tierhaltung zur BGA ➤ Verkehrsbelastung (Lärm) in Abhängigkeit von der Transporthäufigkeit ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle während des Transports ➤ Abgase in Abhängigkeit von Transportfahrzeugen ➤ Schadstoffbelastung durch Güllerverlust
Abfallanlagen	Bioabfälle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arten der Bioabfälle ➤ Flächenbedarf für Zwischenlager ➤ Gerüche der Bioabfälle ➤ Bodenveränderung durch Bioabfallverlust sowie Sickerwasser ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser während der Lagerung
	Transport	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Entfernung des Zwischenlagers zu BGA ➤ Verkehrsbelastung (Lärm) in Abhängigkeit von der Transporthäufigkeit ➤ Abgase in Abhängigkeit von Transportfahrzeugen ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle während des Transports ➤ Schadstoffbelastung während des Transports

5.1.2 Anlagenbau

Für den Biogasanlagenbau sind der Anlagenstandort und seine Umgebung insbesondere betroffen durch Versiegelung (abhängig von Art der BGA-Technik, Substrat- und Gärrestlagerung), Störfallrisiken und Beeinträchtigung des Landschaftsbildes durch die baulichen Maßnahmen.

Betrachtet man die verschiedenen Arten der Bodenbefestigungen, so fällt auf, dass die meisten Betriebe keine einheitliche Bodenbefestigung vornehmen, sondern dass insbesondere mit verschiedenen Bauabschnitten und dem unterschiedlichen Alter von Betriebsbereichen auch Unterschiede in der Bodenbefestigung vorgefunden werden. Hier sind aus der Umwelt- risikosicht insbesondere alle Grenzbereiche der verschiedenen Materialien wichtig, da hier auch eine Stoffpassage in den Untergrund möglich ist. Bei Pflasterflächen muss immer überprüft werden, ob eine weitere Untergrundsicherung (z.B. Betonplatte) vorhanden ist, oder ob die Pflasterung lediglich im Sandbett erfolgte. Letzteres bedingt z.B. bei Zündöllagerung ein generelles Altlastenrisiko.

Die mit verschiedenen BGA-Teilen verbundenen Emissionen finden sich vorwiegend in den Bereichen Geruch (z.B. von Gärgasen und Sickerwasser) und Lärm (z.B. durch Anlagen und Transportvorgänge).

Die Lagerung großer Mengen Substrate (Siloplatten, Gärrestlager) zieht einen entsprechenden Flächenbedarf nach sich, der wiederum zu einem erhöhten Versiegelungsgrad führt.

Ebenso können Vorgrube und Beschickungseinrichtungen vorhanden sein. Jene sind unter Aspekten der VAwS (Anlagenverordnung zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen), sowie unter Störfallaspekten zu beachten.

Für Hauptfermenter sind die typischen Geruchsemissionen zu beachten, sowie auch die Störfallrisiken. Alle Gasspeicherungseinheiten sind hinsichtlich des Brand- und Explosionsschutzes zu prüfen.

Die relevanten Umweltauswirkungen beim Anlagenbau werden in folgender Tabelle 5-3 zusammengefasst:

Tabelle 5-3: Relevante Bewertungskriterien beim Anlagenbau (eigene Darstellung)

Teil der Biogasanlage	Relevante Umweltfaktoren (Art der Umweltauswirkung)
BGA-Gelände	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bodenbefestigungen auf dem BGA-Gelände ➤ Kanalisation für Sickerwasser und Regenwasser ➤ Bodenveränderung durch Sickerwasser ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle
Lagerung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit der Substratarten ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten ➤ Gerüche durch Substratvorbereitung ➤ Sickerwasser in Abhängigkeit von den jeweiligen Substraten ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch Sickerwasser, sowie Verlust der Gülle oder Bioabfälle ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle
Fermenter und Gasspeicher	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart und Anlagengröße ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten ➤ Biogasverlust von Fermenter oder Gasspeicher ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle
Endlager	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart und Anlagengröße ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten ➤ Gerüche von Endlagern ➤ Gerüche durch Gärrestausbringung ➤ Schadstoffbelastung durch Gärresteverlust bei Gärrestausbringung
BHKW	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der Bauart der BHKW und des Motorenhauses ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten ➤ Abgase der Motoren ➤ Lärm der BHKW ➤ Bodenveränderung durch Altöle ➤ Bodenveränderung durch Zündölverlust ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch Altöle oder Zündölverlust

Teil der Biogasanlage	Relevante Umweltfaktoren (Art der Umweltauswirkung)
Andere Nebeneinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten ➤ Lärm von den eingebauten Einrichtungen ➤ Abgase von den eingebauten Einrichtungen ➤ Abgase von Gasfackeln ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch Altöle der eingebauten Einrichtungen ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle

5.1.3 Biogasverwertung

Für die Bewertung wird hier die Biogasverwertung in vier Teile unterteilt: Vergärung und Biogaserzeugung, Biogasverbrennung, Wärmenutzung und Gärresteverwertung. Für die Biogasverbrennung sind je nach Motorentyp (Zündstrahler, Gasmotoren) die Lärm- und Abgasemissionen zu prüfen. Sonst können alle angebauten Einrichtungen und Nebeneinrichtungen (wie z.B. Zündöllager, Biogaskühlung, Gärrestrockner) für typische Boden-, Oberflächengewässer- und Grundwasserbelastungen sowie Störfall- und Brandschutzrisiken relevant sein. Die relevanten Umweltauswirkungen bei der Biogasverwertung werden in folgender Tabelle 5-4 zusammengefasst:

Tabelle 5-4: Relevante Bewertungskriterien bei der Biogasverwertung (eigene Darstellung)

Teil der Biogasverwertung	Relevante Umweltfaktoren (Art der Umweltauswirkung)
Vergärung und Biogaserzeugung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gerüche durch Gärgasverlust der Gasspeicherung ➤ Lärm durch Nebeneinrichtungen ➤ Bodenveränderung durch eingebaute Einrichtungen ➤ Altlasten von Altölen, Prozesswasser usw. ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch Altöle, Prozesswasser von den eingebauten Einrichtungen ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle und Wartung
Biogasverbrennung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf der Schutzhauses von BHKW ➤ Abgase bei der Biogasverbrennung ➤ Biogasverlust während der Biogasverbrennung ➤ Lärm durch Biogasverbrennung ➤ Bodenveränderung durch Altölen, Prozesswasser usw. im Motorenhaus ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch Zündölverlust, Altöle, Prozesswasser von den eingebauten Einrichtungen ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle und Wartung
Wärmenutzung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Wärmetransporteinrichtung ➤ Abwärme ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle
Gärresteverwertung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf (Feld) für die direkt ausgebrachte Gärrestmenge ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von nötigen Bauten der Nebeneinrichtung für Gärresteverwertung ➤ Gerüche von Gärreste ➤ Gerüche bei der Gärresteverwertung ➤ Abgase in Abhängigkeit von genutzten Betriebsfahrzeugen ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch direkt ausgebrachte Gärreste (Feld) ➤ Gärrestverluste während des Transports ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle

5.1.4 Relevante Umweltkriterien für die Biogasnutzung

Aus den Aufstellungen von Kap. 5.1.1, Kap. 5.1.2 und Kap. 5.1.3 wird ersichtlich, dass sich die relevanten Umweltfaktoren für die Bewertung der Biogasnutzung auf verschiedene charakteristische Bereiche eingrenzen lassen. Diese werden in drei Hauptgruppen zu den Umweltkriterien der Biogasnutzung: Emissionsbelastung, Flächenbedarf und Veränderung des Landschaftsbildes zusammengefasst. Die Emissionsbelastungen können noch weiter in Luftverunreinigungen, Geruch, Schadstoffe und Lärm weiter unterteilt werden. Die konkreten Kriterien mit Pfaden werden in folgender Tabelle 5-5 dargestellt:

Tabelle 5-5: Relevante Umweltkriterien mit Emissionspfaden (eigene Darstellung)

Relevante Gruppe	Konkrete Kriterien mit Pfad
Luftverunreinigungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Abgase durch Landwirtschaft und Transport ➤ Abgase in Abhängigkeit vom Betriebsfahrzeug ➤ Biogasverlust von Fermenter oder Gasspeicher ➤ Abgase der Motoren ➤ Abgase von den eingebauten Einrichtungen ➤ Abgase von Gasfackeln ➤ Biogasverlust bei der Gasspeicherung ➤ Abgase bei der Biogasverbrennung ➤ Biogasverlust während der Biogasverbrennung ➤ Abgase in Abhängigkeit von genutzten Betriebsfahrzeugen
Geruch	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gerüche durch Substratvorbereitung ➤ Gerüche in Stallungen ➤ Gerüche der Bioabfälle ➤ Gerüche der Abfälle ➤ Gerüche von den Endlagern ➤ Gerüche durch Gärrestausbringung ➤ Gerüche durch Gärgasverlust ➤ Gerüche von Gärresten ➤ Gerüche bei der Gärresteverwertung
Lärm	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lärm durch Nebeneinrichtungen ➤ Lärm der BHKW ➤ Verkehrsbelastung (Lärm) in Abhängigkeit von der Transporthäufigkeit ➤ Lärm von den eingebauten Einrichtungen ➤ Lärm durch Biogasverbrennung in Motoren
Allgemeine Schadstoffe	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bodenbelastung durch Sickerwasser ➤ Bodenbelastung in Abhängigkeit der Energiepflanzenart ➤ Versauerung des Bodens durch Düngemittel und Pflanzenschutzmittel ➤ Bodenbelastung durch Bioabfallverlust sowie Sickerwasser ➤ Sickerwasser in Abhängigkeit von den jeweiligen Substraten ➤ Gärresteverlust bei der Gärrestausbringung ➤ Bodenbelastung durch Gülleverlust ➤ Altöle der verschiedenen BHKW-Teile ➤ Zündöle der Motoren ➤ Zündölverlust aus dem Öllager ➤ Bodenbelastung durch Altöle oder Zündölverlust ➤ Altöle von den eingebauten Einrichtungen ➤ Zündölverlust bei Lagerung und im BHKW ➤ Bodenbelastung durch Altöle, Prozesswasser von den eingebauten Einrichtungen ➤ Bodenbelastung durch die direkt ausgebrachten Gärresten ➤ Gärrestverluste während des Transports ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser ➤ Schadstoffbelastung durch Wartung

Relevante Gruppe	Konkrete Kriterien mit Pfad
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Schadstoffbelastung für Oberflächengewässer und Grundwasser durch direkt ausgebrachte Gärreste ➤ Schadstoffbelastung durch potentielle Störfälle
Flächenbedarf	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von den angebauten Energiepflanzen und dem angestrebten Biogasertrag ➤ Flächenbedarf für Stallungen ➤ Flächenbedarf für Zwischenlager der Bioabfälle ➤ Flächenbedarf für Substratlagerung ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart und Anlagengröße der Fermenter und Gasspeicher ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart und Anlagengröße der Endlager ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von Bauarten der BHKW und des Motorenhauses ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von der jeweiligen Bauart für die Wärmetransporteinrichtung ➤ Flächenbedarf für die direkt ausgebrachte Gärrestmenge ➤ Flächenbedarf in Abhängigkeit von nötigen Bauten der Nebeneinrichtung, z.B. Nebeneinrichtung für Verarbeitung zu Trockendünger ➤ Flächenbedarf der anderen Nebeneinrichtungen
Veränderung des Landschaftsbildes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Veränderung des Landschaftsbildes durch oberirdische Bauten von verschiedenen Themenbereichen
Andere wichtige Kriterien	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Arten der angebauten Energiepflanzen als Substrat ➤ Entfernung der Substratlieferanten zur BGA ➤ Arten der Wirtschaftsdünger ➤ Tierarten und -menge für Tierhaltung ➤ Arten der Bioabfälle ➤ Bodenbefestigungen in BGA-Gelände ➤ Kanalisation für Sickerwasser und Regenwasser ➤ Wasserbedarf in Abhängigkeit von den Arten der Energiepflanzen ➤ Motorentypen des BHKW ➤ Arten der eingesetzten innovativen Technologien für die Stromerzeugung

Anhand dieser umweltwirksamen Kriterien können für die nötigen Umweltkriterien der Bewertung von Biogasnutzung nach Umweltaspekten herausgearbeitet werden, mit Hilfe derer die für das Bewertungsmodell ausgewählt werden können.

5.2 Quantifizierung der Umweltkriterien

Um die in 5.1.4 aufgelisteten relevanten Umweltkriterien der Biogasnutzung in einem Bewertungsschema zusammenfassen zu können, müssen diese zunächst quantitativ greifbar und damit kategorisierbar gemacht werden.

5.2.1 Einstufung der Bewertungsskala

Um die Wertigkeit einzelner Bewertungskriterien und den Grad der Umweltauswirkung einschätzen zu können, sind formalisierte Beurteilungen und Wertungen erforderlich. Die richtige Erfassung von gesammelten Daten bedarf einer problembezogenen, formal gültigen Informationsverarbeitung und -verdichtung. Um diese Ziele zu berücksichtigen, werden die Daten normiert, aggregiert und einem formalisiertem Bewertungssystem unterzogen.

Zuerst ist eine Bewertungsskala erforderlich. Die Bewertungsskala, auf die Datenelemente transformiert werden, ermöglicht eine Einstufung der Ausprägungen, z.B.:

- unbelastet - belastet
- kein Risiko - hohes Risiko

Somit sind die Skalen mit den Begriffen „Umweltbelastung“ und „Umweltrisiko“ verknüpfbar.

Mit Einführung des Bausteinmodells zur Umwelthaftpflichtversicherung hat sich in der Versicherungswirtschaft eine fünfstufige Bewertungsskala (vgl. Tabelle 4-2) zur Beurteilung der Umweltbelastung von Industrieanlagen durchgesetzt. Vorgefundene Risiken der Stufen 3, 4 und 5 werden durch das Vorschlagen von risikomindernden, technisch-organisatorischen Maßnahmen auf eine versicherbare Risikoklasse gedrückt (vgl. Kap. 4.2 und EIPPER 1995). In der vorliegenden Arbeit wird diese Bewertungsskala wie in Tabelle 5-6 erweitert:

Tabelle 5-6: Erweitertes Bewertungsschema für die vorliegende Arbeit (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Belastungs- oder Risikobeschreibung	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß
Bewertung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.2.2 Luftverunreinigungen

Mögliche Luftverunreinigungen und andere Emissionsbelastungen treten eigentlich erst ab der Substratproduktion auf, in vorliegender Arbeit wurden nur die Luftverunreinigungen zwischen Betrieb und Gärrestverwertung betrachtet.

Über den gesamten Prozess der Biogasnutzung können eine große Anzahl verschiedener luftverunreinigender Emissionen abgegeben werden (vgl. Tabelle 5-7). In vorliegender Arbeit wird die Treibhausgasemission (Methan-, CO₂- sowie N₂O-Emission) in 5.3 separat erklärt. In folgender Tabelle 5-7 werden die konkreten Pfade der Luftverunreinigungen bei Biogasnutzung zusammengefasst:

Tabelle 5-7: Luftverunreinigungen durch Biogasanlagen (eigene Darstellung)

Luftverunreinigungen	Entstehung bei ...
Staub und Feinstaub	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pflügen und Ernten von Energiepflanzen ➤ Tierhaltung ➤ Substrattransport und -anlieferung ➤ Substratvorbereitung ➤ Substrateinbringung ➤ Biogasverbrennung in BHKW ➤ Abholung von Gärresten ➤ Transport
Ammoniak	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Güllelagerung in offenen Endlagern ➤ Gärrestlagerung
Schwefelwasserstoff	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substrateingabe ➤ Diffusion aus gasführenden Anlageteilen
Kohlenmonoxid	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Austritt aus Verbrennungsmotoren ➤ Fahrzeuge beim Energiepflanzenanbau, ➤ Fahrzeugen beim Transport

Luftverunreinigungen	Entstehung bei ...
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fahrzeugen bei der Substrateinbringung ➤ Fahrzeugen bei der Gärrestausbringung ➤ Biogasverbrennung durch Gasfackeln
Abgase	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Austritt aus eingebauten Nebeneinrichtungen ➤ Fahrzeuge beim Energiepflanzenanbau ➤ Fahrzeuge beim Transport ➤ Fahrzeugen bei der Substrateinbringung ➤ Fahrzeugen bei der Gärrestausbringung ➤ Verbrennungsmotoren ➤ Biogasverbrennung durch Gasfackeln

Die Grenzwerte der verschiedenen Luftverunreinigungen sind in der TA LUFT (§4, Anforderungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen) festgelegt und dort einzusehen. Bei Überschreitungen der Grenzwerte müssen vom Anlagenbetreiber zunächst strengere Auflagen bezüglich des Emissionsschutzes erfüllt werden, z.B. Anlieferung von Substraten in geschlossenen Behältnissen, Einsatz von Abgasreinigungsanlagen, Abdecken mit Folie bei der Lagerung, etc. (vgl. STMUGV 2004, 2007). Geschieht dies nicht oder verbessert dies die Situation nicht, so drohen Konsequenzen bis hin zur Stilllegung der Anlage.

Für Biogasanlagen mit Bioabfällen schreibt die TA LUFT (§ 5.4.8.6) Anlagen zur Vergärung von Bioabfällen und Anlagen, die Bioabfälle in Kofermentationsanlagen mitverarbeiten vor, dass diese Anlagen einen „Mindestabstand

a) bei geschlossenen Anlagen (Bunker, Vergärung, Nachrotte) von 300 m,

b) bei offenen Anlagen von 500 m

zur nächsten vorhandenen oder in einem Bebauungsplan festgesetzten Wohnbebauung" (TA LUFT 2002, S. 175) einhalten sollten. Durch emissionsmindernde Maßnahmen kann der Mindestabstand auch unterschritten werden.

Für Biogasanlagen, die keine Bioabfälle vergären, gelten keine emissionsbeeinflussten, sondern lediglich die in den landesweit gültigen Bauordnungen festgelegten Abstandsregelungen, wobei in der Vergangenheit als Referenzwert wenn möglich auf die 300m aus der TA Luft zurückgegriffen wurde.

Somit erhält man für das Bewertungsschema zum Thema Emissionsbelastung durch Luftverunreinigungen folgende Referenzwerte in der Tabelle 5-8:

Tabelle 5-8: Referenzwerte für die Emissionsbelastung durch Luftverunreinigungen (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Abstand zur nächsten Wohnbebauung			> 500m	300 - 500m	< 300m
Belastung durch Luftverunreinigung	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß

Luftverunreinigungen werden bis zu einer bestimmten, stoffspezifischen Grenze vom Körper toleriert. Hohe Konzentrationen verursachen akute Schädigungen des Organismus. Besonders schwierig gestaltet sich die Bewertung von Langzeitbelastungen mit geringen Schad-

stoffkonzentrationen, die zu chronischen Gesundheitsproblemen führen. In der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA LUFT) wird zwischen einem Langzeitwert (IW1) und einem Kurzzeitwert (IW2) zur Kennzeichnung von Belastungsspitzen innerhalb eines Jahres unterschieden.

In vorliegender Arbeit werden keine Messwerte der Luftverunreinigungen für die Bewertung der Biogasnutzung herangezogen. Dafür wird folgende Tabelle 5-9 nach den unterschiedlichen Biogasanlagen-Typen entwickelt:

Tabelle 5-9: Bewertungsschema für allgemeine Belastungen durch Luftverunreinigung bei unterschiedlichen BGA-Typen (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☠	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
BGA-Typ		BGA mit Energiepflanzen	BGA mit Wirtschaftsdünger	BGA mit Abfällen (mit Schutzmaßnahmen)	BGA mit Abfällen (ohne passende Schutzmaßnahmen)
Allgemeine Belastung für Luftverunreinigung	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß

5.2.3 Lärm

Geregelt werden die akustischen Lärmemissionen durch die bundesweit gültige TA LÄRM. Generell gelten für unterschiedliche Baugebiete nach BauNVo (Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke) auch unterschiedliche Richtwerte, wie aus Tabelle 5-10 ersichtlich wird.

Tabelle 5-10: Immissionsrichtwerte nach der TA Lärm (eigene Darstellung. Datenquelle: TA LÄRM 1998)

Gebietsnutzung	Immissionsrichtwerte: da(A)	
	6:00 - 22:00 Uhr	22:00 - 6:00 Uhr
Landwirtschaftliche Gebietsnutzung	Keine Beschränkung	Keine Beschränkung
Industriegebiete	70	70
Gewerbegebiete	65	50
Mischgebiete, Dorfgebiete	60	45
Allgemeine Wohngebiete	55	40
Reine Wohngebiete	50	35
Kurgebiete, Krankenhäuser	45	35

Einzelne Überschreitungen sind in Ausnahmefällen zulässig und je nach gegebener Situation im Rahmen der TA LÄRM gesondert zu beurteilen.

Bei häufigeren Überschreitungen müssen vom Anlagenbetreiber zunächst strengere Auflagen bezüglich des Lärmschutzes erfüllt werden. Geschieht dies nicht oder verbessert dies die Situation nicht, so drohen Konsequenzen bis hin zur Stilllegung der Anlage. Neben dem normalen Anlagenlärm nehmen die Geräusche des anlagenbezogenen Verkehrs eine weitere Wertigkeit ein. Die Summe beider Schallquellen muss unter den in Tabelle 5-10 genannten Richtwerten bleiben. Wenn die Richtwerte überschritten werden und der anlagenbezogene Verkehr den Geräuschpegel der vorherigen Verkehrssituation um mehr als 3 db(A) erhöht, so ist die Richtwertüberschreitung nicht allein durch den Anlagenlärm verursacht, sondern

auch durch den anlagenbezogenen Verkehr, der dann ebenfalls Auflagen erhält (vgl. TA LÄRM 1998).

In einem solchen Fall kommen organisatorische Maßnahmen zum Tragen, wie zum Beispiel verkehrslenkende Maßnahmen (Wegweisungen über Routen, die nicht durch empfindliche Gebiete führen) oder im schlimmsten Fall Verkehrsbeschränkungen oder Verkehrsverbote zu bestimmten Zeiten (vgl. LFU BAYERN 2007).

Die TA LÄRM gibt bezüglich der akustischen Emissionen keine Richtwerte zu einzuhaltenden baulichen Abstandsflächen vor. Daher kann man den Standort bezüglich akustischer Emissionen verhältnismäßig frei wählen. Jedoch ist es für einen Anlagenbetreiber aufgrund der weniger strengen Richtwerte sinnvoller, seine Anlage in einem intensiv genutzten Gebiet (wie Industrie- oder Gewerbegebiet, am besten in einem landwirtschaftlichen Nutzgebiet) zu errichten, und von Standorten mit primärer Wohnnutzung Abstand zu nehmen.

Somit erhält man für das Bewertungsschema zum Thema „Emissionsbelastung durch Gewerbelärm“ folgende Referenzbedingungen:

Tabelle 5-11: Bewertungsschema nach allgemeiner Lärmbelastung für verschiedene Gebietsnutzungen (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Gebietsnutzung am BGA Bauplatz	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung	Industriegebiete	Gewerbegebiete	Mischgebiete, Dorfgebiete	Wohngebiete
Bewertung nach Lärmbelastung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

Aus betriebsökonomischer Sicht ist eine Reduzierung der Betriebszeit nicht tolerierbar. Grundsätzlich sind je nach Lärmsituation u.a. folgende Maßnahmen denkbar:

- Minimierung von Toröffnungszeiten
- Verschließen von Fassadenöffnungen durch schwere Gummischürzen
- Abdichten von Gebäude- oder Containerkörpern im Bereich der Dachübergänge
- Einbau von Schalldämpfern in Ansaug- und Abluftöffnungen
- Austausch des Container-BHKW mit Schutzgebäude
- Austausch defekter Anlagenteile

5.2.4 Andere Umweltkriterien

„Biogasanlagen bestehen aus mehreren Anlagenkomponenten zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Sinne des §19g des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushaltes (WHG). Diese Anlagenkomponenten müssen nach §19g Abs. 1 WHG so beschaffen sein und so eingebaut, aufgestellt, unterhalten und betrieben werden, dass eine Verunreinigung der Gewässer oder eine sonstige nachteilige Veränderung ihrer Eigenschaften nicht zu besorgen ist (Besorgnisgrundsatz)“ (NLWKN 2007, S. 3).

Die Handhabung wassergefährdende Stoffe (und somit der Betrieb einer Biogasanlage), sowie alles, was mit dem Schutz des Wassers zu tun hat, ist im bundesweit gültigen Wasserhaushaltsgesetz (WHG) geregelt.

Der wichtigste wasserrechtliche Aspekt beim Bau einer Biogasanlage ist zunächst die Dichtigkeit der Anlagenbauteile, was jedoch eine rein bauliche bzw. technische Maßnahme ist. Standortrelevante Einschränkungen durch das Wasserrecht gibt es kaum. Lediglich die Errichtung einer Anlage in einem Überschwemmungsgebiet (Definition und Festlegung nach Landesrecht; WHG §31b Abs. 2) ist nach Art. 62 Abs. 2 BayWG untersagt, ebenso die Errichtung „im Fassungsbereich und in der engeren Schutzzone von Wasserschutzgebieten“ (STMUGV 2004, S. 30 ff.). Unabhängig vom Standort muss der Abstand zu oberirdischen Gewässern mindestens 20 m betragen (vgl. STMUGV 2004, 2007).

Somit erhält man für das Bewertungsschema zum Thema „Emissionsbelastung durch Austritt wassergefährdende Stoffe“ folgende Referenzbedingungen:

Tabelle 5-12: Bewertungsschema für den Austritt wassergefährdender Stoffe und andere Schadstoffe (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Abstand zu Oberflächengewässern				≥ 20m	< 20m
BGA im Wasserschutzgebiet			nein		ja
BGA im Naturschutzgebiet			nein		ja
BGA im Überschwemmungsgebiet			nein		ja
BGA im grundwassersensiblen Gebiet			nein	ja	
Bewertungsbeschreibung durch wassergefährdende Stoffe	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.2.5 Eigener Energieverbrauch

Die Abbaugeschwindigkeit der Vergärung ist sehr stark von der Vergärungstemperatur abhängig. Grundsätzlich gilt: Je höher die Temperatur ist, umso schneller erfolgt der Abbau und umso höher ist die Gasproduktion. Dadurch verkürzt sich die Verweilzeit (vgl. EDER&SCHULZ 2006). Aber die steigende Temperatur benötigt einen höheren Energieverbrauch. Vergärung bei niedriger Temperatur benötigt eine längere Verweilzeit. Gleichzeitig gibt es keine Stabilitätsgarantie.

Der Wirkungsbereich der Methanbakterien liegt zwischen 3 und 70°C. Es existieren drei typische Temperaturbereiche, in denen entsprechende Bakterienstämme aktiv sind:

- psychophile Stämme bei Temperaturen unter 25°C
- mesophile Stämme bei Temperaturen von 25 - 45°C
- thermophile Stämme bei Temperaturen über 45°C

In der Praxis werden in Deutschland mittlerweile die meisten Biogasanlagen bei Temperaturen zwischen 38 und 42°C gefahren (vgl. EDER&SCHULZ 2006). Daher wird zum Thema „eigener Energieverbrauch“ und zum Kriterium „Vergärungstemperatur“ folgendes Bewertungsschema entwickelt:

Tabelle 5-13: Bewertungsschema zu den Kriterien „eigener Energieverbrauch“ und „Vergärungstemperatur“ (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Vergärungstemperatur (°C)		37-42	25-36; od. 43-45	3-24; od. 46-70; od. unstabil	Mehr als 70; od. Weniger als 3
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.2.6 Veränderung des Landschaftsbildes

Nach Kap. 4.2 werden folgende Überlegungen von der Veränderung des Landschaftsbildes betrachtet. Daher soll dieser Punkt in der vorliegenden Arbeit der Vollständigkeit halber zwar erwähnt und positive Lösungen angeboten, aber nicht erschöpfend behandelt werden.

5.2.6.1 Anlagenbau

Eine Biogasanlage ist ein zweckmäßiger Bau, der zugunsten dieser Zweckmäßigkeit in der Regel auf Ästhetik und Design verzichtet. Je näher eine Anlage jedoch an einem Wohngebiet gebaut werden soll, desto positiver wirkt sich eine optische Aufwertung der Anlagenbauteile auf die öffentliche Meinung aus.

Um die Anlage optisch ansprechender zu gestalten, gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Absenkung von Betonfermentern in den Boden, allerdings ist diese Möglichkeit sehr kostenintensiv, nicht bei jedem Untergrund möglich und birgt unter Umständen Probleme bei Wartungsarbeiten (vgl. FNR 2006)
- Anlage eines begrünten Erdwalls oder Begrünung der Bauteile mit Rankpflanzen als Sichtschutz um die Biogasanlage (vgl. BENSMANN 2007)
- Einfassung der Anlagenbauteile mit Holzverschalungen oder farbiger Anstrich der Anlagenbauteile

Zu diesem Thema gibt es allerdings keine allgemeinen Voraussetzungen beim Biogasanlagenbau, nur für die Biogasanlagen, die siedlungsnah oder wohngebietsnah liegen, oder aus Planungsgründen gibt es manche Anforderungen. Hier wird folgendes Bewertungsschema in Tabelle 5-14 zum Thema „Optische Veränderung des Landschaftsbildes durch bauliche Anlagen“ entwickelt:

Tabelle 5-14: Bewertungsschema für die Veränderung des Landschaftsbildes durch bauliche Anlagen

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Baugebiete BGA		Landwirtschaftliche Gebietsnutzung und Industriegebiete	Gewerbegebiete	Mischgebiete, Dorfgebiete	Wohngebiete sowie Kurgebiete, Krankenhäuser
Beschreibung der Bewertung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet (nicht erlaubt in Deutschland)

5.2.6.2 Anbauflächen für Energiepflanzen

Wenn es um großflächigen Anbau von Energiepflanzen geht, werden sehr schnell kritische Stimmen laut: Tourismusverbände beklagen eine Vereinheitlichung des Landschaftsbildes, Jäger haben Angst vor einer Zunahme von Wildschäden aufgrund intensiven Maisanbaus (vgl. BENSMANN 2007) und die „Maiswüste Deutschland“ ist ein von Kritikern gerne herangezogenes Bild.

Sicherlich ist es letztlich dem Landwirt und Anlagenbetreiber selbst überlassen, welche Pflanzen er anbaut, jedoch kann eine massive Gegenwehr aus der Bevölkerung im schlimmsten Fall soweit führen, dass sich die Kommune dieser Meinung anschließt und Genehmigungsverfahren für Biogasanlagen (mitunter zu) lange hinausgezögert werden.

Die einfachste Möglichkeit, Vorbehalten in der Bevölkerung vorzubeugen, ist eine umfassende Öffentlichkeitsarbeit, und zwar bereits in der Planungsphase. Denn wer die Vorteile, die eine Biogasanlage den Anwohnern bringt (weniger unangenehm riechende Wirtschaftsdünger, preiswerte Nahwärme) kennt, der ist auch eher bereit, den großflächigen Anbau von Energiepflanzen zu akzeptieren.

Somit soll für das Bewertungsschema zum Thema „Optische Veränderung des Landschaftsbildes durch Anbauflächen“ nur in Betracht gezogen werden, ob die Anbauflächen der Ziel-Biogasanlage mit den Nachbarflächen ein insgesamt einheitliches Landschaftsbild bilden (vgl. Tabelle 5-15):

Tabelle 5-15: Bewertungsschema für die Veränderung des Landschaftsbildes durch Anbauflächen

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Einheitliches Landschaftsbild			nein	ja	
Bewertung nach Veränderung des Landschaftsbildes	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.2.7 Flächenbedarf

Um herauszufinden, welchen Flächenbedarf eine Biogasanlage bezüglich ihrer Substratgewinnung hat, muss zunächst die Menge der Substrate berechnet werden, die nötig ist, um mit dem daraus entstandenen Biogas die installierte elektrische Leistung voll nutzen zu können.

Da der Vergärung im Fermenter ein äußerst komplexes Zusammenspiel zahlreicher physikalischer, chemischer und technischer Parameter ist, können kleinste Schwankungen in der Verfahrens- oder Prozesstechnik sowie in der Zusammensetzung der Substrate die zu erwartende Gasausbeute erheblich verändern (vgl. KTBL 2005). Als Referenzwerte für die Berechnungen werden aus diesem Grund der jeweilige Biogasertrag und der jeweilige Methan-gehalt ausgewählter Substrate von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR 2006) herangezogen.

Die folgenden Berechnungen beziehen sich auf eine theoretische Monovergärung des jeweiligen Substrats. Zwar vergären, wie bereits im Kapitel zur Substratverarbeitung erwähnt wurde, mehr als 90 % aller Anlagen eine Mischung aus verschiedenen Substraten, die verschie-

denen möglichen Kombinationen werden allerdings in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt.

Zunächst soll die rechnerische Vorgehensweise erläutert werden:

In Abhängigkeit von der installierten elektrischen Leistung und dem Wirkungsgrad des BHKW, sowie der Motorlaufzeit pro Jahr kann die maximale Bruttoenergie berechnet werden, die im Methan des Biogases enthalten sein muss (vgl. FNR 2006).

Mit Hilfe des Heizwertes des Gases Methan wird das jährlich zu erzeugende Methanvolumen ausgerechnet. Der Methangehalt im Biogas in Abhängigkeit vom Ausgangssubstrat lässt auf das jährlich zu erzeugende Biogasvolumen schließen.

Aufgrund des bekannten Biogasertrags der einzelnen Ausgangssubstrate kann die jährlich zu vergärende Menge des Substrates berechnet werden.

Schließlich kann die Menge des zu vergärenden Substrates noch mit Hilfe der Flächenertragszahlen auf die benötigte Anbaufläche bzw. Tieranzahl umgerechnet werden.

Sämtliche angenommenen Werte sowie zu verwendende Formeln werden in der Tabelle 5-16 zusammengefasst:

Tabelle 5-16: Vorgehensweise zur Berechnung der nötigen Substratgewinnungs-/Stallflächen (WIRL 2008, geändert)

Formeln	Angenommene Werte
Installierte elektrische Leistung: elektrischer Wirkungsgrad = stündlich nötige Motorleistung Stündlich nötige Motorleistung x Motorlaufzeit = jährlich nötige Bruttoenergie des Methan für das BHKW	Installierte elektrische Leistung: 500 kW elektrischer Wirkungsgrad BHKW: 36 % Motorlaufzeit: 8.000 h/a
Jährlich nötige Bruttoenergie an Methan : Methan-Heizwert = jährlich nötiges Methan-Volumen	Heizwert (Methan): 10kW/m ³
Jährlich nötiges Methan-Volumen: Methangehalt des jeweiligen Substrates = jährlich nötiges Biogas-Volumen	Methangehalt: je nach Substrat verschieden
Jährlich nötiges Biogas-Volumen: Biogasertrag des jeweiligen Substrates = jährlich nötige Substratmenge	Biogasertrag: je nach Substrat verschieden
Jährlich benötigte Substratmenge: Flächenertragszahl des jeweiligen Anbauproduktes =jährlich benötigte Anbaufläche beziehungsweise Jährlich benötigte Substratmenge: durchschnittlicher jährlicher Gülle-/Mistanfall = jährlich benötigte Anzahl an Tieren Jährlich benötigte Anzahl an Tieren x pro Tier benötigte Stallfläche = insgesamt benötigte Stallflächen	Flächenertragszahl: je nach Anbauprodukt verschieden Gülle-/Mistanfall: je nach Tierart verschieden Stallfläche: Platzbedarf je nach Tierart verschieden

Aus den in der Tabelle 5-16 zusammengefassten Formeln und Werten kann nun der Flächenbedarf der Substratgewinnung nach WIRL (2008) für mehrere Referenzanlagen errechnet werden. Die Ergebnisse für eine 500 kW-Anlage sind in Tabelle 5-17 und Tabelle 5-19 zu finden.

Für verschiedene Energiepflanzen wird folgender Tabelle 5-17 nach den nötigen Mengen und Anbauflächen für eine 500 KW-Anlage zusammengefasst:

Tabelle 5-17: Nötige Mengen sowie Energiepflanzenanbauflächen ausgewählter Substrate für eine 500 kW-Anlage (WIRL 2008, geändert)

Substrat	Biogasertrag (m ³ /t FM)	Methan-Gehalt (%)	Benötigte Substrat-menge (t/a)	Benötigte Anbaufläche (ha)
Maissilage	170 - 200	50 - 55	10.101 - 13.072	206 - 267
Roggen-GPS	170 - 200	55	9.183 - 11.884	735 - 915
Zuckerrübe	170 - 180	53 - 54	11.431 - 12.332	197 - 213
Masserübe	75 - 100	53 - 54	20.576 - 27.952	221 - 301
Gehaltsrübe	75 - 100	53 - 54	20.576 - 27.952	332 - 451
Rübenblatt	70	54 - 55	28.860 - 29.394	825 - 840
Grassilage	170 - 200	54 - 55	10.101 - 12.104	361 - 432
Miscanthussilage	134	46,7	17.756	780
Sudangrassilage	131	53,7	15.795	263

Aufgrund aus Tabelle 5-17 werden Energiepflanzen nach benötigten Anbauflächen für 500 kW-Anlage in vorliegender Arbeit in Energiepflanzen I und Energiepflanzen II definiert:

Tabelle 5-18: Eigenschaften der Energiepflanzen I und II (eigene Darstellung)

	benötigte Anbaufläche für 500 kW-Anlage	Beispiele Pflanzen
Energiepflanzen I	≤ 700 ha	Maissilage, Zuckerrübe, Masserübe, Gehaltsrübe, Grassilage, Sudangrassilage
Energiepflanzen II	> 700 ha	Roggen-GPS, Rübenblatt, Miscanthussilage

Für eine Biogasanlage, die mit Wirtschaftsdünger betreiben wird, sind gemäß Tabelle 5-19 die nötigen Wirtschaftsdünger-Mengen sowie nötigen Stallflächen für eine 500 KW-Anlage zusammengefasst:

Tabelle 5-19: Nötige Mengen sowie Stallflächen ausgewählter Wirtschaftsdünger als Substrate für eine 500 kW-Anlage (WIRL 2008, geändert)

Substrat		Biogas-ertrag (m ³ /t FM)	Me-than-Gehalt (%)	Benötigte Sub-strat-menge (t/a)	Benötigte Anbau-fläche (ha)	Benötigte Anzahl an Tieren	Benötigte Stallfläche (ha)
Rindergülle	Zucht-/Mastrinder	20 - 30	60	61728 - 92593	1,2 - 1,8	4978 - 7467	1,6 - 2,5
Schweinegülle	Zuchtsauen	20 - 35	60 - 70	45351 - 92593		6573 - 13419	2,4 - 4,8
Rindermist	Zucht-/Mastrinder	40 - 50	60	37037 - 46296	1,0 - 1,3	4257 - 5321	1,4 - 1,8
Schweinemist	Zuchtsauen	55 - 65	60	28490 - 33670		6783 - 8017	2,4 - 2,9
Geflügelmist	Legehennen	70 - 90	60	20576 - 26455		709517 - 912241	4,3 - 5,5

Für Energiepflanzen wird dagegen wegen der großen Unterschiede im Flächenbedarf folgendes Bewertungsschema in Tabelle 5-20 entwickelt:

Tabelle 5-20: Bewertungsschema zum Thema Flächenbedarf für Energiepflanzen (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Energiepflanzenart				Energiepflanzen I	Energiepflanzen II
Bewertung der Umweltauswirkung bzgl. Flächenbedarf	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß

Um Datenmaterial über den Flächenverbrauch von Biogasanlagen zu erhalten, hat WIRL (2008) 18 Unternehmen und Planungsbüros angeschrieben, die sich mit der Planung und dem Bau von Biogasanlagen befassen. Somit wurden folgende Referenzwerte zu durchschnittlicher Grundstücksgröße zum Bau der Biogasanlage in Tabelle 5-21 zusammengefasst:

Tabelle 5-21: Referenzwerte zum durchschnittlichen Flächenverbrauch zum Bau der Biogasanlage mit unterschiedlicher Leistungskapazitäten (eigene Darstellung, Datenquelle: WIRL 2008)

Anlagenleistung	200 kW	300 kW	500 kW
Grundstücksgröße (m ²)	2.500 - 5.000	5.000 - 7.500	10.000 - 12.500

Die Referenzwerte für eine 200 kW Biogasanlage liegen also bei 2.500-4.500 m². Für jede 100 kW an zusätzlicher elektrischer Leistung braucht man 2.500 m² mehr Platz. Dafür wurde folgendes Bewertungsschema in Tabelle 5-22 entwickelt:

Tabelle 5-22: Bewertungsschema zum Kriterium des Flächenverbrauchs zum Bau der Biogasanlage (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Grundstücksgröße der Anlage ≥ 200kW (m²)		< 2.500 + (Größe-200)/ 100*2.500	2.500 - 5.000 + (Größe-200)/ 100*2.500	> 2.500 + (Größe-200)/ 100*2.500	
Bewertung der Umweltbelastung nach Grundstücksgröße	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß

Es zeigt sich aber nach weiterer Grundstücksgrößenanalyse, dass die Grundstücksgröße keinen großen Einfluss auf die Biogasnutzung sowie Umweltauswirkungen hat. Deswegen werden in vorliegender Arbeit diese Referenzwerte nur als ein Nebenkriterium betrachtet.

Allgemein wird folgendes Bewertungsschema mit Thema „Flächenbedarf“ der Substratversorgung und zum Bau der Biogasanlage in Tabelle 5-23 entwickelt:

Tabelle 5-23: Bewertungsschema zum Kriterium Flächenbedarf (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
BGA-Typ	BGA mit Abfall	BGA mit Wirtschaftsdünger	BGA mit Energiepflanzen+ Wirtschaftsdünger	BGA mit Energiepflanzen I	BGA mit Energiepflanzen II
Bewertung nach Flächenbedarf	sehr wenig	wenig	mittel	groß	sehr groß

5.2.8 Entfernung der Substratlieferanten zur Biogasanlage

Neben der Größe der Anbauflächen spielt auch die Entfernung der Anbauflächen zur Biogasanlage eine wichtige Rolle. Die Transportkosten sind eine entscheidende Größe bei der Gesamtkostenplanung für das Substrat, so dass sich die Anbauflächen oder andere Substratlieferanten in einem entsprechend engen Radius um die BGA befinden müssen.

Eine Modelluntersuchung von MITTERLEITNER U.A. (2007, S. 11) zeigt, dass die Transportkosten bis zu einer Transportentfernung von ca. 6 km, 10 km und 15 km linear ansteigen, sich ab 15 km jedoch erkennbar erhöhen (siehe *Abbildung 5-1*).

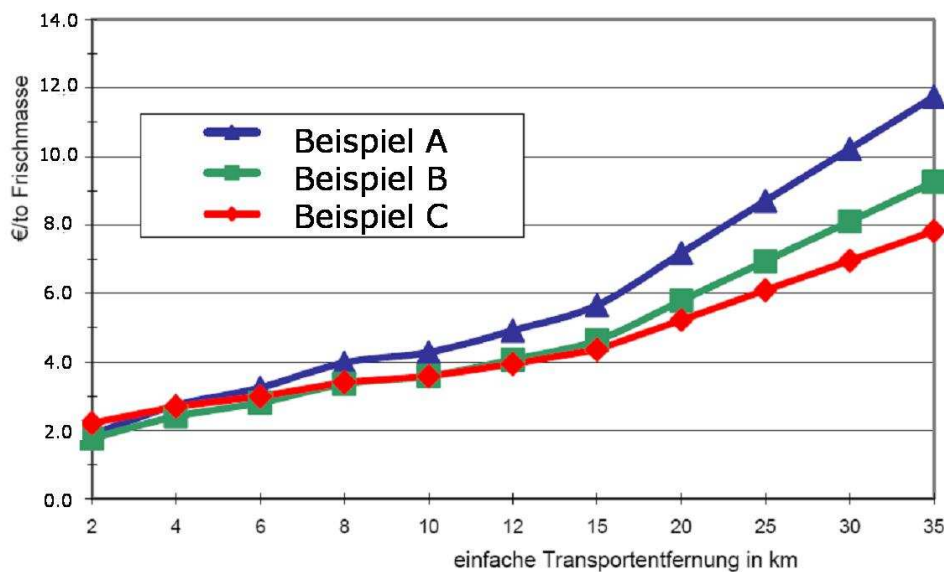


Abbildung 5-1 : Transportkostenvergleich zwischen Untersuchungsbeispielen A, B und C von Mitterleitner (MITTERLEITNER U.A. 2007, S. 11)

Aus wirtschaftlicher Sicht sollten die Anbauflächen für Substrate innerhalb eines Radius von rund 15 km zur Biogasanlage bleiben. Berücksichtigt man zusätzlich die Umweltauswirkungen, wie Kraftstoffverbrauch, Abgasemissionen sowie das Störfallpotenzial, welche in Abhängigkeit vom Transportweg steigen, ergibt sich folgendes Bewertungsschema (siehe Tabelle 5-24):

Tabelle 5-24: Bewertungsschema zur Entfernung der Anbauflächen von der Biogasanlage mit Energiepflanzen (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Entfernung der Anbauflächen von BGA	< 6 km	6-10 km	10 - 15 km	> 15 km	
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.3 Bewertung nach Klimaschutzaspekten

In vorliegender Arbeit werden folgende Klimaschutzaspekte betrachtet: Treibhausgasemission, Treibhauseffekt und Anerkennung des CDM-Projektes.

Der Treibhauseffekt bezeichnet die Erwärmung der Atmosphäre in Folge der vom Menschen verursachten Freisetzung von Treibhausgasen. Für die Bewertung der Biogasnutzung in vorliegender Arbeit werden Kohlendioxid (CO₂)-, Methan (CH₄)- und Lachgas (N₂O)-Emission berücksichtigt. In Kap. 5.3.2 werden alle Treibhausgasemissionen in (kg) CO₂-Äquivalente umgerechnet.

Die wichtigen Treibhausgasemissionspfade der Biogasnutzung wurden in der folgenden Tabelle 5-25 zusammengefasst:

Tabelle 5-25: Relevante Emissionspfade von Treibhausgasen bei der Biogasnutzung (eigene Darstellung)

Emissionspfade von Treibhausgasen bei Biogasnutzung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anbau der Energiepflanzen ➤ Anlieferung von geruchsintensiven Substraten ➤ Lagerung von geruchsintensiven Substraten ➤ Austritt von Sickerwasser ➤ Güllelagerung in offenen Endlagern ➤ Substrateingabe ➤ Diffusion aus gasführenden Anlageteilen ➤ Gärrestlagerung ➤ Gärrestausbringung ➤ Ungenutzte Wärme
--	--

Der Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre erfolgt durch bestimmte Gase wie FCKW, die ein bestimmtes Ozonabbaupotenzial aufweisen und üblicherweise in FCKW-Äquivalenten angegeben werden (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007). Lachgas (N₂O) hat durch seine Einbindung in molekulare Mechanismen auf das stratosphärische Ozon einen Einfluss, aber es besteht bisher kein wissenschaftlicher Konsens, inwieweit es den Ozonabbau fördert. Da FCKW bei der Biogasproduktion und -nutzung nicht von Wertigkeit sind, Lachgas dagegen in signifikanten Mengen emittiert wird, wird in vorliegender Arbeit als ozonrelevantes Gas nur Lachgas (in g N₂O) direkt als Nebenkriterium betrachtet.

Das CDM-Projekt wird als wichtigste und erfolgreichste Klimaschutzmaßnahme in vorliegender Arbeit auch als Hauptkriterium für die Klimawertung betrachtet (vgl. Kap. 5.3.3.).

5.3.1 Ermittlung der Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten

Treibhausgasemissionen und deren Senkung bzw. Vermeidung sind die wichtigsten Faktoren im Klimaschutz. Mit Hilfe der Umwelt- und Klimawertungsbilanzmethode (vgl. Kap. 4.1) wurden hier die Treibhausgasemissionen der energetischen Biogasnutzung ermittelt. Der Ermittlungsrahmen beinhaltet die gesamte Verfahrenskette vom Anbau der Energiepflanzen sowie Tierhaltung, Biogaserzeugung, Stromerzeugung bis zur Ausbringung der Gärreste auf den Feldern. Gutschriften (negative Treibhausgasemissionen) wurden angerechnet für die Vergärung von Wirtschaftsdüngern und für die genutzte Abwärme aus dem Blockheizkraftwerk (BHKW). In folgender Tabelle 5-26 wurden relevante Klimawertungskriterien für die gesamten Prozesse der Biogasnutzung zusammengefasst:

Tabelle 5-26: Relevante Kriterien der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Prozessschritt der Biogasnutzung	Relevante Kriterien nach Klimaschutzaspekten
Substratversorgung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N₂O-Emission in Abhängigkeit von den Arten der Energiepflanzen ➤ Emission von Abgasen der Maschinen für Anbau, Ernte, Transport und Einbringung der Energiepflanzen ➤ Treibhausgasemissionen der verwendeten Düngemittel und Bodenverbesserer ➤ Treibhausgasemissionen aus Tierhaltung ➤ Treibhausgasemissionen aus Lagerung und Transport der Wirtschaftsdünger ➤ Emission von Abgasen der Maschinen für Transport, Lagerung und Einbringung der Wirtschaftsdünger ➤ Treibhausgasemission aus Abgasen beim Abfalltransport
Anlagenbau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indirekte Treibhausgasemission in Abhängigkeit von der Art der Baustoffe ➤ Indirekte Treibhausgasemission in Abhängigkeit von der Lebensdauer der Anlagen ➤ Treibhausgasemission von Abgasen der Maschinen und Fahrzeuge zu Anlagenbau ➤ Treibhausgasemission von Gärgasen aus Endlagern
Biogasverwertung und Gärrestverwertung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indirekte Treibhausgasemission in Abhängigkeit vom eigenen Energieverbrauch ➤ Treibhausgasemission von Abgasen der BHKW und anderen Maschinen der Nebeneinrichtungen ➤ Methanverlust von unverbranntem Biogas ➤ Methanverlust durch direkten Biogasverlust
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Methanemission aus offenen Gärrestlagern ➤ Treibhausgasemission von Abgasen der Maschinen zu Transport, Gärrestausrückführung und Gärrestverarbeitung ➤ Methan-Emission bei der Gärrestverarbeitung, z.B. Trocknung ➤ Methan-Emission bei der Gärrestausrückführung
Gutschriften	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gutschriften für Wärmenutzung (Vermeidung des Wärmeverlustes, z.B. KWK-Bonus) ➤ Gutschriften für Vergärung der Wirtschaftsdünger (Vermeidung der Treibhausgasemission im Vergleich mit direkter Emission der Wirtschaftsdünger, z.B. NaWaRo-Bonus)

5.3.2 Quantifizierung der Kriterien

Ziel der Quantifizierung der Klimaschutzkriterien ist die Erfassung der wesentlichen Treibhausgasemissionen der Biogasnutzung. Hierfür wurden die Stoff- und Energieströme erfasst. Als Quantifizierungsrahmen wurden die gesamten Biogasnutzungsprozesse vom Anbau der Energiepflanzen bis zur Ausbringung des Gärrestes auf den Feldern festgelegt (vgl. Kap. 3.2). Die Sachbilanz wurde aus Betriebstagebüchern, Einzelmessungen und Ergänzungen aus der Literatur erstellt.

Als funktionelle Einheit wurde eine elektrische Kilowattstunde (1 kWh_{el}) gewählt, da in Deutschland die Erzeugung elektrischer Energie zurzeit das Hauptziel der Biogasproduktion ist. Als Vergleichsszenario wurde die Stromproduktion in konventionellen deutschen Kraftwerken herangezogen.

Treibhausgasemissionen wurden für die Prozessschritte Bereitstellung der Energiepflanzen, Bau und Betrieb der Biogasanlage sowie direkte Methanemissionen (Methanschluß, Emissionen aus dem Gärrestlager) und diffuse Methanemissionen berücksichtigt.

5.3.2.1 Substratversorgung

Je nach Pflanzenart schwanken die direkten und indirekten Emissionen bei Anbau und Ernte (KTBL 2005 UND 2006). Die *Abbildung 5-2* zeigt die unterschiedlichen Treibhausgasemissionen zur Bereitstellung von typischerweise auf Biogasanlagen eingesetzter pflanzlicher Biomasse. Die beiden überwiegenden Treibhausgasquellen sind die Abgase der Maschinen zu Anbau, Ernte, Transport und Einlagerung der Energiepflanzen sowie die Emissionen aus der Herstellung der verwendeten Düngemittel und Bodenverbesserer (Kalk). Am energieintensivsten, und damit auch für die meisten Emissionen verantwortlich, ist dabei die Herstellung von mineralischem Stickstoffdünger.

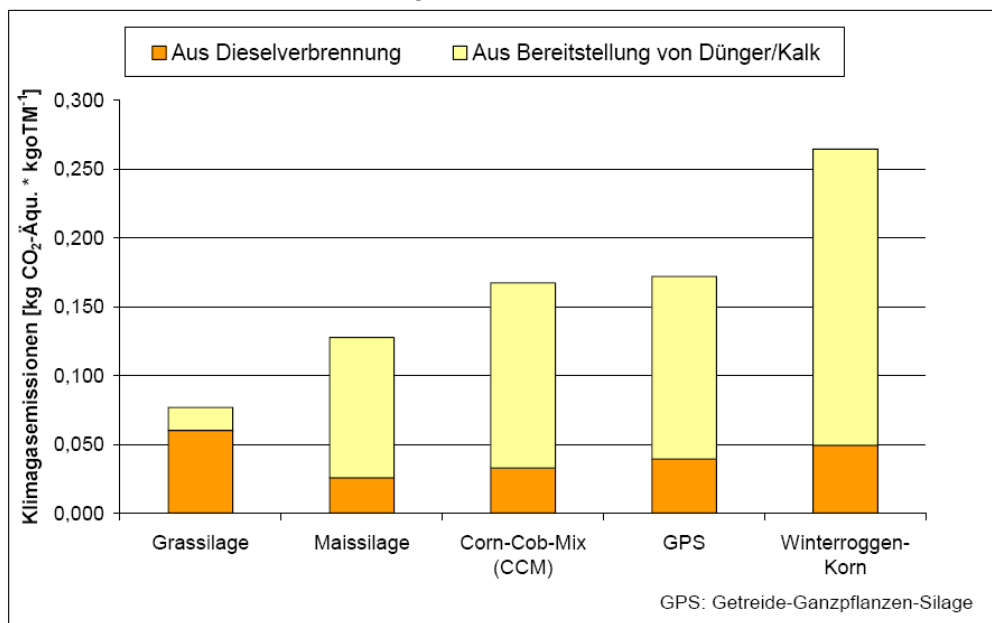


Abbildung 5-2 : Treibhausgasemissionen von Anbau, Transport und Lagerung verschiedener in Biogasanlagen eingesetzter Energiepflanzen; Bezugsseinheit: 1 kg organisches Trockensubstanz (oTS) (BACHMAIER & GRONAUER 2007, S. 8)

Wie in *Abbildung 5-2* ersichtlich, ist Grassilage gekennzeichnet durch einen hohen Anteil an Emissionen aus Diesel, da die Ernte im Vergleich zu allen anderen Energiepflanzen aufwendiger ist (mehrere Ernten pro Jahr) (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007). Weil aber Gras ohne mineralischen Stickstoffdünger auskommt, liegen die Emissionen aus der Bereitstellung von Dünger weit unter jenen der anderen Energiepflanzen.

Bezogen auf die organischen Trockensubstanz (oTS) werden bei Maissilage weniger Treibhausgase emittiert als bei Getreide-Ganzpflanzensilage oder Corn-Cob-Mix. Pro Hektar ist zwar die Produktion von Corn-Cob-Mix oder Getreidekörnern mit weniger Emissionen belastet als Maissilage, weil aber die Trockenmasseerträge weit hinter Maissilage zurückfallen, steigen die auf die Trockensubstrate bezogenen spezifischen Emissionen.

Daraus wird in der Tabelle 5-27 ein Bewertungsschema nach Treibhausgasemission für die Substratversorgung der Biogasnutzung entwickelt:

Tabelle 5-27: Bewertungsschema nach Treibhausgasemission für Substratversorgung (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Substratarten		Abfall	Wirtschaftsdünger	Energiepflanzen	
Transport der Substratart		Substratlieferant direkt bei der BGA	bis 12 km; od. einer mehr als 12km, anderer mit eigener Lieferung	Transportentfernung mehr als 12 km	
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.3.2.2 Anlagenbau

Treibhausgasemissionen beim Biogasanlagenbau werden über den „ökologischen Rucksack“ der verwendeten Baustoffe abgeschätzt. Der ökologische Rucksack beschreibt dabei die aus der Bereitstellung der verschiedenen Baustoffe entstehenden Emissionen. Durch die „Abschreibung“ dieser Emissionen über die technische Lebensdauer der Anlagen (20 Jahre) ergeben sich Emissionen von unter 10 g CO₂e/kWh_{el} (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007).

Für Baumaterialien liegt die CO₂-Emission in Höhe von 0,5 - 2,2 g CO₂e/kg Stahl (vgl. UBA 2007). Bezogen auf den Zement (mit anderen Bestandteilen) ergibt sich eine mittlere CO₂-Emission von 660 CO₂e/kg Zement (vgl. BMU 2009). Obwohl die Kosten von Betonfermentern deutlich niedriger sind als bei Stahlfermentern, sind ihre Treibhausgasemissionen dagegen um ein Vielfaches höher.

Die Treibhausgasemissionen aus offenen Endlagern können teilweise erheblich sein, in vorliegender Arbeit wurden die Methanemissionen in Höhe von etwas mehr als 44 g CO₂e/kWh_{el} angesetzt (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007). So ist das Kriterium der Abdeckung des Endlagers das Wichtigste für die Bewertung nach Klimaschutzaspekten.

Tabelle 5-28: Bewertungsschema nach wichtigen Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Endlager mit Abdeckung	ja			nein	
Geplante Nutzungszeit der BGA			Mehr als 20 Jahre	11-20 Jahre	Bis 10 Jahre
Baumaterialien	Fermenter aus Stahl	Aus Stahl und Beton		Fermenter aus Beton	
Gasfackel		ja		nein	
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.3.2.3 Biogasverwertung

Die elektrische Energie für die Biogaserzeugung und deren Nebeneinrichtungen werden aus dem Stromnetz, aus dem eigenen Biogas-Strom oder anderen Quellen bezogen. Daraus resultieren sehr unterschiedliche Treibhausgasemissionen für den Eigenstromverbrauch der Biogasanlagen zwischen 0 und 36 g CO₂e/kWh_{el} (BACHMAIER & GRONAUER 2007). Grund-

sätzlich sind die Treibhausgasemissionen höher, wenn der Strom für den Anlagenbetrieb aus dem öffentlichen Netz bezogen wird, anstatt eigenen Strom zu verwenden.

Der Methanschluß der BHKW (unverbranntes Methan im Abgas) ist abhängig vom Motorentyp. Basierend auf Einzelmessungen an baugleichen BHKW wurden Werte zwischen 10 und 40 g CO₂e/kWh_{el} angesetzt (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007). Die Treibhausgasemission beim Zündstrahlmotor ist wegen ca. 10% zusätzlichem Brennstoffverbrauch deutlich höher als beim Gasmotor.

Die diffusen Methanemissionen (z. B. durch Foliendach, Überdrucksicherung) konnten bislang nicht gemessen werden und wurden für alle Anlagen pauschal mit 2 % der Methanproduktion angenommen (vgl. BACHMAIER & GRONAUER 2007). In folgender Tabelle 5-29 wird das Bewertungsschema zur Klimaschutzbewertung für Biogasverwertung zusammengefasst:

Tabelle 5-29: Bewertungsschema zur Biogasverwertung nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Motorentyp	ohne BHKW	Gasmotor		Zündstrahlmotor	
Eigener Energieverbrauch	Aus eigenem Biogasstrom	Aus eigenem Biogasstrom, Im Notfall aus öffentlichem Netz		Aus öffentlichem Stromnetz	
Arten der Biogasnutzung (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)		Stromerzeugung mit eigener Nutzung	Stromerzeugung ins Netz einspeisen	Direkte Nutzung mit dezentralem Netz; Ins Erdgasnetz einspeisen; Nach Verarbeitung Nutzung als Kraftstoff	
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.3.2.4 Gutschriften

Für die außerhalb der Biogasanlage genutzte Abwärme des Blockheizkraftwerks (BHKW) wurde eine Gutschrift entsprechend der Menge an CO₂-Äquivalenten (CO₂e) errechnet. Je nach Umfang der Wärmenutzung ergeben sich Gutschriften stark schwankend. Die Gutschrift für die Vergärung von Wirtschaftsdüngern ergibt sich aus den vermiedenen Methanemissionen, die ansonsten bei der Lagerung tierischer Exkrememente über längere Zeiträume anfallen würden. Die Gutschrift wurde nach den Regeln des IPCC (UBA 2006) berechnet und beläuft sich je nach Wirtschaftsdüngeranteil auf Werte zwischen 0 und -150 g CO₂e/ kWh_{th}. Im praktischen Bewertungsverfahren könnten die Gutschriften für Wärmenutzung sowie Wirtschaftsdünger- oder Abfalleinsatz nicht genau errechnet werden. Deshalb wurde folgendes Bewertungsschema (Tabelle 5-30) für Gutschriften von Klimaschutz der Biogasnutzung entwickelt:

Tabelle 5-30: Bewertungsschema von Gutschriften nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	⊗	☠
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Wärmenutzung	Vollständig	> 50% wird genutzt	Bis 50% wird genutzt; od. direkte Nutzung von Biogas; od. ins Erdgasnetz; od. als Kraftstoff	gar nicht	
Substratarten		Wirtschaftsdünger od. Abfall		Energiepflanzen	
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet

5.3.3 Bewertungskriterien für CDM-Projekte

Nach dem Kyoto-Protokoll kann Deutschland nur als Investorland agieren, so können die Biogasnutzungsprojekte in Deutschland nicht als CDM-Projekte anerkannt werden und können daher nur nach den Teilnahmekriterien für das Investorland bewertet werden (vgl. Kap. 5.3.3.1 und Kap. 5.4.5). Biogasnutzungsprojekte in China unterfallen dem Kyoto-Protokoll und können nach folgenden CDM-Kriterien vollständig bewerten (vgl. Kap. 5.4.6).

5.3.3.1 Teilnahmekriterien für das Investorland

Folgende Teilnahmekriterien müssen vom Investorland erfüllt werden, damit dieses die aus einem CDM-Projekt erworbenen Emissionsreduktionsgutschriften (CERs) zur Erfüllung seiner Verpflichtung nutzen kann:

- Ratifikation des Kyoto-Protokolls
- Bestimmung des „Assigned Amount“ (die Obergrenze an Treibhausgasemissionen, vgl. Kap.2 des Kyoto-Protokolls)
- Etablierung eines nationalen Systems zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen und Speicherung durch Senken
- Etablierung eines computerisierten nationalen Registers
- Rechtzeitiges Einreichen von jährlichen Emissionsinventaren
- Einreichung zusätzlicher Informationen über das „Assigned Amount“

5.3.3.2 Teilnahmekriterien für das Gastgeberland

- Ratifikation des Kyoto-Protokolls

Für das Gastgeberland stellt die Ratifikation des Kyoto-Protokolls das einzige Teilnahmekriterium dar. Weiterhin darf die Teilnahme am CDM nicht explizit untersagt worden sein. Ob das Investor- wie auch das Gastgeberland das Protokoll ratifiziert haben, kann über das UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) -Sekretariat ermittelt werden.

- Freiwillige Teilnahme am CDM

Non-Annex-I-Länder sind nicht verpflichtet, am CDM teilzunehmen; die Teilnahme erfolgt auf rein freiwilliger Basis. Daher ist zur Durchführung von CDM-Projekten die Einwilligung des Gastgeberlandes notwendig. Die Gastgeberländer können entsprechend der nationalen Bedürfnisse zusätzliche Anforderungen an CDM-Projekte stellen, d. h., neben dem Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung kann sich dies auch auf Projekttypen bzw. verwendete Technologien beziehen. Da eventuell Modifikationen des Projektes verlangt werden, empfiehlt es sich, die Einwilligung des Gastgeberlandes in einer Planungsphase einzuholen, in der das Projekt für eine Beurteilung bereits ausreichend detailliert beschrieben werden kann. Änderungen innerhalb eines gewissen Rahmens sind aber dennoch technisch und kostenmäßig möglich.

Potenzielle Gastgeberländer müssen eine für die CDM zuständige Behörde, die so genannte Designated National Authority einrichten. Mittlerweile existieren mit etwa 144 DNAs eine Vielzahl an Designated National Authorities (UNFCCC 2008).

Für dieses Thema werden in China diese zwei Voraussetzungen vollständig erfüllt.

5.3.3.3 Projekttypen

Der Einsatz von Atomkraft ist für CDM-Projekte nicht zulässig. Dahinter steht der Gedanke, dass die ökologischen Gefahren dieser Technologie höher sind als der ökologische Nutzen aus den Einsparungen von Treibhausgasemissionen. Für andere Techniken bestehen keine prinzipiellen Einschränkungen. Im Folgenden findet sich eine Projekttypenliste, die für CDM-Projekte zulässig sind (UBA 2009):

- Energiewirtschaft (erneuerbare/nicht erneuerbare Energien)
- Energieverteilung
- Energienachfrage
- Verarbeitendes Gewerbe
- Chemische Industrie
- Baugewerbe
- Verkehrswesen
- Bergbau/Bergbauproduktion
- Metallerzeugung
- Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen
- Flüchtige Emissionen aus der Erzeugung und dem Verbrauch von Halogenkohlenwasserstoffen und Schwefelhexafluorid
- Verwendung von Lösungsmitteln
- Abfallwirtschaft
- Aufforstung und Wiederaufforstung

- Landwirtschaft

5.3.3.4 Nachhaltige Entwicklung für das Gastgeberland

Der CDM wurde grundsätzlich als ein Mechanismus zur Unterstützung der nachhaltigen Entwicklung im Gastgeberland konzipiert. Zum besseren Verständnis soll hier der Begriff der nachhaltigen Entwicklung kurz erklärt werden: „Entwicklung“ steht für einen positiven Wandel im sozialen, wirtschaftlichen oder ökologischen Bereich und „nachhaltig“ für eine gerechte Verteilung der Entwicklung, sowohl innerhalb einer Generation, als auch zwischen verschiedenen Generationen.

Die nachhaltige Entwicklung betrifft drei Bereiche: den ökonomischen, den sozialen und den ökologischen Bereich. Die Ziele in den jeweiligen Bereichen können so umschrieben werden:

- Ökonomie: Schaffen von Wohlstand und Auskommen
- Soziales: Abschaffung der Armut und Verbesserung der Lebensqualität
- Ökologie (Umwelt- und Klimaschutz): Verbesserung, Steigerung bzw. Erweiterung der natürlichen Ressourcen für zukünftige Generationen

Folgende Tabelle 5-31 gibt mögliche Kriterien und Indikatoren zur Einschätzung des Beitrags eines CDM-Projektes zur nachhaltigen Entwicklung eines Landes wieder, wobei diese insbesondere beim Kriterium Umwelt in Abhängigkeit der Situation im Land angepasst werden sollten.

Tabelle 5-31: Nachhaltigkeitskriterien und -indikatoren für CDM-Projekte (eigene Darstellung, vgl. UBA 2008, 2009)

Kriterien	Indikatoren
Soziales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Öffentlichkeitsbeteiligung bei Projektentwicklung ➤ Verbesserte Verfügbarkeit von essenziellen Dienstleistungen (z.B. Wasser, Energie, Transport, Telefon, Abwassersystem) ➤ Erhöhter Anteil benachteiligter Bevölkerungsteile an den monetären Rückflüssen des Projektes ➤ Aufbau von Kapazitäten
Ökologie (Umwelt- und Klimaschutz)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rückgang des Einsatzes fossiler Brennstoffe ➤ Verringerung der Luftverschmutzung ➤ Verbesserung der lokalen Trinkwasserqualität und -quantität ➤ Beitrag zur nachhaltigen Nutzung von regionalen Landressourcen (Bodenverschmutzung, Landverbrauch, Abfallgenerierung, Erosion, Biodiversität, übermäßige Nutzung von Biomasse)
Ökonomie	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Einkommensgenerierung in benachteiligten Regionen ➤ Hohe Rendite ➤ Schaffung von Arbeitsplätzen

5.3.3.5 Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung

Um zu vermeiden, dass Mittel aus der derzeit bestehenden Entwicklungshilfe für CDM-Projekt eingesetzt werden und dadurch für ihren ursprünglichen Zweck nicht mehr zur Verfügung stehen, dürfen zur Projektfinanzierung folgende Finanzierungsquellen nicht herangezogen werden:

- Mittel aus der offiziellen Entwicklungshilfe

- Mittel zur Deckung der Verpflichtungen der Annex-I-Länder nach der Klimarahmenkonvention, zum Beispiel Mittel zur Wiederauffüllung der Global Environmental Facility (GEF).

5.3.3.6 Kriterium der Zusätzlichkeit

Mit Hilfe des CDM sollen bisher unausgeschöpfte Potenziale bezüglich Emissionsminderung, Förderung der nachhaltigen Entwicklung und Technologietransfer in Entwicklungsländern erschlossen werden. Überschneidungen mit Aktivitäten, die den genannten Zielen dienlich sind, aber auch ohne den Anreiz der Vergabe von Minderungsgutschriften durchgeführt werden, weil sie beispielsweise ökonomisch attraktiv sind, sollen vermieden werden. Solche Aktivitäten werden im Folgenden als *Business as Usual* bezeichnet. In Abgrenzung dazu werden Aktivitäten, die ohne diesen Anreiz nicht ausgeführt worden wären, also nicht dem *Business-as-Usual*-Fall entsprechen, als zusätzlich - *additional* - bezeichnet (UNFCCC 2006).

Im Falle von zusätzlichen Aktivitäten dient der finanzielle Anreiz der Emissionsreduktionsgutschriften also zur Überwindung von Barrieren, wie beispielsweise geringer oder sogar negativer Rentabilität im betriebswirtschaftlichen Sinne, sowie von anderen Barrieren, die sich aus dem politischen Umfeld, der Technik oder dem Kapitalmarkt ergeben.

Um die Zusätzlichkeit in Abgrenzung zum *Business as Usual* darstellen zu können, werden zunächst einige Punkte aufgelistet, die für *Business-as-Usual*-Projekte typisch sind (UNFCCC 2006):

- Anwendung von Technologien, die nur zur Einhaltung der Umweltvorschriften im Gastgeberland für Schadstoffemissionen, Wirkungsgrad usw. dienen.
- Das Projekt entspricht politischen Linien im Gastgeberland, z.B. Tendenz zum Einsatz bestimmter Technologien, Brennstoffe usw.
- Technologie entspricht dem Stand der Technik im Gastgeberland
- Projekt ist rentabel

Ein Projekt ist laut Kyoto-Protokoll nur als CDM-Projekt zulässig, wenn nachgewiesen werden kann, dass es sich dabei um zusätzliche (*additional*) Maßnahmen handelt. Dies wird mit Hilfe der *Baseline* abgeprüft, bei der die Wirtschaftlichkeit von Projekten berücksichtigt wird: Die Emissionsminderung muss höher sein als eine Minderung, die im Rahmen des *Business as Usual* ohnehin erfolgt wäre, d. h., die erfolgte Emissionsminderung darf nicht der *Baseline* entsprechen.

5.3.3.7 Gesondertes Verfahren für kleine CDM-Projekte

Für so genannte Kleinprojekte - definiert über Technologie, Kapazität, Emissionsmenge bzw. Emissionseinsparung, und bei Senkenprojekten über die Treibhausgasbindung - gelten vereinfachte Regelungen und Verfahren für die Anerkennung als CDM-Projekte. Hierdurch soll vermieden werden, dass Projekte geringen Umfangs durch das Anerkennungsverfahren mit prohibitiv hohen Kosten belastet werden. Die Ausarbeitung der vereinfachten Regeln und

Verfahren war Aufgabe des Executive Board, das zu diesem Zweck ein spezielles Expertenpanel einberufen hatte.

Tabelle 5-32: Projekttypen für kleine CDM-Projekte (eigene Darstellung, Datenquelle: UNFCCC 2006)

Projekttypen	Beschreibung für Kleinprojekte
Erneuerbare-Energie-Projekte	mit einer Kapazität bis zu 15 MW, wobei diese als maximale Kapazität zu interpretieren ist, in MW, auf Basis der Angaben des Herstellers.
Energieeffizienzprojekte	die den Energieverbrauch auf der Angebots- oder Nachfrageseite um bis zu 15 GWh (54TJ) p. a. gegenüber dem <i>Business as Usual</i> /verringern
Andere Projektmaßnahmen	die zu Emissionsminderungen führen und selbst weniger als 15 kt CO ₂ , p.a. emittieren

Folgende Vereinfachungen sind für kleine CDM-Projekte beschlossen worden:

- Option zur Bündelung kleiner Projekte zur Erstellung des Project Design Document, Validierung, Registrierung, Monitoring, Verifizierung und Zertifizierung.
- Geringere Anforderungen an das Project Design Document.
- Vereinfachte *Baseline*-Methode und Begründung der Zusätzlichkeit (Standardwerte für CO₂-Äqu.-Minderungen bestimmter Projekttypen und Liste zur Begründung der Zusätzlichkeit), Vernachlässigung von Leckage.
- Vereinfachte Monitoring-Anforderungen,
- Option, nur eine Designated Operational Entity (anstatt zwei) für die Validierung und auch Verifizierung/Zertifizierung zu beauftragen.
- Geringere Registrierungsgebühren für kleine Projekte.

5.3.3.8 Das Bewertungsschema für CDM-Projekte

In der nachfolgenden Tabelle 5-33 wurden ein Bewertungsschema mit relevante CDM-Kriterien von Kap. 5.3.3.1 bis 5.3.3.7 zusammengefasst:

Tabelle 5-33: Bewertungsschema beim CDM-Verfahren (eigene Darstellung)

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Voraussetzungen des Investorlandes (Teilnahmekriterien)			erfüllt		nicht erfüllt
Voraussetzungen des Gastgeberlandes (Teilnahmekriterien)			erfüllt		nicht erfüllt
Kriterium Nachhaltige Entwicklung: Sozial			erfüllt		nicht erfüllt
Kriterium Nachhaltige Entwicklung: Umwelt			erfüllt		nicht erfüllt
Kriterium Nachhaltige Entwicklung: Ökonomie			erfüllt		nicht erfüllt
Einsatz von Entwicklungshilfemitteln			nein		ja
Zusätzlichkeit			ja		nein

Bewertungsschema	✓	☺	☹	☹	☹*
Risikoklasse	I	II	III	IV	V
Bewertungspunkte	4	3	2	1	0
Kleinprojekt	ja		nein		
Bewertungsbeschreibung	sehr gut geeignet	gut geeignet	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeig- net

5.4 Erstellung des Bewertungsmodells für die Biogasnutzung

Um ein Biogasnutzungsprojekt nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten und nach seiner Realisierbarkeit beurteilen zu können, muss es mit der in Kap. 5.1, 5.2 und 5.3 erarbeiteten Referenzwerten und -bedingungen der relevanten Umwelt- und Klimaschutzkriterien verglichen werden. Hierfür bietet sich die Erstellung eines allgemein gültigen Bewertungsmodells an, mit deren Hilfe ein Biogasnutzungsprojekt und seine Eigenschaften in einen vergleichbaren Zahlenwert umgewandelt werden.

5.4.1 Basischeckliste

Die Datenerhebung am Anfang ist der wichtigste Bestandteil der ganzen Untersuchung. Für dieses Projekt wurde vom Verfasser eine Basischeckliste für Deutschland und eine für China entwickelt, wobei viele Fragen und die zugehörigen Antwortoptionen auf die Bewertungskriterien und Antwortmöglichkeiten des Bewertungsschemas zugeschnitten sind. Die zwei Blanko-Checklisten sind in den Anhängen einzusehen.

Die Basischecklisten wurden zwischen den zahlreichen praktischen Projektbeteiligungen bei der UMR GmbH entwickelt, und wurden bei der Vor-Ort-Arbeit für alle Fallbeispiele in vorliegender Arbeit in Deutschland und auch in China eingesetzt.

5.4.2 Bewertungskriterien und -standard nach Umweltaspekten

In der folgenden Tabelle 5-34 haben sich die wirksamen Umweltkriterien im Lauf der vorliegenden Arbeit (vgl. Kap. 5.1 und Kap. 5.2) als wichtige Randbedingungen des Bewertungsmodells herausgestellt:

Tabelle 5-34: Wichtige Bewertungskriterien nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien nach Umweltaspekten
Substratversorgung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Substratarten (Energiepflanzen I, Energiepflanzen II, Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger, Wirtschaftsdünger, Abfall) ➤ Davon: Energiepflanzen I, Energiepflanzen II (Flächenbedarf) ➤ Entfernung des Substratlieferanten zur BGA (nach Substratarten)
Anlagenbau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flächenbedarf ➤ Gebietsnutzung ➤ Schutzgebiet ➤ Abstand zu nächster Wohnbebauung ➤ Abstand zu Oberflächengewässern ➤ Bodenbefestigung des BGA-Geländes ➤ Kanalisation für Sickerwasser ➤ Typen der Lagerung (wasserdicht, luftdicht...) ➤ Dichtung der Fermenter (Bauarten, Größe?) ➤ Gasspeicher ➤ Gasfackel ➤ Endlager (luftdicht od. offen) ➤ Motorentyp (zünd-, gas-)

	Bewertungskriterien nach Umweltaspekten
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bauarten des Schutzraums für BHKW ➤ Lärm
Biogasverwertung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vergärungstemperatur ➤ Nass- oder Trockenvergärung ➤ Art der Substrate ➤ elektrische Leistung des Motors ➤ Einsatz der innovativen Technologie ➤ Arten der Biogasnutzung (direkt, Stromerzeugung selbst benutzen, Stromerzeugung bei Wärmenutzungsstandort, Stromeinspeisung, Erdgasnetz, Kraftstoff) ➤ weitere Verwertung der Gärreste ➤ Gärrestausbringung (Bedarf der Feld-Flächen) ➤ Gärrestverlust ➤ Gärreste von Abfall

In den Tabellen Tabelle 5-35 bis Tabelle 5-37 werden nun die in der Kap. 5.1 und 5.2 sowie in der Tabelle 5-34 erarbeitete Bewertungskriterien und Bewertungsschemen nach Umweltaspekten mit konkreter Punktvergabe und Bewertungsstandard in einer übersichtlichen Ermittlungstabelle vereinigt.

Die Ermittlungstabellen werden hier auch nach drei Hauptteilen der Biogasnutzung separat hergestellt. In folgender Tabelle 5-35 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Substratversorgung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten dargestellt:

Tabelle 5-35: Bewertungsstandards der Substratversorgung (Teil I) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	V	nicht geeignet	0	Energiepflanzen II
	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen I
	III	geeignet	2	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
	II	gut geeignet	3	Abfall
	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
	I	sehr gut geeignet	4	Wirtschaftsdünger
Entfernung der Substratlieferanten (Energiepflanzen)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Anbauflächen > 15km
	III	geeignet	2	Anbauflächen zwischen 10-15km
	II	gut geeignet	3	Anbauflächen zwischen 6-10km
	I	sehr gut geeignet	4	Anbauflächen < 6km,
Entfernung der Substratlieferanten (Wirtschaftsdünger)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	BGA liegt nicht bei Wirtschaftsdüngerlieferant
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	BGA liegt direkt bei Wirtschaftsdüngerlieferant
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Entfernung der Substratlieferanten (Abfall)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Abfalltransport > 12km
	III	geeignet	2	Abfalltransport < 12km
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Flächenbedarf allgemein	V	nicht geeignet	0	Anlage mit Energiepflanzen II
	IV	bedingt geeignet	1	Anlage mit Energiepflanzen I
	III	geeignet	2	Gemischte BGA mit Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger
	II	gut geeignet	3	BGA mit Wirtschaftsdünger
	I - II		3,5	BGA mit Abfall + Wirtschaftsdünger
	I	sehr gut geeignet	4	BGA mit Abfall
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung) (installierte elektrische Leistung ≥ 200kW)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	5.000 + (Größe-200)/100*2.500 m ² ; od. Leistung < 200kW; od. Ohne BHKW
	III	geeignet	2	von 2.500 + (Größe-200)/100*2.500 bis 5.000 + (Größe-200)/100*2.500 m ²
	II	gut geeignet	3	< 2.500 + (Größe-200)/100*2.500 m ²
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Veränderung des Landschaftsbildes (ob Anbauflächen der BGA mit Nachbarflächen ein großes einheitliches Landschaftsbild bilden)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	ja
	III	geeignet	2	nein
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzenanlage
	III	geeignet	2	BGA mit Abfall (und/oder Wirtschaftsdünger) mit anderen Lieferanten; od. Gemischte BGA mit Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger
	II - III		2,5	BGA mit Abfall (und/oder Wirtschaftsdünger), einer mit anderen Lieferanten, einer mit eigener Lieferung
	II	gut geeignet	3	BGA mit Wirtschaftsdünger (und/oder Abfall) mit eigener Lieferung
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt

In folgender Tabelle 5-36 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Anlagenbau der Biogasnutzung nach Umweltaspekten zusammengefasst:

Tabelle 5-36: Bewertungsstandards des Anlagenbaus (Teil II) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung an geplantem Standort)	V	nicht geeignet	0	Wohngebiete sowie Kurgebiete, Krankenhäuser
	IV	bedingt geeignet	1	Mischgebiete, Dorfgebiete
	III	geeignet	2	Gewerbegebiete
	II	gut geeignet	3	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung und Industriegebiete
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Wassergefährdende Stoffe (Standort in grundwassersensiblen Gebiet)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	ja
	III	geeignet	2	nein
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Wassergefährdende Stoffe (Standort in Überschwemmungsgebiet)	V	nicht geeignet	0	ja
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	nein
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	V	nicht geeignet	0	ja
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	nein
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	V	nicht geeignet	0	ja
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	nein
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	V	nicht geeignet	0	< 20m
	IV	bedingt geeignet	1	≥ 20m
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut	4	Klasse nicht belegt

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
		geeignet		
Wassergefährden- de Stoffe (Moto- rentyp des BHKW)	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	Gasmotor
	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (Biogas direkte Nutzung; od. ins Erdgasnetz; oder als Kraftstoff)
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am Standort der BGA)	V	nicht ge- eignet	0	Reine Wohngebiete sowie Kurgebiete, Kran- kenhäuser
	IV	bedingt geeignet	1	Mischgebiete, Dorfgebiete
	III	geeignet	2	Gewerbegebiete
	II	gut ge- eignet	3	Industriegebiete
	I	sehr gut geeignet	4	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Luftverunreinigung (allgemeine Gerü- che)	V	sehr groß	0	BGA mit Abfällen (ohne passenden Schutz- maßnahmen)
	IV	groß	1	BGA mit Abfällen (mit passenden Schutz- maßnahmen)
	III	mittel	2	BGA mit Wirtschaftsdünger
	II	wenig	3	Energiepflanzenanlage
	I	sehr we- nig	4	Klasse nicht belegt
Luftverunreinigung (Abstand zu näch- ster Wohnbebau- ung)	V	nicht ge- eignet	0	< 300m
	IV	bedingt geeignet	1	300 - 500m
	III	geeignet	2	> 500m
	II	gut ge- eignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfa- ckel)	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Luftverunreinigung (Endlager)	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	offenes Endlager
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	Endlager mit Abdeckung
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Luftverunreinigung (Staub und Fein- staub allgemein)	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt	1	Energiepflanzenanlage

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Luftverunreinigung (BHKW)		geeignet		
	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzenanlage
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	BHKW ohne Abgasfilter
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	BHKW mit Abgasfilter
	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (Biogas direkte Nutzung; od. ins Erdgasnetz; oder als Kraftstoff)

In folgender Tabelle 5-37 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Biogasverwertung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten herauskristallisiert:

Tabelle 5-37: Bewertungsstandards der Biogasverwertung (Teil III) nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungs- temperatur	V	nicht geeignet	0	Mehr als 70°C od. weniger als 3°C
	IV	bedingt geeignet	1	3 - 24°C; od. 46 - 70°C; od. instabil
	III	geeignet	2	25 - 36°C od. 43 - 45°C
	II	gut geeignet	3	37 - 42°C
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Biogasnutzungs- arten	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Biogas als Kraftstoff od. ins Erdgasnetz
	III	geeignet	2	Stromerzeugung ohne Wärmenutzung od. direkte Nutzung mit dezentralem Netz
	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung mit Wärmenutzung
	I	sehr gut geeignet	4	Stromerzeugung mit vollständiger Wärmenutzung
Biogasreinigung	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	ja
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Elektrischer Wir- kungsgrad	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	≤ 35%
	III	geeignet	2	35 - 37%

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
	II	gut ge- eignet	3	37 - 40%
	I	sehr gut geeignet	4	> 40%; od. ohne BHKW (direkte Nutzung; Erdgasnetz; als Kraftstoff)
Kraft-Wärme- Kopplung	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja; od. ohne BHKW (direkte Nutzung; ins Erdgasnetz; als Kraftstoff)
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Einsatz von innovativer Technologie	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	nein
	II	gut ge- eignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	ja
Gärrestnutzungs- arten	V	nicht ge- eignet	0	Gärreste können nicht genutzt werden
	IV	bedingt geeignet	1	Gärrestausbringung mehr als 12 km Gärreste können nur nach besonderer Be- handlung genutzt werden
	III	geeignet	2	Gärrestausbringung bis 12km
	II	gut ge- eignet	3	Verarbeitung zu Trockendünger
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt

5.4.3 Bewertungsschema nach Umweltaspekten

Da bei jedem Bewertungsverfahren nicht alle Bewertungskriterien die gleiche Bedeutung haben, werden in vorliegender Arbeit alle Bewertungskriterien in einer dreistufigen Wertigkeit mit den Multiplikatoren 1 (nicht wichtig), 2 (wichtig) und 3 (sehr wichtig) versehen. Aus diesem Grund wurde in der Tabelle 5-38 ein Bewertungsschema mit Punktvorgabe und Multiplikatoren (1 bis 3) für die Bewertung der Biogasnutzung nach Umweltaspekten entwickelt:

Tabelle 5-38: Bewertungsschema nach Umweltaspekten für Biogasnutzung (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multipli- kator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		☠️
			4	3	2	1	0		
Substratver- sorgung (Teil I)	Substratarten	3							
	Entfernung des Substratlieferanten	3							
	Flächenbedarf allgemein	1							
	Grundstücksgröße der Anlage	1							
	Veränderung des Landschaftsbildes	1							

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☠	
			4	3	2	1	0	
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte zum Energiepflanzenanbau)	3						
Summe Punkte Teil I								
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am geplanten Standort)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet?)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet?)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet?)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet?)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1						
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp des BHKW)	3						
	Lärmbelastung	3						
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3						
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2						
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel?)	1						
	Luftverunreinigung (Endlager)	2						
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1						
	Luftverunreinigung (BHKW)	3						
Summe Punkte Teil II								
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1						
	Biogasnutzungsarten	3						
	Biogasreinigung	2						
	Elektrischer Wirkungsgrad	2						
	Kraft-Wärme-Kopplung	3						
	Einsatz von innovativer Technologie	1						
	Gärrestnutzungsarten	3						
Summe Punkte Teil III								
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III							

In folgender Tabelle 5-39 wurden die minimal und maximal mögliche Punktzahlen für das Bewertungsschema nach Umweltaspekten (vgl. Tabelle 5-38) ermittelt:

Tabelle 5-39: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplikator	Punkte insgesamt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
Substratversorgung	Substratarten	0	4	3	0	12
	Entfernung des Substratlieferanten	1	4	3	3	12

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplikator	Punkte insgesamt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
(Teil I)	Flächenbedarf allgemein	0	4	1	0	4
	Grundstücksgröße der Anlage	1	3	1	1	3
	Veränderung des Landschaftsbildes	1	2	1	1	2
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	1	3	3	3	9
Summe Punkte Teil I				12	8	42
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am geplanten Standort)	0	3	1	0	3
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet?)	1	2	1	1	2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet?)	0	2	1	0	2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet?)	0	2	1	0	2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet?)	0	2	1	0	2
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	0	1	1	0	1
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp des BHKW)	1	4	3	3	12
	Lärmbelastung	0	4	3	0	12
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	0	3	3	0	9
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	0	2	2	0	4
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel?)	1	3	1	1	3
	Luftverunreinigung (Endlager)	1	3	2	2	6
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1	2	1	1	2
	Luftverunreinigung (BHKW)	1	4	3	3	12
Summe Punkte Teil II				24	11	72
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	0	3	1	0	3
	Biogasnutzungsarten	1	4	3	3	12
	Biogasreinigung	0	2	2	0	4
	Elektrischer Wirkungsgrad	1	4	2	2	8
	Kraft-Wärme-Kopplung	1	3	3	3	9
	Einsatz von innovativer Technologie	2	4	1	2	4
	Gärrestnutzungsarten	0	3	3	0	9
Summe Punkte Teil III				15	10	49
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III			51	29	163

Mit Hilfe der Ergebnisse von Tabelle 5-39 wurden die Multiplikatoren, die minimalen Punkte und die maximalen Punkte sowie die durchschnittlichen Punkte in folgender Tabelle 5-40 für verschiedener Teile der Biogasnutzung aufgezeigt:

Tabelle 5-40: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Multiplikator	Punkte Min.	Punkte Max.	Punkte durchschnittlich
Substratversorgung	12	8	42	25
Anlagenbau	24	11	72	41,5
Biogasverwertung	15	10	49	29,5
Umweltaspekte insgesamt	51	29	163	96

Im Folgender Tabelle 5-41 wird die Abstufung der Bewertungsklasse der Biogasnutzungsbeurteilung nach Umweltaspekten entwickelt (Teil I: Substratversorgung; Teil II: Anlagenbau; Teil III: Biogasverwertung), um die Gesamtheit der Biogasnutzungsbeurteilung nach Umweltaspekten zu beurteilen:

Tabelle 5-41: Abstufung der Bewertungsklassen der 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Punkte Teil I (Substratversorgung)	Punkte Teil II (Anlagenbau)	Punkte Teil III (Biogasverwertung)	Summe Punkte Umwelt	Risikoklasse
Bis 14	Bis 22	Bis 17	Bis 55	V
15-21	23-35	18-25	56-82	IV
22-28	36-48	26-33	83-109	III
29- 35	49- 61	34- 41	110- 136	II
Mehr als 35	Mehr als 61	Mehr als 41	Mehr als 136	I

Um die Wertigkeiten der drei verschiedenen Teile der Biogasnutzung nach dem Bewertungsschema von der Umweltaspekten deutlich zu vergleichen, wurde folgende *Abbildung 5-3* nach Tabelle 5-40 hergestellt:

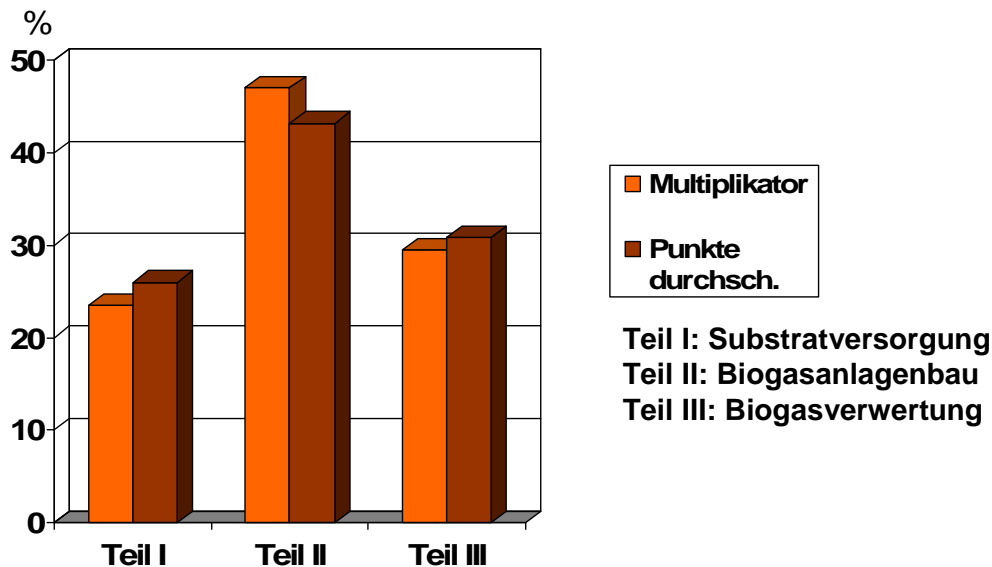


Abbildung 5-3 : Wertigkeit der 3 Teile der Bewertung nach Umweltaspekten im Bewertungsschema (eigene Darstellung)

Abbildung 5-3 zeigt deutlich, dass der Biogasanlagenbau (Teil II der Bewertung nach Umweltaspekten, eigentlich enthält der die Hauptteile der Biogasanlage sowie Betrieb) mit über 40% der gesamten Wertigkeit (Multiplikator und auch durchschnittliche Punkte) für die Biogasnutzung der wichtigste Teil der Bewertung nach Umweltaspekten ist. Die Biogasverwertung (Teil III) liegt mit ca. 30% auf dem zweiten Platz. Die Substratversorgung hat dagegen mit über 20% der gesamten Wertigkeit einen relativ geringeren Einfluss für die Bewertungen nach Umweltaspekten.

Das in diesem Kapitel hergestellte Bewertungsschema nach Umweltaspekten für Biogasnutzung ist grundsätzlich auf den Deutschen Standards aufgebaut. Für China wird das Bewertungsschema für Deutschland übernommen, obwohl es im Bereich der Biogasnutzung große

Unterschiede zwischen Deutschland und China gibt. Für den Modellanwendungsbereich in China wurden Haushaltsbiogasanlagen und Deponieanlagen ausgeschlossen.

5.4.4 Bewertungskriterien und -standard nach Klimaschutzaspekten

Wie die Ermittlung der Bewertungskriterien und -standard nach Umweltaspekten (vgl. Kap. 5.4.2) werden folgende wichtige Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten in Tabelle 5-42 als wichtige Randbedingungen des Bewertungsmodells zusammengefasst:

Tabelle 5-42: Wichtige Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Teile der Biogasnutzung	Bewertungskriterien nach Umweltaspekten
Substratversorgung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ N₂O-Emission aus dem Energiepflanzenanbau, sowie der verwendeten Düngemittel und Bodenverbesserer ➤ Treibhausgasemission durch verschiedene Substrate ➤ Treibhausgasemission durch Abgas beim Substrattransport ➤ Treibhausgasemission bei der Substratlagerung ➤ Gutschriften für den Einsatz von Wirtschaftsdüngern und Abfällen
Anlagenbau	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Indirekte Treibhausgasemission in Abhängigkeit von der Lebensdauer der Anlagen ➤ Indirekte Treibhausgasemission in Abhängigkeit von verschiedenen Baumaterialien ➤ Methan-Emission von Gärgasen aus dem Endlager ➤ Gasfackel ➤ Eigener Energieverbrauch in Abhängigkeit von extra gebauten Nebeneinrichtungen
Biogasproduktion und -verwertung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eigener Energieverbrauch ➤ Treibhausgasemissionsreduzierung durch Biogasreinigung ➤ Treibhausgasemission von unverbranntem Biogas und Abgas bei der Biogasverbrennung ➤ Biogasverlustpotential in Abhängigkeit von verschiedenen Bauarten der Gasspeicher ➤ Treibhausgasemission von Abgas der Nebeneinrichtungen bei Biogasproduktion und -verwertung ➤ Treibhausgasemission in Abhängigkeit von Formen der Gärreste ➤ Treibhausgasemission in Abhängigkeit von Gärrestnutzungsarten
CDM-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Verfügt über DNA (Investorland) ➤ Ratifikation des Kyoto-Protokolls (Investorland) ➤ Bestimmung des Assigned Amount (Investorland) ➤ Etablierung eines computerisierten Registers (Investorland) ➤ Etablierung eines nationalen Systems zur Abschätzung der Treibhausgasemissionen und Speicherung durch Senken (Investorland) ➤ Einreichung zusätzlicher Informationen über den Assigned Amount (Investorland) ➤ Verfügt über DNA (Gastgeberland) ➤ Ratifikation des Kyoto-Protokolls (Gastgeberland) ➤ nicht Anlage-I-Staat (Gastgeberland) ➤ Einwilligung des Gastgeberlandes ➤ Nachhaltige Entwicklung (Sozial) ➤ Nachhaltige Entwicklung (Umwelt) ➤ Nachhaltige Entwicklung (Ökonomie) ➤ Kein Einsatz von Entwicklungshilfemitteln ➤ Zusätzlichkeit ➤ Anerkennung als Kleinprojekt

In den Tabellen Tabelle 5-43 bis Tabelle 5-46 werden die in der Kap. 5.3 und in der Tabelle 5-42 erarbeitete Bewertungskriterien und Bewertungsschemen nach Klimaschutzaspekten

mit konkreter Punktvergabe und Bewertungsstandard in einem übersichtlichen Ermittlungstabelle vereinigt. Die Ermittlungstabellen werden hier nach den vier Hauptteilen der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für Biogasnutzung separat hergestellt. In folgender Tabelle 5-43 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten zusammengefasst:

Tabelle 5-43: Bewertungsstandards der Substratversorgung (Teil I) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen
	III	geeignet	2	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger und/oder Abfall
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen
			1,5	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
	III	geeignet	2	Wirtschaftsdünger
	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
	II	gut geeignet	3	Abfall
Treibhausgasemission beim Substrattransport	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Transportentfernung mehr als 12km
	III	geeignet	2	Transportentfernung bis 12km; od. gemischte Substrate, Transportentfernung mehr als 12km, mit eigener Lieferung
	II - III		2,5	Gemischte Substrate, Transportentfernung bis 12km, mit eigener Lieferung
	II	gut geeignet	3	Substratlieferant direkt bei der BGA
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	V	sehr groß	0	Abfall für Deponie
	IV	groß	1	Energiepflanzen
	III - IV		1,5	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
	III	mittel	2	Wirtschaftsdünger
			2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
	II	wenig	3	Abfall allgemein
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge-	3	Klasse nicht belegt

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
		eignet		
	I	sehr gut geeignet	4	ja

In folgender Tabelle 5-44 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten zusammengefasst:

Tabelle 5-44: Bewertungsstandards des Anlagenbaus (Teil II) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre BGA	V	nicht geeignet	0	Bis 10 Jahre
	IV	bedingt geeignet	1	11-20 Jahre
	III	geeignet	2	Mehr als 20 Jahre
	II	gut geeignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Baumaterialien (Fermenter)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Aus Beton
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	Aus Stahl und Beton
	I	sehr gut geeignet	4	Aus Stahl
Endlager mit Abdeckung	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	
	I	sehr gut geeignet	4	ja
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Direkte Nutzung mit dezentralem Netz; Einspeisung ins Erdgasnetz; Nach Verarbeitung Nutzung als Kraftstoff
	III	geeignet	2	Stromerzeugung mit Einspeisung ins Netz
	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung nur mit eigener Nutzung
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Gasfackel	V	nicht geeignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt

In folgender Tabelle 5-45 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten zusammengefasst:

Tabelle 5-45: Bewertungsstandards der Biogasverwertung (Teil III) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energie- verbrauch	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Aus öffentlichem Stromnetz
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	Aus eigenem Biogasstrom, im Notfall aus öf- fentlichem Stromnetz
	I	sehr gut geeignet	4	Aus eigenem Biogasstrom
Wärmenutzung allgemein	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Wird nicht genutzt
	III	geeignet	2	Bis 50% genutzt; od. direkte Nutzung von Biogas; od. ins Erdgasnetz; od. als Kraftstoff
	II	gut ge- eignet	3	Mehr als 50% genutzt
	I	sehr gut geeignet	4	Wird vollständig genutzt
Biogasnutzungsar- ten (Biogasver- lustpotential und extra Bebauung)	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Direkte Nutzung mit dezentralem Netz; Einspeisung ins Erdgasnetz; Wird nach der Verarbeitung als Kraftstoff ge- nutzt
	III	geeignet	2	Stromerzeugung mit Einspeisung ins Netz
	II	gut ge- eignet	3	Stromerzeugung mit eigener Nutzung
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Motorentyp	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	Gasmotor
	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (direkte Biogasnutzung; od. ins Erdgasnetz; oder als Kraftstoff)
Gärrestnutzungs- arten	V	nicht ge- eignet	0	Gärreste können nicht genutzt werden
	IV	bedingt geeignet	1	Gärrestausbringung mehr als 12 km Gärreste können nur nach gesonderter Be- handlung genutzt werden
	III	geeignet	2	Gärrestausbringung bis 12 km; od. Verarbeitung zu Trockendünger + Gärrest- ausbringung mehr als 12 km
	II - III		2,5	Verarbeitung zu Trockendünger + Gärrest-

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Biogasreinigung				ausbringung bis 12 km
	II	gut ge- eignet	3	Verarbeitung zu Trockendünger
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenutzung	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	ohne BHKW (direkte Biogasnutzung; od. ins Erdgasnetz; oder als Kraftstoff)
	II	gut ge- eignet	3	ja

In folgender Tabelle 5-46 werden die Punktvergabe, Bewertungsstandard sowie Risikoklasse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten zusammengefasst:

Tabelle 5-46: Bewertungsstandards des CDM-Verfahrens (Teil IV) nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	nein
	III	geeignet	2	noch nicht definiert
	II	gut ge- eignet	3	Klasse nicht belegt
	I	sehr gut geeignet	4	ja
gesetzliche Un- terstützung für CDM-Verfahren (Investorland)	V	nicht ge- eignet	0	Keine extra gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren
	IV	bedingt geeignet	1	Politik mit ausführlichen Durchführungsmaßnahmen; od. noch kein festes Investorland
	III	geeignet	2	Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
	II	gut ge- eignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Investorland (Ra- tifikation des Kyo- to-Protokolls)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	V	nicht geeignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut geeignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	V	nicht geeignet	0	Keine extra gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren
	IV	bedingt geeignet	1	Politik mit ausführlichen Durchführungsmaßnahmen
	III	geeignet	2	Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
	II	gut ge-	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführli-

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
		eignet		che Durchführungsmaßnahmen
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Gastgeberland (freiwillige Teil- nahme an CDM)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Antragsverfahren für CDM-Projekt	V	nicht ge- eignet	0	Keine Zulassung von DNA des Gastgeber- lands
	IV	bedingt geeignet	1	zugelassen von DNA des Gastgeberlands
	III	geeignet	2	Registrierung bei EB
	II	gut ge- eignet	3	Ausstellung der CER
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Nachhaltige Ent- wicklung für Gastgeberland (Sozial)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Nachhaltige Ent- wicklung für Gastgeberland (Umwelt)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Nachhaltige Ent- wicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Einsatz von Ent- wicklungshilfemit- teln bei der Pro- jektfinanzierung	V	nicht ge- eignet	0	ja
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	nein
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Zusätzlichkeit (Klimaschutzpoli- tik des Gastge- berlandes)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Zusätzlichkeit (Projekt ist renta- bel)	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Klasse nicht belegt
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Passende <i>Base- line</i> -Methoden	V	nicht ge- eignet	0	nein
	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht difiniert
	III	geeignet	2	Neue Methode
	II	gut ge- eignet	3	ja
	I	sehr gut geeignet	4	Klasse nicht belegt
Kleinprojektver- fahren	V	nicht ge- eignet	0	Klasse nicht belegt
	IV	bedingt geeignet	1	Klasse nicht belegt
	III	geeignet	2	nein
	II	gut ge- eignet	3	ja, aber noch keine Zulassung
	I	sehr gut geeignet	4	ja, mit Zulassung

5.4.5 Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland

Da nach dem Kyoto-Protokoll Deutschland nur als Investorland agieren kann (vgl. Kyoto-Protokoll und Kap. 5.3.3), können die Biogasnutzungsprojekte in Deutschland nach Klimaschutzaspekten für Teil IV (CDM-Verfahren) nur für das Investorland bewertet werden. So wird das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland und das Bewertungsschema für China separat erstellt.

Wie bei der Entwicklung des Bewertungsschemas nach Umweltaspekten (vgl. 5.4.3) wurde in der Tabelle 5-47 ein Bewertungsschema mit Punktvergabe und Multiplikatoren (1 bis 3) für Bewertung der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten in Deutschland entwickelt:

Tabelle 5-47: Zusammenstellung: Bewertung der Ergebnisse nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		☠️
				4	3	2	1		0
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1							
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2							
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1							
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3							
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3							
Summe Punkte Teil I									
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2							
	Baumaterialien (Fermenter)	2							
	Endlager mit Abdeckung	3							
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1							
	Gasfackel	1							
Summe Punkte Teil II									
Biogaswertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3							
	Wärmenutzung allgemein	3							
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1							
	Motorentyp	3							
	Gärrestnutzungsarten	3							
	Biogasreinigung	1							
	Gutschriften für Wärmenutzung	2							
Summe Punkte Teil III									
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3							
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	2							
Summe Punkte Teil IV									
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV								

In folgender Tabelle 5-48 wurden die minimal und maximal mögliche Punktzahlen für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (vgl. Tabelle 5-43 bis Tabelle 5-47) ermittelt:

Tabelle 5-48: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die Bewertung nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplikator	Punkte insgesamt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
Substratversorgung	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1	3	1	1	3

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplikator	Punkte insgesamt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
(Teil I)	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	1	3	2	2	6
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1	3	1	1	3
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	0	3	3	0	9
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	1	4	3	3	12
Summe Punkte Teil I				10	<u>7</u>	<u>33</u>
Anlagenbau(Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	0	2	2	0	4
	Baumaterialien (Fermenter)	1	4	2	2	8
	Endlager mit Abdeckung	1	4	3	3	12
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1	3	1	1	3
	Gasfackel	1	3	1	1	3
Summe Punkte Teil II				9	<u>7</u>	<u>30</u>
Biogasverwertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	1	4	3	3	12
	Wärmenutzung allgemein	1	4	3	3	12
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1	3	1	1	3
	Motorentyp	1	4	3	3	12
	Gärrestnutzungsarten	0	3	3	0	9
	Biogasreinigung	1	3	1	1	3
	Gutschriften für Wärmenutzung	1	3	2	2	6
Summe Punkte Teil III				16	<u>13</u>	<u>57</u>
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	1	4	3	3	12
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	0	3	2	0	6
Summe Punkte Teil IV				5	<u>3</u>	<u>18</u>
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV			40	<u>30</u>	<u>138</u>
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz				<u>59</u>	<u>301</u>

Mit Hilfe der Ergebnisse von Tabelle 5-48 wurden die Multiplikatoren, Minimalpunkte und Maximalpunkte sowie durchschnittlichen Punkte in folgender Tabelle 5-49 für verschiedener Teile der Biogasnutzung für Bewertung nach Klimaschutzaspekten mit der Summe der Punkte für Umwelt und Klimaschutz in Deutschland zusammengefasst:

Tabelle 5-49: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten und Gesamtbewertung für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung)

Themenbereich der Bewertung	Multiplikator	Punkte Min.	Punkte Max.	Punkte durchschnittlich
Substratversorgung	10	7	33	20
Anlagenbau	9	7	30	18,5
Biogasverwertung	16	13	57	35
CDM-Verfahren	5	3	18	10,5
Klimaschutzaspekte insgesamt	40	30	138	84
Umweltaspekte insgesamt	51	29	163	96
Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz	91	59	301	180

In Tabelle 5-50 wird die Abstufung der Bewertungsklasse der Biogasnutzungsbewertung nach Klimaschutzaspekten in Deutschland entwickelt (Teil I: Substratversorgung; Teil II: Anlagenbau; Teil III: Biogasverwertung; Teil IV: CDM-Verfahren), um die Gesamtheit der Biogasnutzungsbewertung nach Klimaschutzaspekten zu beurteilen:

Tabelle 5-50: Abstufung der Bewertungsklassen der 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in Deutschland (eigene Darstellung)

Punkte Teil I (Substrat- versorgung)	Punkte Teil II (Anlagenbau)	Punkte Teil III (Biogasver- wertung)	Punkte Teil IV (CDM- Verfahren)	Summe Punkte Kli- maschutz	Risikoklasse
Bis 12	Bis 10	Bis 21	Bis 5	Bis 51	V
13-17	11-15	22-30	6-8	52-73	IV
18-22	16-20	31-39	9-11	74-95	III
23- 27	21- 25	39- 47	12-15	96- 117	II
Mehr als 27	Mehr als 25	Mehr als 47	Mehr als 15	Mehr als 117	I

Um die Wertigkeiten der vier verschiedenen Teile der Biogasnutzung nach dem Bewertungs-
schema von den Klimaschutzaspekten in Deutschland deutlich zu vergleichen, wurde folgen-
de *Abbildung 5-4* nach der Tabelle 5-49 hergestellt:

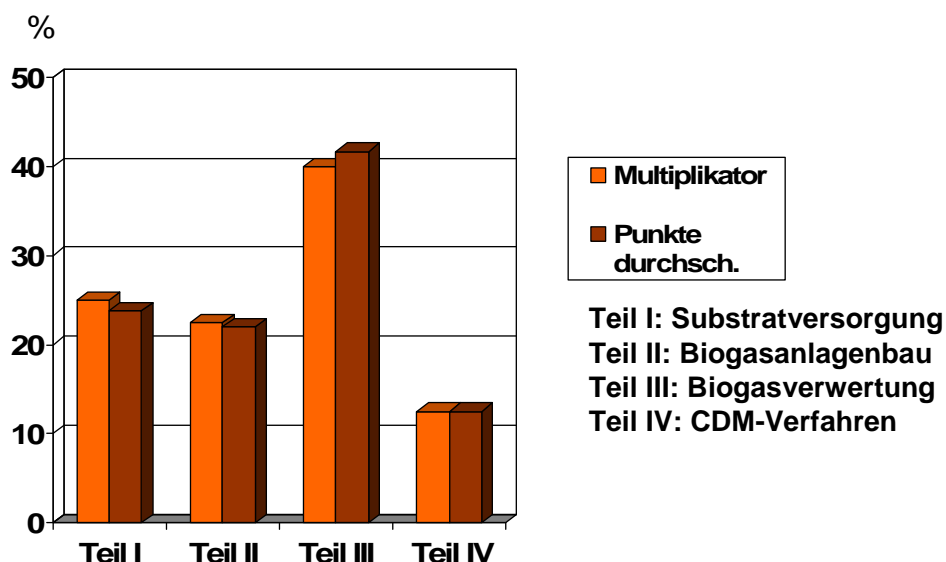


Abbildung 5-4 : Wertigkeiten der Multiplikatoren und der durchschnittlichen Punkte von der 4 Themenbereiche für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (eigene Darstellung)

Abbildung 5-4 zeigt deutlich, dass die Biogasverwertung (Teil III) mit ca. 40% der gesamten Wertigkeit (Multiplikator und auch durchschnittliche Punkte) für die Biogasnutzung in Deutschland der wichtigste Teil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten ist. Das CDM-Verfahren (Teil IV) hat dagegen mit knapp über 10% der gesamten Wertigkeit einen relativ geringeren Einfluss für die Bewertungen nach Klimaschutzaspekten in Deutschland.

5.4.6 Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in China

Es wird versucht, das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in China dem in Deutschland entsprechend zu halten, aber für das Thema „CDM-Verfahren“ müssen mehrere

CDM-Kriterien in China herangezogen werden, da die Biogasnutzungsprojekte in China nach Kyoto-Protokoll als CDM-Projekte anerkannt werden können (vgl. Kap. 5.3.3).

Gleich wie das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland (vgl. 5.4.5) wurde in der Tabelle 5-51 ein Bewertungsschema mit Punktvergabe und Multiplikatoren (1 bis 3) für die Bewertung der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten in China entwickelt:

Tabelle 5-51: Zusammenstellung: Bewertung der Ergebnisse nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte						Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹	☹	
			4	3	2	1	0		
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1							
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2							
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1							
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3							
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3							
Summe Punkte Teil I									
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2							
	Baumaterialien (Fermenter)	2							
	Endlager mit Abdeckung	3							
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1							
	Gasfackel	1							
Summe Punkte Teil II									
Biogaswertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3							
	Wärmenutzung allgemein	3							
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1							
	Motorentyp	3							
	Gärrestnutzungsarten	3							
	Biogasreinigung	1							
Gutschriften für Wärmenutzung	2								
Summe Punkte Teil III									
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3							
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Investorland)	2							
	Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2							
	Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1							
	Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	1							
	Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2							
	Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1							

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		🚫
				4	3	2	1		0
	Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	1							
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	2							
	Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	1							
	Antragsverfahren von CDM-Projekten	1							
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	1							
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	3							
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	1							
	Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	1							
	Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	1							
	Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	2							
	Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	1							
	Passende <i>Baseline</i> -Methoden	2							
	Kleinprojektverfahren	1							
	Summe Punkte Teil IV								
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV								
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz								

In folgender Tabelle 5-52 wurden die minimal und maximal mögliche Punktzahlen für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in China ermittelt:

Tabelle 5-52: Zusammenstellung der Punkteverteilung mit Multiplikatoren der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplikator	Punkte insgesamt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1	3	1	1	3
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	1	3	2	2	6
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1	3	1	1	3
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	0	3	3	0	9
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	1	4	3	3	12
Summe Punkte Teil I				10	<u>7</u>	<u>33</u>
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	0	2	2	0	4
	Baumaterialien (Fermenter)	1	4	2	2	8
	Endlager mit Abdeckung	1	4	3	3	12
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1	3	1	1	3
	Gasfackel	1	3	1	1	3
Summe Punkte Teil II				9	<u>7</u>	<u>30</u>

	Bewertungskriterien	Punkte		Multiplika- tor	Punkte insge- samt	
		Min.	Max.		Min.	Max.
Biogasver- wertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	1	4	3	3	12
	Wärmenutzung allgemein	1	4	3	3	12
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlust- potential und extra Bebauung)	1	3	1	1	3
	Motorentyp	1	4	3	3	12
	Gärrestnutzungsarten	0	3	3	0	9
	Biogasreinigung	1	3	1	1	3
	Gutschriften für Wärmenutzung	1	3	2	2	6
Summe Punkte Teil III				16	<u>13</u>	<u>57</u>
CDM- Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	1	4	3	3	12
	gesetzliche Unterstützung für CDM- Verfahren	0	3	2	0	6
	Investorland (Ratifikation des Kyoto- Protokolls)	0	3	2	0	6
	Investorland (für CDM zuständige Behör- de, DNA - Designated National Authority)	0	3	1	0	3
	Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	0	3	1	0	3
	Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto- Protokolls)	0	3	2	0	6
	Gastgeberland (für CDM zuständige Be- hörde, DNA - Designated National Authori- ty)	0	3	1	0	3
	Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	0	3	1	0	3
	gesetzliche Unterstützung für CDM- Verfahren (Gastgeberland)	0	3	2	0	6
	Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	0	3	1	0	3
	Antragsverfahren für CDM-Projekt	0	3	1	0	3
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	0	3	1	0	3
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	0	3	3	0	9
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	0	3	1	0	3
	Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	0	3	1	0	3
	Zusätzlichkeit (Anwendung von Technolo- gien)	0	3	1	0	3
	Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	0	3	2	0	6
	Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	0	3	1	0	3
	Passende <i>Baseline</i> -Methoden	0	3	2	0	6
	Kleinprojektverfahren	2	4	1	2	4
Summe Punkte Teil IV				30	<u>5</u>	<u>94</u>
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV			65	<u>32</u>	<u>214</u>
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz				<u>61</u>	<u>377</u>

Mit Hilfe der Ergebnisse von Tabelle 5-52 wurden die Multiplikatoren, Minimalpunkte und Maximalpunkte sowie durchschnittlichen Punkte in folgender Tabelle 5-53 für verschiedene Teile der Biogasnutzung für Bewertung nach Klimaschutzaspekten mit der Summe der Punkte für Umwelt und Klimaschutz in China zusammengefasst:

Tabelle 5-53: Zusammenstellung für Punkteverteilung mit Multiplikatoren für die 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten und Gesamtbewertungen für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung)

Themenbereich der Bewertung	Multiplikator	Punkte Min.	Punkte Max.	Punkte durchschnittlich
Substratversorgung	10	7	33	20
Anlagenbau	9	7	30	18,5
Biogasverwertung	16	13	57	35
CDM-Verfahren	30	5	94	49,5
Summe Punkte Klimaschutz	65	32	214	123
Summe Punkte Umwelt	51	29	163	96
Ergebnisse Umwelt und Klimaschutz	116	61	377	219

Im Folgender Tabelle 5-54 wird die Abstufung der Bewertungsstufe der Biogasnutzungsbeurteilung nach Klimaschutzaspekten in China entwickelt (Teil I: Substratversorgung; Teil II: Anlagenbau; Teil III: Biogasverwertung; Teil IV: CDM-Verfahren), um die Gesamtheit der Biogasnutzungsbeurteilung nach Klimaschutzaspekten zu beurteilen:

Tabelle 5-54: Abstufung der Bewertungsstufe der 4 Teile der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das Bewertungsschema in China (eigene Darstellung)

Punkte Teil I (Substratversorgung)	Punkte Teil II (Anlagenbau)	Punkte Teil III (Biogasverwertung)	Punkte Teil IV (CDM-Verfahren)	Summe Punkte Klimaschutz	Risikoklasse
Bis 12	Bis 10	Bis 21	Bis 22	Bis 68	V
13-17	11-15	22-30	23-40	69-105	IV
18-22	16-20	31-39	41-58	106-142	III
23- 27	21- 25	39- 47	59-76	143-179	II
Mehr als 27	Mehr als 25	Mehr als 47	Mehr als 76	Mehr als 179	I

Die Wertigkeiten der vier verschiedenen Teile der Biogasnutzung für das Bewertungsschema von Klimaschutzaspekten in China sind deutlich zu vergleichen (vgl. Tabelle 5-53 und *Abbildung 5-5*): CDM-Verfahren (Teil IV) ist mit über 40% (Multiplikator und durchschnittliche Punkte) die wichtigste Teil für das Bewertungsschema von Klimaschutzaspekten in China.

5.4.7 Unterschiede des Bewertungsschemas zwischen Deutschland und China

Wie schon in Kap. 5.4.5 und 5.4.6 diskutiert, wurde versucht, die Bewertungen für Deutschland und China nach einem möglichst gleichen Schema durchzuführen. Für die Bewertungen nach Umweltaspekten ist dies gelungen, aber für die Bewertungen nach Klimaschutzaspekten konnte dies nur zu 3/4 realisiert werden. Dies bedeutet, dass 3 von insgesamt 4 Bewertungsteilen der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten in Deutschland und in China gleich geblieben sind. Nur für das CDM-Verfahren ist für Deutschland und China ein unterschiedlicher Tarif herangezogen worden. Dieser größte Unterschied (das CDM-Verfahren) hat direkt die Bewertungsschemen in Deutschland und China geändert, die folgende *Abbildung 5-5* zeigt graphisch die Unterschieden der Wertigkeiten von der 4 Teile für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten zwischen Deutschland und China:

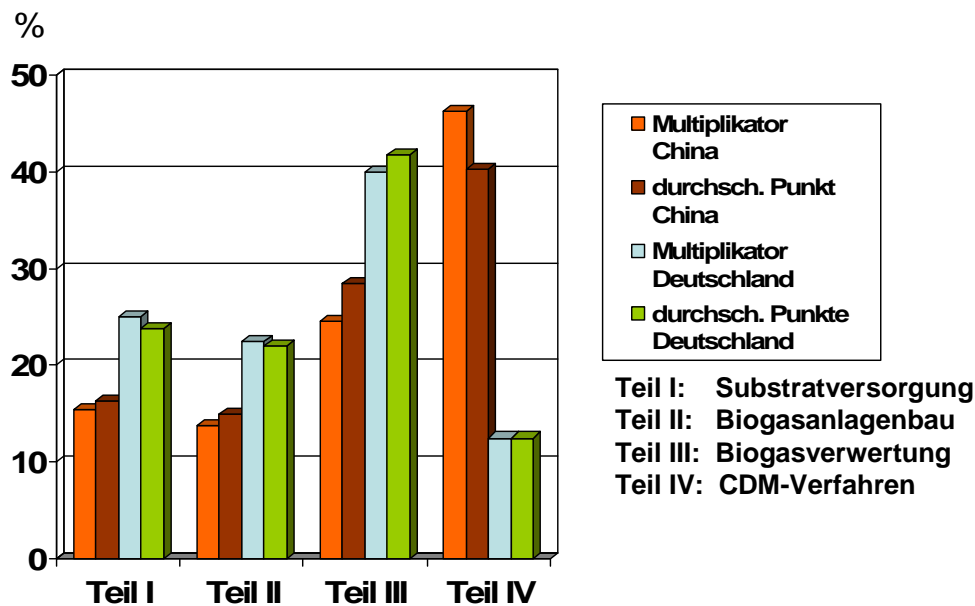


Abbildung 5-5 : Wertigkeitenvergleich der 4 Teile für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten zwischen Deutschland und China (eigene Darstellung)

Im Vergleich mit den Wertigkeiten der Multiplikatoren und der durchschnittlichen Punkte für das Bewertungsschema nach Klimaschutzaspekten in Deutschland und China (vgl. *Abbildung 5-5*) zeigt deutliche Abweichungen.

Das CDM-Verfahren (Teil IV) ist mit über 40% an der Gesamtbewertung für die Biogasnutzung in China der wichtigste Teil der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten, im Gegensatz leistet es in Deutschland mit knapp über 12% an der Gesamtbewertung der geringsten Bewertungsanteil der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten. Die Biogasverwertung (Teil III) in China liegt mit ca. 25% nur auf dem zweiten Platz. Aber sie ist in Deutschland mit ca. 40% der wichtigste Bewertungsteil. Nach der Meinungen des Autors sind die folgenden Gründe sind denkbar:

- CDM-Verfahren ist die wichtigste und erfolgreichste internationale Klimaschutzmaßnahme
- CDM-Verfahren ist durch Kyoto-Protokoll weltweit anerkanntbar
- Biogasnutzungsprojekt in Deutschland kann nicht als CDM-Projekt anerkannt werden
- CDM-Verfahren ist mit seiner zusätzlichen Wirtschaftlichkeit schon ein wichtige Motiv für Biogasnutzung in China geworden

In folgenden Tabelle 5-55 und Tabelle 5-56 wird die Abstufung der Bewertungsklasse der gänzlichen Biogasnutzungsbewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten in China und Deutschland zusammengefasst, um die Gesamtheit der Biogasnutzungsbewertung für China und Deutschland zu beurteilen und vergleichen:

Tabelle 5-55: Abstufung der Bewertungsklasse der Gesamtbewertungsergebnisse für das Bewertungsschema für China (eigene Darstellung)

Summe Punkte Umwelt	Summe Punkte Klimaschutz	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz	Risikoklasse
Bis 55	Bis 68	Bis 123	V
56-82	69-105	124-187	IV
83-109	106-142	188-251	III
110- 136	143-179	252-315	II
Mehr als 136	Mehr als 179	Mehr als 315	I

Tabelle 5-56: Abstufung der Bewertungsklasse der Gesamtbewertungsergebnisse für das Bewertungsschema für Deutschland (eigene Darstellung)

Summe Punkte Umwelt	Summe Punkte Klimaschutz	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz	Risikoklasse
Bis 55	Bis 51	Bis106	V
56-82	52-73	107-155	IV
83-109	74-95	156-204	III
110- 136	96- 117	205-253	II
Mehr als 136	Mehr als 117	Mehr als 253	I

Für das ganze Bewertungsschema für Deutschland und für China gibt es folgende wichtige Unterschiede:

- Bei Deutschland ist nach der Summe der Punkte die Bewertung nach den Umweltaspekten der wichtigere Teil des Bewertungsschemas. Dagegen ist bei China die Bewertung nach den Klimaschutzaspekten der wichtigere Teil des Bewertungsschemas.
- Für beide Länder kamen nur für das CDM-Verfahren (Teil IV nach Klimaschutzaspekten) ganz unterschiedliche Bewertungskriterien zur Anwendung. Der direkte Erfolg ist abhängig von der Wertigkeit des CDM-Verfahren, da es für das ganze Bewertungsmodell für China der wichtigste Punkt ist. Für Deutschland dagegen ist es unwichtig.

5.5 Anwendung des Bewertungsmodells auf Fallbeispiele

Um die Anwendbarkeit des in Kap. 5.4 erarbeiteten Bewertungsmodells zu demonstrieren, wird nun im aktuellen Kapitel anhand von insgesamt 6 Beispielbiogasnutzungsprojekte die Vorgehensweise des Bewerbungsverfahrens präsentiert.

5.5.1 Fallbeispiele in Deutschland

Die für die Demonstration des Bewertungsmodells gesuchten Referenzprojekte sollten von den 18 Biogasnutzungsprojekte, welche der Autor bei der UMR beteiligt hat, ausgewählt werden, und nach Substratarten, installierter elektrischer Leistung, Verfahrenstechnik, Art der Biogasnutzung sowie Gärrestnutzung vergleichbar sein.

5.5.1.1 Deutschland-Beispielanlage 1

Die Deutschland-Beispielanlage 1 (siehe *Abbildung 5-6, Abbildung 5-7*) liegt an dem Landkreis Celle im Osten Niedersachsen. Die Anlage befindet sich nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete. Die Umriss dieser Beispielanlage und die Übersichtskarte Deutschlands mit Kennzeichnung der betroffenen Region werden in

folgender *Abbildung 5-6* auf dem Luftbild gezeigt (Anlage war zum Aufnahmezeitpunkt bei Google Earth noch nicht errichtet):

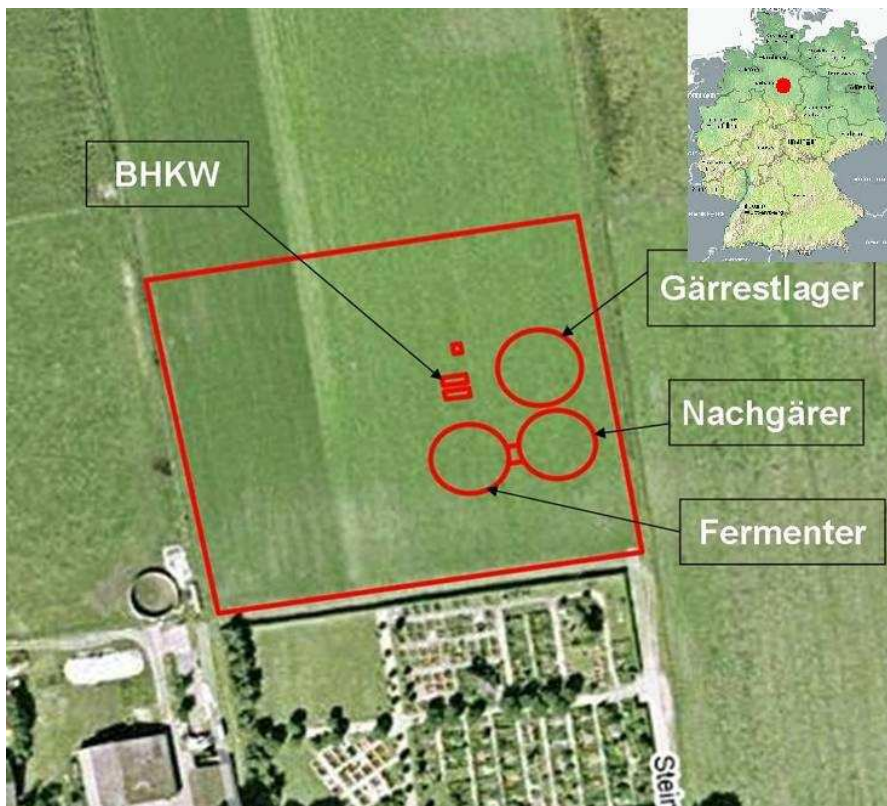


Abbildung 5-6: Luftbild der Deutschland-Beispielanlage 1 mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (Anlagenumrisse mit roten Linien) (UMR 2007; Google Earth, License ID: 561092887602642)



Abbildung 5-7 : Überblick der Deutschland-Beispielanlage 1 (Foto von CHENXING WANG)

Die Deutschland-Beispielanlage 1 liegt zwar in einem landwirtschaftgenutzten Gebiet, aber direkt an der Grenze zu einem Dorfgebiet. Der Abstand zu nächster Wohnbebauung beträgt weniger als 300 m. Bei dieser Beispielbiogasanlage gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer.

Diese Beispielanlage wird ausschließlich mit Energiepflanzen (Maissilage) betrieben. Mit einer elektrischen Leistung von 550 kW braucht die Anlage 1 ca. 10.000 t Maissilage mit über 30% Trockenmassegehalt pro Jahr, dies beträgt umgerechnet in benötigte Anbaufläche ca. 242 ha. Die Substratversorgung dieser Beispielanlage ist durch Dauerlieferungsverträge mit verschiedenen Landwirten realisiert. Vor Ort befinden sich zwei Siloplatten mit insgesamt 5.000 m² Lagerfläche. Der Hauptfermenter hat eine Nettovolumengröße von 2.500 m³, der Nachgärer von 2.500 m³ und das Endlager von 3.200 m³. Hauptfermenter und Nachgärer sind mit einem Folienspeicher und mit einem Tauchmotorrührwerken ausgestattet. Das Endlager ist unbedeckt.

Eine kurze technische Beschreibung für die Deutschland-Beispielanlage 1 wird in der folgenden Tabelle 5-57 wiedergegeben:

Tabelle 5-57: Kurze technische Beschreibung der Deutschland-Beispielanlage I (eigene Darstellung)

Maissilage als einziges Substrat	Die Energie stammt aus den zugeführten Energiepflanzen. Maissilage ist das einzige Substrat der Anlage 1. Für die Grundaustlastung der Biogasanlage sind ca. 10.000 t Maissilage veranschlagt.
Substratzuführung	Die Silage wird über den so genannten Feststoffdirekteintrag, bestehend aus dem Annahme- und Dosierbunker und der Fördereinrichtung, zugeführt. Der Bunker nimmt bis zu zwei Tagesmengen auf und ist mit einem Messsystem ausgestattet, welches die zugeführte Substratmenge registriert und speichert. Über die zentrale Steuerung wird der Zuführungsrhythmus prozessoptimiert geführt. So ist die gleichmäßige Rohstoffversorgung rund um die Uhr sichergestellt. Vom Bunker transportiert eine Fördereinrichtung die Silage in den Fermenter. Dort wird das Substrat zur Beimischung untergerührt. Stoffzufuhr und Rührtätigkeit werden optimal aufeinander abgestimmt und automatisch von der zentralen Steuerung geführt. Mit dieser Technologie wird sichergestellt, dass Fermenter im Fehlerfall nicht leer laufen kann und keine zusätzliche Gasschleuse benötigt wird.
Zwei-Fermenter-Technologie	Die Vergärung erfolgt in wärmegeämmten, beheizten Fermentern. Es wird eine zweistufige Anlage mit zwei stehenden Betonfermentern gebaut. Um eine optimale Gasausbeute zu erzielen, muss das Faulraumvolumen ausreichend groß bemessen werden. Die Fermenter sind mit einem Bruttonutzvolumen von jeweils ca. 2.500 m ³ geplant, so dass die erfolgskritischen Werte „Faulraumbelastung oTS“ und „Gasbildung je cbm Faulraum“ zu den dafür in der Literatur benannten Grenzwerten deutliche Sicherheitsreserven aufweisen. Beide Fermenter sind mit verstellbaren Tauchrührwerken ausgestattet, die an die besonderen Umgebungsbedingungen in der Biogasanlage angepasst sind. Zur Aufheizung des Gärsubstrats werden die Fermenter mit einer Heizeinrichtung ausgerüstet. In der Regel werden hierfür PVC-Rohre verwendet, die an der Fermenterrinnenwand als umlaufender Ring befestigt sind.
Stoffstrom	Der Stoffstrom ist so organisiert, dass das Substratgemisch ca. 70 Tage im Hauptfermenter verweilt und von hier sukzessive in den Nachgärer fließt. Auch hier ist eine Verweilzeit von ca. 70 Tagen vorgesehen. Mit der Gesamtverweilzeit von ca. 140 Tagen wird das Gasbildungsvermögen des Substrates im Wesentlichen ausgeschöpft. Aus dem Nachgärer wird das Substrat kontinuierlich an das Endlager abgegeben. Die beiden Fermenter und das Endlager sind über ein Rohrsystem verbunden. Dieses Rohrsystem steuert den Weiterfluss zum Nachgärer und die Abgabe an das Endlager. Falls erforderlich kann das Substrat in alle Richtungen zwischen Haupt- und Nachgärer sowie Endlager mittels einer zentralen Pumpe hin und her gepumpt werden.

Rührtechnik	Rührwerke sollen Sink- und Schwimmschichten im Fermenter auflösen und das Gärsubstrat durchmischen. Daneben fördern sie auch die entstehenden Gasblasen schneller an die Substratoberfläche und verhindern das „Verkleben“ der Bakterien. Mechanische Rührwerke sind am weitesten verbreitet. Bei stehenden Fermentern werden hier Tauchmotorrührwerke verwendet.
Gasspeicher-Foliendach	Das im Fermenter entstandene Biogas wird nicht direkt verstromt, sondern in Gasspeicher zwischengespeichert. Für die Gasspeicherung haben sich Niederdruck-Folienspeicher bewährt. Als Platz sparende und kostengünstige Alternative hat sich bei stehenden Fermentern das Tragluftdach mit integriertem Folienspeicher durchgesetzt. Das Foliendach besteht aus reißfester Kunststoffolie, die von einem kleinen Gebläse durch Überdruck getragen wird. Mit den Tragluftdächern über beiden Fermentern erhält die Biogasanlage ein Gasspeichervolumen von ca. 2.000 m ³ . Damit verfügen die Blockheizkraftwerke über eine Laufzeitreserve von gut sieben Stunden. Besonders vorteilhaft ist das Foliendach mit zwei Ebenen: die innere Spezialfolie ist optimiert gegen das Diffundieren von Biogas und bildet den Gasspeicher. Die äußere Folie hingegen ist wetterfest, verwitterungs- und UV-beständig. Sie schützt die Dachkonstruktion nach außen. Zwischen diesen beiden Folien wird Luft eingeblasen. Diese trennt die Folien und bietet einem zusätzlichen Puffer nach außen und innen. Die Folien werden über ein ausgeklügeltes Befestigungskonzept gehalten. Die Befestigung ist so ausgelegt, dass das Dach gegen Überdruck von innen gesichert ist. Das Dach kann, z.B. für Wartungsarbeiten an den Rührwerken oder im Fermenter, problemlos geöffnet und geschlossen werden.
Gasführung	Das gewonnene Gas wird in den beiden Tragluftdächern über den Fermentern aufgefangen und zwischengespeichert. Gleichzeitig wird hier der Hauptteil des Schwefelwasserstoffs entfernt. Das Gas aus beiden Fermentern wird zusammengeführt und dann zu den Blockheizkraftwerken geleitet. Bei Ausfall eines Blockheizkraftwerkes wird das andere Blockheizkraftwerk die „lebensnotwendige“ Heizleistung für den Fermenter und Nachgärer erbringen.
Verstromung	Für die Verstromung von Biogas werden zwei Blockheizkraftwerke mit Zündstrahlmotoren mit direkt angeflanschten Generatoren eingesetzt. Die elektrischen Wirkungsgrade liegen bei diesen Blockheizkraftwerken bei über 40%. Um die Zündstrahlmotoren zu starten, muss Zündöl (zumeist Heizöl) eingespritzt werden. Mit zunehmender Motorlast wird dann Biogas so weit zugemischt, dass ein Restzündölanteil von ca. 5% verbleibt.
Lagerung	Die Lagerung erfolgt direkt am Bewirtschaftungsstandort. Für die Energiepflanzen-Silage werden übliche Siloplaten verwendet. Diese Silos unterscheiden sich nicht von Silos für die Lagerung von Futtersilage. Für das vergorene Substrat wird ein sog. Endlager benötigt. Das erforderliche Lager-volumen bemisst sich aus der Gesamtmenge des zu vergärenden Substrates. Für die Lagerung des gesamten vergorenen Substrates sind auf dem Betrieb ausreichend Flächen installiert. Zwei Mal im Jahr, zu den Zeiten der Düngung für die nächste Pflanzperiode, wird das Gärsubstrat durch den Eigentümer wieder abgeholt.

Nach der Vor-Ort-Besichtigung und Interviews wurden folgenden Vorteile und Nachteile für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Vorteile:

- Gute Wirtschaftlichkeit
- Gute Organisation
- Gutes Überwachungssystem

Nachteile:

- Endlager ohne Abdeckung

- BGA ist zwar innerhalb landwirtschaftlichem Nutzungsgebiet, Wohnbebauung grenzt jedoch direkt an
- Mit Zündstrahlmotoren (Zündöleinsatz)
- keine ausreichende Wärmenutzungsmöglichkeit

In der Tabelle 5-58 bis Tabelle 5-60 werden die Punktergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 in drei Bewertungsteile separat vorgewiesen. In folgender Tabelle 5-58 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-58: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen I
Entfernung der Substratlieferanten	III	geeignet	2	Energiepflanzenanbauflächen 8-12km
Flächenbedarf allgemein	IV	bedingt geeignet	1	Anlage mit Energiepflanzen I
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung)	IV	bedingt geeignet	1	$> 2.500 + \frac{(\text{Größe}-200)}{100} \cdot 2.500 \text{ m}^2$
Veränderung des Landschaftsbildes	IV	bedingt geeignet	1	ja
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzenanlage

In folgender Tabelle 5-59 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-59: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	IV	bedingt geeignet	1	Mischgebiete, Dorfgebiete
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächen-	IV	bedingt geeignet	1	$\geq 20\text{m}$

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
gewässern)				
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am BGA-Standort)	IV	bedingt geeignet	1	Mischgebiete, Dorfgebiete
Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	II	wenig	3	Energiepflanzenanlage
Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	V	nicht geeignet	0	< 300m
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	IV	bedingt geeignet	1	nein
Luftverunreinigung (Endlager)	IV	bedingt geeignet	1	offenes Endlager
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzenanlage
Luftverunreinigung (BHKW)	II	gut geeignet	3	BHKW mit Abgasfilter

In folgender Tabelle 5-60 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-60: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	II	gut geeignet	3	37 - 42
Biogasnutzungsarten	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung mit Wärmenutzung
Biogasreinigung	III	geeignet	2	ja
Elektrischer Wirkungsgrad	II	gut geeignet	3	37 - 40%
Kraft-Wärme-Kopplung	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von innovativer Technologie	I	sehr gut geeignet	4	ja
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestausrückführung bis 12 km

Mit den Ergebnissen der Bewertung nach Umweltaspekten der Tabelle 5-58 bis Tabelle 5-60 wurden die Bewertungsergebnisse nach der Bewertung von Umweltaspekten in der folgenden Tabelle 5-61 für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengestellt:

Tabelle 5-61: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte						Punkte insgesamt
			?	✓	😊	😐	😞	🚫	
				4	3	2	1	0	
Substratversorgung (Teil I)	Substratarten	3					X		3
	Entfernung der Substratlieferanten	3				X			6
	Flächenbedarf allgemein	1					X		1
	Grundstücksgröße der Anlage	1					X		1
	Veränderung des Landschaftsbildes	1					X		1

	Bewertungskriterien	Multiplikatoren	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		💧
				4	3	2	1		0
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für den Energiepflanzenanbau)	3					X		3
Summe Punkte Teil I								<u>15</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung)	1					X		1
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1					X		1
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	3					X		3
	Lärmbelastung	3					X		3
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3			X				9
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2						X	0
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1					X		1
	Luftverunreinigung (Endlager)	2					X		2
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1					X		1
Luftverunreinigung (BHKW)	3			X				9	
Summe Punkte Teil II								<u>38</u>	
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1			X				3
	Biogasnutzungsarten	3			X				9
	Biogasreinigung	2				X			4
	Elektrischer Wirkungsgrad	2			X				6
	Kraft-Wärme-Kopplung	3			X				9
	Einsatz von innovativer Technologie	1		X					4
	Gärrestnutzungsarten	3				X			6
Summe Punkte Teil III								<u>41</u>	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III							<u>94</u>	

Mit den Bewertungsergebnissen von Tabelle 5-61 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und den einzelnen Bewertungsteilen der Umweltbewertung für Deutschland-Beispielanlage 1 in der *Abbildung 5-8* grafisch dargestellt:

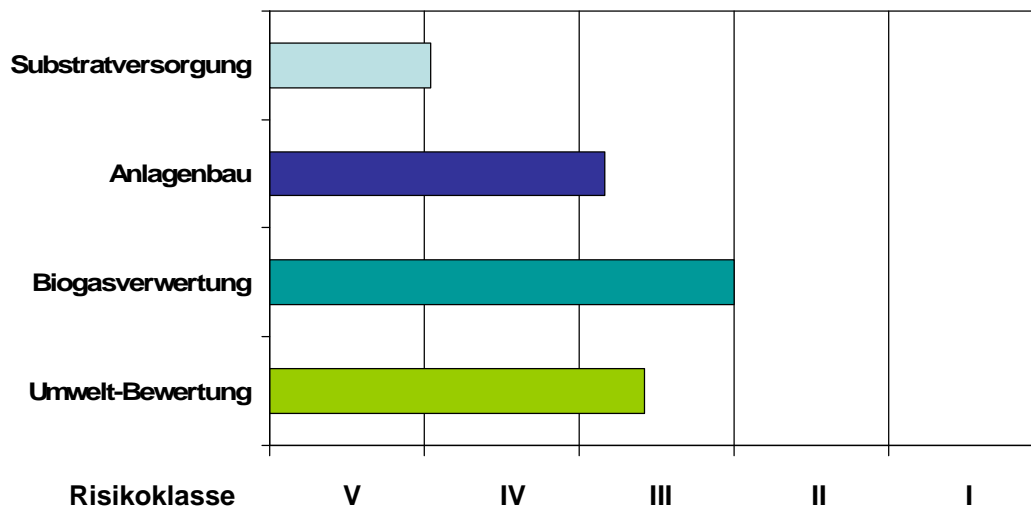


Abbildung 5-8 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-8* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 bei Klasse III liegt. Dies ist ein Mittelwert und bedeutet, dass die Beispielanlage nach diesem Bewertungsmodell umweltgerecht ist. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt *Abbildung 5-8* deutlich, dass das Bewertungsergebnis des Teils III (Biogasverwertung) direkt an dem Grenzwert zwischen Klasse II und III liegt, d. h. die Biogaswertwertung ist für die Umwelt geeignet bis gut geeignet. Der große Punktverlust liegt bei dem Bewertungsteil I (Substratversorgung). Dieser liegt knapp über dem Grenzwert zwischen Klasse IV und V, und somit ist die Substratversorgung für die Deutschland-Beispielanlage 1 nach Umweltaspekten nur bedingt geeignet.

Die Punktergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 werden in der Tabelle 5-62 bis Tabelle 5-65 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-62 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-62: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission bei Energiepflanzenanbau nach Substratarten	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	IV	bedingt geeignet	1	Energiepflanzen
Treibhausgasemission beim Substrattransport	III	geeignet	2	Transportentfernung bis 12 km
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	IV	groß	1	Energiepflanzen
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	IV	bedingt geeignet	1	nein

In folgender Tabelle 5-63 werden die Bewertungsergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 vereinigt:

Tabelle 5-63: Bewertungsergebnisse für den Anlagenbau (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	III	geeignet	2	Mehr als 20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	IV	bedingt geeignet	1	Aus Beton
Endlager mit Abdeckung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	III	geeignet	2	Stromerzeugung: Einspeisung ins Netz
Gasfackel	IV	bedingt geeignet	1	nein

In folgender Tabelle 5-64 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-64: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	IV	bedingt geeignet	1	Aus öffentlichem Stromnetz
Wärmenutzung allgemein	III	geeignet	2	Bis 50% genutzt
Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	III	geeignet	2	Stromerzeugung: Einspeisung ins Netz
Motorentyp	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestausrückführung bis 12 km
Biogasreinigung	II	gut geeignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenutzung	IV	bedingt geeignet	1	nein

In der folgenden Tabelle 5-65 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 dargestellt:

Tabelle 5-65: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	IV	bedingt geeignet	1	nein
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten der Tabelle 5-62 bis Tabelle 5-65 wurden in folgender Tabelle 5-66 für Deutschland-Beispielanlage 1 integriert:

Tabelle 5-66: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	☺	☹	☹		☹
				4	3	2	1		0
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1					X	1	
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2					X	2	
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1				X		2	
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3					X	3	
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3					X	3	
Summe Punkte Teil I							<u>11</u>		
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2				X		4	
	Baumaterialien (Fermenter)	2					X	2	
	Endlager mit Abdeckung	3					X	3	
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1				X		2	
	Gasfackel	1					X	1	
Summe Punkte Teil II							<u>12</u>		
Biogasverwertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3					X	3	
	Wärmenutzung allgemein	3				X		6	
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1				X		2	
	Motorentyp	3					X	3	
	Gärrestnutzungsarten	3				X		6	
	Biogasreinigung	1			X			3	
	Gutschriften für Wärmenutzung	2					X	2	
Summe Punkte Teil III							<u>25</u>		
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3					X	3	
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	2			X			6	
Summe Punkte Teil IV							<u>9</u>		
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV						<u>57</u>		
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz						<u>151</u>		

Mit den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-66 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Klimaschutzbewertung für Deutschland-Beispielanlage 1 in der *Abbildung 5-9* grafisch dargestellt:

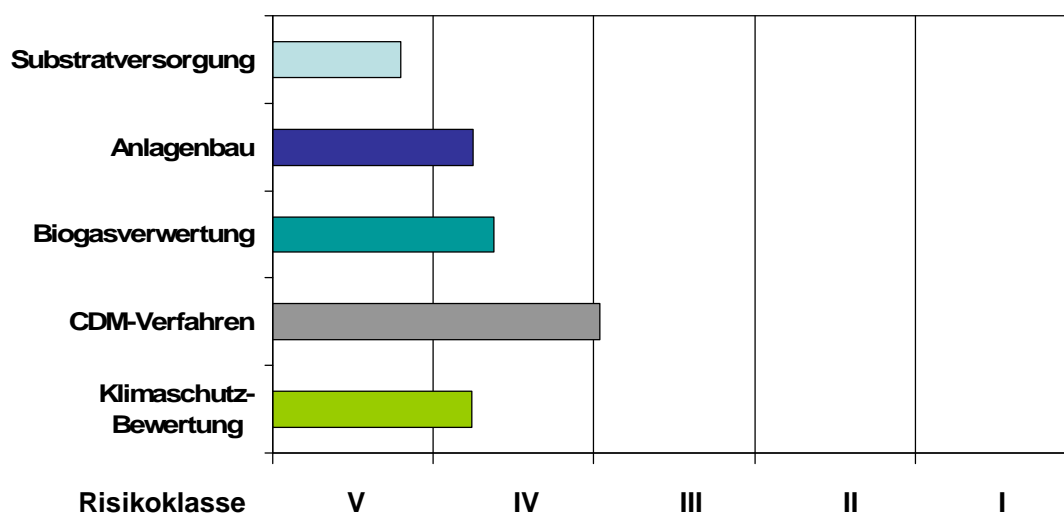


Abbildung 5-9 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-9* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 nur bei Klasse IV liegt, die Deutschland-Beispielanlage 1 ist damit nach dem Bewertungsmodell für Klimaschutz nur bedingt geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt *Abbildung 5-9* deutlich, dass nur das Bewertungsergebnis des Teil IV (CDM-Verfahren) mit Risikoklasse III für Klimaschutz geeignet ist. Das schlechteste Ergebnis ist bei dem Bewertungsteil I (Substratversorgung), es liegt bei Klasse V, und somit ist die Substratversorgung der Deutschland-Beispielanlage 1 damit für Klimaschutz nicht geeignet.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 1 werden in folgender Tabelle 5-67 zusammengefasst. Nach diesem Bewertungsmodell ist die Deutschland-Beispielanlage 1 mit Risikoklasse IV für Umwelt und Klimaschutz nur bedingt geeignet.

Tabelle 5-67: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 1 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	III	IV	IV

5.5.1.2 Deutschland-Beispielanlage 2

Die Deutschland-Beispielanlage 2 liegt am Bezirk Kyffhäuserkreis in Thüringen. Diese Anlage nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete.

Diese Beispielanlage liegt in einem landwirtschaftgenutzten Gebiet, und wird gerade neben ihrem Kosubstratlieferant (Schweinefarm) gebaut. Die Biogasanlage liegt am Rand einer Siedlung und der Biogasanlage-Standort ist 3 bis 5 m höher als die Siedlung, daher nimmt ein Standortrisiko beim Störfall zu. Diese Beispielbiogasanlage mit ihren zwei externen Substratlagerern wird in der folgenden *Abbildung 5-10* auf dem Luftbild gezeigt:

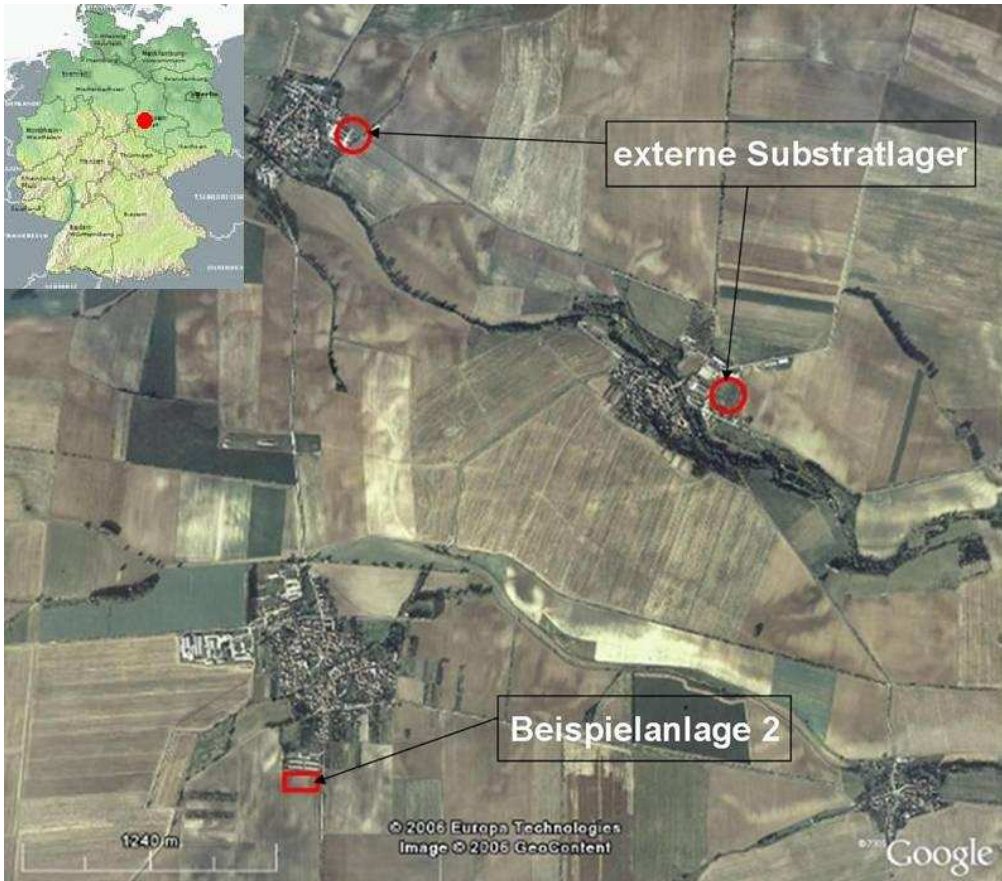


Abbildung 5-10: Luftbild des Standorts der Deutschland-Beispielanlage 2 (Rechteck) und der 2 externen Substratlagerern (Kreis) mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (UMR 2007; Google Earth, License ID: 561092887602642)

Die Fotos von dem Hauptfermenter und der Siloplatte werden in folgender Abbildung gezeigt:



Abbildung 5-11 : Foto von der Deutschland-Beispielanlage 2 (links: Hauptfermenter, rechts: Silage) (Fotos von CHENXING WANG)

Die Deutschland-Beispielanlage 2 mit 626 kW elektrischer Leistung wird mit Schweinegülle, Maissilage und Körnerroggen betrieben. Die benötigte Menge an Maissilage beträgt zwischen 8.000 - 8.800 t/a, Schweinegülle ca. 6.000t/a und Körnerroggen 500 - 1.000 t/a. Der Schweinestall ist direkt neben der Biogasanlage. Der Fermenter hat eine Nettovolumengröße von 2.031 m³, der Nachgärer von 3.500 m³. Der Nachgärer ist mit einem Folienspeicher mit maximal 600 m³ Biogasspeichervolumen ausgestattet.

Der Abstand von der Beispielanlage zur nächsten Wohnbebauung beträgt mehr als 500 m. Bei dieser Beispielbiogasanlage gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer.

Eine kurze technische Beschreibung für die Deutschland-Beispielanlage 2 wird in der folgenden Tabelle 5-68 zusammengefasst:

Tabelle 5-68: Kurze technische Beschreibung der Deutschland-Beispielanlage 2 (eigene Darstellung)

Themen	Beschreibung
Standort	Die Hanglage des Standortes oberhalb der Stallungen und des Dorfes bringt verkehrstechnische Nachteile mit sich. Die Lage der externen Siloflächen ist ungünstig.
Grundstücksgröße	6.934 m ²
Substratzuführung	Die Feststoffe werden getrennt von der Gülle über einen Dosierbunker und eine In-line-Einbringung realisiert: Der Feststoff wird automatisch in Chargen mehrmals pro Tag aus dem Bunker in eine Rachen-Exzentrerschneckenpumpe gefördert und in einen Kreislaufstrom von Gärsubstrat aus Fermenter und/oder Nachgärer eingemischt. Die Zuführung der Feststoffe über einen Vorratsbunker mit Schubboden und Vermischung mit Gülle und Rezirkulat mithilfe einer Standardpumpe ist vorteilhaft. Allerdings ist das Volumen des Dosierbunkers mit 70 m ³ bzw. 1,7 Tagen Vorratshaltung relativ gering. Hierdurch muss eine disziplinierte Beschickungsorganisation auch an Sonn- und Feiertagen gewährleistet sein.
Verfahrenstechnik	2-stufiges Verfahren aus Hauptfermenter und Nachgärer. Fermenter als Stahl-Flachbodentank mit Zentralrührwerk. Nachgärer als Betonfermenter mit Gasspeicherdach. Beheizung Fermenter und Nachgärer extern mit Spiralwärmetauscher. Vergärungstemperatur: mesophil. Im Container des Technikraums, in dem eine aufwändige Pumpstation untergebracht ist, mit deren Hilfe von jedem zu jedem Fermenter Substrat umgepumpt werden kann, ist auch der zentrale Wärmetauscher untergebracht. Die Beheizung des Hauptfermenters erfolgt ausschließlich über diesen Wärmetauscher, der vom Wärmeverteiler des BHKW aus versorgt wird. Rohrleitungen für Substrate und Biogas sind überwiegend erdverlegt, durch entsprechende Rohrführung und flexible Einheiten gegen Setzungen gesichert, sowie ausreichend isoliert.
Verstromung	Die jährlichen Betriebsstunden des BHKW bei Volllast betragen 7.600 h/a, BHKW-Hersteller weist eine Nennleistung von 500 kW el aus und garantiert diese. Der Eigenstromverbrauch beträgt 10 % der Verstromung.
Wärmenutzung	Das vorliegende Betriebskonzept sieht vor, ca. 30 - 35 % der verfügbaren Abwärme des Biogaskraftwerks für die Stallbeheizung etc. zu nutzen. Mit Einsatz einer ORC-Anlage können weitere 60 - 100 kW el. Leistung über eine mit organischem Verdampfungsmittel betriebene Turbine erzeugt werden (ORC - Organic Rankine Cycle).

Nach der Vor-Ort-Besichtigung und Interviews wurden die folgenden Vorteile und Nachteile für Deutschland-Beispielanlage 2 (ohne Anwendung des Bewertungsmodells nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten) zusammengefasst:

Vorteile:

- Wirtschaftsdüngerlieferant ist direkt neben BGA
- Gasfackel
- Geringere Grundstücksgröße
- Nutzung von Gasmotoren
- ORC-Anlage

Nachteile:

- Höhere Investitionssumme
- externes Substratlager
- hohe Störfallrisiko
- schlechte Organisation
- schlechter Zustand der Zufahrt (negative Einflüsse für Substratanlieferung und Ausbringung der Gärreste)

In der Tabelle 5-69 bis Tabelle 5-71 werden die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 in drei Bewertungsteile separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-69 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-69: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	III	geeignet	2	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
Entfernung der Substratlieferanten	II	gut geeignet	3	BGA liegt direkt bei Wirtschaftsdüngerlieferant
Flächenbedarf allgemein	III	geeignet	2	Gemischte BGA mit Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung) (installierte elektrische Leistung $\geq 200\text{kW}$)	II	gut geeignet	3	$< 2.500 + (\text{Größe}-200)/100 \cdot 2.500 \text{ m}^2$
Veränderung des Landschaftsbildes	III	geeignet	2	nein
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	III	geeignet	2	Gemischte BGA mit Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger

In der folgenden Tabelle 5-70 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-70: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	II	gut geeignet	3	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	IV	bedingt geeignet	1	≥ 20m
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am BGA-Standort)	I	sehr gut geeignet	4	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	III	mittel	2	BGA mit Wirtschaftsdünger
Luftverunreinigung (Abstand zur Wohnbebauung)	III	geeignet	2	> 500 m
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	II	gut geeignet	3	ja
Luftverunreinigung (Endlager)	IV	bedingt geeignet	1	offener Endlager
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzenanlage
Luftverunreinigung (BHKW)	II	gut geeignet	3	BHKW mit Abgasfilter

In folgender Tabelle 5-71 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-71: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	II	gut geeignet	3	37 - 42
Biogasnutzungsarten	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung mit Wärmenutzung
Biogasreinigung	III	geeignet	2	ja
Elektrischer Wirkungsgrad	I	sehr gut geeignet	4	> 40%
Kraft-Wärme-Kopplung	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von innovativer Technologie	I	sehr gut geeignet	4	ja
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestausrückführung bis 12 km

Mit den Ergebnissen der Bewertung nach Umweltaspekten der Tabelle 5-69 bis Tabelle 5-71 wurden die Bewertungsergebnisse nach der Bewertung von Umweltaspekten in folgender Tabelle 5-72 für Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengestellt:

Tabelle 5-72: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte						Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹	☹	
				4	3	2	1	0	
Substratversorgung (Teil I)	Substratarten	3			X			6	
	Entfernung der Substratlieferanten	3		X				9	
	Flächenbedarf allgemein	1			X			2	
	Grundstücksgröße der Anlage	1		X				3	
	Veränderung des Landschaftsbildes	1			X			2	
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	3			X			6	
Summe Punkte Teil I								<u>28</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	1			X			3	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1				X		1	
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	3		X				9	
	Lärmbelastung	3		X				12	
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3			X			6	
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2			X			4	
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1		X				3	
	Luftverunreinigung (Endlager)	2				X		2	
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1			X			2	
	Luftverunreinigung (BHKW)	3		X				9	
Summe Punkte Teil II								<u>59</u>	
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1			X			3	
	Biogasnutzungsarten	3		X				9	
	Biogasreinigung	2			X			6	
	Elektrischer Wirkungsgrad	2		X				8	
	Kraft-Wärme-Kopplung	3		X				9	

	Bewertungskriterien	Multiplika- tor	Bewertungsschema und -punkte					Punkte ins- gesamt
			?	✓	☺	☹	☹ [*]	
				4	3	2	1	
	Einsatz von innovativer Technologie	1		X				4
	Gärrestnutzungsarten	3				X		6
Summe Punkte Teil III							<u>45</u>	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III						<u>132</u>	

Nach den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-72 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und der einzelnen Bewertungsteilen der Umweltbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 in der *Abbildung 5-12* grafisch dargestellt:

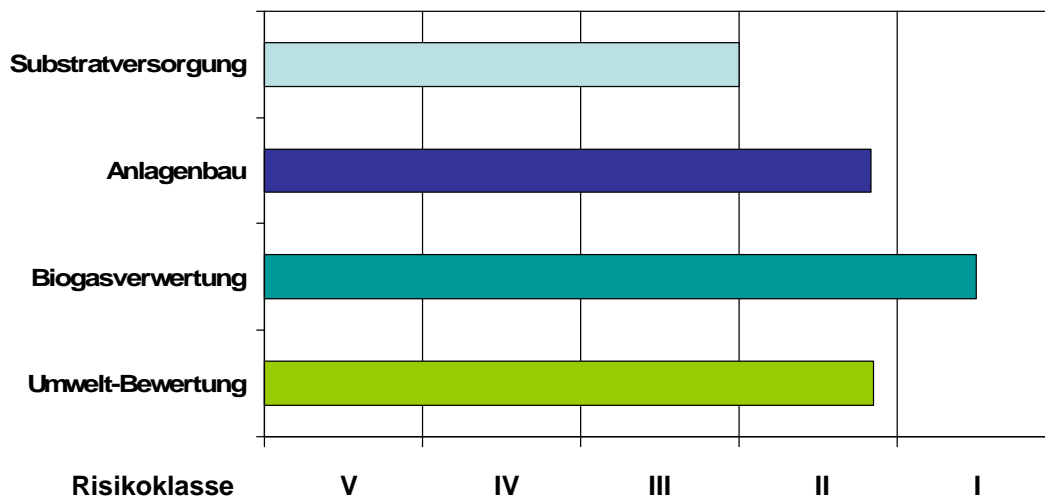


Abbildung 5-12 : Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-12* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 in der guten Klasse II liegt, und damit ist die Deutschland-Beispielanlage 2 nach dem Bewertungsmodell für die Umwelt gut geeignet. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-12*, dass das Bewertungsergebnis des Teils III (Biogasverwertung) sogar bei Klasse I liegt, und somit für die Umwelt sehr gut geeignet ist.

Die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 2 werden in der Tabelle 5-73 bis Tabelle 5-76 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-73 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-73: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission bei Energiepflanzenanbau nach Substratarten	III	geeignet	2	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	III - IV		1,5	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
Treibhausgasemission beim Substrattransport	III	geeignet	2	Transportentfernung bis 12 km
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	III - IV		1,5	Energiepflanzen + Wirtschaftsdünger
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	I	sehr gut geeignet	4	ja

In der folgenden Tabelle 5-74 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 2 vereinigt:

Tabelle 5-74: Bewertungsergebnisse für den Anlagenbau (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	III	geeignet	2	Mehr als 20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	II	gut geeignet	3	Aus Stahl und Beton
Endlager mit Abdeckung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	III	geeignet	2	Stromerzeugung: Einspeisung ins Netz
Gasfackel	II	gut geeignet	3	ja

In der folgenden Tabelle 5-75 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-75: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	I	sehr gut geeignet	4	Aus eigenem Biogasstrom
Wärmenutzung allgemein	I	sehr gut geeignet	4	wird vollständig genutzt
Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	III	geeignet	2	Stromerzeugung wird ins Netz eingespeist
Motorentyp	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestaustausbringung bis 12 km
Biogasreinigung	II	gut geeignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenutzung	II	gut geeignet	3	ja

In folgender Tabelle 5-76 werden die Bewertungsergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 dargestellt:

Tabelle 5-76: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	IV	bedingt geeignet	1	nein
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten der Tabelle 5-73 bis Tabelle 5-76 wurden in der folgenden Tabelle 5-77 für Deutschland-Beispielanlage 2 integriert:

Tabelle 5-77: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikatoren	Bewertungsschema und -punkte						Punkte insgesamt
			?	✓	😊	😐	☹	☀	
			4	3	2	1	0		
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1			X			2	
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2			X	X		3	
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1			X			2	
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3			X	X		4,5	
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3		X				12	
Summe Punkte Teil I								<u>23,5</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2			X			4	
	Baumaterialien (Fermenter)	2		X				6	
	Endlager mit Abdeckung	3				X		3	
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1			X			2	
	Gasfackel	1		X				3	
Summe Punkte Teil II								<u>18</u>	
Biogasbewertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3		X				12	
	Wärmenutzung allgemein	3		X				12	
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustrpotential und extra Bebauung)	1			X			2	
	Motorentyp	3		X				9	
	Gärrestnutzungsarten	3			X			6	
	Biogasreinigung	1		X				3	
	Gutschriften für Wärmenutzung	2		X				6	
Summe Punkte Teil III								<u>50</u>	

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹ [*]	
			4	3	2	1	0	
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3				X		3
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	2		X				6
Summe Punkte Teil IV							<u>9</u>	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV						<u>100,5</u>	
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz						<u>232,5</u>	

Nach den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-77 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Klimaschutzbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 in der *Abbildung 5-13* grafisch dargestellt:

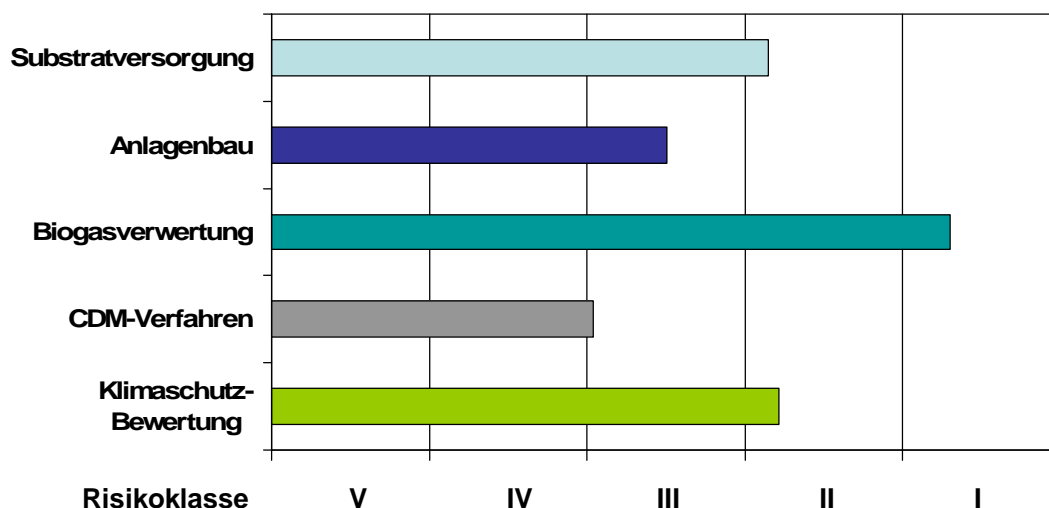


Abbildung 5-13: Risikoprofil der Bewertung für die Deutschland-Beispielanlage 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-13* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 bei Klasse II liegt. Die Deutschland-Beispielanlage 2 ist damit nach dem Bewertungsmodell für Klimaschutz gut geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-13*, dass das Bewertungsergebnis des Teils III (Biogasverwertung) mit Risikoklasse I für den Klimaschutz sehr gut geeignet ist. Der Bewertungsteil IV (CDM-Verfahren) liegt trotz des schlechten Ergebnisses bei Klasse III und ist damit für den Klimaschutz geeignet.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für Deutschland-Beispielanlage 2 werden in folgender Tabelle 5-78 zusammengefasst. Nach dem Bewertungsmodell ist die Deutschland-Beispielanlage 2 mit Risikoklasse II für Umwelt und Klimaschutz gut geeignet.

Tabelle 5-78: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 2 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	II	II	II

5.5.1.3 Deutschland-Beispielanlage 3

Die Deutschland-Beispielanlage 3 liegt am Landkreis Hersfeld-Rotenburg in Hessen. Diese Anlage befindet sich nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete.

Diese Beispielanlage liegt in einem Industriegebiet, direkt an den Eisenbahnlinien. Der Abstand zur nächsten Wohnbebauung beträgt mehr als 500 m. Bei dieser Anlage gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer.

Und in der *Abbildung 5-14* wird der Standort dieser Beispielanlage auf der Topographischen Karte gezeigt:



Abbildung 5-14 : Topographische Karte mit Standort der Deutschland-Beispielanlage 3 (blauer Kreis) mit Übersichtskarte Deutschlands (roter Punkt: die betroffene Region) (UMR 2009)

Die Deutschland-Beispielanlage 3 (siehe *Abbildung 5-14* und *Abbildung 5-15*) mit 845 kW elektrischer Leistung wird mit Bioabfällen betrieben. Der Fermenter hat eine Nettovolumengröße von 3.430 m³, der Nachgärer von 1.500 m³, der Hydrolysebehälter von 250 m³ und es gibt ein Vorlager von 120 m³. Der Nachgärer ist mit einem Folienspeicher mit einem Speichervolumen von 400 m³ ausgestattet.



Abbildung 5-15: Vor-Ort-Fotos von der Deutschland-Beispielanlage 3 (UMR 2009)

Die *Abbildung 5-15* zeigt die aktuelle Situation der Deutschland-Beispielanlage 3. Das Foto rechts oben zeigt den Annahmehalle in der Annahmehalle. Das Foto rechts unten zeigt die verschiedenen Fermenter und Behälter. Von links nach rechts der Hauptfermenter (3.430.m³), der Puffertank (ca. 150.m³), der Hydrolysebehälter (250.m³) und der Vorwäscher/Befeuchter. Das Foto links, von der anderen Seite aus aufgenommen, zeigt hinten den Hauptfermenter (3.430.m³), vorne rechts den Nachgärer 1.500.m³ und vorne links die SBR-Anlage (Sequenz Batch Reaktor).

Die folgende *Abbildung 5-16* stellt den Lageplan der Deutschland-Beispielanlage 3 dar.

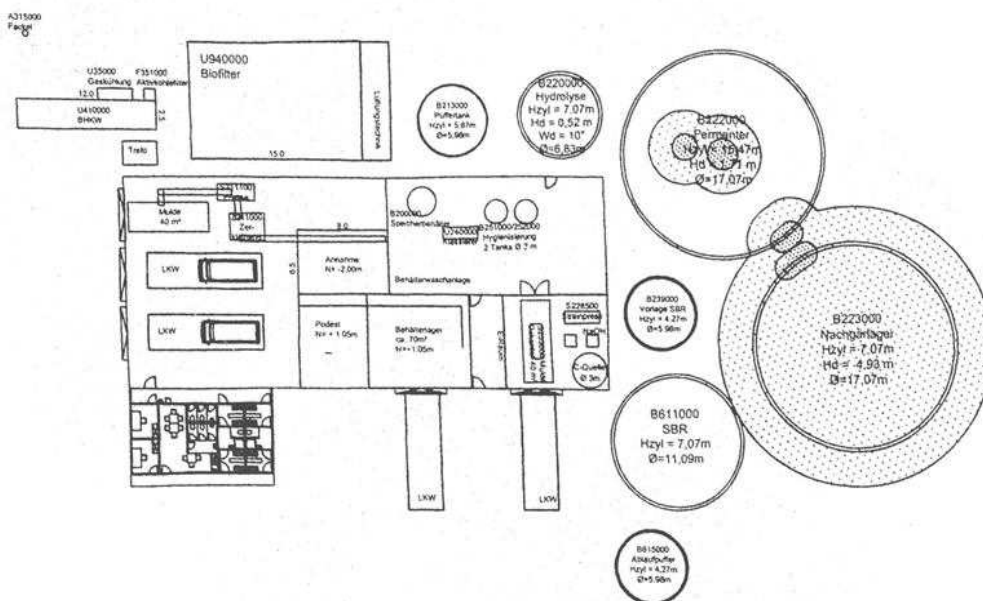


Abbildung 5-16: Lageplan der Behälter und Gebäude von der Deutschland-Beispielanlage 3 (UMR 2009)

Nach der Vor-Ort-Besichtigung und Interviews wurden folgende Vorteile und Nachteile für die Deutschland-Beispielanlage 3 (ohne Anwendung des Bewertungsmodells nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten) zusammengefasst:

Vorteile:

- Gasfackel
- Geringere Grundstücksgröße
- Nutzung von Gasmotoren
- Gute Wärmenutzungsmöglichkeiten
- Abfall als Substrat

Nachteile:

- Hohe Investitionssumme
- Gärreste können nicht genutzt werden
- Starke Schwankung der Zusammensetzungen des Abfalls
- Mehrere Störfälle

In der Tabelle 5-79 bis Tabelle 5-81 werden die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 in drei Bewertungsteile separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-79 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-79: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	II	gut geeignet	3	Abfall
Entfernung der Substratlieferanten	IV	bedingt geeignet	1	Abfalltransport > 12km
Flächenbedarf allgemein	I	sehr gut geeignet	4	BGA mit Abfall
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung) (installierte elektrische Leistung $\geq 200\text{kW}$)	II	gut geeignet	3	$< 2.500 + \frac{(\text{Größe}-200)}{100} \cdot 2.500 \text{ m}^2$
Veränderung des Landschaftsbildes	III	geeignet	2	nein
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	III	geeignet	2	BGA mit Abfall

In folgender Tabelle 5-80 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-80: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	II	gut geeignet	3	Industriegebiete
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	IV	bedingt geeignet	1	≥ 20m
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp des BHKW)	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am BGA-Standort)	II	gut geeignet	3	Industriegebiete
Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	IV	groß	1	BGA mit Abfällen (mit passenden Schutzmaßnahmen)
Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	III	geeignet	2	> 500 m
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	II	gut geeignet	3	ja
Luftverunreinigung (Endlager)	II	gut geeignet	3	Endlager mit Abdeckung
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzanlage
Luftverunreinigung (BHKW)	II	gut geeignet	3	BHKW mit Abgasfilter

In folgender Tabelle 5-81 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-81: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	II	gut geeignet	3	37 - 42
Biogasnutzungsarten	II	gut geeignet	3	mit Wärmenutzung
Biogasreinigung	III	geeignet	2	ja
Elektrischer Wirkungsgrad	I	sehr gut geeignet	4	> 40%
Kraft-Wärme-Kopplung	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von innovativer Technologie	III	geeignet	2	nein
Gärrestnutzungsarten	V	nicht geeignet	0	nicht genutzt

Die Ergebnisse der Bewertung nach Umweltaspekten der Tabelle 5-79 bis Tabelle 5-81 wurden in folgender Tabelle 5-82 für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengestellt:

Tabelle 5-82: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	😞		🚫
				4	3	2	1		0
Substratversorgung (Teil I)	Substratarten	3			X				9
	Entfernung der Substratlieferanten	3					X		3
	Flächenbedarf allgemein	1		X					4
	Grundstücksgröße der Anlage	1			X				3
	Veränderung des Landschaftsbildes	1				X			2
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	3				X			6
Summe Punkte Teil I								<u>27</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	1			X				3
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1					X		1
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp des BHKW)	3			X				9
	Lärmbelastung	3			X				9
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3					X		3
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2				X			4
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1			X				3
	Luftverunreinigung (Endlager)	2			X				6
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1				X			2
	Luftverunreinigung (BHKW)	3			X				9
Summe Punkte Teil II								<u>57</u>	
Biogaswertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1			X				3
	Biogasnutzungsarten	3			X				9
	Biogasreinigung	2				X			4
	Elektrischer Wirkungsgrad	2		X					8
	Kraft-Wärme-Kopplung	3			X				9

	Bewertungskriterien	Multiplika- tor	Bewertungsschema und -punkte						Punkte ins- gesamt
			?	✓	☺	☹	☹	☹	
				4	3	2	1	0	
	Einsatz von innovativer Technologie	1			X				2
	Gärrestnutzungsarten	3						X	0
Summe Punkte Teil III									35
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III								119

Nach den Bewertungsergebnisse der Tabelle 5-82 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Umweltbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 3 in der *Abbildung 5-17* grafisch dargestellt:

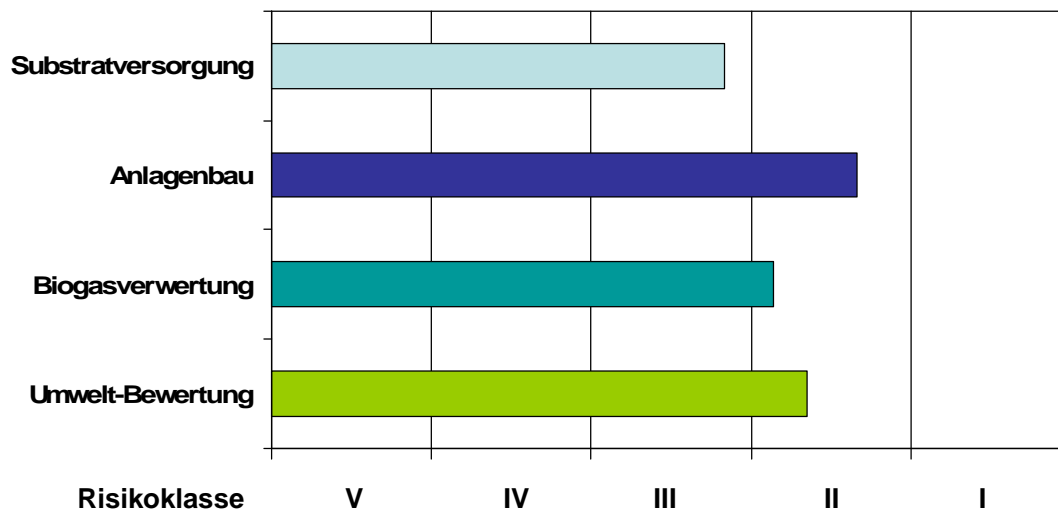


Abbildung 5-17 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-17* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 bei Klasse II liegt, und damit ist die Deutschland-Beispielanlage 3 nach dem Bewertungsmodell für die Umwelt gut geeignet. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-17*, dass nur das Bewertungsergebnis des Teil I (Substratversorgung) bei Klasse III liegt, und somit für die Umwelt nur als normal geeignet eingestuft werden kann.

Die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 werden in der Tabelle 5-83 bis Tabelle 5-86 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-83 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-83: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission bei Energiepflanzenanbau nach Substratarten	II	gut geeignet	3	Abfall
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	II	gut geeignet	3	Abfall
Treibhausgasemission beim Substrattransport	IV	bedingt geeignet	1	Transportentfernung mehr als 12km
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	II	wenig	3	Abfall allgemein
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	I	sehr gut geeignet	4	ja

In folgender Tabelle 5-84 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 vereinigt:

Tabelle 5-84: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	III	geeignet	2	Mehr als 20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	IV	bedingt geeignet	1	Aus Beton
Endlager mit Abdeckung	I	sehr gut geeignet	4	ja
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	III	geeignet	2	Stromerzeugung wird ins Netz eingespeist
Gasfackel	II	gut geeignet	3	ja

In der folgenden Tabelle 5-85 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-85: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	IV	bedingt geeignet	1	Aus öffentlichem Stromnetz
Wärmenutzung allgemein	II	gut geeignet	3	Mehr als 50% genutzt
Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	III	geeignet	2	Stromerzeugung ins Netz einspeisen
Motorentyp	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Gärrestnutzungsarten	V	nicht geeignet	0	Gärreste können nicht genutzt werden
Biogasreinigung	II	gut geeignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenutzung	II	gut geeignet	3	ja

In folgender Tabelle 5-86 werden die Punkt- und Risikoklassenergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) nach Klimaschutzbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 3 dargestellt:

Tabelle 5-86: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) der Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	IV	bedingt geeignet	1	nein
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten der Tabelle 5-83 bis Tabelle 5-86 wurden in folgender Tabelle 5-87 für die Deutschland-Beispielanlage 3 integriert:

Tabelle 5-87: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse für die Deutschland-Beispielanlage 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte						Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹	☹*	
			4	3	2	1	0		
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1			X				3
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2			X				6
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1					X		1
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3			X				9
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3		X					12
Summe Punkte Teil I									<u>31</u>
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2				X			4
	Baumaterialien (Fermenter)	2					X		2
	Endlager mit Abdeckung	3		X					12
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1				X			2
	Gasfackel	1			X				3
Summe Punkte Teil II									<u>23</u>
Biogasverwertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3					X		3
	Wärmenutzung allgemein	3			X				9
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1				X			2
	Motorentyp	3			X				9
	Gärrestnutzungsarten	3						X	0
	Biogasreinigung	1			X				3
	Gutschriften für Wärmenutzung	2			X				6
Summe Punkte Teil III									<u>32</u>

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		🚫
				4	3	2	1		0
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3					X		3
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	2			X				6
Summe Punkte Teil IV								9	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV							95	
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz							214	

Mit den Bewertungsergebnissen von der Tabelle 5-87 werden die Risikoklasse der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Klimaschutzbewertung für die Deutschland-Beispielanlage 3 in der *Abbildung 5-18* grafisch dargestellt:

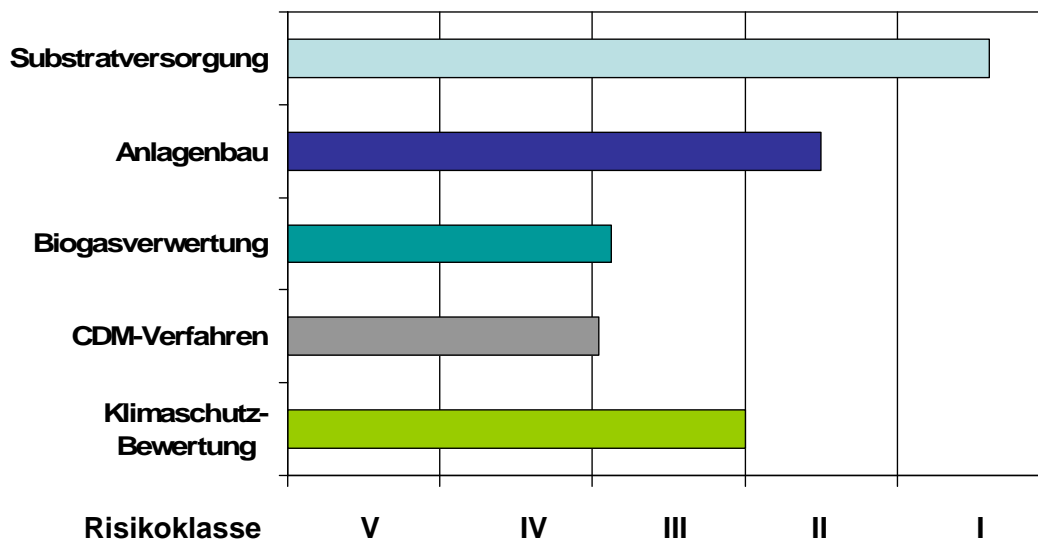


Abbildung 5-18: Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-18* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 zwischen Klasse II und III liegt, die Deutschland-Beispielanlage 3 ist damit nach dem Bewertungsmodell für den Klimaschutz geeignet bis gut geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-18* deutliche Unterschiede. Das Bewertungsergebnis des Teil I (Substratversorgung) mit Risikoklasse I, d.h. für den Klimaschutz sehr gut geeignet. Das Bewertungsteil III (Biogasverwertung) und IV (CDM-Verfahren) liegen bei Klasse III und sind damit für den Klimaschutz als geeignet einzustufen.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die Deutschland-Beispielanlage 3 werden in der folgenden Tabelle 5-88 zusammengefasst. Nach dem Bewertungsmodell ist die Deutschland-Beispielanlage 3 mit Risikoklasse II für Umwelt und Klimaschutz gut geeignet.

Tabelle 5-88: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für Deutschland-Beispielanlage 3 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	II	III	II

5.5.1.4 Ergebnisvergleich der drei Beispielanlagen in Deutschland

Die folgenden drei, in ihren Substratarten verschiedenen, Biogasanlagenarten (vgl. Kap 5.5.1.1 bis Kap. 5.5.1.3) wurden in vorliegender Arbeit durch das in Kap. 5.4 erstellte Bewertungsmodell nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten in Deutschland untersucht:

- Deutschland-Beispielanlage 1: mit reinen Energiepflanzen (Maissilage)
- Deutschland-Beispielanlage 2: mit Energiepflanzen und Schweinegülle
- Deutschland-Beispielanlage 3: mit Bioabfall

Die Bewertungsergebnisse der drei Beispielanlagen werden in der folgenden *Abbildung 5-19* grafisch zusammen dargestellt:

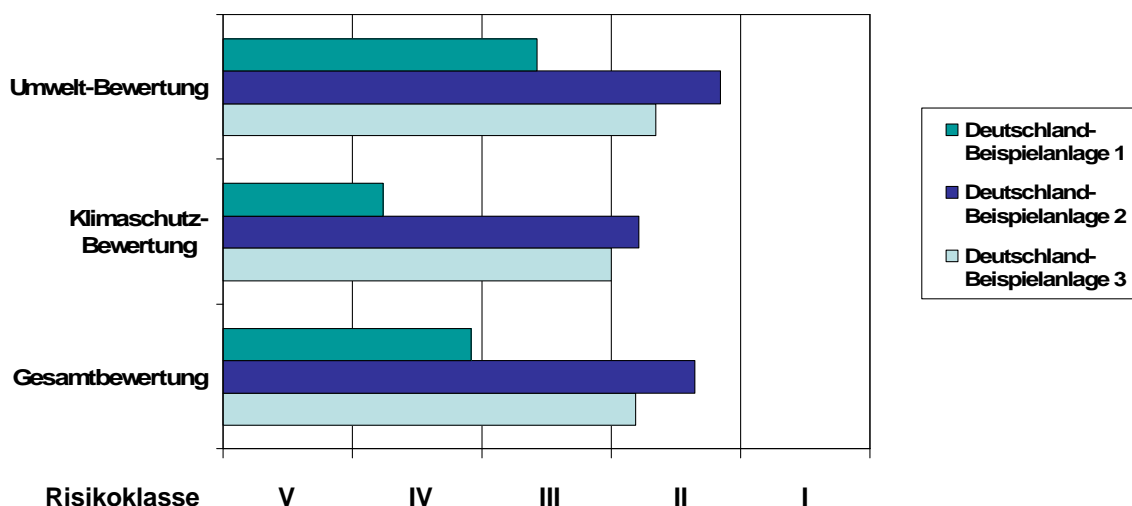


Abbildung 5-19 : Risikoprofil der Gesamtbewertung und Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die drei Beispielanlagen in Deutschland im Vergleich (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-19* zeigt, dass die Deutschland-Beispielanlage 2 (mit Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen) und die Deutschland-Beispielanlage 3 die Klasse II erreicht haben, welche ein geringes Umweltrisiko hat. Sie sind unter der Bewertung nach Umweltaspekten entsprechend gut geeignet. Die Deutschland-Beispielanlage 1 hat Risikoklasse III erreicht, welche ein mittleres Umweltrisiko charakterisiert, und ist demnach unter Berücksichtigung der Umweltaspekte noch als geeignet einzustufen.

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten zeigen eine ähnliche Tendenz wie diejenigen nach Umweltaspekten (vgl. *Abbildung 5-19*). Die Deutschland-Beispielanlage 2 hat nur knapp die Risikoklasse II nicht erreicht und liegt dafür sehr weit vorne in Klasse III. Die Deutschland-Beispielanlage 1 hat nur Klasse IV erreicht und ist demnach nach Klima-

schutzaspekten nur bedingt geeignet. Allen voran schneidet die Deutschland-Beispielanlage 2 (mit Einsatz des Wirtschaftsdüngers) am besten ab.

Das Risikoprofil der Gesamtbewertung zeigt in *Abbildung 5-19* deutlich, dass die Deutschland-Beispielanlage 1 (mit reinen Energiepflanzen) nur Risikoklasse IV erreicht. Sie hat nach diesem Bewertungsmodell die höchsten Umwelt- und Klimaschutzrisiken und ist daher nur bedingt geeignet. Dennoch ist dieser Typ zurzeit in Deutschland am beliebtesten, da er hohe Wirtschaftlichkeit und geringere technische Probleme verspricht. Dieses Ergebnis zeigt auch den Konflikt zwischen Wirtschaftlichkeit und Umwelt- sowie Klimaschutz Auswirkungen.

Aufgrund der Analyse in vorliegender Arbeit und der praktischen Erfahrungen kommt der Autor zu dem Ergebnis, dass die Biogasanlagen, die mit Wirtschaftsdünger und Abfall betrieben werden, gute Bewertungen erlangt haben, und wenige negative Umwelt- und Klimaschutz Auswirkungen zeigen. Sie werden entsprechend dem Bewertungsmodell nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten empfohlen.

5.5.2 Fallbeispiele in China

Für die Auswahl der Beispielprojekte in China gab es keine projektverbindliche Chance bei der Firma UMR GmbH. Durch die Unterstützung und Vermittlung durch Herr Xiang von dem Zentrum für Umwelt und Energie des chinesischen Ministeriums für Landwirtschaft haben die Mengniu Gruppe, die Firma Muyuan und die Stadt Daxing bei Peking ihre Türen für die Untersuchung geöffnet. Insgesamt 6 Biogasnutzungsprojekte, die mit den deutschen Biogasnutzungsprojekten vergleichbar und für die vorliegende Arbeit nutzbar sind, und zahlreiche so genannte Haushaltsbiogasanlagen hat der Verfasser zwischen den Jahren 2006 und 2009 in China untersucht. In China sind nur die so genannten „industriellen Biogasanlagen“ ausgewählt worden, da die Klein- und Mittelbiogasanlagen nicht nur methodisch, sondern auch technisch nicht mit den deutschen Biogasnutzungsprojekten verglichen werden können.

Für die Demonstration des in Kap. 5.4 erstellten Bewertungsmodells wurden 3 Beispielprojekte in China ausgewählt. Die Referenzprojekte wurden wie in Deutschland nach ihren Substratarten, installierten elektrischen Leistung, Verfahrenstechnik, Arten der Biogasnutzung sowie Gärrestnutzung strukturiert.

5.5.2.1 China-Beispielprojekt 1

Das China-Beispielprojekt 1 liegt am Landkreis Linhe im Autonomen Gebiet „Innere Mongolei“ in Nordchina. Das Klima der Inneren Mongolei ist kontinental gemäßigt mit langen kalten Wintern und kurzen warmen Sommern. Viehzucht ist einer der wichtigsten Wirtschaftssektoren des Gebietes. Dieses Beispielprojekt befindet sich nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete.

Dieses Biogasnutzungsprojekt liegt in einem landwirtschaftgenutzten Gebiet, wird direkt an einer Viehzucht-Farm gebaut. Der Abstand zur nächsten Wohnbebauung ist mehr als 3 km. Bei dem Beispielprojekt gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer.



Abbildung 5-20 : Das China-Beispielprojekt 1 in Innere Mongolei mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Foto: CHENXING WANG)

Dieses Beispielprojekt befindet sich auf einem großen milchviehhaltenden Betrieb mit mehr als 10.000 Tieren. Die Anlage besteht aus 4 Fermentern mit einer jeweiligen Größe von 2.500 m³. Der Gasspeicher ist separat gebaut. Des Weiteren existieren vier Endlager mit Kapazitäten von 2.000 m³. Alle Endlager sind nicht abgedeckt. Die Gülle der verschiedenen Ställe wird in einer 3.840 m³ großen Vorgrube gesammelt.

Nach der Sedimentierung und der Mischung der Gülle mit Stallabwasser in der Vorgrube können die flüssigen Substrate dem Fermenter zugeführt werden. Das BHKW wird mit Gasmotoren mit einer gesamten elektrischen Leistung von 1,36 MW betrieben. Die Wärme kann im Winter vollständig von den beheizbaren Milchviehställen und der ganzen Biogasanlage-Gelände genutzt werden. Im Sommer dagegen kann die Wärme des China-Beispielprojekt 1 nicht genutzt werden.

Die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 werden in der Tabelle 5-89 bis Tabelle 5-91 in drei Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-89 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-89: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
Entfernung der Substratlieferanten	II	gut geeignet	3	BGA liegt direkt beim Wirtschaftsdüngerlieferanten

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Flächenbedarf allgemein	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdün- ger
Grundstücksgröße der An- lage (Flächenversiegelung) (installierte elektrische Lei- stung $\geq 200\text{kW}$)	IV	bedingt geeig- net	1	$> 5.000 + \frac{(\text{Größe}-200)}{100} \cdot 2.500 \text{ m}^2$
Veränderung des Land- schaftsbildes	III	geeignet	2	nein
Luftverunreinigung (Trans- portgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	II	gut geeignet	3	BGA mit Wirtschaftsdün- ger mit eigener Tierhal- tung

Die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnut-
zung nach Umweltaspekten werden in der folgenden Tabelle 5-90 für China-Beispielprojekt 1
zusammengefasst:

**Tabelle 5-90: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 1 nach Um-
weltaspekten (eigene Darstellung)**

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Land- schaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA- Standort)	II	gut geeignet	3	Landwirtschaftliche Ge- bietsnutzung
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grund- wassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Über- schwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasser- schutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Natur- schutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächen- gewässern)	IV	bedingt geeig- net	1	$\geq 20\text{m}$
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Lärmbelastung (Gebiets- nutzung am BGA-Standort)	I	sehr gut geeig- net	4	Landwirtschaftliche Ge- bietsnutzung
Luftverunreinigung (allge- meine Gerüche)	III	mittel	2	BGA mit Wirtschaftsdünger
Luftverunreinigung (Ab- stand zu nächster Wohnbe- bauung)	III	geeignet	2	$> 500 \text{ m}$
Luftverunreinigung (Bau ei- ner Gasfackel)	IV	bedingt geeig- net	1	nein
Luftverunreinigung (Endla- ger)	IV	bedingt geeig- net	1	offenes Endlager
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzenan- lage
Luftverunreinigung (BHKW)	II	gut geeignet	3	BHKW mit Abgasfilter

In der folgenden Tabelle 5-91 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-91: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	III	geeignet	2	32 - 35°C
Biogasnutzungsarten	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung mit Wärmenutzung
Biogasreinigung	III	geeignet	2	ja
Elektrischer Wirkungsgrad	I	sehr gut geeignet	4	> 40%
Kraft-Wärme-Kopplung	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von innovativer Technologie	III	geeignet	2	nein
Gärrestnutzungsarten	II	gut geeignet	3	zu Trockendünger

Die Ergebnisse der Bewertung nach Umweltaspekten der Tabelle 5-89 bis Tabelle 5-91 wurden in folgender Tabelle 5-92 für das China-Beispielprojekt 1 zusammengestellt:

Tabelle 5-92: Zusammenstellung der Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 1 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	😞		🚫
				4	3	2	1		0
Substratversorgung (Teil I)	Substratarten	3		X	X				10,5
	Entfernung der Substratlieferanten	3			X				9
	Flächenbedarf allgemein	1		X	X				3,5
	Grundstücksgröße der Anlage	1					X		1
	Veränderung des Landschaftsbildes	1				X			2
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	3			X				9
Summe Punkte Teil I								<u>35</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	1			X				3
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1			X				2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1			X				2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1			X				2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1			X				2
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1					X		1
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	3			X				9
	Lärmbelastung	3		X					12
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3				X			6

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		💧
			4	3	2	1	0		
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2			X			4	
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1				X		1	
	Luftverunreinigung (Endlager)	2				X		2	
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1			X			2	
	Luftverunreinigung (BHKW)	3		X				9	
Summe Punkte Teil II							<u>57</u>		
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1			X			2	
	Biogasnutzungsarten	3		X				9	
	Biogasreinigung	2			X			4	
	Elektrischer Wirkungsgrad	2	X					8	
	Kraft-Wärme-Kopplung	3		X				9	
	Einsatz von innovativer Technologie	1			X			2	
	Gärrestnutzungsarten	3		X				9	
Summe Punkte Teil III							<u>43</u>		
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I -III						<u>135</u>		

In der folgenden *Abbildung 5-21* werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und den einzelnen Bewertungsteilen der Umweltbewertung für China-Beispielprojekt 1 grafisch dargestellt:

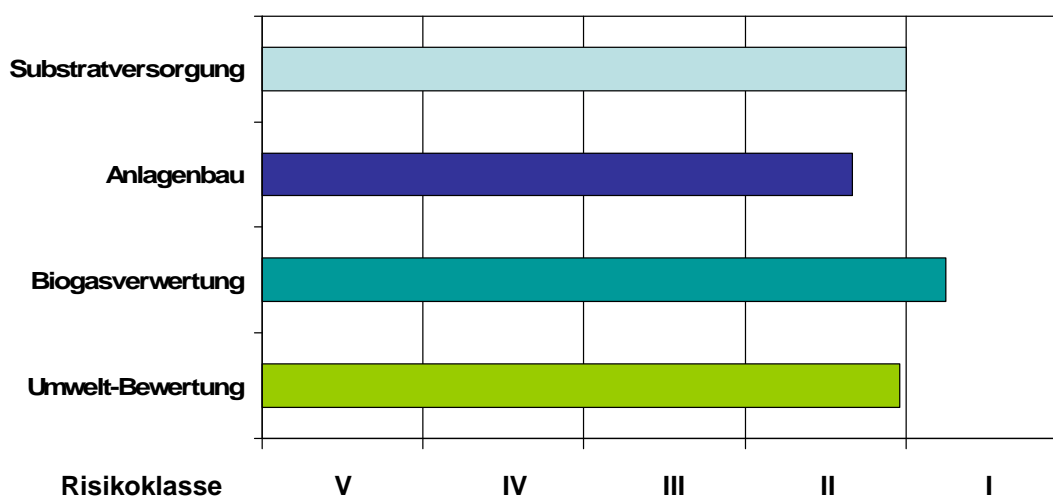


Abbildung 5-21 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-21* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 1 in der guten Klasse II liegt, und somit nach dem Bewertungsmodell für die Umwelt gut geeignet ist. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt *Abbildung 5-21* deutlich, dass die Bewertungsergebnisse aller drei Bewertungsteile bei Klasse I und II liegen. Damit ist die Biogaswertung für die Umwelt sehr gut geeignet, und die Substratversorgung sowie der Anlagenbau des China-Beispielprojekt 1 sind für die Umwelt gut geeignet.

Die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 werden in der Tabelle 5-93 bis Tabelle 5-96 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-93 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-93: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission bei Energiepflanzenanbau nach Substratarten	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger und Abfall
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Treibhausgasemission beim Substrattransport	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger bei eigener Tierhaltung
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	I	sehr gut geeignet	4	ja

In der folgenden Tabelle 5-94 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 vereinigt:

Tabelle 5-94: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	III	geeignet	2	Mehr als 20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	I	sehr gut geeignet	4	Aus Stahl
Endlager mit Abdeckung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	III	geeignet	2	Stromerzeugung ins Netz eingespeist
Gasfackel	IV	bedingt geeignet	1	nein

In folgender Tabelle 5-95 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 zusammengefasst:

Tabelle 5-95: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	I	sehr gut geeignet	4	Aus eigenem Biogasstrom
Wärmenutzung allgemein	II	gut geeignet	3	Mehr als 50% genutzt
Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	III	geeignet	2	Stromerzeugung ins Netz eingespeist
Motorentyp	II	gut geeignet	3	Gasmotor
Gärrestnutzungsarten	II - III		2,5	Verarbeitung zu Trockendünger + Gärrestausrückführung bis 12 km
Biogasreinigung	II	gut geeignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenutzung	II	gut geeignet	3	ja

In folgender Tabelle 5-96 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 dargestellt:

Tabelle 5-96: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	I	sehr gut geeignet	4	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	II	gut geeignet	3	ja
Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	II	gut geeignet	3	ja
Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	II	gut geeignet	3	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	II	gut geeignet	3	ja
Antragsverfahren von CDM-Projekt	IV	bedingt geeignet	1	zugelassen von DNA des Gastgeberlands
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	II	gut geeignet	3	ja
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	II	gut geeignet	3	ja

Kriterien	Risiko- klasse	Punkte	Bewertungsstandard	
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	II	gut geeignet	3	ja
Passende <i>Baseline</i> -Methoden	II	gut geeignet	3	ja
Kleinprojektverfahren	III	geeignet	2	nein

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten von der Tabelle 5-93 bis Tabelle 5-96 wurden in der folgenden Tabelle 5-97 für das China-Beispielprojekt 1 integriert:

Tabelle 5-97: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 1 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹☹	
			4	3	2	1	0	
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission bei Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1			X			3
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2			X	X		5
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1			X			3
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3			X	X		7,5
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3		X				12
Summe Punkte Teil I							<u>30,5</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2				X		4
	Baumaterialien (Fermenter)	2		X				8
	Endlager mit Abdeckung	3					X	3
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1				X		2
	Gasfackel	1					X	1
Summe Punkte Teil II							<u>18</u>	
Biogasverwertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3		X				12
	Wärmenutzung allgemein	3			X			9
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1				X		2
	Motorentyp	3			X			9
	Gärrestnutzungsarten	3			X	X		7,5
	Biogasreinigung	1			X			3
	Gutschriften für Wärmenutzung	2			X			6
Summe Punkte Teil III							<u>48,5</u>	
CDM-	Projektstart mit CDM-Verfahren	3		X				12

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	☺	☹	☹		☹
				4	3	2	1		0
Verfahren (Teil IV)	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Investorland)	2			X				6
	Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2			X				6
	Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1			X				3
	Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	1			X				3
	Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2			X				6
	Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1			X				3
	Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	1			X				3
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	2			X				6
	Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	1			X				3
	Antragsverfahren von CDM-Projekt	1					X		1
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	1			X				3
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	3			X				9
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	1			X				3
	Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	1					X		1
	Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	1			X				3
	Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	2			X				6
	Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	1			X				3
	Passende <i>Baseline</i> -Methoden	2			X				6
	Kleinprojektverfahren	1				X			2
Summe Punkte Teil IV								<u>88</u>	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV							<u>185</u>	
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz							<u>320</u>	

Mit den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-97 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 1 in der *Abbildung 5-22* grafisch dargestellt:

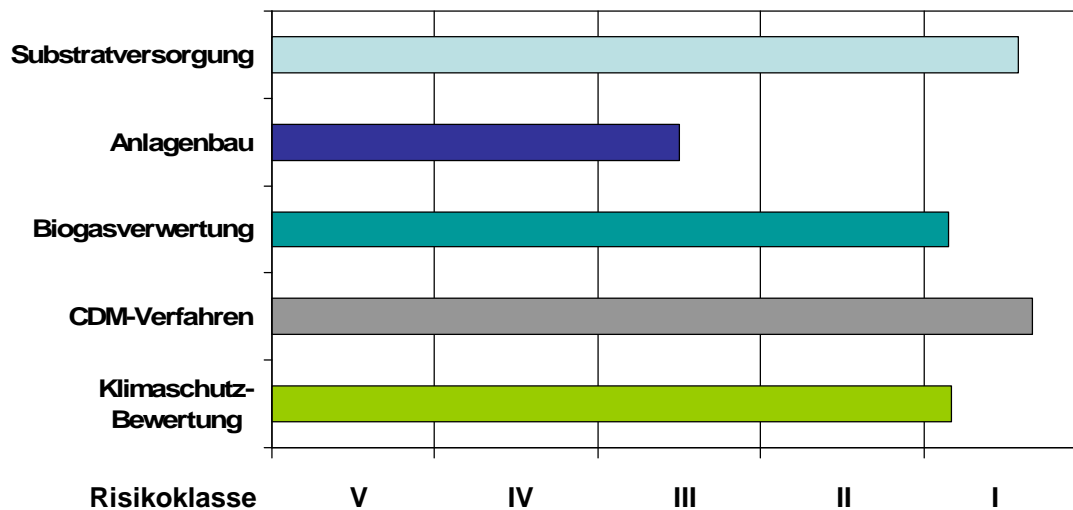


Abbildung 5-22 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-22* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 bei Klasse I liegt, und damit ist das China-Beispielprojekt 1 nach dem Bewertungsmodell für den Klimaschutz sehr gut geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-22* deutlich, dass nur das Bewertungsergebnis des Teils II (Anlagenbau) mit Risikoklasse II für den Klimaschutz gut geeignet ist. Die anderen zwei Bewertungsteile sind jeweils mit Klasse I für den Klimaschutz sehr gut geeignet.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 1 werden in folgender Tabelle 5-98 zusammengefasst. Nach dem Bewertungsmodell ist das China-Beispielprojekt 1 mit Risikoklasse I für die Umwelt und den Klimaschutz sehr gut geeignet.

Tabelle 5-98: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 1 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	II	I	I

Dieses China-Beispielprojekt 1 ist ein Pilotprojekt für Gülle- und Stallabwasserbehandlung in China. Der Stand der Technologie entspricht dem in Deutschland, was vorteilhaft in Bezug auf die Behandlung der Wirtschaftsdünger und des Abfalls ist.

5.5.2.2 China-Beispielprojekt 2

Das China-Beispielprojekt 2 liegt am Landkreis Neixiang im Provinz Henan in der Mitte Chinas. Dieses Beispielprojekt befindet sich nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete.

Dieses Projekt besteht aus sechs Biogasanlagen in Gangtou, Hexi, Laozhuang, Maping, Shuitian und Fangang (siehe *Abbildung 5-23*). Allen sechs Teilbiogasanlagen liegen in den landwirtschaftgenutzten Gebieten. Die Anlagen sind alle direkt neben einem Schweinestall

gebaut, um die Gülle und Stallabwässer vor Ort zu behandeln. Der Abstand von jeder Teilbiogasanlage zur nächsten Wohnbebauung beträgt mehr als 500 m. Die Teilanlage „Maping“ ist direkt an einem kleinen Fluss gebaut (der Abstand beträgt weniger als 10 m). Bei den anderen 5 Teilbiogasanlagen gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer. Da diese sechs Biogasanlagen zu einem Unternehmen gehören, benutzen sie gleiche Technologie und werden sie als ein CDM-Projekt beantragt. Daher werden sie in vorliegender Arbeit auch als ein einziges Beispielprojekt behandelt. Die niedrigsten Bewertungen von allen Teilbiogasanlagen werden für die Bewertung in vorliegender Arbeit genutzt.

Die Lage der sechs Standorte und die Übersichtskarte mit Kennzeichnung der betroffenen Region werden in folgender *Abbildung 5-23* gezeigt:



Abbildung 5-23 : Standorte der Biogasanlagen des China-Beispielprojekt 2 mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Google Earth, License ID: 561092887602642)

Das China-Beispielprojekt 2 wird mit Schweinegülle und Stallabwässern betrieben. Das ganze Projekt behandelt die Rohstoffe Schweinegülle und Stallabwässer von 188.500 Schweinen jährlich durch anaerobe Vergärung. Das erzeugte Biogas wird durch ein BHKW in Strom umgewandelt.

In diesem Projekt werden so genannte „IC-Technologie“ (Internal Circulation Anaerobic Reactors), die von dem Biogasanlagebetreiber selbst entwickelt wird, als eigene anaerobe Technologien verwendet (siehe *Abbildung 5-24*). Nach der Vor-Ort-Untersuchung des Autors ist diese IC-Technologie der alten Biogastechnologie in Deutschland, welche überwiegend in 1980er in Deutschland verwendet wurde, vergleichbar. Die installierte Gesamtleistung des China-Beispielprojektes 2 beträgt 1,09 MW. Der erzeugte Strom wird direkt von den Viehzuchtbetrieben für den Eigenbedarf genutzt.

Folgende *Abbildung 5-24* ist ein Vor-Ort-Aufnahme der Biogasanlage Hexi, einer der sechs Teilbiogasanlagen. Die Bauart der anderen Teilbiogasanlagen ist wie Hexi.



Abbildung 5-24 : Überblick der Biogasanlage Hexi: eine der Anlagen des China-Beispielprojekt 2 (Foto von CHENXING WANG)

Bei diesem Projekt kommt ein automatisches Spülungssystem in den Ställen zum Einsatz, welches die regelmäßige Gülleversorgung der Biogasanlage sicherstellt. Nach der Vergärung werden die Gärreste als Dünger für die Landwirtschaft verwendet. Somit wird die ökologische Verwendung der Schweinegülle im Hinblick auf Ressourcenschonung und unbedenkliche Einsatzmöglichkeiten gewährleistet. Dieses Projekt wurde als ein Pilotprojekt für ein "Schweine-Biogas-Pflanzen" Modell in China entwickelt.

Das Gesamtprojekt trägt zu einer nachhaltigen Entwicklung der Region bei, und es wurde auch als ein CDM-Projekt bei der EB der UN beantragt. Folgende Aspekte sind dabei hervorzuheben:

- Die Gärreste sind gute organische Dünger, die für die Landwirtschaft im Umkreis kostenlos geliefert werden und die Einkommen der Landwirte verbessern.
- Das Projekt kann die Qualität des Wassers der Umgebung aufwerten (vorher wurde die Stallabwässer direkt ins Gewässer abgeleitet)
- Der Geruch wird reduziert und die Arbeitsbedingungen der Viehzuchtbetriebe verbessern sich.
- Das Projekt bietet mehr als 20 Arbeitsplätze für die Anwohner.
- Vermeidung von Methanemission
- Durch die Biogasnutzung dient das gewonnene Biogas zur Stromgewinnung und somit zu einem langfristigen wirtschaftlichen Vorteil

In der Tabelle 5-99 bis 5-101 werden die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 in drei Bewertungsteile separat vorgewiesen. In folgender Tabelle 5-99 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-99: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
Entfernung der Substratlieferanten	II	gut geeignet	3	BGA liegt direkt bei Wirtschaftsdüngerlieferanten
Flächenbedarf allgemein			3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung) (installierte elektrische Leistung $\geq 200\text{kW}$)	III	geeignet	2	von $2.500 + (\text{Größe}-200)/100 \cdot 2.500$ bis $5.000 + (\text{Größe}-200)/100 \cdot 2.500 \text{ m}^2$
Veränderung des Landschaftsbildes	III	geeignet	2	nein
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	II	gut geeignet	3	BGA mit Wirtschaftsdünger mit eigener Tierhaltung

In der folgenden Tabelle 5-100 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-100: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	II	gut geeignet	3	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	V	nicht geeignet	0	< 20m (eine von 6)
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am BGA-Standort)	I	sehr gut geeignet	4	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	III	mittel	2	BGA mit Wirtschaftsdünger
Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	III	geeignet	2	> 500m
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	IV	bedingt geeignet	1	nein
Luftverunreinigung (Endlager)	IV	bedingt geeignet	1	offenes Endlager
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzenanlage
Luftverunreinigung (BHKW)	IV	bedingt geeignet	1	BHKW ohne Abgasfilter

In folgender Tabelle 5-101 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-101: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	IV	bedingt geeignet	1	unstabil
Biogasnutzungsarten	III	geeignet	2	Stromerzeugung ohne Wärmenutzung
Biogasreinigung	V	nicht geeignet	0	nein
Elektrischer Wirkungsgrad	IV	bedingt geeignet	1	≤ 35%
Kraft-Wärme-Kopplung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Einsatz von innovativer Technologie	III	geeignet	2	nein
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestausrückführung bis 12 km

Die Ergebnisse der Bewertung nach Umweltaspekten von der Tabelle 5-99 bis 5-101 wurden in folgender Tabelle 5-102 für das China-Beispielprojekt 2 zusammengestellt:

Tabelle 5-102: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 2 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹*	
			4	3	2	1	0	
Substratversorgung (Teil I)	Substratarten	3	X	X				10,5
	Entfernung der Substratlieferanten	3		X				9
	Flächenbedarf allgemein	1	X	X				3,5
	Grundstücksgröße der Anlage	1			X			2
	Veränderung des Landschaftsbildes	1			X			2
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	3		X				9
Summe Punkte Teil I							36	

	Bewertungskriterien	Multiplikatoren	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		💧
			4	3	2	1	0		
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	1		X				3	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1			X			2	
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1					X	0	
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	3				1		3	
	Lärmbelastung	3	X					12	
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3			X			6	
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2			X			4	
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1				X		1	
	Luftverunreinigung (Endlager)	2				X		2	
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1			X			2	
	Luftverunreinigung (BHKW)	3				X		3	
Summe Punkte Teil II							<u>44</u>		
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1				X		1	
	Biogasnutzungsarten	3			X			6	
	Biogasreinigung	2					X	0	
	Elektrischer Wirkungsgrad	2				X		2	
	Kraft-Wärme-Kopplung	3				X		3	
	Einsatz von innovativer Technologie	1			X			2	
	Gärrestnutzungsarten	3			X			6	
Summe Punkte Teil III							<u>20</u>		
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III						<u>100</u>		

Nach den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-102 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und der einzelnen Bewertungsteilen der Umweltbewertung für das China-Beispielprojekt 2 in der *Abbildung 5-25* bildlich dargestellt:

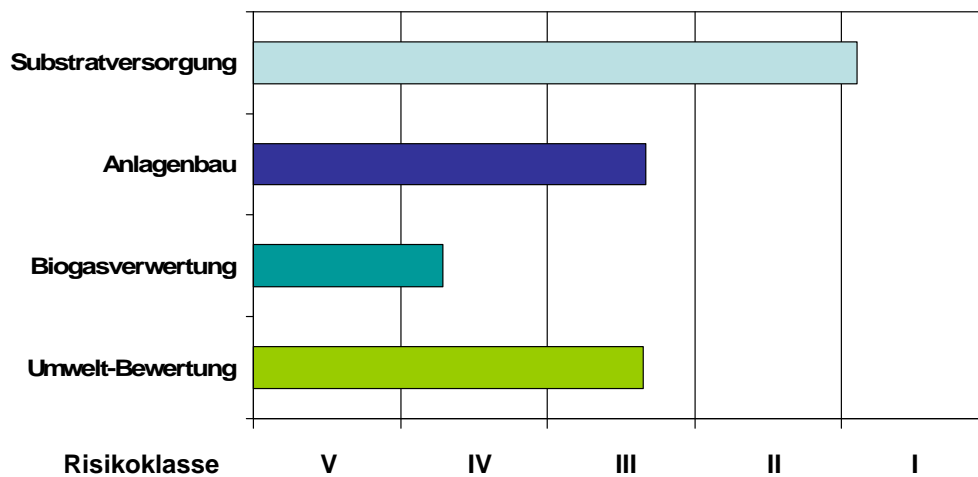


Abbildung 5-25 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-25* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 2 bei Klasse III liegt, und damit ist das China-Beispielprojekt 2 nach dem Bewertungsmodell für die Umwelt geeignet. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-25*, dass das Bewertungsergebnis des Teils I (Substratversorgung) mit Klasse I für die Umwelt sehr gut geeignet, und dagegen Teil III (Biogasverwertung) mit der Klasse IV für die Umwelt nur als bedingt geeignet eingestuft werden kann.

Die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 werden in der Tabelle 5-103 bis Tabelle 5-106 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-103 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-103: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger und Abfall
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Treibhausgasemission beim Substrattransport	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger bei eigener Tierhaltung
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	I	sehr gut geeignet	4	ja

In der folgenden Tabelle 5-104 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 vereinigt:

Tabelle 5-104: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	IV	bedingt geeignet	1	11-20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	II	gut geeignet	3	Aus Stahl und Beton
Endlager mit Abdeckung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung nur mit eigener Nutzung
Gasfackel	IV	bedingt geeignet	1	nein

In der folgenden Tabelle 5-105 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 2 zusammengefasst:

Tabelle 5-105: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	II	gut geeignet	3	Aus eigenem Biogasstrom, im Notfall aus öffentlichem Stromnetz
Wärmenutzung allgemein	IV	bedingt geeignet	1	wird nicht genutzt
Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	II	gut geeignet	3	Stromerzeugung mit eigener Nutzung
Motorentyp	IV	bedingt geeignet	1	Zündstrahlmotor
Gärrestnutzungsarten	III	geeignet	2	Gärrestausrückführung bis 12 km
Biogasreinigung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Gutschriften für Wärmenutzung	IV	bedingt geeignet	1	nein

In folgender Tabelle 5-106 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 2 dargestellt:

Tabelle 5-106: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM-Verfahren	I	sehr gut geeignet	4	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	II	gut geeignet	3	ja
Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA)	II	gut geeignet	3	ja
Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (für CDM)	II	gut geeignet	3	ja

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
zuständige Behörde, DNA)				
Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	II	gut geeignet	3	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelungen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	II	gut geeignet	3	ja
Antragsverfahren von CDM-Projekt	III	geeignet	2	Registrierung bei EB
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	II	gut geeignet	3	ja
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	II	gut geeignet	3	ja
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	II	gut geeignet	3	ja
Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	II	gut geeignet	3	nein
Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	II	gut geeignet	3	ja
Passende <i>Baseline</i> -Methoden	II	gut geeignet	3	ja
Kleinprojektverfahren	III	geeignet	2	nein

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten der Tabelle 5-103 bis Tabelle 5-106 wurden in der folgenden Tabelle 5-107 für das China-Beispielprojekt 2 integriert:

Tabelle 5-107: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 2 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	☺	☹	☹*		
				4	3	2	1		0
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1			X				3
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2			X	X			5
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1			X				3
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3			X	X			7,5
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3		X					12
Summe Punkte Teil I							<u>30,5</u>		
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2					X		2
	Baumaterialien (Fermenter)	2			X				6
	Endlager mit Abdeckung	3					X		3
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1			X				3

	Bewertungskriterien	Multiplikatoren	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		🚫
				4	3	2	1		0
	Gasfackel	1					X		1
Summe Punkte Teil II								<u>15</u>	
Biogaswertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3			X				9
	Wärmenutzung allgemein	3					X		3
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustrpotential und extra Bebauung)	1			X				3
	Motorentyp	3					X		3
	Gärrestnutzungsarten	3				X			6
	Biogasreinigung	1					X		1
	Gutschriften für Wärmenutzung	2						X	2
Summe Punkte Teil III								<u>27</u>	
CDM-Verfahren (Teil IV)	Projektstart mit CDM-Verfahren	3		X					12
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Investorland)	2			X				6
	Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2			X				6
	Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1			X				3
	Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	1			X				3
	Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2			X				6
	Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1			X				3
	Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	1			X				3
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	2			X				6
	Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	1			X				3
	Antragsverfahren von CDM-Projekt	1				X			2
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	1			X				3
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	3			X				9
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	1			X				3
	Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	1			X				3
	Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	1			X				3
	Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	2			X				6
	Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	1			X				3
	Passende <i>Baseline</i> -Methoden	2			X				6
	Kleinprojektverfahren	1					X		2
Summe Punkte Teil IV								<u>91</u>	
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV							<u>163,5</u>	
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz							<u>263,5</u>	

Nach den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-107 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteile der Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 2 in der *Abbildung 5-26* grafisch dargestellt:

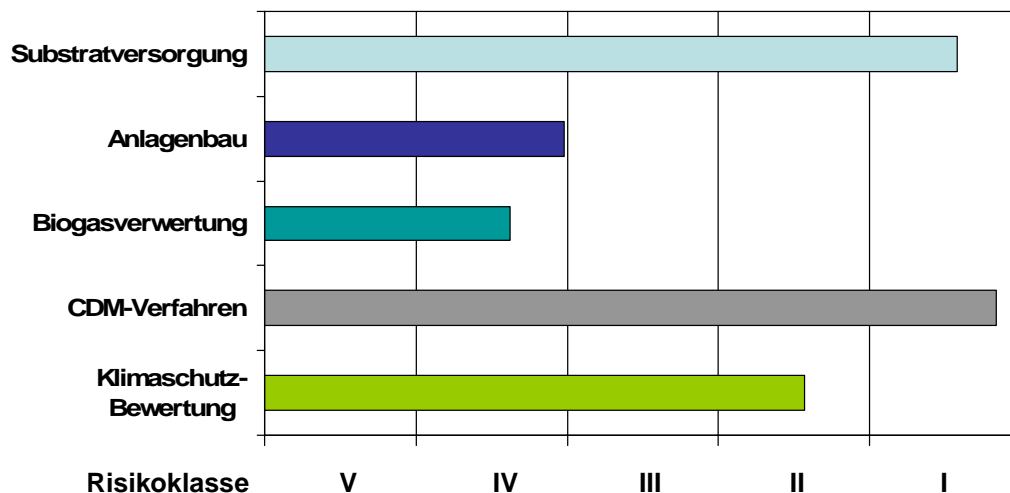


Abbildung 5-26 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-26* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 bei Klasse II liegt, das China-Beispielprojekt 2 ist damit nach dem Bewertungsmodell für den Klimaschutz gut geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-26*, dass die Bewertungsergebnisse des Teils I (Substratversorgung) und des Teils IV (CDM-Verfahren) mit Risikoklasse I für den Klimaschutz sehr gut geeignet sind. Dagegen sind der Bewertungsteil II (Anlagenbau) und der Teil III (Biogasverwertung) mit der Klasse IV für den Klimaschutz nur bedingt geeignet.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 2 werden in folgender Tabelle 5-108 zusammengefasst. Nach dem Bewertungsmodell ist das China-Beispielprojekt 2 mit Risikoklasse II für Umwelt und Klimaschutz gut geeignet.

Tabelle 5-108: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 2 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	III	II	II

Ebenso wie bei der Bewertung nach Umweltaschutzaspekten erhält das Projekt aufgrund fehlender Klimaschutzmaßnahmen für den Anlagenbau und die Biogasverwertung eine recht schlechte Bewertung. Mit der Risikoklasse IV ist es nach Klimaschutzaspekten nur als bedingt geeignet einzustufen. Bei der Substratversorgung und dem CDM-Verfahren erhält das China-Beispielprojekt 2 allerdings eine Top-Bewertung in der Risikoklasse I und wäre dementsprechend nach Klimaschutzaspekten sehr gut geeignet. Die Gesamtbewertung für dieses Projekt liegt deshalb im guten Bereich.

Das China-Beispielprojekt 2 (mit Wirtschaftsdünger und Stallabwässern aus Schweinefarmen) ist ein Kombinationsprojekt. Es besteht aus 6 Biogasanlagen, von denen in jeder Daten erhoben wurden. Aufgrund mangelnder Rücksichtnahme auf Umwelt- und Klimaschutzbelange beim Anlagenbau und der Wahl der Einrichtung schneidet dieses Projekt für den Teil II (Anlagenbau) und den Teil III (Biogasverwertung) bei beiden Bewertungen jeweils relativ schlecht ab. Bei der Substratversorgung und dem CDM-Verfahren erhält das China-Beispielprojekt 2 allerdings eine Top-Bewertung in Risikoklasse I und wäre dementsprechend nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten sehr gut geeignet. Das Ergebnis der Gesamtbewertung für dieses Projekt liegt deshalb mit der Klasse II im guten Bereich.

5.5.2.3 China-Beispielprojekt 3

Das China-Beispielprojekt 3 liegt am Landkreis Daxing in Beijing in Nordchina. Dieses Beispielprojekt befindet sich nicht in geschützten Schutz- oder Schongebieten, bzw. Überschwemmungsgebiete. Dieses Biogasnutzungsprojekt liegt in einem landwirtschaftgenutzten Gebiet, wird direkt an einer Milchviehzucht-Farm gebaut. Der Abstand zur nächsten Wohnbebauung ist mehr als 500 m. Bei dem Beispielprojekt gibt es in einem Radius von 100m keine Oberflächengewässer.



Abbildung 5-27 : Trockenfermentation mit liegendem Fermenter und Rührwerk des China-Beispielprojekt 3 mit Übersichtskarte Chinas (roter Punkt: die betroffene Region) (Foto von Chenxing Wang)

Das China-Beispielprojekt befindet sich auf einem milchviehhaltenden Betrieb mit über 300 Tieren in der Nähe von Beijing. Das China-Beispielprojekt 3 ist ein Pilotprojekt mit Trockenfermentationstechnologie. Für dieses Projekt wurden schon ein internationales Patent und mehrere chinesische Patente angemeldet. Betrieben wird die Biogasanlage mit Mist, Gülle

und Stroh. Die Biogasanlage besteht aus 6 liegenden Fermentern mit einer gesamten Nettogröße von 540 m³. Vor der Vergärung werden die Substrate (Stroh und Rindermist) von dem Rührwerk (siehe *Abbildung 5-27*) ausreichend gemischt, dann wird der Fermenter mit Folien gasdicht abgedeckt (siehe *Abbildung 5-28*). Nach der Reinigung wird das produzierte Biogas durch ein dezentrales Gasnetz für ca. 200 Haushalte direkt genutzt.



Abbildung 5-28: Liegender Fermenter mit dem Gasspeicher und das originale Design-Bild des China-Beispielprojekt 3 in China (CHENXING WANG & XIN XIANG)

In der Tabelle 5-109 bis Tabelle 5-111 werden die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 3 in drei Bewertungsteile separat vorgewiesen. In folgender Tabelle 5-109 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-109: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Substratarten	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
Entfernung der Substratlieferanten	II	gut geeignet	3	BGA liegt direkt bei Wirtschaftsdüngerlieferant
Flächenbedarf allgemein	I - II		3,5	Abfall + Wirtschaftsdünger
Grundstücksgröße der Anlage (Flächenversiegelung)	IV	bedingt geeignet	1	Ohne BHKW
Veränderung des Landschaftsbildes	III	geeignet	2	nein

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für Energiepflanzenanbau)	II - III		2,5	BGA mit Abfall (und/oder Wirtschaftsdünger), eine mit anderen Lieferanten, eine mit eigener Lieferung

In folgender Tabelle 5-110 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-110: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Veränderung des Landschaftsbildes (Anlagenbau, Gebietsnutzung am BGA-Standort)	II	gut geeignet	3	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	III	geeignet	2	nein
Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	IV	bedingt geeignet	1	≥ 20m
Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp des BHKW)	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (Biogas direkte Nutzung)
Lärmbelastung (Gebietsnutzung am BGA-Standort)	I	sehr gut geeignet	4	Landwirtschaftliche Gebietsnutzung
Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	III	mittel	2	BGA mit Wirtschaftsdünger
Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	III	geeignet	2	> 500m
Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	IV	bedingt geeignet	1	nein
Luftverunreinigung (Endlager)	IV	bedingt geeignet	1	offener Endlager
Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	III	geeignet	2	Keine Energiepflanzenanlage
Luftverunreinigung (BHKW)	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (Biogas direkte Nutzung)

In folgender Tabelle 5-111 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Umweltaspekten für das China-Beispielprojekt 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-111: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Vergärungstemperatur	IV	bedingt geeig- net	1	unstabil
Biogasnutzungsarten	III	geeignet	2	Biogas: direkte Nutzung mit dezentralem Netz
Biogasreinigung	III	geeignet	2	ja
Elektrischer Wirkungsgrad	I	sehr gut geeig- net	4	ohne BHKW (Biogas direk- te Nutzung)
Kraft-Wärme-Kopplung	II	gut geeignet	3	ohne BHKW (Biogas direk- te Nutzung)
Einsatz von innovativer Technologie	I	sehr gut geeig- net	4	ja
Gärrestnutzungsarten	II	gut geeignet	3	Verarbeitung zu Trocken- dünger

Die Ergebnisse der Bewertung nach Umweltaspekten von der Tabelle 5-109 bis Tabelle 5-111 wurden in folgender Tabelle 5-112 für das China-Beispielprojekt 3 zusammengestellt:

Tabelle 5-112: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 3 nach Umweltaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multipli- kator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insge- samt	
			?	✓	☺	☹	☹ [*]		
				4	3	2	1		0
Substrat- versorgung (Teil I)	Substratarten	3		X	X				10,5
	Entfernung der Substratlieferanten	3			X				9
	Flächenbedarf allgemein	1		X	X				3,5
	Grundstücksgröße der Anlage	1					X		1
	Veränderung des Landschaftsbildes	1				X			2
	Luftverunreinigung (Transportgeräte, sowie Geräte für den Energiepflanzen- anbau)	3			X	X			7,5
Summe Punkte Teil I								<u>33,5</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Veränderung des Landschaftsbildes (An- lagenbau, Gebietsnutzung am BGA- Standort)	1			X				3
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem grundwassersensiblen Gebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Überschwemmungsgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Wasserschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Standort in einem Naturschutzgebiet)	1				X			2
	Wassergefährdende Stoffe (Abstand zu Oberflächengewässern)	1					X		1
	Wassergefährdende Stoffe (Motorentyp der BHKW)	3		X					12
	Lärmbelastung	3		X					12
	Luftverunreinigung (allgemeine Gerüche)	3				X			6

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		🚫
				4	3	2	1		0
	Luftverunreinigung (Abstand zu nächster Wohnbebauung)	2			X			4	
	Luftverunreinigung (Bau einer Gasfackel)	1				X		1	
	Luftverunreinigung (Endlager)	2				X		2	
	Luftverunreinigung (Staub und Feinstaub allgemein)	1			X			2	
	Luftverunreinigung (BHKW)	3	X					12	
Summe Punkte Teil II							<u>63</u>		
Biogasverwertung (Teil III)	Vergärungstemperatur	1				X		1	
	Biogasnutzungsarten	3			X			6	
	Biogasreinigung	2			X			4	
	Elektrischer Wirkungsgrad	2	X					8	
	Kraft-Wärme-Kopplung	3		X				9	
	Einsatz von innovativer Technologie	1	X					4	
	Gärrestnutzungsarten	3		X				9	
Summe Punkte Teil III							<u>41</u>		
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - III						<u>137,5</u>		

Nach den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-112 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Umweltaspekten und der einzelnen Bewertungsteilen der Umweltbewertung für das China-Beispielprojekt 3 in der *Abbildung 5-29* grafisch dargestellt:

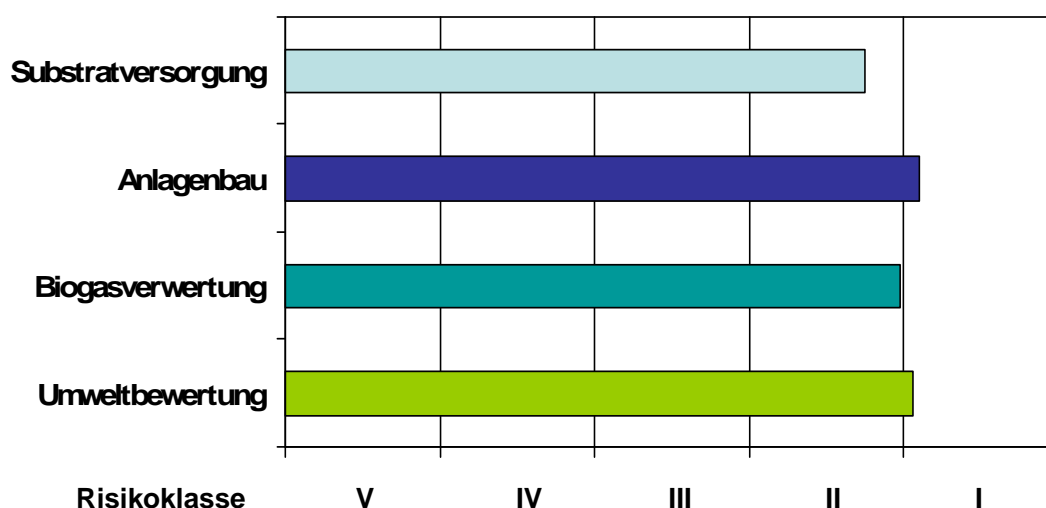


Abbildung 5-29 : Risikoprofil der Bewertung nach Umweltaspekten für China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-29* zeigt, dass bei der Gesamtbewertung nach Umweltaspekten die Gesamtpunkte des China-Beispielprojekt 3 die Risikoklasse I erreichen, daher ist das China-Beispielprojekt 3 nach der Bewertungen nach Umweltaspekten sehr gut geeignet. Für die Risikoklassen der drei Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-29*, dass die Bewertungsergebnisse aller drei Bewertungsteile zwischen einer guten Klasse II und Klasse I liegt, damit sind die für die Umwelt gut bis sehr gut geeignet.

Die Punkteergebnisse der verschiedenen Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 werden in der Tabelle 5-113 bis Tabelle 5-116 in vier Bewertungsteilen separat ausgewiesen. In folgender Tabelle 5-113 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil I (Substratversorgung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-113: Bewertungsergebnisse der Substratversorgung (Teil I) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	II	gut geeignet	3	Wirtschaftsdünger und Abfall
Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Treibhausgasemission beim Substrattransport	II - III		2,5	Gemischte Substrate, einer Transportentfernung bis 12km, anderer mit eigener Lieferung
Treibhausgasemission bei der Substratlagerung (nach Substratarten)	II - III		2,5	Wirtschaftsdünger + Abfall
Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	I	sehr gut geeignet	4	ja

In folgender Tabelle 5-114 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil II (Anlagenbau) der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 vereinigt:

Tabelle 5-114: Bewertungsergebnisse des Anlagenbaus (Teil II) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko-klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Geplante Nutzungsjahre der BGA	IV	bedingt geeignet	1	11-20 Jahre
Baumaterialien (Fermenter)	IV	bedingt geeignet	1	Aus Beton
Endlager mit Abdeckung	IV	bedingt geeignet	1	nein
Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	IV	bedingt geeignet	1	Direkte Nutzung mit dezentralem Netz
Gasfackel	IV	bedingt geeignet	1	nein

In der folgenden Tabelle 5-115 werden die Punkteergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil III (Biogasverwertung) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 3 zusammengefasst:

Tabelle 5-115: Bewertungsergebnisse der Biogasverwertung (Teil III) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Eigener Energieverbrauch	IV	bedingt geeignet	1	Aus öffentlichem Strom- netz
Wärmenutzung allgemein	III	geeignet	2	Biogas direkte Nutzung
Biogasnutzungsarten (Bio- gasverlustpotential und ext- ra Bebauung)	IV	bedingt geeignet	1	Direkte Nutzung mit de- zentralem Netz
Motorentyp	I	sehr gut geeignet	4	ohne BHKW (Biogas di- rekte Nutzung)
Gärrestnutzungsarten	II	gut geeignet	3	Verarbeitung zu Trocken- dünger
Biogasreinigung	II	gut geeignet	3	ja
Gutschriften für Wärmenut- zung	III	geeignet	2	ohne BHKW (Biogas di- rekte Nutzung)

In folgender Tabelle 5-116 werden die Punktergebnisse und Risikoklassenergebnisse für Teil IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung nach Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 3 dargestellt:

Tabelle 5-116: Bewertungsergebnisse des CDM-Verfahrens (Teil IV) des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
Projektstart mit CDM- Verfahren	I	sehr gut geeignet	4	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Inves- torland)	IV	bedingt geeignet	1	Noch kein festes Investo- rland
Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Investorland (für CDM zu- ständige Behörde, DNA - Designated National Autho- rity)	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Autho- rity)	II	gut geeignet	3	ja
Gastgeberland (Nicht- Anlage I-Länder)	II	gut geeignet	3	ja
gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gast- geberland)	II	gut geeignet	3	Politik, Gesetze, Regelun- gen und ausführliche Durchführungsmaßnahmen
Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	II	gut geeignet	3	ja
Antragsverfahren von CDM-Projekt	V	nicht geeignet	0	Keine Zulassung von DNA des Gastgeberlands
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	II	gut geeignet	3	ja
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	II	gut geeignet	3	ja

Kriterien	Risiko- klasse		Punkte	Bewertungsstandard
nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	II	gut geeignet	3	ja
Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Passende <i>Baseline</i> -Methoden	IV	bedingt geeignet	1	noch nicht definiert
Kleinprojektverfahren	II	gut geeignet	3	ja, aber noch keine Zulassung

Die Ergebnisse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten von der Tabelle 5-113 bis Tabelle 5-116 wurden in folgender Tabelle 5-117 für das China-Beispielprojekt 3 integriert:

Tabelle 5-117: Zusammenstellung: Bewertungsergebnisse des China-Beispielprojekt 3 nach Klimaschutzaspekten (eigene Darstellung)

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt
			?	✓	☺	☹	☹ [*]	
			4	3	2	1	0	
Substratversorgung (Teil I)	NO ₂ -Emission beim Energiepflanzenanbau nach Substratarten	1			X			3
	Treibhausgasemission von verschiedenen Substraten	2			X	X		5
	Allgemeine Treibhausgasemission beim Substrattransport	1			X	X		2,5
	Allgemeine Treibhausgasemission bei der Substratlagerung	3			X	X		7,5
	Gutschriften für Einsatz der Abfälle und Wirtschaftsdünger	3		X				12
Summe Punkte Teil I							<u>30</u>	
Anlagenbau (Teil II)	Geplante Nutzungsjahre der BGA	2				X		2
	Baumaterialien (Fermenter)	2				X		2
	Endlager mit Abdeckung	3				X		3
	Bedarf der Nebeneinrichtungen (Biogasnutzungsarten)	1				X		1
	Gasfackel	1				X		1
Summe Punkte Teil II							<u>9</u>	
Biogaswertung (Teil III)	Eigener Energieverbrauch	3				X		3
	Wärmenutzung allgemein	3			X			6
	Biogasnutzungsarten (Biogasverlustpotential und extra Bebauung)	1				X		1
	Motorentyp	3		X				12
	Gärrestnutzungsarten	3			X			9
	Biogasreinigung	1			X			3
	Gutschriften für Wärmenutzung	2				X		4
Summe Punkte Teil III							<u>38</u>	
CDM-	Projektstart mit CDM-Verfahren	3		X				12

	Bewertungskriterien	Multiplikator	Bewertungsschema und -punkte					Punkte insgesamt	
			?	✓	😊	😐	☹️		💧
				4	3	2	1		0
Verfahren (Teil IV)	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Investorland)	2					X	2	
	Investorland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2					X	2	
	Investorland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1					X	1	
	Investorland (Bestimmung des Assigned Amount)	1					X	1	
	Gastgeberland (Ratifikation des Kyoto-Protokolls)	2			X			6	
	Gastgeberland (für CDM zuständige Behörde, DNA - Designated National Authority)	1			X			3	
	Gastgeberland (Nicht-Anlage I-Länder)	1			X			3	
	gesetzliche Unterstützung für CDM-Verfahren (Gastgeberland)	2			X			6	
	Gastgeberland (freiwillige Teilnahme an CDM)	1			X			3	
	Antragsverfahren von CDM-Projekt	1					X	0	
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Sozial)	1			X			3	
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Umwelt)	3			X			9	
	nachhaltige Entwicklung für Gastgeberland (Ökonomie)	1					X	1	
	Einsatz von Entwicklungshilfemitteln bei der Projektfinanzierung	1					X	1	
	Zusätzlichkeit (Anwendung von Technologien)	1			X			3	
	Zusätzlichkeit (Klimaschutzpolitik des Gastgeberlands)	2			X			6	
	Zusätzlichkeit (Projekt ist rentabel)	1					X	1	
	Passende <i>Baseline</i> -Methoden	2					X	2	
	Kleinprojektverfahren	1			X			3	
Summe Punkte Teil IV							<u>68</u>		
Ergebnisse	Summe Punkte Teil I - IV						<u>145</u>		
Summe Punkte	Ergebnisse für Umwelt und Klimaschutz						<u>282,5</u>		

Mit den Bewertungsergebnissen der Tabelle 5-117 werden die Risikoklassen der ganzheitlichen Bewertung nach Klimaschutzaspekten und der einzelnen Bewertungsteilen der Klimaschutzbewertung für das China-Beispielprojekt 3 in der *Abbildung 5-30* grafisch dargestellt:

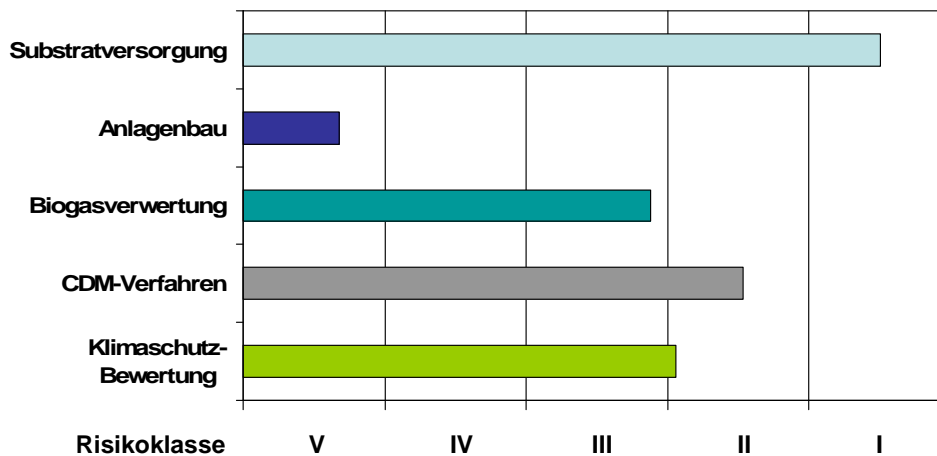


Abbildung 5-30 : Risikoprofil der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-30* zeigt, dass die Risikoklasse der Gesamtbewertung nach Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 bei Klasse II liegt, das China-Beispielprojekt 3 ist damit nach dem Bewertungsmodell für den Klimaschutz gut geeignet. Für die Risikoklassen der vier Bewertungsteile zeigt die *Abbildung 5-30*, dass im Gegensatz zu den Bewertungen nach Umweltaspekten die Ergebnisse für die verschiedenen Bewertungsteile nach Klimaschutzaspekten ungleichmäßig verteilt sind. Das Bewertungsergebnis des Teils I (Substratversorgung) mit Risikoklasse I ist für den Klimaschutz sehr gut geeignet. Der Bewertungsteil II (Anlagenbau) ist mit Klasse V für den Klimaschutz als nicht geeignet einzustufen.

Die Gesamtergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für das China-Beispielprojekt 3 werden in der folgenden Tabelle 5-118 zusammengefasst:

Tabelle 5-118: Bewertungsklasse der Gesamtbewertung für das China-Beispielprojekt 3 (eigene Darstellung)

	Ergebnis nach Umweltaspekten	Ergebnis nach Klimaschutzaspekten	Ergebnis nach Umwelt und Klimaschutzaspekten
Risikoklasse	I	II	II

Dieses China-Beispielprojekt 3 ist ein Pilotprojekt in China mit Wirtschaftsdünger und landwirtschaftlichen Abfällen und mit innovativer Technologie. Als Pilotprojekt hat der Biogasanlagendesigner für Substratversorgung, Anlagenbau sowie Biogasverwertung alle drei Teile nach Umweltaspekten geplant, was sich auch in dem Ergebnis des Bewertungsmodells widerspiegelt. So erreicht das Ergebnis für Umweltbewertung die Risikoklasse I. Aber aufgrund ungünstigen Baumaterialien und nicht gut gesicherter Bauteile erreicht der Teil II (Anlagenbau) des China-Beispielprojektes 3 nach Klimaschutzbewertung nur Risikoklasse V. Insgesamt ist das China-Beispielprojekt 3 bei den Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten als gut geeignet einzustufen.

5.5.2.4 Ergebnisvergleich der drei Beispielprojekte in China

Die folgenden drei verschiedenen Biogasanlagenarten, unterschiedlichster Einsatztechnologie und Arten der Biogasverwertung (vgl. Kap 5.5.2.1 bis Kap. 5.5.1.3), wurden in vorliegen-

der Arbeit durch das in Kap. 5.4 erstellte Bewertungsmodell nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten in Deutschland untersucht:

- China-Beispielprojekt 1: Verfahrenstechnologie mit deutschem Standard; Strom-Einspeisung ins Netz mit Wärmenutzung
- China-Beispielprojekt 2: eigene Verfahrenstechnologie; Stromnutzung für Eigenbedarf ohne Wärmenutzung
- China-Beispielprojekt 3: eigene innovative Verfahrenstechnologie und eigenes Biogasanlagendesign; Biogas-direkt-Nutzung mit dem eigenen dezentralen Gasnetz

Die Bewertungsergebnisse der drei Beispielprojekte sind in der folgenden *Abbildung 5-31* grafisch zusammen dargestellt:

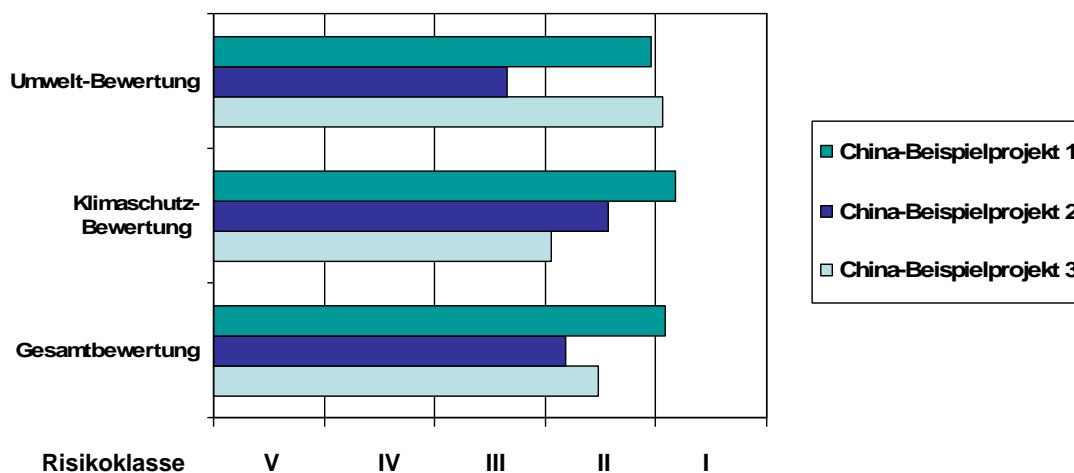


Abbildung 5-31 : Risikoprofil der Gesamtbewertung und der Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die drei China-Beispielprojekte im Vergleich (eigene Darstellung)

Die *Abbildung 5-31* zeigt, dass das China-Beispielprojekt 1 und 3 bei den Bewertungen nach Umweltaspekten trotz unterschiedlicher Biogasnutzungsarten beide jeweils gute Bewertungen bekommen haben. Das China-Beispielprojekt 3 mit Biogasdirektnutzung hat Klasse I erreicht und ist damit für die Umwelt sehr gut geeignet. Das China-Beispielprojekt 2 ist mit Klasse III für die Umwelt normal geeignet. Die drei China-Beispielprojekte erreichen nach Klimaschutzbewertungen jeweils Klasse II oder Klasse I, und sind damit für den Klimaschutz gut bis sehr gut geeignet. Für die Gesamtbewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten macht es *Abbildung 5-31* deutlich, dass alle 3 Beispielprojekte Risikoklasse II und Klasse I erreicht haben und daher nach dem in dieser Arbeit entwickeltem Bewertungssystem gut bis sehr gut geeignet sind. Nur das China-Beispielprojekt 2 erreicht nach Umweltaspekten nur Klasse III und sollte bezüglich der Umweltaspekte noch verbessert werden.

5.5.3 Ergebnisvergleich zwischen Deutschland und China

In diesem Kapitel werden die Bewertungsergebnisse aller Beispiele Deutschlands und Chinas zusammengefasst und zum deutsch-chinesischen Vergleich zusammengebracht.

In folgender *Abbildung 5-32* werden die Bewertungsergebnisse und Risikoprofil aller Beispiele nach Umweltaspekten graphisch zusammengestellt:

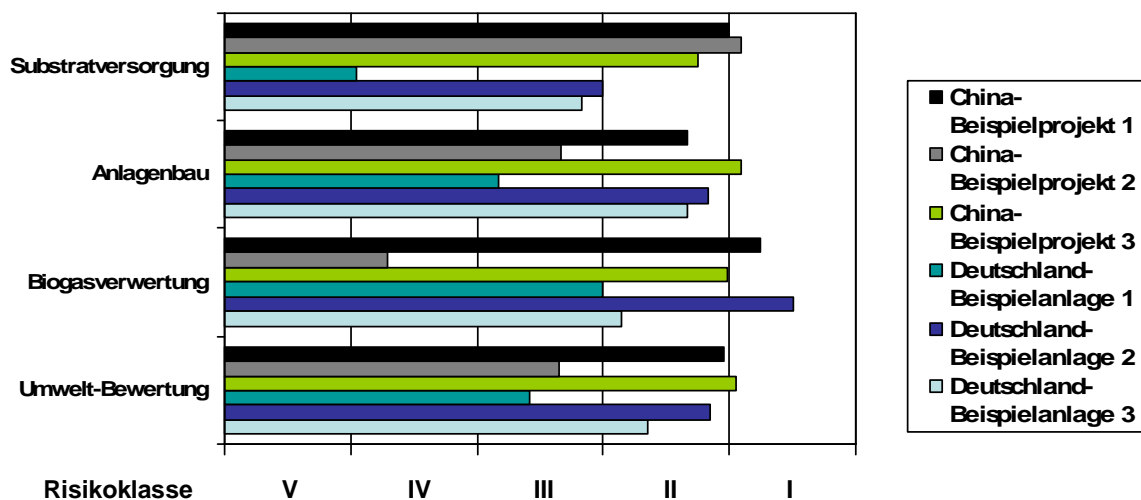


Abbildung 5-32 : Risikoprofil im Vergleich der Bewertung nach Umweltaspekten für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

In *Abbildung 5-32* ist zu sehen, dass der schwächste Punkt für die Bewertungen nach Umweltaspekten in Deutschland das Ergebnis bei der Substratversorgung für Anlage 1 ist. Es hat nur knapp Klasse IV erreicht, und somit ist diese Anlage bei der Substratversorgung nach Klimaaspekten als sehr bedingt geeignet einzustufen. Von den Biogasanlagenarten her ist zu sehen, dass Anlage 1 in Deutschland die einzige reine Energiepflanzenanlage in den hier aufgeführten Fallbeispielen ist. Nach dem Bewertungsschema sind die Energiepflanzenbiogasanlagen bei dem Teil Substratversorgung für die Bewertungen nach Umweltaspekten als sehr bedingt geeignet einzustufen. Für die Beispiele in China ist der schwächste Punkt bei den Bewertungen nach Umweltaspekten das Ergebnis bei der Biogasverwertung (Teil III der Bewertungen nach Umweltaspekten) beim Beispiel 2. Es hat nur eine schlechte Klasse IV erreicht, diese Anlage ist bei der Substratversorgung nach Klimaaspekten sehr bedingt geeignet.

Die durchschnittliche Punkteergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Umweltaspekten für Deutschland und China werden in folgender Tabelle 5-119 zusammengefasst:

Tabelle 5-119: durchschnittliche Punkteergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Bewertungen nach Umweltaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

	Bewertung für 3 Beispiele in Deutschland	Bewertung für 3 Beispiele in China
durchschnittliches Punkteergebnis	115	124,2
Risikoklasse	II	II

Die Tabelle 5-119 zeigt, dass die durchschnittlichen Punkte der Bewertungen nach Umweltaspekten in Deutschland und in China sehr ähnlich sind. Beide erreichen die Klasse II, sind somit für die Bewertungen nach Umweltaspekten als gut geeignet anzusehen. Die Punkte in

China sind ein bisschen besser als in Deutschland, da alle Biogasnutzungsprojekte in China nur mit Wirtschaftsdünger- und/oder Abfalleinsatz funktionieren.

In folgender *Abbildung 5-33* werden die Bewertungsergebnisse und Risikoprofil aller Beispiele in Deutschland und China nach Umweltaspekten graphisch zusammengestellt:

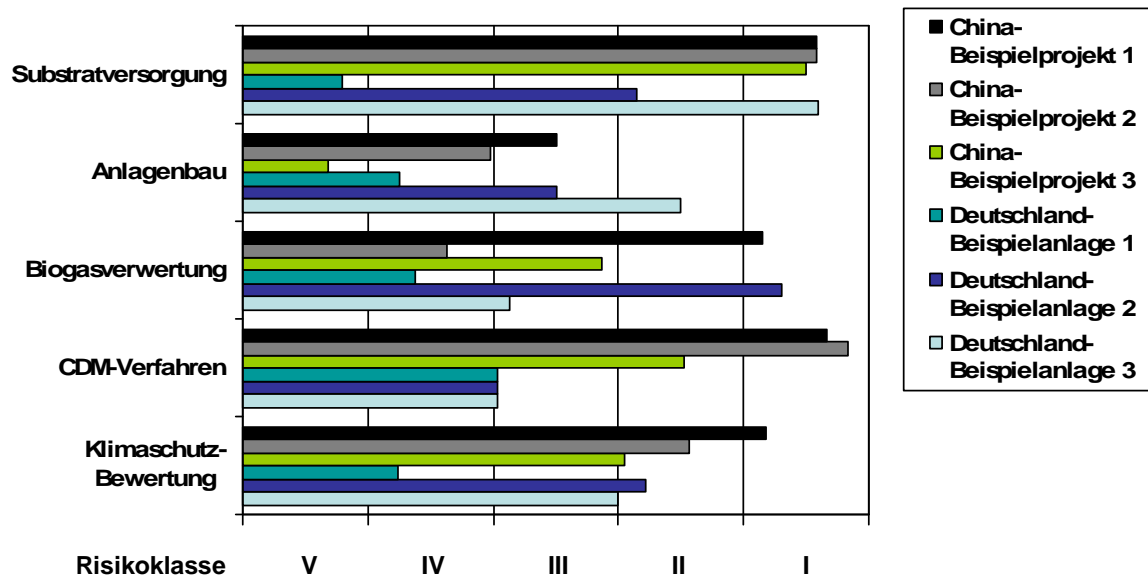


Abbildung 5-33 : Risikoprofil im Vergleich der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

In *Abbildung 5-33* ist zu sehen, dass die Tendenz ähnlich wie bei den Bewertungen nach Umweltaspekten ist: Der schwächste Punkt für die Bewertungen in Deutschland nach Klimaschutzaspekten ist das Ergebnis bei der Substratversorgung bei Anlage 1. Es hat nur Klasse V erreicht, d.h. diese Anlage ist bei der Substratversorgung nach Klimaaspekten als nicht geeignet einzustufen. Für die Gesamtbewertungen erreicht sie auch nur eine schlechte Klasse IV und ist für die Bewertungen nach Klimaaspekten nur als sehr bedingt geeignet anzusehen. Anlage 1 in Deutschland ist die einzige reine Energiepflanzenanlage in den hier aufgeführten Fallbeispielen. Somit lässt sich behaupten, dass die Energiepflanzenbiogasanlagen bei den Bewertungen nach Klimaschutzaspekten bedingt geeignet sind.

Aus *Abbildung 5-33* ist auch ersichtlich, dass der schwächste Punkt für die Bewertungen nach Klimaschutz in China das Ergebnis beim Anlagenbau für Beispiel 3 ist. Es hat nur Klasse V erreicht, d.h. dieses Projekt ist beim Anlagenbau nach Klimaaspekten als nicht geeignet einzustufen. Der Grund dafür ist, dass dieses Projekt aus wirtschaftlichen Gründen für den Klimaschutz negative Materialien und Nebeneinrichtungen nutzt. Obwohl es bei der Gesamtbewertung knapp Klasse II erreicht und für die Bewertungen nach Klimaaspekten sehr gut geeignet ist, kommt der Autor zu dem Schluss, dass für die Zukunft der Biogasnutzung in China möglichst mehr Materialien und Einrichtungen genutzt werden sollten, die sich positiv auf den Klimaschutz auswirken.

Die durchschnittliche Punkteergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Bewertung nach Klimaschutzaspekten für Deutschland und China werden in folgender Tabelle 5-120 zusammengefasst:

Tabelle 5-120: durchschnittliche Punkteergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

	Bewertung für 3 Beispiele in Deutschland	Bewertung für 3 Beispiele in China
durchschnittliches Punkteergebnis	84,2	164,5
Risikoklasse	III	II

Die Tabelle 5-120 zeigt ganz deutliche Punktunterschiede für die durchschnittlichen Punkte in Deutschland nach Klimaschutzaspekten und in China, aber wegen des unterschiedlichen Gesamtpunktstands der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten werden nur die Risikoklassen verglichen: Das Ergebnis bei den durchschnittlichen Punkten nach Klimaschutzaspekten ist in China mit einer guten Klasse II deutlich besser als das Ergebnis in Deutschland (mit einer mittleren Klasse III. Die zwei wichtigsten Gründe sind:

- Die Substratversorgung der Biogasnutzungsprojekte in China ist fast bei allen Anlagen mit Wirtschaftsdünger- und/oder Abfalleinsatz gewährleistet. Auf der anderen Seite werden in Deutschland die meisten Anlagen mit Energiepflanzeneinsatz betrieben (Ausnahmen sind nur die Abfallanlagen).
- Biogasnutzungsprojekte in China können gut als CDM-Projekt anerkannt werden, nur werden viele kleine Projekte wegen des großen Entwicklungsaufwands nicht beantragt. Trotzdem bekommen alle Projekte in China für das CDM-Verfahren (Teil IV der Bewertungen nach Klimaschutzaspekten) eine sehr gute Note.

In folgender *Abbildung 5-34* werden die Bewertungsergebnisse und Risikoprofil aller Beispiele in Deutschland und China nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten graphisch zusammengestellt:

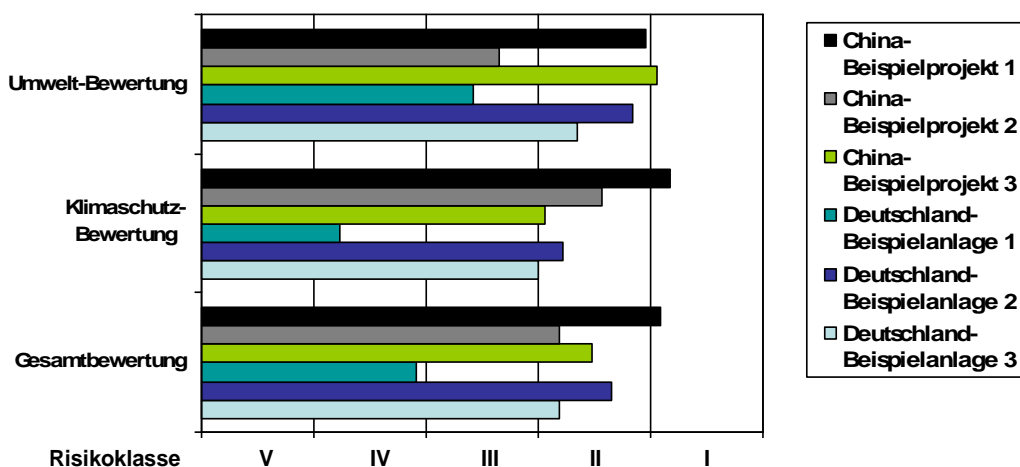


Abbildung 5-34 : Risikoprofil im Vergleich der Gesamtbewertung für alle Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

Für die Gesamtbewertungen zeigt *Abbildung 5-34* dieselbe Tendenz wie die Bewertungen nach Umweltaspekten und Klimaschutzaspekten. Das einzige Beispiel mit reinem Energiepflanzeneinsatz, die Anlage 1 in Deutschland, bekommt eine deutlich schlechte Note. Sie hat insgesamt nur Klasse IV erreicht und ist bei dem Bewertungsschema bedingt geeignet. Alle anderen Beispiele haben mindestens Klasse II erreicht, sogar das Beispiel 1 in China hat Klasse I erreicht und ist bei dem Bewertungsschema sehr gut geeignet.

Die durchschnittliche Punkteergebnisse und Ergebnisrisikoklasse der Gesamtbewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für Deutschland und China werden in folgender Tabelle 5-121 zusammengefasst:

Tabelle 5-121: durchschnittliche Punkteergebnisse und ihre Bewertungsklasse der Gesamtbewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten für die Beispiele in Deutschland und China (eigene Darstellung)

	Bewertung für 3 Beispiele in Deutschland	Bewertung für 3 Beispiele in China
durchschnittliches Punkteergebnis	<i>199,2</i>	<i>288,7</i>
Risikoklasse	III	II

Die Tabelle 5-121 zeigt ganz deutliche Punktunterschiede für die durchschnittlichen Punkte bei den Gesamtbewertungen in Deutschland und in China. Die durchschnittlichen Punkte bei den Gesamtbewertungen in China haben Klasse II erreicht. Damit sind die dortigen Anlagen als gut geeignet einzustufen. Die Punkte in Deutschland haben nur Klasse III erreicht und sind damit deutlich schlechter als in China. Der Hauptgrund ist, wie in 5.7.2 und 5.7.3 dargelegt, dass der Einsatz von Energiepflanzen bei dem Bewertungsschema deutlich schlechtere Bewertungen bekommt. Dies ist auch der Hauptunterschied zwischen den Biogasnutzungsprojekten in Deutschland und in China.

6 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Schwerpunkte der Arbeit noch einmal kritisch hinterfragt und diskutiert. Auch das Potential und die Entwicklungschancen der Biogasnutzung in Deutschland und China, die politischen und rechtlichen Einflüsse für Biogasnutzung, die Rahmenbedingungen durch internationale Klimaschutzmaßnahmen sowie Vorschläge für die Entwicklung der Biogasnutzung in China werden diskutiert. Abschließend werden kurz der zukünftige Forschungsbedarf und Ansätze für die weitere Vorgehensweise skizziert.

Unter dem Druck endlicher Rohstoffreserven, der steigenden Erdölpreise, wachsender Umwelt- und Klimaprobleme und politischen Abhängigkeiten wird zunehmend interessant, über die verstärkte energetische Nutzung von Biomasse nachzudenken. Es kommen verschiedene Energiegewinnungsformen aus Biomasse (vgl. Kap. 3.1.2) in Frage, z.B. die direkte Verbrennung, Biogasnutzung, Vergasung, Herstellung von Biodiesel und Bioethanol usw. Davon ist die Biogasnutzung die einzige weltweit durchführbare Maßnahme. Durch die Erfahrungen, die in einem Industrieland wie Deutschland und auch in einem Entwicklungsland wie in China, gemacht wurden, ist Biogasnutzung einer der besten Träger für den Umwelt- und den Klimaschutz geworden.

Die internationalen, nationalen, lokal politischen und gesetzlichen Fördermaßnahmen - z.B. EU-Richtlinien, deutsche Förderungsprogramme und das deutsche EEG - tragen dieser Tatsache Rechnung und ermöglichen erstmalig einen wirtschaftlichen und gezielten Energiepflanzenanbau in Deutschland für die Biogasnutzung. War die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland bislang fast ausschließlich auf die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln ausgerichtet, so werden nun zunehmend aufgrund dieser erneuerbaren Energie-Rahmenbedingungen Flächen zur Energieerzeugung durch Biogasnutzug verwendet. Dabei findet der Energiepflanzenanbau in Deutschland schon lange nicht mehr auf Stilllegungsflächen statt, sondern ist für Landwirte eine tatsächliche Alternative zur traditionellen Lebensmittelproduktion geworden.

Neben einem geschlossenen CO₂-Kreislauf ist bei Energiepflanzen auch der Nährstoffkreislauf nahezu geschlossen, denn durch Biogasnutzung kann der Gärrest mit allen Nährstoffen wieder als Dünger auf den Feldern eingesetzt werden. Neben verringertem Mineraldüngeraufwand kann beim Energiepflanzenanbau auch auf chemischen Pflanzenschutz weitgehend verzichtet werden.

Aber die Bewertungsergebnisse der vorliegenden Arbeit haben deutlich gezeigt (vgl. Kap.5.5.1.4), dass Energiepflanzen als Substrat für Biogasnutzung durch die Bewertung von Umwelt- und Klimaschutzaspekten nicht oder nur bedingt geeignet sind. Warum gelten Energiepflanzen in Deutschland als wichtigstes Substrat für Biogasnutzung? Folgende Gründe sind denkbar:

- Sicherheit bei der Substratversorgung,
- Relativ günstige Kosten bei der Substratversorgung,

- Bis Ende 2008 gefördert durch den Technologiebonus des EEG in Verbindung mit dem Trockenfermentation-Verfahren für Biogasnutzungsprojekt mit Energiepflanzen,
- Wenige Transportkosten bei der Substratversorgung,
- Wenige Zwischenfälle,
- Stabilisierung der Zusammensetzungen,
- Stabilisierung des Bioprozesses und
- Kein Hygienisierungsbedarf.

In der vorliegenden Arbeit wird ein Bewertungsmodell für Biogasnutzung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten aufgebaut. Deswegen werden die wirtschaftlichen Aspekte nicht beachtet. Aber für die Entwicklung der Biogasnutzung spielt die Wirtschaftlichkeit eine sehr wichtige Rolle. Die meisten internationalen sowie nationalen Maßnahmen umfassen wirtschaftliche Maßnahmen, um Biogas-Projekte zu unterstützen, z.B. die Vergütungen in deutschem sowie chinesischem EEG, oder der CER-Handel durch CDM-Verfahren. Gleichzeitig soll hier auch die Wichtigkeit des politischen Engagements betont werden.

Um das Bewertungsmodell für Biogasnutzung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten möglichst umfassend zu entwickeln, ist die Verzahnung der interdisziplinären umweltwissenschaftlichen, geowissenschaftlichen, rechtlichen, sowie lokal, national und internationalen politischen sowie technischen Faktoren mit ihren umweltbezogenen und klimabezogenen Auswirkungen von höchster Bedeutung. Zu diesen Zielen diene zunächst eine Grundrecherche zum aktuellen Forschungsstand der Biogasnutzung und des Umwelt- und Klimaschutzes (vgl. Kap. 3), besonders in Deutschland, da die Forschung der Biogasnutzung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten in China noch sehr schwach ist. Eines der Ziele der vorliegenden Arbeit ist auch das entwickelte Bewertungsmodell in China auszubauen und umzusetzen. Bei der Methodikwahl und -verwendung für das Bewertungsmodell nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten wäre eine Ausweitung des bestehenden Forschungsstands auf die internationale Klimaschutzpolitik, die betriebliche Umweltrisikobewertung, die umweltbezogene betriebliche Standortbewertung, die Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung sowie praktisches Bewertungsverfahren denkbar gewesen (vgl. Kap. 4).

Die Bewertungsergebnisse der Fallbeispiele in Deutschland zeigen, dass mit der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten die Deutschland-Beispielanlage 2 und 3 ist deutlich besser als Beispielanlage 1. Nach der allgemeinen betrieblichen, rechtlichen und wirtschaftlichen Prüfung zeigt sich allerdings, dass die Beispielanlage 1 nicht nur alle rechtlichen Anforderungen einhält, sondern auch die Technologie nach einem Stand der Technik und ein gutes betriebliches Managementsystem aufweist, somit im Vergleich zu den anderen zwei Beispielanlagen die bessere Wirtschaftlichkeit darstellt. Dies bestätigt deutlich, dass es zwischen Wirtschaftlichkeit und dem Umwelt- und Klimaschutz einen großen Konflikt gibt, z.B.:

- Energiepflanzen sind im Vergleich zu Wirtschaftsdünger und Abfall nach dem Bewertungsmodell für Umwelt- und Klimaschutz nur bedingt geeignet, aber wegen der relativen stabilen Bioprozesse und des zusätzlichen NawaRo-Bonus sind die Energie-

pflanzen-Biogasanlagen immer noch die erste Wahl für Biogasanlageninvestoren und -betreiber in Deutschland.

- Gleichfalls ist der Zündstahlmotor wegen seinem relativen hohen Wirkungsgrad trotz der mehr negativen Umwelt- und Klimaschutz Auswirkungen im Vergleich zum Gasmotor die bessere Wahl für Biogasanlageninvestoren und -betreiber in Deutschland.
- Noch ist Beton als Baumaterial des Fermenters wegen seinem deutlich günstigen Preis im Vergleich mit Stahl trotz seiner negativen Klimaschutz Auswirkungen die erste Wahl für Biogasnutzungsprojekte in Deutschland.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (vgl. Kap.5.5.1.4) zeigen auch, dass die Substratversorgung in China überwiegend nur Wirtschaftsdünger und Abfall sind. Einerseits sind solche Substrate für das Bewertungsmodell nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten sehr gut geeignet, aber andererseits sind die allein für Energieerzeugung unangemessen.

Biogasnutzung in Deutschland ist schon neben Windkraft und Wasserkraft ein wichtiger Sektor für deutsche Energiewirtschaft geworden (vgl. Kap.3.1.2 und BMU 2010), im Gegensatz dazu spielt die Biogasnutzung in China in der Energiewirtschaftsbranche fast noch keine Rolle, sondern hat mit ihren Umwelt- und Klimaschutzbeiträgen in der Abfallwirtschaft mehr Bedeutung. Ein wichtiger Grund ist, dass allein Wirtschaftsdünger und Abfall als Substrat der Biogasnutzung keine genügende Energie erzeugen kann. Aber fast alle Biogasnutzungsprojekte in China wie alle drei Beispielprojekte in vorliegender Arbeit werden nur mit Wirtschaftsdünger und Abfällen betrieben. Zwar gibt es in China noch kein Verbot für den Einsatz der Energiepflanzen für die Biogasnutzung, aber hinsichtlich der chinesischen Landwirtschafts- und Ernährungspolitik ist es der Energiepflanzeneinsatz für die Biogasnutzung undenkbar.

Die anderen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit (vgl. Kap. 4.1.2 und 4.2.1) bestätigen ebenfalls, dass die Biogasnutzungen zu einem erheblichen Teil beitragen, negative Umwelt- und Klimaschutz Auswirkungen zu vermeiden. Sie verringern und vermeiden THG-Emissionen, tragen effektiv zum Klimaschutz bei und liefern einen erneuerbaren und speicherbaren Energieträger. Sie unterstützen den Gedanken der Landwirtschaft und der Kreislaufwirtschaft und damit die Schließung von Nährstoffkreisläufen. Bei fachgerechter Anwendung der Gärreste kann die Düngereinsparung bis zu 36% ausmachen (vgl. EDER & SCHULZ 2006). Sie reduzieren die Keim- und Unkrautbelastung und tragen damit zur Erhaltung der Gesundheit von Mensch, Tier und Pflanzen bei. Die weiteren positiven Umwelteffekte bei der Biogasnutzung kommen allerdings nur zum Tragen, wenn Biogasanlagen mit passender Technik fachgemäß betrieben werden. Neben den Vorteilen für den Umweltschutz hat die Biogasnutzung auch große Beiträge für den Klimaschutz, wobei die Vermeidung von THG-Emissionen zum Tragen kommt.

In Deutschland hat die Biogasnutzung mit ökologisch wirtschaftendem Betrieb aufgrund der EG-Öko-Verordnung 2092/91, Bioland Richtlinien sowie dem Düngemittelgesetz ein anderes Motiv für die weitere Entwicklung als China. Da in Deutschland mineralische Düngemittel im Ökolandbau nicht oder nur in geringen Mengen eingesetzt werden dürfen, werden traditionell Leguminosen oder Leguminosen-Gras-Gemenge in die Fruchtfolge integriert, die dann als

Gründüngung in den Boden eingepflügt werden (vgl. KARPENSTEIN-MACHAN 2005). In China gibt es zwar noch keine Beschränkungen über den Einsatz von mineralischen Düngemittel für die Landwirtschaft, aber die negativen Umwelt- und Wirtschaftsauswirkungen der übertriebenen Nutzung von mineralischen Düngemitteln, wie Verschlechterung der Bodenqualität, Verschmutzung des Grundwassers, und niedrigere Pflanzenerträge sind bekannt. Der Öko-Anbau gewinnt allerdings auch in China zunehmend an Bedeutung, was auch mit einem Anstieg der Öko-Dünger verbunden ist, wozu auch die Gärreste aus Biogasnutzung gehören. In China werden Gärreste von Biogasanlagen (die nicht mit Abfall betrieben werden) zu flüssigen und festen Öko-Düngern weiterverarbeitet und verkauft. Die Wirtschaftlichkeit hat hierbei einen höheren Stellenwert als die Strom- und Wärmeerzeugung.

Das Thema „Biogasnutzung und Abfallwirtschaft“ ist das Entwicklungsmotiv für Biogasnutzung in China, die Realität ist es, dass alle Biogasanlagen in China mit Wirtschaftsdünger, Abwasser oder organischen Abfällen betrieben werden. Hier soll ein politischer Unterschied zwischen Deutschland und China hervorgehoben werden, wobei die Behandlung und Verwertung von Wirtschaftsdünger in China zu der Abfallwirtschaft zählen. Derzeit wächst die Bedeutung der Bereiche Erneuerbare Energie und Abfall in Deutschland auch zunehmend. Stets steigende Erdölpreise und die Verringerung der Beseitigung von Abfällen wirken als Katalysatoren. Insofern werden Verfahren, die in der Lage sind beide Bereiche miteinander unter Wertschöpfung zu verknüpfen, besonders beachtet. Die Erzeugung von Strom und Wärme aus biologischen Abfällen durch Biogasnutzung ist dabei eines der wichtigsten Verfahren. Die Vorgabe der EU zum Verbot der Verfütterung von Speisresten ist schon seit 2006 auch in Deutschland umgesetzt worden. Dies führte schon zu einem starken Anstieg der für Biogasnutzung zur Verfügung stehenden Tonnagen (vgl. Kap. 5.5.1.3). Im Vergleich mit der Biogasnutzung, bei welcher Energiepflanzen oder Wirtschaftsdünger eingesetzt werden, hat die Biogasnutzung mit Bioabfall-Einsatz eine deutliche Kehrseite: Schäden und Störfälle bei der Biogaserzeugung, der zusätzliche Nebeneinrichtungenbau sowie die höhere Projektsinvestition. Dadurch entwickelt sich die Biogasnutzung mit Bioabfall-Einsatz in Deutschland auch nicht sehr rasant. Dies gilt auch für China, wo die Biogasnutzung mit Bioabfall-Einsatz noch im Versuchsstadium steckt. Mögliche effizientere Verfahren sollen in Zukunft erforscht werden.

Zurzeit ist die Standard-Technik zur Biogasverwertung die Strom- und Wärmeerzeugung durch BHKW (vgl. Kap. 3.2.5.1). Mit Einsatz des Gasspeichers kann Strom bedarfsorientiert oder gleichmäßig produziert werden. In Deutschland wird Strom aus Biogasnutzung überwiegend in dem öffentlichen Stromnetz eingespeist. Aber in China wird Biogas meistens durch rein thermische Verwertung zum Kochen genutzt. Für die Biogasverwertung in China sind folgende Nutzungsarten denkbar:

- mit dezentralem Gasnetz direkt nutzen,
- in Gasflasche speichern und verkaufen,
- im kalten Norden mit Kraft-Wärme-Kopplung, Strom und Wärme für den Eigenbedarf,
- im heiß-subtropischen Süden: Strom- und Kälteerzeugung sowie

- bei großen Biogasanlagen kann der erzeugte Strom wie in Deutschland ins Netz eingespeist werden

Bei der „gesetzlichen und politischen Unterstützung der Biogasnutzung“ wurde Deutschland ein Vorreiter. Wichtig ist hier auch, dass sich die Politik ihrer Verantwortung bewusst ist und die steuerliche Sonderbehandlung der Biogasnutzung gewährleistet. Es gibt zahlreiche gesetzliche und politische Regelungen in Deutschland und auch in China. In Deutschland erlebte die Biomasse einen regelrechten Boom durch die erste Novellierung des EEG ab 2004. Vom Mais bis zum Grünschnitt wird hier der altbewährte Energiespeicher der Natur genutzt, um über Biogasanlagen Strom und Wärme zu produzieren. In Deutschland wird die Biogasnutzung durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) und der zugehörigen Biomasseverordnung durch die Festlegung von Vergütungen gefördert. Das Gesetz dient der Umsetzung der Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates von 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt. Am 1. Januar 2009 trat die neuste Novellierung des EEG in Kraft. Die Tabelle 3-17 zeigt die Vergütungssätze des deutschen EEG 2009 und im Vergleich mit dem chinesischen EEG. In dem deutschen EEG 2009 wird den Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromversorgung bis zum Jahr 2020 auf mindestens 30 Prozent gefordert (Stand 2008: 14,2%, vgl. deutsches EEG 2004 und 2009), dieser soll danach kontinuierlich weiter erhöht werden (vgl. Kap.3.2.7.4).

Im Vergleich mit Deutschland ist in China der Zielwert des Anteils der Erneuerbaren Energien nicht gesetzlich geregelt, sondern nur durch den staatlichen Erneuerbare Energie-Entwicklungsplan geklärt (vgl. Kap. 3.2.7.5). In China wird die Biogasnutzung auch durch das chinesische EEG und der zugehörigen Verordnungen und lokalen Regelungen mit der Festlegung von Vergütungen für Strom aus regenerativen Energiequellen gefördert. Aber weil die meisten Biogasnutzungsprojekte in China keinen Strom erzeugen, spielt das chinesische EEG für die Biogasnutzung in China immer noch keine bedeutende Rolle. Weitere Unterstützungsmaßnahmen für die Biogasnutzung sind durch die nationale und lokale Politik und Programme zu realisieren. Im Vergleich mit gesetzlichen Maßnahmen zeigen die politischen Maßnahmen in China den Nachteil, dass sie keine nachhaltige und stabile Durchführung gewährleisten. Zum aktuellen Stand wurde das chinesische EEG als weitere Klimaschutzpolitische Maßnahme mit stärkeren Unterstützungsmaßnahmen am 26.12.2009 novelliert, um den jungen Sektor der erneuerbaren Energien in China zu unterstützen. Die Stromversorgungsunternehmen (Netzanbieter) haben nun die Pflicht, den Strom aus erneuerbaren Energiequellen einzukaufen.

Anderer diskussionswürdiger Punkt ist der Einsatz des CDM-Verfahrens für Biogasnutzung und die Gültigkeit des Kyoto-Protokolls (vgl. Kap. 3.3.3). Nach Expertenschätzung gilt das CDM-Potenzial in China als eines der größten weltweit (vgl. Kap. 3.3.3., Weltbank 2004). Bisher sind in China insgesamt 748 CDM-Projekte (CCChina 2010) registriert. Diese Projekte stellen mit 36,6% mehr als ein Drittel der weltweiten CDM-Projekte (2041 Projekte, UNFCCC 2010) dar. CDM-Verfahren können nach dem Kyoto-Protokoll bisher nur bis zum Jahr 2012 durchgeführt werden, die weiteren Entwicklungen sind noch ungewiss. Dies werden die Verhandlungsergebnisse der internationalen Klimakonferenz und das Nachfolgeabkommen des

Kyoto-Protokolls zeigen. Weitere Unklarheiten sind beispielsweise, ob China noch als Entwicklungsland international anerkannt wird, welche Klimaschutz-Pflichten China zukünftig tragen muss. Diese Gedanken stützen sich auf der Tatsache, dass die finanzielle Unterstützung von CDM-Verfahren - der Gewinn aus CERs- eigentlich ein Hilfsmittel von den Industrieländern darstellt, um Klimaschutzprojekte in den Entwicklungsländern zusätzlich zu unterstützen. Grundsätzlich für die Biogasnutzung hat das CDM-Verfahren die folgenden Schwachstellen:

- Der Zeitraum für die Nutzung ist stark begrenzt. Zunächst sind die CDM-Verfahren nur bis 2012 gültig, die weitere Geltung ist noch unklar.
- CDM-Verfahren sind spezielle Klimaschutzmaßnahmen, welche nur in bestimmten Entwicklungsländern einsetzbar sind,
- Eine weitere Hürde ist der langandauernde und komplizierte Antragsprozess auf nationaler und UN-Ebene,
- Hohes Vorfinanzierungsrisiko,
- Regelmäßige strenge Nachprüfungen müssen in Kauf genommen werden,
- Im Rahmen der Biogasnutzung stellt die Vorfinanzierung ein hohes Risiko dar.

Der letzte Punkt bietet eine gute Überleitung zum abschließenden Diskussionspunkt. Es muss betont werden, dass sowohl in Deutschland als auch in China ohne die staatlichen Subventionen die Biogasnutzung geringe oder sogar keine Wirtschaftlichkeit aufweist. Allein für sich ist das Biogasnutzungsprojekt in der Energie-Branche noch nicht konkurrenzfähig. Dennoch sind alle Unterstützungsmaßnahmen befristet:

- In dem deutschen EEG werden die Vergütungen für Biogasnutzung auf 20 Jahre begrenzt,
- In dem chinesischen EEG werden die Vergütungen für Biogasnutzung auch auf 20 Jahre begrenzt,
- Die staatlichen und lokalen Unterstützungsprogramme der beiden Länder unterliegen ständigen Änderungen,
- Die Anforderungen für die Finanzierbarkeit von Biogasnutzungsprojekte der deutschen Geldinstitute sind ebenfalls zeitlich begrenzt und variieren auch sehr stark,
- In China gibt es sogar noch keine Geldinstitute (außerdem staatlichem Fonds für Biogasnutzung), welche bereit wären, die Finanzierung der Biogasnutzungsprojekte zu übernehmen.

Nach Abschluss der vorliegenden Arbeit, muss die Zusammenarbeit zwischen dem Geographischen Institut der Universität Würzburg und der UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH unbedingt weiter aufrechterhalten werden und die geknüpften Kontakte unbedingt weiter gepflegt werden. Besonders sind die Forschungen in diesem Bereich in China noch sehr schwach ausgeprägt und müssen verstärkt werden. Hauptziel des weiteren Vorgehens sollte es sein, möglichst schnell eine erste vollständige Untersuchungs-

gasanlage im Rahmen dieser Arbeit in China zu realisieren und die erhobenen Daten genau zu bewerten. Folgende Forschungsfragen sind denkbar:

- Anwendung und Ausbau des Bewertungsmodells,
- Aktualisierung des Bewertungsmodells in China,
- Entwicklung einer Bewertungssoftware,
- Optimierung der passenden Biogasnutzungstechnologie (Anlagenbau, Biologie, Gärrestenutzung, Stromeinspeisungstechnologie usw.),
- Bewertungsmodell der Biogasnutzung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten auf andere Branchen übertragen,
- Wissenschaftliche Beratung (als Instrument) für Umweltpolitik, Erneuerbare Energie-Politik, Klimaschutzpolitik, Umweltrecht, Klimaschutzgesetze, Umweltplanung, Erneuerbare Energie-Planung in China,
- Einflüsse von CDM-Verfahren und anderer Klimaschutzmaßnahmen, sowie
- Beobachten des Ablauf der internationalen Klimaschutzverhandlung.

Nebenher weist in der vorliegenden Arbeit vor allem die Auswahl der Substrate erhebliche Unterschiede zwischen China und Deutschland auf. Der weitere vertiefte Forschungsbedarf für dieses Thema sollte auf folgende Bereiche gelenkt werden:

- Suche nach weiteren Substraten für die Biogasnutzung, besonders unwirtschaftliche Pflanzen, Wasserpflanzen, landwirtschaftliche Abfälle wie Stroh usw.,
- Untersuchung und Weiterentwicklung neuer Substratzusammensetzung,
- Entwicklung und Optimierung der Kofermentations-Technologie in China, sowie
- Einrichtung eines Untersuchungsinstituts für Substratforschung mit Labor in China für genaue Labor-Untersuchung für verschiedene Substrate.

Diese Forschungsansätze können von Deutschland aus unterstützt werden durch:

- Suche nach deutschen Unternehmen und Forschungsprojekten in der Biogas-Branche, die eine Zusammenarbeit mit China ermöglichen können, und
- Kooperation mit deutschen Forschungsinstituten für die Biogasnutzung.

7 Zusammenfassung

Die Biogasnutzung ist aus Umwelt- und Klimaschutzgründen sehr relevant, denn die fossilen Rohstoffe haben eine nur endliche Verfügbarkeit. Darüber hinaus erzeugen sie bei ihrer Verbrennung Emissionen, die klimaschädlich sein können, da sich durch den steigenden CO₂-Ausstoß die Atmosphäre zunehmend aufheizt und somit den sogenannten Treibhauseffekt auslöst.

Die Biogasnutzung mit der indirekten Erzeugung von Strom und Wärme, oder der direkten Nutzung als Feuerungsgas bzw. als Treibstoff leistet in diesem Zusammenhang einen Beitrag zum Klimaschutz. Denn das CO₂, welches bei der Erzeugung von Biogas frei wird, ist kein zusätzliches CO₂, sondern CO₂, welches beim Wachstum der Biomasse, von der Pflanze zuvor aus der Umgebungsluft entnommen wurde.

Die Biogasnutzung ist heute ein Thema, das auf vielfältiges Interesse stößt. Neben ihrer langen Geschichte ist ihre Entwicklung im Zusammenhang mit Klimaschutz neu zu betrachten, denn bis vor wenigen Jahren beschäftigten sich nur wenige Wissenschaftler aus Forschung und Praxis mit diesem Thema. Folgend Effekte der Biogasnutzung wirken sich positiv auf die Umwelt aus:

- Verminderung von Geruchsbelastungen durch Behandlung der Wirtschaftsdünger,
- Verminderung von Boden- und Grundwasserbelastungen durch Behandlung der Wirtschaftsdünger,
- Verminderung des Düngerbedarfs durch hochwertige Gärreste aus Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger,
- Verminderung der Treibhausgasemissionen (hauptsächlich: Methan), sowie
- Verbesserung der Energieversorgungsstruktur.

Nach Angaben des BMWI und CMER ist die Biogasnutzung schon heute eine wichtige Erneuerbare Energiequelle in Deutschland und China geworden (vgl. Kap. 3.2.6).

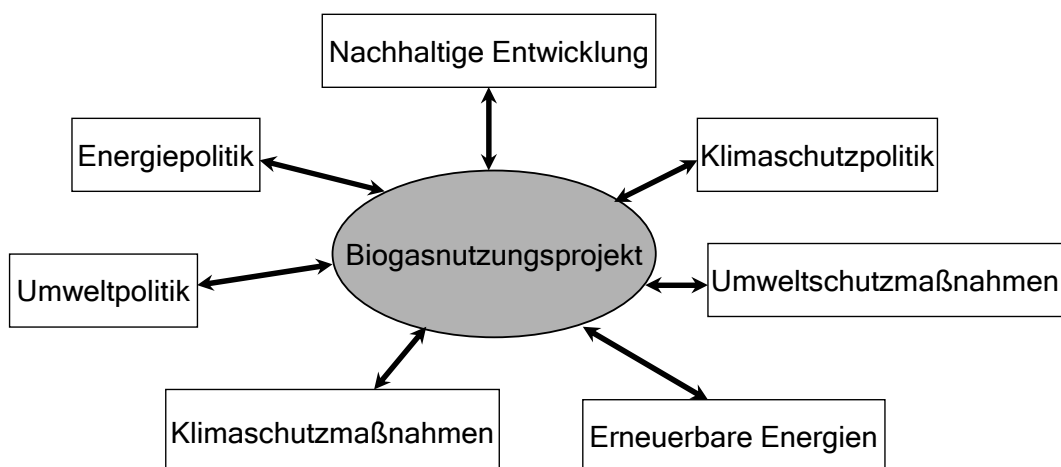


Abbildung 7-1: Biogasnutzung ist ein wichtiger Knotenpunkt für Umweltschutz, Klimaschutz, Erneuerbare Energien und nachhaltige Entwicklung (eigene Darstellung)

Wie die *Abbildung 7-1* zeigt, dient die Biogasnutzung als ein wichtiger Knotenpunkt für Umweltpolitik, Klimaschutzpolitik, Energiepolitik und Nachhaltige Entwicklung. Ebenso wird die Biogasnutzung weltweit als wichtige Umweltschutz- und Klimaschutzmaßnahme genutzt.

In Deutschland wurde erst durch die Einführung des EEGs die wirtschaftliche Basis für die Strom- und Wärmeerzeugung der Biogasnutzung geschaffen. Die Novellierungen des EEG im Jahr 2004 und 2008 schafften dann die Voraussetzungen für einen profitablen Einsatz von Biogasnutzungen in der gesamten erneuerbaren Energien-Branche.

Dass in China das Wachstum der industriellen Biogasnutzung noch nicht so boomt wie in Deutschland, liegt besonders daran, dass die Wirtschaftlichkeit der Biogasnutzung in China kaum mit Deutschland vergleichbar ist. Obwohl im Jahr 2006 das erste chinesische EEG (ähnlich dem deutschen EEG) in Kraft getreten ist, bietet erst das 2008 etablierte Kyoto-Protokoll zusätzliche Unterstützungsmöglichkeiten, die Wirtschaftlichkeit von Biogasnutzungsprojekten durch CDM-Verfahren zu verbessern.

Die vorliegende Arbeit basiert auf einem im Jahr 2006 begonnenen Projekt in enger Zusammenarbeit zwischen dem geographischen Institut der Universität Würzburg und der UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH in Nürnberg. Für die Umsetzung des Projektes wurden zahlreiche praktische und internationale Kooperationen und interdisziplinäre Umwelt- und Klimaschutzansätze eingebunden. Die vorliegende Arbeit legt einen Schwerpunkt auf das nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten aufgebaute Bewertungsmodell für Deutschland und China. So kann man den heterogenen Umwelt- und Klimaschutzaspekten in Deutschland und auch in China gerecht werden und die Biogasnutzung als ein wichtiges nationales und internationales Klimaschutzinstrument verstehen.

Vor diesem Hintergrund sollte in der vorliegenden Arbeit, im interdisziplinären Themenkreis „Umwelt- und Klimaschutz“ ein Verfahren entwickelt werden, das es ermöglicht, Biogasnutzung hinsichtlich ihrer tatsächlichen und potentiellen umwelt- und klimaschutzrelevanten Auswirkungen zu bewerten. Gedanklicher Ausgangspunkt ist hierbei, dass diese Risiken durch Emissionen hervorgerufen werden, die auf einen Standort bestimmter Empfindlichkeit treffen. Damit werden die bisher bestehenden, weitgehend emissionsorientierten Verfahrensansätze um die Mitbetrachtung der betroffenen Umwelt erweitert. Umwelt- und Klimauswirkungen werden somit verstanden als die Möglichkeit negativer Einwirkungen auf die Geo-, Bio- und Anthroposphäre (Umwelt) durch das Vorhandensein und die Aktivitäten eines Biogasnutzungsprojektes.

Die zentrale Problemstellung dieser Arbeit bestand darin, Bewertungsansätze für die Biogasnutzung in Deutschland nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten zu schaffen kann und eine Anwendbarkeit dieses Bewertungsmodells in China zu prüfen.

Im Kapitel 5 der vorliegenden Arbeit erfolgte der detaillierte Aufbau eines Bewertungsmodells nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten und die Beispiele der Anwendung des Modells in Deutschland und China. Hierbei wurde zwischen den Bestimmungsfaktoren und den Umwelt- und Klimaauswirkungen unterschieden. Nach Auswahl der relevanten Umwelt- und Klimaschutzkriterien wurden die Kriterien quantifiziert und klassifiziert. Ein Bewertungsmodell

wurde danach erstellt und weiter nach chinesischem Standard ausgebaut. Eine detaillierte Analyse mit Ergebnisvergleich von insgesamt 6 praktischen Bewertungsbeispielen in Deutschland und China wurde dargestellt.

Das in der vorliegenden Arbeit entwickelte Bewertungsverfahren erhebt den Anspruch, für den praktischen Einsatz vor Ort tauglich zu sein. Hierzu wurden umwelt- und klimaschutzrechtliche, sowie nationale und internationale politische Anforderungen zur Kategorisierung und Bewertung herangezogen und damit die Durchführbarkeit gewährleistet. Der Lösungsweg zur Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten führt einerseits über die Umwelt- und Klimaschutzbilanzierung (vg. Kap. 4.1) und andererseits über eine Umweltrisikobewertung sowie eine umweltbezogene Standortbewertung (vgl. Kap. 4.2).

Anhand der praktischen Arbeit und der Analyse von insgesamt 23 Biogasnutzungsprojekten aus Deutschland und China, konnten Eigenschaften der Biogasnutzung ermittelt werden. Für die Ermittlung der Bewertungskriterien des Bewertungsmodells wurden insgesamt 4 Themenbereiche (Teil I: Substratversorgung; Teil II: Biogasanlagenbau; Teil III: Biogasverwertung; Teil IV: CDM-Verfahren) der Biogasnutzung unterschieden und hinsichtlich den technischen, rechtlichen und politischen Kriterien nach negativen Umwelt- und Klimaschutz Auswirkungen über die verschiedenen Belastungspfade der Umweltmedien untersucht (vgl. Kap.4, 5.1, 5.2 und 5.3).

Das Gesamtbewertungsverfahren setzt sich zusammen aus einer selbstentwickelten Anleitung zum praktischen Vorgehen bei der Durchführung von Bewertungen nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten, sowie einer Basischeckliste zur Ermittlung aller relevanten Informationen im Rahmen einer Vor-Ort-Arbeit. Alle ausgewählten Kriterien werden nachvollziehbar tabellarisch und kartographisch dargestellt und auf alle Beispielprojekte angewandt. Aufgrund der Abweichungen der Bewertungskriterien nach Klimaschutzaspekten des Teils IV (CDM-Verfahren) der Biogasnutzung zwischen Deutschland und China wurde hierfür die Checkliste für China weiterentwickelt und anhand von 3 Beispielprojekten in China betrachtet.

Das Bewertungsmodell wird unter Einsatz einer 5-stufigen Skala für Deutschland gestaltet, sowie für China ein angepasst (vgl. Kap. 5.4). Dieses Bewertungsmodell wurde in Kap. 5.5 mit insgesamt 6 Fallbeispielen erprobt. Die Bewertungsergebnisse wurden analysiert und zum deutsch-chinesischen Vergleich zusammengefasst. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Ohne zusätzliche wirtschaftliche Unterstützungsprogramme ist die Biogasnutzung in den beiden Ländern unwirtschaftlich.
- Energiepflanzen, die in Deutschland überwiegend als das Hauptsubstrat der Biogasnutzung eingesetzt werden, sind nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten nicht geeignet (vgl. Kap. 5.5.1.1).
- Der technische Zustand, der in Deutschland deutlich besser ist als China, hat kaum Einflüsse auf die Bewertungsergebnisse.
- Wegen der Anerkennung des Biogasnutzungsprojektes in China als CDM-Projekt fallen die Bewertungsergebnisse für die Biogasnutzungsbeispielprojekte in China (Risi-

koklasse II) nach Klimaschutzaspekten deutlich besser aus als für die Beispiele in Deutschland (Risikoklasse III).

- Die internationale Klimaschutzpolitik hat in China einen stärkeren Einfluss auf den Markt der Biogasnutzung als in Deutschland.
- CDM-Verfahren als ein zusätzliches Unterstützungsinstrument ist ein Anreiz für die Biogasnutzung in China, im Gegensatz dazu spielt dies in Deutschland keine Rolle.
- Die Biogasnutzung in Deutschland ist neben Windkraft und Wasserkraft ein wichtiger Sektor für die Energiewirtschaft geworden. In China hat hingegen die Biogasnutzung im wesentlichen in der Abfallwirtschaft- und Umweltschutzbranche eine hohe Bedeutung. Allerdings steckt die Biogasnutzung mit Bioabfall-Einsatz in China noch in den Kinderschuhen.
- Fast alle Biogasnutzungsprojekte in China werden mit Wirtschaftsdünger und/oder Abfällen versorgt; auch in der Zukunft werden die Energiepflanzen in China keine Rolle spielen.

In der vorliegenden Arbeit wurden Chance und Potential der Biogasnutzung (vgl. Kap. 3.2.6), die Einflüsse der menschlichen Aktivität auf Biogasnutzung sowie auch die Ergebnisse des Klimagipfels in Kopenhagen (vgl. Kap. 3.3.2 und Kap. 6) diskutiert. Vom Nachfolgeabkommen des Kyoto-Protokolls wird es abhängen, ob nach 2012 CDM-Verfahren noch durchführbar sein werden. Deshalb müssen die weiteren Entwicklungsschritte der internationalen Klimaschutzverhandlungen weiter beobachtet werden.

Neben den Umwelt- und Klimaschutzaspekten sprechen aber auch noch ökonomische Gründe für die Biogasnutzung. In den landwirtschaftlichen und abfallwirtschaftlichen Bereichen bietet die Biogasnutzungstechnik eine Möglichkeit, mit Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger, Bioabfall oder anderer Biomasse, Erträge für den Betrieb zu erwirtschaften. Darüber hinaus trägt die weitere Verbreitung der Biogasnutzungstechnik dazu bei, dass Arbeitsplätze in der Branche und den Zulieferindustrien gesichert werden. Beispiele sind Hersteller von Pumpen, Rührwerken, Fermentern und BHKW etc. Aber die Bewertungsergebnisse zeigten auch, dass es zwischen der Bewertung nach Umwelt- und Klimaschutzaspekten und der ökonomischen Betrachtung große Konflikte gibt, diese sollten in der weiteren Forschung und praktischen Anwendung ernsthaft untersucht werden.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- AGENDA 21 (2008):** Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung, Rio de Janeiro, 1992: http://www.un.org/Depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf (aufgerufen am 21.09.2008)
- AFEE (2009):** Agentur für Erneuerbare Energien. Biogas: Daten und Fakten 2009, <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/biomasse/detailansicht/article/155/biogas-daten-und-fakten-2008.html> (aufgerufen am 21.09.2009)
- ALTENHOF, R. (2002):** Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages, <http://books.google.de/books?id=IPKdd25g8dgC&pg=PA250&lpg=PA250&dq=ENQUETE-KOMMISSION+ON+%E2%80%99ESCHUTZ+DER+ERDATMOSPH%C3%84RE+DES+DEUTSCHEN+BUNDESTAGE+S&source=web&ots=z-TikY-NFL&sig=bxefyerNqJuoRqPHP9Kbwj073qE&hl=de#PPA7,M1> (aufgerufen am 13.04.2008)
- AMON, T.; KRYVORUCHKO, V. U. A. (2006):** Strategien zur nachhaltigen Biogaserzeugung aus Energiepflanzen durch standortangepasste Fruchtfolgesysteme, Sortenwahl und optimale Ernte. - In: 15 Jahrestagungsband, Freising: Fachverband Biogas e.V.: 99-112
- BACHMAIER, J. & GRONAUER, A. (2007):** Klimabilanz von Biogasstrom - Klimabilanz der energetischen Nutzung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen: Freising, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), 12pp.
- BACHMAIER, H.; EFFENBERGER, M. U. A. (2007):** Landwirtschaftliche Biogasproduktion: Stimmt die Klimabilanz? http://www.lfl.bayern.de/itt/umwelttechnik/29252/linkurl_0_2_0_2.pdf (aufgerufen am 26.08.2009), 5pp.
- BBC (2008):** http://news.bbc.co.uk/chinese/simp/hi/newsid_7530000/newsid_7538300/7538345.stm (aufgerufen am 28.03.2008)
- BBC (2010):** http://www.bbc.co.uk/zhongwen/simp/business/2010/01/100121_china_economy.shtml (aufgerufen am 28.01.2010)
- BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTWS (1991):** Katalog wassergefährdender Stoffe. -LTwS, Nr. 12, Berlin
- BENSMNN, M. (2007):** So klappt´s auch mit Nachbarn. In: neue energie - das Magazin für erneuerbare Energien, 17, Heft 8, p. 45 - 47
- BETZ, R.; SCHLEICH, J. U. A. (2003):** Flexible Instrumente im Klimaschutz. Emissionsrechtehandel, Joint Implementation, Clean Development Mechanism. Eine Anleitung für Unternehmen. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart. <http://www.isi.fhg.de/u/druckversion052003.htm> (aufgerufen am 08.07.2006)
- BFAI (2008):** <http://www.bfai.de/> (aufgerufen am 08.11.2008)
- BLB (2002)** (Bundesverband der landw. Berufsgenossenschaften e. V.): Sicherheitstechnische Anforderungen an die Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen: Gem. Rd.Erl. des MU, MFAS, ML und MW vom 01.11. 2002, Kassel: http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C1273739_L20.pdf (aufgerufen am 05.09.2009)
- BMU (2001)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Stellungnahme der Bundesregierung zur Einführung eines EU-weiten Handels mit Treibhausgasen. Positionspapier für die Diskussion mit der Europäischen Kommission am 10.09.2001, Berlin: = http://www.bmu.de/files/emissionshandel_doc.pdf (aufgerufen am 08.10.2006)
- BMU (2003a)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Leitfaden für die klimaschutzpolitische Bewertung von emissionsbezogenen JI- und CDM-Projekten, Einführung, Version 0, Berlin, 2003
- BMU (2003b)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Leitfaden für die klimaschutzpolitische Bewertung von emissionsbezogenen JI- und CDM-Projekten, Band I: Kurz-Check von Projektideen, Version 0, Berlin, 2003
- BMU (2003c)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Leitfaden für die klimaschutzpolitische Bewertung von emissionsbezogenen JI- und CDM-Projekten, Band II: Erstellung des Project Design Document, Version 0, Berlin, 2003
- BMU (2003d)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Leitfaden für die klimaschutzpolitische Bewertung von emissionsbezogenen JI- und CDM-Projekten, Band III: Anhang, Version 0, Berlin, 2003

- BMU (2003e)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Deutsches Treibhausgasinventar 1990-2001. Nationaler Inventarbericht 2003. Bundesumweltamt, Berlin, 2003: www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2515.pdf (aufgerufen am 09.07.2008)
- BMU (2007)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): CDM-Markt Kompakt. http://www.jiko-bmu.de/service/informationen_gastlaender/doc/258.php (aufgerufen am 24.07.2008)
- BMU (2007a)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): BMU-Newsletter März 2007(aufgerufen am 27.07.2008)
- BMU (2007b)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Deutsches CDM-Handbuch - Leitpfaden für Antragsteller. Version 1.0. www.transferstelle-emissionshandel-hessen.de/mm/DEHSt_CDM_Manual_deutsch.pdf (aufgerufen am 27.07.2008)
- BMU (2008a)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Klimaschutz. Internationale Klimapolitik. Glossar. = http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/glossar/doc/2902.php, (aufgerufen am 07.07.2008)
- BMU (2008b)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland - Endbericht mit Materialband: Heidelberg, Leipzig, Berlin, Darmstadt, 467pp.
- BMU (2008c)** (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): Auslegungshilfe: Trockenfermentation für kontinuierliche Biogasverfahren <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/39019/5982/> (aufgerufen am 08.11.2008)
- BMU (2009)**: (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): http://wecobis.iai.fzk.de/cms/content/site/wecobis/lang/de/Zement_GS, (aufgerufen am 26.08.2009)
- BMU (2010)**: (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit): ERNEUERBARE ENERGIEN IN ZAHLEN - Nationale und internationale Entwicklung: http://wecobis.iai.fzk.de/cms/content/site/wecobis/lang/de/Zement_GS, (aufgerufen am 26.01.2010)
- BMWi (2009)** (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie): <http://www.bmwi.de/> (aufgerufen am 19.09.2009)
- BNatSchG (2002)**: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG). Zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 22.12.2008 I 2986: http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg_2002/gesamt.pdf (aufgerufen am 02.10.2009), 38 pp.
- BÖHN, D. & WANG, M. (1997)**: Die Volksrepublik China und die Bundesrepublik Deutschland: Hannover. Verlag Hahnsche Buchhandlung, 186pp
- BOXBERGER J.; AMON, T. U.A. (2002)**: Biogasnutzung im Kontext von Agrar-, Umwelt- und Energiepolitik. Tagungsbericht 11. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V.: 7-17, Freising
- BP (2007)**: BP Statistical Review of World Energy June 2007: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2007/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2007.pdf (aufgerufen am 19.05.2008)
- BPB (2009)**: <http://www1.bpb.de/methodik/66M6Z6,3,0,Glossar.html#art3> (aufgerufen am 19.09.2009)
- CCCHINA (2008)** (chinesisch CDM-Behörde): <http://cdm.ccchina.gov.cn/web/NewsInfo.asp?NewsId=2572> (aufgerufen am 20.04.2008)
- CCCHINA (2010)** (chinesisch CDM-Behörde): http://cdm.ccchina.gov.cn/web/item_data.asp?ColumnId=63 (aufgerufen am 09.03.2010)
- CHINA-ORG (2009)**: http://german.china.org.cn/fokus/2009-11/27/content_18968631.htm (aufgerufen am 28.11.2009)
- CHINA-ORG (2009a)**: http://www.china.com.cn/zhibo/2009-11/26/content_18952160.htm?show=t (aufgerufen am 28.11.2009)
- CHINA-ORG (2009b)**: http://german.china.org.cn/environment/txt/2009-12/24/content_19128245.htm (aufgerufen am 27.12.2009)
- CLEMENS, J.; TRIMBORN, M U.A. (2005)**: Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Anaerobic Digestion of Cattle Slurry. Agriculture, Ecosystems and Environment
- CMER (2008)**: Chinesisches Ministerium für Entwicklung und Reform: <http://www.sdpc.gov.cn/hjhb/> (aufgerufen am 21.09.2008)

- CMER (2009):** Chinesisches Ministerium für Entwicklung und Reform: <http://www.sdpc.gov.cn/hjbh/> (aufgerufen am 01.12.2009)
- CMFL (2009):** Chinesisches Ministerium für Landwirtschaft: <http://www.agri.gov.cn/xxgktjxx/> (aufgerufen am 20.05.2009)
- CNSA (2008):** Chinesisches Nationales Statistikamt: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/> (aufgerufen am 27.10.2008)
- CNSA (2010):** Chinesisches Nationales Statistikamt: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/> (aufgerufen am 20.1.2010)
- DBTEK (1994)** (Enquete-Kommission Schutz der Erdatmosphäre des Deutschen Bundestages, Klimaänderung gefährdet globale Entwicklung): Bonn, Economica Verlag
- DPA (2009):** Nach Gipfelfiasco Hoffnung auf Wende 2010: <http://de.news.yahoo.com/26/20091220/tpl-nach-gipfelfiasco-hoffnung-auf-wende-a70ba75.html> (aufgerufen am 20.12.2009)
- EDER, B. & SCHULZ, H. (2006):** Biogaspraxis - Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit. 3. Aufl., Staufen bei Freiburg: Ökobuch, 238 pp.
- EEX (2010):** <http://www.eex.com/de/#> (aufgerufen am 12.01.2010)
- EG-UMWELTAUDITVERORDNUNG (2001):** Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 - über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS): http://www.bmu.de/wirtschaft_und_umwelt/doc/2387.php (aufgerufen am 08.10.'008) 29pp
- EG-VERORDNUNG 1774/2002 (2002):** EG-Verordnung Nr. 1774/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte. http://www.antaes24.de/cms/front_content.php?idart=116 (aufgerufen am 21.07.2008)
- EIPPER, C. (1995):** Die Bewertung des Umweltrisikos von Gewerbe- und Industriebetrieben - ein Verfahren zur praxisorientierten Durchführung von Umweltrisikoprüfungen auf der Grundlage von Risikostudien für die Versicherungswirtschaft. Trierer Geographische Studien, Heft 12: Trier, 230pp
- EIPPER, C. (2003):** Unternehmensbewertung unter Umweltaspekten: Teil 1: Für Unternehmensaufkäufer. Gonimos Publishing, Neidlingen. Kap. BUM 01-06-01
- EIPPER, C. (2006):** Umweltaspekte von Biogasanlagen. In: UVP-Report, Heft 20, S. 174-177
- ESB (2009):** Glossar mit Begriffen zum Klimaschutz: <http://www.esb.de/index.php?id=808&type=123> (aufgerufen am 19.09.2009)
- EU-KOMMISSION (2003A)** (Kommission der Europäischen Gemeinschaften): Vorschlag für eine Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionsberechtigungen in der Gemeinschaft im Sinne der projektbezogenen Mechanismen der Kyoto-Protokolls.= KOM (2003) 403.: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52003PC0403:EN:NOT> (aufgerufen am 07.07.2008)
- FELLENBERG, G. (1997):** Umweltverschmutzung, Umweltbelastung - ein Überblick aus ökologischer Sicht: Stuttgart/Leipzig, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, 144pp
- FIZ (1998)** (Fachinformationszentrum Karlsruhe): Biogas: Grundlagen, Einsatz, Entwicklung, Bonn
- FNR (2004)** (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Handreichung: Biogasgewinnung und -nutzung. Gülzow: 232 pp.
- FNR (2005)** (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Biogas - eine Einführung. 2. Aufl., Gülzow: 163 pp.
- FNR (2006)** (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Studie: Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz. Gülzow: 199 pp.
- FNR (2006A)** (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Studie: Ökologische Analyse einer Biogasnutzung aus nachwachsenden Rohstoffen. Gülzow: 88 pp.
- FNR (2008)** (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.): Basisdaten Biogas Deutschland (Stand: Oktober 2008), Gülzow: 13 pp.
- FVB (2000)** (Fachverband Biogas e.V.): Biogas Lehrfahrt NRW. Biogas in der Landwirtschaft, Freising
- FVB (2009)** (Fachverband Biogas e.V.): http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Pressemitteilungen (aufgerufen am 03.04. und 22.11.2009)

- GERMANWATCH (2008):** Der Klimaschutz Index - Emissionsentwicklung und Klimaschutzpolitik der 56 Staaten mit dem größten CO₂-Ausstoß im Vergleich: <http://www.germanwatch.org/kliko/k14ipcc.htm> (aufgerufen am 25.01.2009)
- GERMANWATCH (2009):** <http://www.germanwatch.org/kliko/k14ipcc.htm> (aufgerufen am 20.09.2009)
- GOSCH, A.; LUTHARDT, T. U.A. (1992):** Anaerobe Behandlung von Restmüll und Gewerbemüll. - In: PEUSER, F.A.; WEIß, R.: Erneuerbare Energiequellen, Hilden: Zentralstelle für Solartechnik: 328-329
- HALLAY, H. (1995):** Ziele und Bausteine des betrieblichen Umweltcontrolling, in: Handbuch Umweltcontrolling, Hrsg.: Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt, München, S. 23-34.
- HAUER, I. (1993):** Biogas-, Klärgas- und Deponiegasanlagen im Praxisbetrieb. Wien: Österreichisches Kuratorium für Landtechnik.
- HEIERMANN, M. & PLÖCHL, M. (2002):** Ökologische Bewertung der Bereitstellung landwirtschaftlicher Kosubstrate zur Biogaserzeugung. In: Bornimer Agrartechnische Berichte Vol. 32, ATB, Potsdam: 97-106
- HERMANN (2000):** Erneuerung der Wirtschaft durch Erneuerbare Energien. - In: Energie und Umwelt. Wo liegen optimale Lösungen? Heidelberg u.a.O.: Springer: 145-150
- HITZLER, L. (1998):** Analyse und Beurteilung von betrieblichen Umweltrisiken - eine praxisbezogene Methode zur Ermittlung und Bewertung von Umweltauswirkungen und Umweltrisiken von Betrieben: Kassel, Kassel University Press GmbH, 146 pp.
- HMULV (2006)** (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz): Biogas Hessen, Endbericht - Wissenschaftlich-technisch-ökonomische Evaluation geförderter hessischer Biogasanlagen Wiesbaden: 91pp.
- HÖLTING, B. & HATERTLE, T. U.A. (1995):** Konzept zur Ermittlung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung. -In: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Geologischen Landesämtern in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Hydrogeologie, Ingenieurgeologie. Heft 63, S. 5-24. Hannover
- INFO-KLIMAWANDEL (2009):** <http://www.info-klimawandel.de/begriffe.html> (aufgerufen am 22.09.2009)
- IPCC (2001A):** Klimaänderung 2001: Wissenschaftliche Grundlagen - Ein Bericht der Arbeitsgruppe I des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/2001-wg1.pdf> (aufgerufen am 09.04.2008)
- IPCC (2001B):** Klimaänderung 2001: Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten - Ein Bericht der Arbeitsgruppe II des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/2001-wg2.pdf> (aufgerufen am 09.04.2008)
- IPCC (2001c):** Klimaänderung 2001: Verminderung des Klimawandels - Ein Bericht der Arbeitsgruppe III des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/2001-wg3.pdf> (aufgerufen am 09.04.2008)
- IPCC-WG1 (2007):** Klimaänderung 2007: Wissenschaftliche Grundlagen - Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG1.pdf> (aufgerufen am 20.04.2009)
- IPCC-WG2 (2007):** Klimaänderung 2007: Auswirkungen, Anpassung, Verwundbarkeiten - Beitrag der Arbeitsgruppe II zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG2.pdf> (aufgerufen am 20.04.2009)
- IPCC-WG3 (2007):** Klimaänderung 2007: Verminderung des Klimawandels - Beitrag der Arbeitsgruppe III zum Vierten Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung (IPCC), <http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/deutch/IPCC2007-WG3.pdf> (aufgerufen am 20.04.2009)
- JÄKEL, K. & MAU, S. (2003):** Biogaserzeugung und -verwertung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Dresden
- JÄKEL, K. (2000):** Grundlagen der Biogasproduktion. Bauen für die Landwirtschaft Biogas. Nr. 3: 3-8, Verlag Bau +Technik Düsseldorf
- JUNGMEIER, G. U.A. (1999):** Treibhausgasbilanz der Bioenergie: Vergleich der Treibhausgasemissionen aus Bioenergie-Systemen und fossilen Energiesystemen, Report No. IEF-B-06/99. Joanneum Research Institut für Energieforschung, Graz

- KALTSCHMITT, M. & KUHN, F. U. A. (1993):** Biogas -Potentiale und Kosten. Möglichkeiten und Grenzen einer Biogaserzeugung aus Reststoffen der landwirtschaftlichen Tierhaltung in der Bundesrepublik Deutschland. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Arbeitspapier 178, Darmstadt
- KALTSCHMITT, M. & HARTMANN, H. (Hrsg.) (2001):** Energie aus Biomasse. Berlin u.a.O.: Springer, 770pp.
- KALTSCHMITT, M.; WIESE, A. U. A. (1997):** Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 2.Aufl., Berlin u.a.O.: Springer, 540 pp.
- KARPENSTEIN-MACHAN, M. (2005):** Energiepflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber: Frankfurt am Main: DLG-Verlag: 191 pp.
- KHARTCHENKO, N. V. (1997):** Umweltschonende Energietechnik, Würzburg: Vogel, 288 pp.
- KIRCHMEYR, F. (2006):** Mit Biogas in das Erdgasnetz - Erste öffentliche Biogasaufbereitungs- und Einspeisungsanlage. - In: 15 Jahrestagungsband, Freising: Fachverband Biogas e.V.: 209-216
- KLIMAWANDEL-GLOBAL (2009):** <http://www.klimawandel-global.de/klimaschutz/klimagipfel-in-kopenhagen-klimawandel-studien-liefern-aktuelle-informationen/> (aufgerufen am „28.11.2009)
- KOHR, J. (2001):** Strom und Wärme aus Biogas. Energetische Optimierung von Biogasanlagen. Tagungsbericht 10. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V.: 91-95, Freising
- KOM(2004):** Der Anteil erneuerbarer Energien in der EU - Bericht der Kommission gemäß Artikel 3 der Richtlinie 2001/77/EG, Bewertung der Auswirkung von Rechtsinstrumenten und anderen Instrumenten der Gemeinschaftspolitik auf die Entwicklung des Beitrags erneuerbarer Energiequellen in der EU und Vorschläge für konkrete Maßnahmen. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DEN RAT UND DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT. Brüssel, 48 pp.
- KÖTTNER, M. (2003):** Biogaspotenziale, Rahmenbedingungen und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten. Tagungsbericht Biogas International Konferenz: 9-25, Augsburg
- KTBL (2005)** (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage. KTBL, Darmstadt
- KTBL (2006)** (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.): Energiepflanzen: Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Darmstadt, 372 pp.
- KUHN E. & DÖHLER H. (1993):** Bewertung ökologischer Aspekte der Biogasgewinnung. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Kosten landwirtschaftlicher Biogaserzeugung. Arbeitspapier 185: 99-106, Darmstadt
- KÜHNER, H. (1998):** Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Kofermentation. Arbeitspapier 249, Darmstadt
- LFU_BAYERN(2009) (Bayerisches Landesamt für Umwelt):** Beurteilung anlagenbezogener Verkehrsgereusche, LfU_Bayern, Augsburg, 7 pp.
- MAPSOFWORLD (2008):** <http://www.mapsofworld.com/>, (aufgerufen am 08.04.2008)
- MATTHIAS, J. (2000):** Planung einer landwirtschaftlichen Biogasanlage. Bauen für die Landwirtschaft Biogas 3/2000
- MEFFERT, H. & KIRCHGEOG, M. (1992):** Marktorientiertes Umweltmanagement - Grundlagen und Fallstudien: 2. Aufl.: Stuttgart, Schäffer-Poeschel Verlag, 657 pp.
- MITTERLEITNER, H.; SCHILCHER, A. U. A. (2007):** Konzepte zur Reduzierung der Kosten beim Transport von nachwachsenden Rohstoffen für Biogasanlagen. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising, 12 pp.
- MUFV Rheinland-Pfalz (2007) (Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz):** Handbuch für die Planung, die Errichtung und den Betrieb von Biogasanlagen in der Landwirtschaft in Rheinland-Pfalz. www.mufv.rlp.de/uploads/tx_RBDownloadSystem/Biogashandbuch_01.pdf (aufgerufen am 26.07.2008)
- MÜLLER, M. (2006):** Die Rolle der Biogasnutzung im zukünftigen Energiemix. - In: 15 Jahrestagungsband, Freising: Fachverband Biogas e.V.: 13-14
- MUNLV-NRW (2007) (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen):** Immissionsschutz in der Bauleitplanung - Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung und sonstige für den Immissionsschutz bedeutsame Abstände (Abstandserlass): Düsseldorf. 228 pp.
- MYGEO (2008):** <http://www.mygeo.info/>, (aufgerufen am 08.04.2008)
- N24 (2008):** http://www.n24.de/news/newsitem_1133655.html (aufgerufen am 20.07.2008)
- NLWKN (2007) (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz):** Errichtung und Betrieb von Biogasanlagen - Anforderungen für den Gewässerschutz: Anlagenbezogener Gewässerschutz Band 14: Hannover. 26 pp.

- OECHSNER, H. & GOSCH, A. (1998):** Vergärbare Stoffe. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Kofermentation. Arbeitspapier 249, Darmstadt
- OECHSNER, H. (2000):** Erfahrungen mit Biogas in Baden-Württemberg. Bauen für die Landwirtschaft Biogas Nr. 3: 16-20
- OSTEROTH, D. (1992):** Biomasse: Rückkehr zum ökologischen Gleichgewicht. Berlin, Heidelberg
- PESTA, G. & MEYER-PITTRUFF, R. (2002a):** Gärprozess: Bakterien lieben es warm und nicht zu sauer. In: Biogas - Strom aus Gülle und Biomasse, Top Agrar Fachbuch: Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 16-20
- PESTA, G. & MEYER-PITTRUFF, R. (2002b):** Kofermentate: So vermeiden Sie Fütterungsfehler. In: Biogas - Strom aus Gülle und Biomasse, Top Agrar Fachbuch: Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, S. 73-83
- POTT, J. (2001):** Wirkungsgrade verschiedener Motorentypen. Tagungsbericht 10. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V.: 51-54, Freising
- PROPLANTA (2009):** http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/agrar_news_themen.php?lasu=&can=&SITEID=1140008702&WEITER=99&MEHR=99&Fu1=1203927896&Fu1Ba=1140008702&LKE2A=NO&ArC=&ArCJ=&ArCM=&ROalAk=&LaZ=&LsZ=&EqSa=&SuGi=&ZEIGELaZV=&SuDat=&con= (aufgerufen am 29.09.2009)
- ROHRMÜLLER, M. (2008):** Standortklassifikation physisch-geographischer Faktoren für Umwelt-Audits: unveröffentlichte Diplomarbeit an Universität Trier, 135pp
- ROTHER, J. (2004):** Analyse von Rahmenbedingungen und Abschätzung von Potenzialen für Nationale Ausgleichsprojekte im Rahmen des EU-Emissionszertifikatehandels - ist ein Ausschluss dieser Projektart auf EU-Ebene gerechtfertigt? - : unveröffentlichte Diplomarbeit an Universität Trier, 139pp
- SCHAUMAN (2009):** <http://www.schaumann-bioenergy.eu/biogasproduktion/glossar.php> (aufgerufen am 19.09.2009)
- SCHMIDT, U. (1998):** Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltfaktoren auf Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Lössböden, Diss. Univ. Hohenheim, Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 45.
- SCHNEIDER, R. (2006):** Wirtschaftliche Wärmenutzung in verschiedenen Projekten. - In: 15 Jahrestagungsband, Freising: Fachverband Biogas e.V.: 149-154
- SCHULZ, H. & MITTERLEITNER, H. (1991):** Erfahrungen mit landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Sonnenenergie & Wärmepumpe 16 (1): 35
- SCHULZ, H. (1997):** Entwicklungsstand beim Biogasverfahren. Tagungsbericht 6. Fachverband Biogas e.V. Tagung: 1-18, Kirchberg
- SPIEGEL (2009):** <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,463900,00.html> (aufgerufen am 19.09.2009)
- SPIEGEL (2009a):** <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,643417,00.html> (aufgerufen am 28.11.2009)
- SPIEGEL (2009b):** <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,668097,00.html> (aufgerufen am 20.12.2009)
- SPIEGEL (2009c):** <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,447223,00.html> (aufgerufen am 20.12.2009)
- STMUGV (2004)** (Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz): Biogashandbuch Bayern [www.das-ib.de/mitteilungen/Biogashandbuch Bayern.pdf](http://www.das-ib.de/mitteilungen/Biogashandbuch_Bayern.pdf) (aufgerufen am 23.07.2008)
- STMUGV (2007)** (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz): Wegweiser zur Klimaneutralität - Klimabewusstes Handeln im Unternehmen. www.regensburg.de/buerger/leben/umwelt/pdf/stmugv%20wegweiser.klimaneutralitaet%20Juni%202007.pdf (aufgerufen am 24.07.2008)
- STREHLER, A. & GESSNER, B. (1992):** Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht. - In: PEUSER, F.A.; WEIß, R.: Erneuerbare Energiequellen, Hilden: Zentralstelle für Solartechnik: 340-341
- TA-LÄRM (1998):** Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA Lärm Vom 26. August 1998 (Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz), BMU. <http://www.umweltbundesamt.de/laermprobleme/publikationen/talaerm.pdf> (aufgerufen am 13.08.2009), 18 pp.

- TA-LUFT (2002):** Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft Vom 24. Juli 2002 (Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz), BMU.
www.taluft.info/taluft20020730.pdf (aufgerufen am 13.08.2009), 239 pp.
- TOPAGRAR (2010):** Linke sagen Mais-Monokulturen den Kampf an:
http://www.topagrar.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15864&Itemid=519 (aufgerufen am 09.02.2010)
- TRÖSCH, W. & WEILAND, P (1998):** Verfahrenstechnik der Kofermentation. KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.), Arbeitspapier 249. Darmstadt
- UBA (1991)** Umweltbundesamt: BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTws Nr. 26: Überlegungen zur Ermittlung der Standortcharakteristik und Ermittlung der Nutzungscharakteristik: <http://www.umwelt-online.de/recht/wasser/lwts/26a.htm> (aufgerufen am 12.10.2007)
- UBA (2001)** Umweltbundesamt: BEIRAT BEIM BUNDESMINISTER FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT LTws Nr. 19: Anforderungen an Sachverständige für die Beurteilung von Schadenfällen mit wassergefährdenden Stoffen: <http://www.umweltbundesamt.de/anlagen/Lwts19.pdf> (aufgerufen am 12.10.2007)
- UBA (2006)** Umweltbundesamt: Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausinventar 1990 - 2006, Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, Berlin
- UBA (2007)** Umweltbundesamt: Der Werkstoff Stahl und seine Anwendung (Förderkennzeichen 206 93 100/01), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 26 pp.
http://www.ressourcenproduktivitaet.de/download.php?datei=src/downloads/Stahl_070403.pdf (aufgerufen am 26.08.2009)
- UBA (2008)** (Umweltbundesamt): Entwicklung der Emissionen ausgewählter Luftschadstoffe seit 1990-2006, www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm (aufgerufen am 02.04.2008)
- UBA (2009)** (Umweltbundesamt): DEUTSCHES CDM-HANDBUCH - LEITFADEN FÜR ANTRAGSTELLER, Version 1.3. Berlin, 58 pp.
- UMR (2007, 2008, 2009)** interne Gutachten der UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH.
- UMWELTRECHT (2009):** 20 Aufl., München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 1179 pp.
- UNFCCC (2002A)** (United Nations Framework Convention on Climate Change): Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of Parties. Volume II. = FCCC/CP/2001/13/Add.2.: <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a02.pdf> (aufgerufen am 07.07.2008)
- UNFCCC (2002B)** (United Nations Framework Convention on Climate Change): Report of the Conference of the Parties on its seventh session, held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2001. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of Parties. Volume II. = FCCC/CP/2001/13/Add.3.: <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a03.pdf> (aufgerufen am 07.07.2008)
- UNFCCC (2006)** (United Nations Framework Convention on Climate Change): Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its first session, held at Montreal from 28 November to 10 December 2005. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol at its first session. = FCCC/KP/CMP/2005/8/Add.1, 30 March 2006: <http://cdm.unfccc.int/Reference/COPMOP/08a01.pdf> (aufgerufen am 18.08.2009)
- UNFCCC (2008)** (United Nations Framework Convention on Climate Change): <http://cdm.unfccc.int/DNA> (aufgerufen am 10.08.2008)
- UNFCCC (2010)** (United Nations Framework Convention on Climate Change): <http://cdm.unfccc.int/Projects/index.html> (aufgerufen am 09.03.2010)
- UVE (2009):** Biogasanlage in Deutschland 1992-2008: www.unendlich-viel-energie.de (aufgerufen am 29.12.2009)
- VDI 2310 BLATT 26 (2001):** Maximale Immissions-Werte - Maximale Immissions-Werte für Fluoride zum Schutz der landwirtschaftlichen Nutztiere. Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, Düsseldorf
- VDI-KOMMISSION REINHALTUNG DER LUFT (Hrsg.) (1999):** Stadtklima und Luftreinhaltung - ein wissenschaftliches Handbuch für die Praxis in der Umweltplanung. 2.Aufl., Berlin u.a.O.: Springer, 467 pp.
- W.econ (2006)** (W.econ Unternehmensberatung KG): Biomassenutzung - Schwerpunkt Biogas. www.qm-hamburg.de/archiv.qm-hamburg/Archiv/0807_RK_HH_biomassenutzung_Theorie.pdf (aufgerufen am 26.07.2008)

WEILAND, P. (2004): Biogas - eine neue Einkommensquelle für die Landwirtschaft. In: Forschungsreport. Verbraucherschutz - Ernährung - Landwirtschaft. Agrartechnik. (Heft 29): 16-19

WEO (2004): World Energy Outlook 2004 Edition, International Energy Agency:
<http://www.iea.org/weo/2004.asp> (aufgerufen am 08.08.2008)

WEO (2008): World Energy Outlook 2004 Edition, International Energy Agency:
<http://www.iea.org/weo/2008.asp> (aufgerufen am 18.08.2009)

WETZEL D. (2009): Klima-Gipfel in Kopenhagen faktisch gescheitert
<http://www.welt.de/politik/ausland/article5580576/Klima-Gipfel-in-Kopenhagen-faktisch-gescheitert.html> (aufgerufen am 20.12.2009)

WIKI (2008): <http://de.wikipedia.org/> (aufgerufen am 04.08.2008)

WIKI (2008A): Liste der größten Städte der Welt:
http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_gr%C3%B6%C3%9Ften_St%C3%A4dte_der_Welt (aufgerufen am 02.04.2008)

WIKI (2010): Erneuerbare Energie, http://de.wikipedia.org/wiki/Erneuerbare_Energie (aufgerufen am 04.03.2010)

WIRL, N. (2008): Die räumliche Wirksamkeit von Biogasanlagen - Erstellung eines praxisbezogenen Standortanalyse- Schemas: unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Würzburg, 133pp

WM BADEN-WÜRTTEMBERG (2004) (Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg): Sicherheitsregeln für landwirtschaftliche Biogasanlagen. 5. Aufl., Stuttgart

CZM21 (中国 21 世纪议程管理中心, 清华大学) (2005): 清洁发展机制 Clean Development Mechanism, 社会科学文献出版社, 北京, 296pp

ANHANG I: Checkliste der Vor-Ort-Arbeit in Deutschland

Themenbereich	Einzelinformation		Angaben des Betreibers/Biogasanlageinhabers	Frage für Bewertung ?	
Allgemein	Biogasanlageinhaber:				
	Adresse:				
	Ansprechpartner:				
	Tel:				
	Fax:				
	Email:				
	Unternehmensdarstellung:				
	Biogasanlagebetreiber:				
	Anzahl der Beschäftigten:				
	Adresse:				
	Tel.:				
	Fax:				
	Email:				
	Genehmigungsbescheid				
Betriebsstandortinformationen	Baualter der BGA				
	Grundstückgröße (OHNE Anbauflächen!)?				
	Lageplan				
	Wie ordnen Sie die Funktion der Umgebung der Biogasanlage ein?			Reine Wohnnutzung	
				Gemischte Nutzung (z. B. Dorfgebiete)	
				Gewerbegebiete	
				Industriegebiete	
				Reine landwirtschaftliche Nutzung	
	Wie groß ist der Abstand zur nächsten Wohnbebauung?			Bis 300 m	
				300 m - 500 m	
				Mehr als 500 m	
	Wie groß ist der Abstand zum nächsten Oberflächengewässer			< 20 m	
				≥ 20m	
	Befindet sich die Biogasanlage in...			... einem Wasserschutzgebiet	
				... einem Naturschutzgebiet	
				... einem überschwemmungsgefährdeten Gebiet	
				... einem grundwassersensiblen Gebiet	
			... einem wasserwirtschaftlich unproblematischen Gebiet		
beurteilen Sie den aktuellen Straßenanschluss der Biogasanlage?			Die Dimensionierung ist zwar ausreichend, eine Befestigung der Wege ist jedoch nötig		
			Transporte können die Anlage bei guter logistischer Koordination anfahren; kleine Engpässe sind möglich		
			Transporte können die Anlage bei normaler logistischer Koordination anfahren		
			Es stehen ausreichend Fahr- und Rangierflächen zur Verfügung		
Datum der Inbetriebnahme:					

Themenbereich	Einzelinformation		Angaben des Betreibers/Biogasanlageinhabers	Frage für Bewertung ?
Substratversorgung	Welche Substrate werden in der Biogasanlage vergoren? Und wie viele Tonnen/Jahr?		Energiepflanzen	
			Wirtschaftsdünger aus eigener Tierhaltung	
			Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger gemischt	
			Bioabfälle	
			Abfälle gemischt (z.B. Deponie)	
	Welche Wirtschaftsdünger		Gülle	
			Mist	
			Gülle und Mist gemischt	
			Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen gemischt	
	Arten der Tierhaltung		Rindern	
			Schweinen	
			Geflügel	
			andere	
	Eigene Energiepflanzen-Anbauflächen (ha):			
	welcher Entfernung zur Biogasanlage befinden sich die Anbauflächen?		Bis 6 km	
			6 km-10 km	
			10 km-15 km	
			Mehr als 15 km	
	Anzahl der eigenen Tierhaltung:			
	Flächen der eigenen Stallung			
	Bei Energiepflanzen als Substrat: Einzel-Energiepflanzen mit Mengen			
	Substrate bei Silage		Pumpfähig	
			Klein gehackt ($\leq 3\text{cm}$), nicht pumpfähig	
			Gehackt ($> 3\text{cm}$), nicht pumpfähig	
			Ungehackt, nicht pumpfähig	
			Hemmungstoffe- od. Sandhaltig	
	Wassergehalt (TS-Gehalt)		$>95\%$	
		95% - 90%		
		90% - 70%		
		70% - 30%		
Versorgungssicherheit		$\leq 30\%$		
		Substrate aus eigene Anbauflächen und/oder Stallung		
		Langfristige Lieferverträge mit Festpreis		
		Langfristige Lieferverträge mit variiertem Preis (ohne Festpreis)		
		Mit Jahreslieferverträge		
	keine feste Lieferanten			
Anlagenbau	Silagelager(Silo) mit Regenschutzmaßnahmen		Silagelager mit isolierte feste Boden, Schutzwänden und Zudeckungen	
			Silagelager mit isolierte feste Boden und Zudeckungen ohne Schutzwänden	
			Silagelager mit isolierte feste Boden	

Themenbereich	Einzelinformation		Angaben des Betreibers/Biogasanlageinhabers	Frage für Bewertung ?	
			ohne anderen Schutzmaßnahmen		
			Auf Freiland mit Zudeckung		
			Auf Freiland ohne Zudeckung		
		Vorgrube für Wirtschaftsdünger			
		Beschickung		Beschickung mit Hackenmaschine und Mixer	
				Beschickung mit Mixer	
				Beschickung ohne Mixer	
				Mehrere Beschickungseinrichtungen	
		Hauptfermenter		Stehende Fermenter	
				Liegende Hauptfermenter	
		Hauptfermenter		Fermenter mit zusammengebaut Gasspeicher	
				Fermenter mit externem Gasspeicher	
		Hauptfermenter		Mit Mixer und Heizung	
				Mit Mixer ohne Heizung	
				Mit Heizung ohne Mixer	
				Ohne Mixer und Heizung	
		Anzahl der Hauptfermenter		1 Hauptfermenter	
				2 Hauptfermenter	
				mehrere Hauptfermenter	
		Größe der Hauptfermenter [Arbeitsvolumen, m³]			
	Gasdicht abgedecktes Endlager?				
	Größe der Endlager [Arbeitsvolumen, m³]				
	Sind die Anlagenbauteile zusätzlich optisch aufgewertet (z. B. farbiger Anstrich, Holzverkleidung, begrünte Erdumwallung)?		Ja		
			Nein		
	Gasfackel?		Ja		
			Nein		
Biogasverwertung	Raumbelastung im Fermenter				
	Betriebstemperatur [°C] im Hauptfermenter		nicht stabil		
			≤ 33		
			33 - 37		
			37 - 40		
			> 40		
	Essigsäureäquivalent der Fracht aus Nachgärer				
	Gasmengenbiogasausbeute (m³/a)				
Einrichtungen für Gasaufbereitung (-reinigung)					
Zusammensetzungen der Biogas bevor Gasaufbereitung					
Nutzungsarten der er-			Direkte Nutzung mit dezentrale		

Themenbereich	Einzelinformation		Angaben des Betreibers/Biogasanlageinhabers	Frage für Bewertung ?
	zeugten Biogas		Netz	
			Stromerzeugung mit eigener Nutzung	
			Stromerzeugung ins Netz einspeisen	
			Ins Erdgasnetz einspeisen	
			Nach Verarbeitung wird als Kraftstoffe genutzt	
	BHKW-Leistung			
	Anzahl der BHKW			
	Wo befindet sich das BHKW?		Auf dem Gelände der Biogasanlage	
			Bei den Wärmeabnehmern	
	Motortype		Gasmotor	
			Zündstahlmotor	
	Wirkungsgrad, eklektisch		≤ 35%	
			35 - 37%	
			37 - 40%	
			> 40%	
	Schadstoffwerte			
	Kraft-Wärme-Kopplung?		Ja	
		Nein		
Einsatz von innovativer Technologie		ORC-Anlage		
		Gasturbinenanlagen		
		Verbrennungsmotoranlagen		
		Brennstoffzellenanlagen		
		andere		
Bei der Strom-einspeisung: Wie war beim Bau der Biogasanlage die Situation des Netzanschlusses zur Einspeisung des produzierten Stroms?		... sehr groß und damit sehr kostenaufwändig		
		... groß und damit kostenaufwändig		
		... gering und damit nicht besonders kostenaufwändig		
		Ein Netzzugang war bereits vorhanden		
Die Entfernung zum Verknüpfungspunkt des Netzanschlusses war...				
Gasmengenstromerzeugung (kWh/a)				
Wärmenutzung	Wie viel Wärme genutzt wird?		ohne	
			Nur interne Wärmenutzung	
			Teilweise externe Wärmenutzung mit wie viel %?	
			Vollständige externe Wärmenutzung mit Nutzungsarten?	
	Wie ordnen Sie den Wärmebedarf der externen Abnehmer ein?		Ganzjähriger Wärmebedarf	
			Saisonaler Wärmebedarf	
			Wie viel Monaten:	
	In welcher Entfernung zum BHW befinden sich die Wärmeabnehmer?		Bis 1.000 m	
			1.000m - 5.000m	
			Mehr als 5.000 m	
Musste ein Wärmeleitungsnetz mit der Biogasanlage gebaut werden?		Ja		
		Nein		
Gärrest-	Formen der Gärreste?		Flüssig	

Themenbereich	Einzelinformation		Angaben des Betreibers/Biogasanlageinhabers	Frage für Bewertung ?	
Nutzung			Pumpfähig		
			Fest		
	Direkte Ausbringung		Ja		
			Nein		
	Gibt es genug eigene Ausbringungsflächen für den Gärrest zur Verfügung?			Ja	
				Nein	
	Wenn nicht: Wie viel % kann genutzt werden?			%	
	Welche alternativen Möglichkeiten zur Gärrestverwertung nutzen Sie?			Abgabe an andere Landwirte	
				Teilnahme an einer Nährstoffbörse	
				Verarbeitung zu Trockendünger	
			Sonstige:		
Entfernung der BGA zur Felder					
Andere Arten der Gärrestverwertung					
Wirtschaftliche Infos	Höhe der Investitionskosten				

ANHANG II: Projektverbundene Vor-Ort-Checkliste der Firma UMR für Deutschland-Beispielanlage 1

1

Checkliste zur Ermittlung und zum Nachweis der notwendigen Informationen für Trockenfermentation des Biogasnutzungsprojektes

1.	Themenbereich	2. Einzelinformation	3. Unterlagen		4. Angaben des Betreibers/Projekthinhabers	5. Hinweise / Begründungen	6. insgesamt erledigt
			(Datum)	erledigt			
1.	Allgemein	Unternehmensdarstellung	Handelsregisterauszug (Stand 19.05.2005)	x	HRA 121 XXX		X
2.		Adresse		x			X
3.		Betreiber		x	Wilhelm K.		X
4.		Anzahl der Beschäftigten			Keine Beschäftigten		X
5.		Grundstücksbezeichnung	Katasterplan mit Flurstücknummern (20.04.07)	x	Flur 2 und 3, Flurstück: 97/1	BauGB §35 Ab.1 Nr. 6	X
6.		Nutzfläche	Lageplan (10.01.06)	x	Siehe Lageplan		X
7.		Baugebietsklassifikation	Bebauungsplan und -genehmigung		Privilegierter Außenbereich, daher nicht notwendig	BauGB §§ 5 §6 §7 §35 Ab.1 Nr. 6	X
8.			Flächennutzungsplan und -genehmigung		Privilegierter Außenbereich, daher nicht notwendig	BauGB §§ 8 §9 §9a §10 §35 Ab.1 Nr. 6	X
9.		Baualter der BGA	BImSchG-Genehmigung (19.12.05)	x	Datum der Genehmigung: 19.12.05 Datum der Probeinbetriebnahme: 05.10.06		X
10.		Neuanlage oder erneuerte Anlage	BImSchG-Genehmigung (19.12.05)		Neuanlage	§ 3 Abs. 4, 1.2. Alt. EEG	X
11.		Höhe der Investitionskosten	Beteiligungsprospekt Firma C. von Juli 2005	x	1,57 Mio.	EEG-Beg. zu §8 Ab. 4	X
12.		Genehmigungen (inkl. besondere Anforderungen)	Baugenehmigung		Siehe BImSch-Genehmigung		
13.			Immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsbescheid (19.12.05)	x	Ziffer 1.4 b) aa) Spalte 2 Anh. 4.BImSchV	§§ 1 und 19 BImSchG	X

UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH
90402 Nürnberg, Dürrenhofstr. 4, 0911-9463773 - 10559 Berlin, Alt Mosbit 94, 030-29399142



2

14.	Substrat (Stoffstrom)	Versorgungssicherheit	Lieferverträge mit Mengenangaben (März 2005)	x	235 ha, Methangas: 998.750 m³/a	EEG §8 Ab.1, Ab.4	X
15.		Alle Substrate sind in den Katalog nach §2 BiomasseV?	Wiegeprotokolle (Stand Oktober 2006)		Ausschließlich Maissilage	BiomasseV §2 §3	X
16.		Substrate nach EEG §8 Ab.2	Wiegeprotokolle (Stand Oktober 2006)		Ausschließlich Maissilage	EEG §8 Ab.2	X
17.		Einzelsubstrate (Eingangsstoff) mit Mengen	Wiegeprotokolle (Stand Oktober 2006)	x	Ausschließlich Maissilage TS-Wert: 27,96-40,71% 20.09.-10.10.2006 TM: 2972 t	Auswertung hat ergeben: Durchschn. 34,8% TS	X
18.							
19.							
20.		Stapelbar, nicht pumpfähig	Wiegeprotokolle (Stand Oktober 2006) Vor Ort (30.05.07)	x	Ja, da TS 27,96-40,71% Optischer Nachweis bei Besichtigung: Siloplatte	EEG-Begründung zu §8 Ab. 4	X
21.		Wassergehalt (TS-Gehalt)	Laboranalyse (undatiert)	x	Keine Firmenangabe (alle bei Firma Caussade) TS Wert: 27,23-42,13%		X
22.							
23.							
24.		Einsatzstoffe im Rahmen der Gaserzeugung, die keine Biomasse sind	Vor Ort (30.05.07)	x	Keine Hinweise auf sonstige Einsatzstoffe Wiegeprotokoll weist ausschließlich Mais auf	§2 BiomasseV Ortsbesichtigung: keine anderen Substrate	X
25.		Silagelager (Silo) Beschreibung mit Lagermengen und Regenschutzmaßnahmen	Lageplan (10.01.06) Rohrleitungsplan (06.06.06)	x	Siloplatte 5005 m² 2*2500 m²		X
26.	Verfahrenstechnik (technische Beschreibung)	Beschickung	Vor Ort (30.05.07)	x		Sieh Fotoliste	X
27.		Rezirkulation	Vor Ort (30.05.07)	x	Zisterne für Rezirkulat vorhanden		X
28.		Flüssigkeitsquellen	Vor Ort (30.05.07)	x	Keine Derzeitiger Baumangel bei Regenwasser/Silagesaffleitungen (gemeinsame Erfassung) soll geändert werden.		X

UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH
90402 Nürnberg, Dürrenhofstr. 4, 0911-9463773 - 10559 Berlin, Alt Mosbit 94, 030-29399142



29.	Animpfen			Impfmateriale wird von bereits laufenden Nawaro-Anlagen übernommen.		X
30.	Zisternen	Rohrleitungsplan (06.06.06) Vor Ort (30.05.07)	x	Derzeitiger Baumangel bei Regenwasser/Silagesaftleitungen (gemeinsame Erfassung) soll geändert werden.		X
31.	Fest-Flüssig-Separation	Vor Ort (30.05.07)	x	nein		X
32.	Hauptfermenter	Lageplan (10.01.06) Vor Ort (30.05.07)	x	Ø 23,0m Höhe:6m Gesamt/Nutzvolumen:2490/2164m ³ Mit Rührwerken, Beheizung und Niederdruckspeicher(968m ³)	Geprüft	x
33.	Raubelastung im Fermenter	Betriebstagebuch Eigene Berechnungen	x	(siehe Gutachten)	Auslegung des BMU	X
34.		Gutachten		Siehe Gutachten	Auslegung des BMU	X
35.	Nachgärer	Lageplan (10.01.06) Vor Ort (30.05.07)	x	Ø 23,0m Höhe:6m Gesamt/Nutzvolumen:2490/2228 m ³ Mit Rührwerken, Beheizung und Niederdruckspeicher (968m ³)	geprüft	X
36.	Essigsäureäquivalent der Fracht aus Nachgärer	Labor Analyse (LUFA Nord-West)	x	22 Proben Probenahmedatum: 02.01.-24.04.2007 Essigsäureäquivalent: 0,54-1,92 g/kg	Auslegung des BMU	X
37.	Endlager	Lageplan (10.01.06) Vor Ort (30.05.07)	x	Ø 26m Höhe: 6 m Nutzvolumen: 2924 m ³	geprüft	X
38.	Pumpfähig Gäreste?	Vor Ort (30.05.07)	x	Nachgärer noch nicht gefüllt.	Auslegung des BMU	
39.	Gasdicht abgedecktes Endlager? Warum evtl. nicht notwendig?	Vor Ort (30.05.07)	x	Keine Abdeckung; ABER: Durch die Anordnung relativ hoher Behältervolumina und optimierter Betriebsführung werden die Gäraktivitäten in dem Fermenter und Nachgärer abgeschlossen. An Vergleichsanlagen waren bei Besichtigung keine Gäraktivitäten (Aufsteigen von Gasblasen) feststellbar.	Auslegung des BMU Sieh Gutachten	X
40.	Rohrleitungsführung	Rohrleitungsplan (06.06.06)	x	Gemäß Plan besteht ein geschlossenes System ohne Frischwasserzuführung. Allerdings kommt es derzeit noch durch einen Baumangel zu einer Vermengung von Regenwasser und Silagesäften. Der Baumangel ist reklamiert und soll korrigiert werden.		x
41.	Wie ist der Fermenter zur Gaser-	Installationsplan vom Standort		Siehe Fließschema , bzw. Installationsplan am Bsp. U. II	§ 3 Abs. 2 EEG	X

	zeugung technisch mit der/den einzelnen Stromerzeugungseinheiten verbunden?	(Fließschema v. Fa. L. datiert: 6.6.06)				
42.	Heiztechnik für Fermenter	Leitungsplan, Wärmemengenzähler (Fließschema v. Fa. L. datiert: 6.6.06)		Es ist kein Wärmemengenzähler für die Heiztechnik des Fermenters installiert. Die Erwärmung des Fermenter und des Nachgärers wird über Heizschlangen, welche mit dem Abwärmewasser der BHKWs durchflutet sind, realisiert.		X
43.	BHKW	BHKW-Leistung	Datenblatt der Lieferanten (undatiert)	HINWEIS: Bei Begehung der Anlage am 30.5.2007 waren die BHKW der Firma Bosse im Einsatz. 2 Zündstrahlaggregate mit Generatoren (2*275 kWel, 2*688 kW FWL) In der KW 25 werden diese gegen BHKW der Firma Schnell (analog BGA Metzingen, Schafwedel und Ummern II) ausgetauscht: 2 Zündstrahlaggregate (2*265 kWel, 2*589 kW FWL) in Containerbauweise mit integriertem Zündöllager-tank	EEG §8 Ab.1, Ab.4 Satz1, BauGB §35 Ab.1 Nr. 6	X
44.	Wirkungsgrad, elektisch bei Voll-last	Datenblatt der Lieferanten (Bosse: 8.4.05 Schnell: Januar 06)		Bosse: 40% Schnell: 45%	EEG-Begründung zu §8 Ab. 4	X
45.	Wirkungsgrad je Leistungsstufe (Stromkennzahl)	Datenblatt der Lieferanten (Bosse: Februar 05 Schnell: 13.12.06)		Bosse: 0,98 Schnell: 1,22	Datenblatt Schnell ist maßgebend -> Faulraumbelastung sinkt bei hohem Wirkungsgrad	X
46.	Schadstoffwerte			Bosse: - Schnell: Abgaswerte bezogen auf trockene Abgase (0C° und 1013mbar) und O2 Gehalt von 5%: CO 800, NOx: 1000, Staub: 4		X
47.	Kraft-Wärme-Kopplung			Siehe Gutachten	EEG §8 Ab.4 Vorinstalliert, IBN folgt	X
48.	Technische Beschreibung der BHKW			Zündstrahlmotoren Typ Scania		X
49.	Zünd- od. Stützfeuerer verwendet? Welche Einsatzstoffe?	Gutachterliche Verfahrensbeschreibung		Schnell: Zündstrahlaggregat ES 2656 Heizöl / Biodiesel 2,3 l/h Entspricht 4% vom Gesamtenergieinhalt Da die Anlagen noch im Einfahrbetrieb laufen, gibt es	§8 Abs. 6 EEG	X

					zurzeit noch einen erhöhten Heizölbedarf. Daher: s. Grafik Vergleichsanlage BGA Twist vom 19.6.07)		
50.		Einsatz von ausschließlichem aus Biomasse erzeugten Gas zur Stromerzeugung	Vor Ort (30.05.07)	x	Keine anderen Gasquellen vorhanden.	§2 BiomasseV	X
51.		Einsatz von ORC-Anlagen, Gasturbinenanlagen, Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellenanlagen?	Vor Ort (30.05.07)	x	Keine solchen Anlagen vorhanden.	§4 BiomasseV	X
52.	Gasführung	Gasspeicher			Volumen von ca. 2x 970 m ³ integriert in den Tragluftdächern des Fermenter bzw. des Nachgärers.		X
53.		Gasaufbereitung	Vor Ort (30.05.07)	x	Siehe vor-Ort-Photos		X
54.		Aus welchen Behältern wird Biogas entnommen, unterliegen alle den Eingangsbedingungen der Trockenfermentation?	Vor Ort (30.05.07)	x	Nachgärer		X
55.	Stromeinspeisung	Vertrag	Stromeinspeisevertrag (05.01.06)	x	Siehe Unterlage		X
56.		Einspeisungsmenge nach Monaten	Beispielhafte Abrechnung vom 4.5.07	x	Einspeisung von 338.124 kWh für April 2007	Entspricht 615 Stunden Volllast	X
57.		Einrichtungen für die Messung der Stromeinspeisung ins Netz	Netzanschlussplan; ggf. Auftrag des Messstellenbetreibers		Siehe Fließschema	§§ 5 Abs. 1 Satz 2, 12 Abs. 6 EEG	X
58.		Sind (oder werden) die Erzeugungseinheiten unmittelbar mit	Netzanschlussplan (der SVO)		Ja! Übergabestation s. Plan	§4, §5 EEG	X

UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH
90402 Nürnberg, Dürrenhofstr. 4, 0911-9463773 - 10559 Berlin, Alt Moabit 94, 030-29399142



		dem Netz des aufnahmeverpflichteten Netzbetreibers angeschlossen?					
59.		Einspeisungszähler, wo eingebaut?	Vor Ort (30.05.07)	x	Separater Zählerschrank		X
60.	Wärmenutzung	Wärmemengenzähler, wo eingebaut?	Vor Ort (30.05.07)	x	Bisher sind keine Wärmemengenzähler vorhanden. Anschlüsse für spätere Wärmenutzung sind vorhanden.	Analog Twist geplant	X
61.		Externe Wärmenutzung	Vertrag (02.04.07)	x	Versorgt wird das Wohnanwesen des Herrn Kuhls. Arbeitsblatt FW 308 des AGFW ist nicht vorhanden.	§ 8 Abs. 3 EEG	X
62.		Interne Wärmenutzung	Fließbild zur Wärmeverteilung			Liegt vor	X
63.		Wärmeabnahmemengen nach Monaten	Zählerstände		Der Landwirt/Antragssteller Herr Kuhls ist bereits an das Wärmenetz angeschlossen. (s. Wärmevertrag) Hierzu liegen allerdings noch keine Zählerstände vor.	§ 8 Abs. 3 EEG	X
64.	Inbetriebnahme	Daten des Prüfprotokolls	Inbetriebsetzungsprotokoll für BHKW (30.12.05)		Es liegt nur für das Inbetriebsetzungsprotokoll für BHKW vor. Für die Inbetriebnahme besteht kein Abnahmeprotokoll.	§§ 12 Abs. 3, 8 Abs. 5 und 21 Abs. 1 EEG	X
65.	Leistungsdaten	Gasmengenausbeute			Nach kalkulieren	Gaszähler	X
66.		Stromerzeugung			Nach kalkulieren	Stromzähler	X
67.		Wärmeerzeugung			Nach kalkulieren	Bisher keine Meßwerte	X
68.		Umsetzungsgrade / Wirkungsgradermittlung			Nach kalkulieren	Noch nicht möglich	X
69.	Juristische Prüfung				Wird extern von K. & S., Berlin, vorgenommen.	EEG §8 BiomasseV §2 BauGB	X

Abkürzungen

AGFW Arbeitsgemeinschaft für Wärme und Heizkraftwirtschaft - AGFW - e. V. bei dem Verband der Elektrizitätswirtschaft - VDEW - e. V.
BHKW Blockheizkraftwerk
EEG Erneuerbare Energien Gesetz
FW 308 Arbeitsblatt FW 308 "Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes -"
FWL Feuerungswärmeleistung
ORC Organic Ranking Cycle
TS Trockensubstanzgehalt

UMR Gesellschaft für Umweltmanagement und Risiko-Service mbH
90402 Nürnberg, Dürrenhofstr. 4, 0911-9463773 - 10559 Berlin, Alt Moabit 94, 030-29399142



ANHANG III: Checkliste in China (Chinesisch) 沼气利用现场调查表

大中型沼气利用项目调查表(中国)

调查时间: _____

类别	具体信息及问题	选择	运营者填写栏(选择项目内容栏)	初步评价	
一般信息	设施产权人:				
	通信地址:				
	联系人:				
	电话:				
	传真:				
	电邮:				
	公司简介:				
	沼气厂运营公司(部门):				
	沼气厂员工人数:				
	通信地址:				
	联系人:				
	电话:				
	传真:				
	电邮:				
	项目立项及批准文件:				
项目建设地区信息	设施使用年限:				
	设施总占地面积: 其中 建设用地面积:				
	厂区平面图				
	厂区所处区域类型划分	城镇居民住宅区			
		城镇混合区			
		工业区			
		农村居住区(村落内)			
		农业用地(村落外)			
	厂区距离最近的居住区(建筑)的距离	300 m 以内			
		300 m - 500 m			
		500 m - 1.000 m			
		1.000 m 以上			
		可见范围内无居住区			
	厂区距离最近的地表水体(河流, 小溪, 水渠, 湖泊, 水塘等)的距离	50 m 以内			
		50 - 200 m			
		200 m - 500 m			
		500m - 1.000m			
1.000m 以上					
厂区是否处于以下区域内?	水源保护地				
	自然保护区				
	泄洪区或受洪水威胁较大的区域				
	区域周围居民直接饮用地下水				
厂区周围的道路交通情况	交通非常便捷, 道路状况佳				
	道路交通状况可以基本满足要求				

类别	具体信息及问题	选择	运营者填写栏(选择项目内容栏)	初步评价	
			交通便捷, 道路状况有待完善		
			交通位置不够便捷, 道路状况尚可		
			交通, 道路状况不佳, 急待完善		
	沼气厂完工投产日期				
原料供应	沼气生产的原料是什么?		能源植物		
			养殖场粪便及冲洗水		
			干稻草和桔杆等农作物废料		
			生物垃圾其他有机垃圾		
			混合填埋垃圾(垃圾填埋场)		
			其他		
		原料的具体种类以及年用量是多少吨?			
	养殖场种类		牛		
			猪		
			禽类		
			其他		
	自有的原料是否能够满足全年的生产要求? %需要额外购买或提供?		是		
			否 %		
	自有的原料的直接产地距离沼气厂的距离		紧邻		
			6 km 以内		
			6-10 km		
			10-15 km		
		15 km 以上			
		自有养殖场的动物总数			
		养殖场的占地面积(不含草场)			
	能源植物初步加工后的状态		液态和半液态, 可以用泵传输		
			固态, 但已经粉碎至长度小于 3cm		
			固态, 但已经粉碎至长度大于 3cm		
			固态, 未粉碎		
			含有有害物质, 影响发酵物质以及沙子等必须额外处理		
	原料的含水量		>95%		
			95% - 90%		
		90% - 70%			
		70% - 30%			
		≤30%			
原料供应的安全性		原料全部自己供给			
		原料大部分自己供给			
		与原料供应商有长期固定价格合同			
		与供应商有长期合同, 但市场浮动价格			
		与原料供应商有短期合同			
		无固定原料供应商			
设施及工艺	原料储存场地		专门库房		
			有防护墙, 防渗地面及防雨设施		
			无防护墙及防渗地面但有防雨设施		
			自然堆放		
	沉淀池		水泥防渗沉淀池有防雨设施		

类别	具体信息及问题	选择	运营者填写栏(选择项目内容栏)	初步评价	
			水泥防渗沉淀池无防雨设施		
			经简单防渗处理的沉淀池		
			无防渗处理的沉淀池		
	发酵罐			立式	
				卧式	
	发酵罐			储气罐和发酵罐一体建设	
				有单独的储气罐	
	发酵罐			有搅拌器和加热装置	
				有搅拌器无加热装置	
				有加热装置无搅拌器	
				无搅拌器和加热装置	
	发酵罐数量			1 个	
				2 个	
				多个?	
	发酵罐的大小[容积 m ³]			≤500	
				500 - 1.000	
				1.000 - 1.500	
				1.500 - 2.000	
				>2.000	
	沼液存放设施			密闭储存罐	
				不密闭储存罐	
				防雨防渗储存池	
				开放防渗储存池	
				无防护储存池	
	沼液存放设施大小[容积 m ³]			≤500	
				500 - 1.000	
				1.000 - 1.500	
				1.500 - 2.000	
				>2.000	
	发酵罐及其他主要设施外墙是否有额外的防护层?			是	
			否		
是否有燃烧过量气体的火炬燃烧器?			是		
			否		
沼气生产和利用	发酵温度 [°C]		≤ 28		
			28 - 33		
			33 - 37		
			37 - 40		
			> 40		
	年产气量 (m3)				
	是否有沼气清洁过滤设备			是	
				否	
	沼气的主要组成成分				
	沼气的利用方式			小的局域网直接利用	
				发电自用	
				并网发电	
				与天然气网络并网利用	
				作为汽车, 拖拉机等动力原料 S	
	发电机的装机容量(kW)				
发电机机组数量					
发动机类型			燃气机		

类别	具体信息及问题	选择	运营者填写栏(选择项目内容栏)	初步评价
			柴油机	
	功效(%)		≤ 33	
			33 - 35	
			35 - 37	
			37 - 40	
			> 40	
	发动机排出废气分析数据			
	是否有采用热电联产?		是	
		否		
年发电量 (kWh)				
余热是如何利用的?				
沼液, 沼渣 的利用	发酵后废料的形态		固态沼渣	
			液态沼液	
	是否有固, 液分离设施?			
	是否是作为肥料直接播洒 到农田?		是	
			否	
	是否有足够的农田处理全 部的沼液?		是	
			否	
	沼液处理的经济成本			有收入
			无偿, 农民自取	
			无偿, 沼气厂送货上门	
			付费处理	
其他的利用方法				
经济成本	投资总额			
其他信息				

ANHANG IV: Kyoto-Protokoll (Auszug)

Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen

Die Vertragsparteien dieses Protokolls -

als Vertragsparteien des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, im Folgenden als "Übereinkommen" bezeichnet,

in Verfolgung des in Artikel 2 des Übereinkommens festgelegten Endziels,

eingedenk der Bestimmungen des Übereinkommens,

geleitet von Artikel 3 des Übereinkommens,

in Anwendung des durch Beschluß 1/CP.1 der Konferenz der Vertragsparteien des Übereinkommens auf ihrer ersten Tagung angenommenen Berliner Mandats -

sind wie folgt übereingekommen:

Artikel 1

Für die Zwecke dieses Protokolls finden die in Artikel 1 des Übereinkommens enthaltenen

Begriffsbestimmungen Anwendung. Darüber hinaus

1. bedeutet "Konferenz der Vertragsparteien" die Konferenz der Vertragsparteien des Übereinkommens;
2. bedeutet "Übereinkommen" das am 9. Mai 1992 in New York angenommene Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen;
3. bedeutet "Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe für Klimaänderungen" die 1988 von der Weltorganisation für Meteorologie und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen gemeinsam eingerichtete Zwischenstaatliche Sachverständigengruppe für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change);
4. bedeutet "Montrealer Protokoll" das am 16. September 1987 in Montreal angenommene und später angepaßte und geänderte Montrealer Protokoll über Stoffe, die zu einem Abbau der Ozonschicht führen;
5. bedeutet "anwesende und abstimmende Vertragsparteien" die anwesenden Vertragsparteien, die eine Ja- oder eine Nein-Stimme abgeben;
6. bedeutet "Vertragspartei" eine Vertragspartei dieses Protokolls, sofern sich aus dem Zusammenhang nichts anderes ergibt;
7. bedeutet "in Anlage I aufgeführte Vertragspartei" eine Vertragspartei, die in Anlage I des Übereinkommens in seiner jeweils geänderten Fassung aufgeführt ist, oder eine Vertragspartei, die eine Notifikation nach Artikel 4 Absatz 2 Buchstabe g des Übereinkommens übermittelt hat.

Artikel 2

- (1) Um eine nachhaltige Entwicklung zu fördern, wird jede in Anlage I aufgeführte Vertragspartei bei der Erfüllung ihrer quantifizierten Emissionsbegrenzungs- und -reduktionsverpflichtungen nach Artikel 3
- a) entsprechend ihren nationalen Gegebenheiten Politiken und Maßnahmen wie die folgenden umsetzen und/oder näher ausgestalten:
 - i) Verbesserung der Energieeffizienz in maßgeblichen Bereichen der Volkswirtschaft;
 - ii) Schutz und Verstärkung von Senken und Speichern von nicht durch das Montrealer Protokoll geregelten Treibhausgasen unter Berücksichtigung der eigenen Verpflichtungen im Rahmen einschlägiger internationaler Umweltübereinkünfte sowie Förderung nachhaltiger Waldbewirtschaftungsmethoden, Aufforstung und Wiederaufforstung;
 - iii) Förderung nachhaltiger landwirtschaftlicher Bewirtschaftungsformen unter Berücksichtigung von Überlegungen zu Klimaänderungen;
 - iv) Erforschung und Förderung, Entwicklung und vermehrte Nutzung von neuen und erneuerbaren Energieformen, von Technologien zur Bindung von Kohlendioxid und von fortschrittlichen und innovativen umweltverträglichen Technologien;
 - v) fortschreitende Verringerung oder schrittweise Abschaffung von Marktverzerrungen, steuerlichen Anreizen, Steuer- und Zollbefreiungen und Subventionen, die im Widerspruch zum Ziel des Übereinkommens stehen, in allen Treibhausgasemittierenden Sektoren und Anwendung von Marktinstrumenten;
 - vi) Ermutigung zu geeigneten Reformen in maßgeblichen Bereichen mit dem Ziel, Politiken und Maßnahmen zur Begrenzung oder Reduktion von Emissionen von nicht durch das Montrealer Protokoll geregelten Treibhausgasen zu fördern;
 - vii) Maßnahmen zur Begrenzung und/oder Reduktion von Emissionen von nicht durch das Montrealer Protokoll geregelten Treibhausgasen im Verkehrsbereich;
 - viii) Begrenzung und/oder Reduktion von Methanemissionen durch Rückgewinnung und Nutzung im Bereich der Abfallwirtschaft sowie bei Gewinnung, Beförderung und Verteilung von Energie;
 - b) mit den anderen in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien nach Artikel 4 Absatz 2 Buchstabe e Ziffer i des Übereinkommens zusammenarbeiten, um die Wirksamkeit ihrer aufgrund dieses Artikels beschlossenen einzelnen Politiken und Maßnahmen sowie deren Wirksamkeit in ihrer Kombination zu verstärken. Zu diesem Zweck unternehmen diese Vertragsparteien Schritte, um die eigenen Erfahrungen sowie Informationen über diese Politiken und Maßnahmen auszutauschen, wozu auch die Entwicklung von Möglichkeiten zur Verbesserung ihrer Vergleichbarkeit, Transparenz und Wirksamkeit gehören. Die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien wird auf ihrer ersten Tagung oder möglichst bald danach unter Berücksichtigung aller einschlägigen Informationen über Möglichkeiten der Erleichterung dieser Zusammenarbeit beraten.

- (2) Die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien setzen ihre Bemühungen um eine Begrenzung oder Reduktion der Emissionen von nicht durch das Montrealer Protokoll geregelten Treibhausgasen aus dem Luftverkehr und der Seeschifffahrt im Rahmen der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation beziehungsweise der Internationalen Seeschifffahrts-Organisation fort.
- (3) Die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien sind unter Berücksichtigung des Artikels 3 des Übereinkommens bestrebt, die Politiken und Maßnahmen aufgrund dieses Artikels in einer Weise umzusetzen, daß die nachteiligen Auswirkungen so gering wie möglich gehalten werden, darunter auch die nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen, die Auswirkungen auf den Welthandel und die Auswirkungen auf den Sozialbereich, die Umwelt und die Wirtschaft anderer Vertragsparteien, vor allem der Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, und insbesondere derjenigen, die in Artikel 4 Absätze 8 und 9 des Übereinkommens bezeichnet sind. Die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien kann gegebenenfalls weitere Schritte zur Förderung der Durchführung dieses Absatzes unternehmen.
- (4) Beschließt die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien, daß es nützlich wäre, irgendwelche der in Absatz 1 Buchstabe a genannten Politiken und Maßnahmen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen nationalen Gegebenheiten und der möglichen Auswirkungen zu koordinieren, so prüft sie Mittel und Wege, um Einzelheiten der Koordinierung dieser Politiken und Maßnahmen festzulegen.

Artikel 3

- (1) Die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien sorgen einzeln oder gemeinsam dafür, daß ihre gesamten anthropogenen Emissionen der in Anlage A aufgeführten Treibhausgase in Kohlendioxid-äquivalenten die ihnen zugeteilten Mengen, berechnet auf der Grundlage ihrer in Anlage B niedergelegten quantifizierten Emissionsbegrenzungs- und -reduktionsverpflichtungen und in Übereinstimmung mit diesem Artikel, nicht überschreiten, mit dem Ziel, innerhalb des Verpflichtungszeitraums 2008 bis 2012 ihre Gesamtemissionen solcher Gase um mindestens 5 v.H. unter das Niveau von 1990 zu senken.
- (2) Jede in Anlage I aufgeführte Vertragspartei muß bis zum Jahr 2005 bei der Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus diesem Protokoll nachweisbare Fortschritte erzielt haben.
- (3) Die Nettoänderungen der Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und des Abbaus solcher Gase durch Senken als Folge unmittelbar vom Menschen verursachter Landnutzungsänderungen und forstwirtschaftlicher Maßnahmen, die auf Aufforstung, Wiederaufforstung und Entwaldung seit 1990 begrenzt sind, gemessen als nachprüfbar Veränderungen der Kohlenstoffbestände in jedem Verpflichtungszeitraum, werden zur Erfüllung der jeder in Anlage I aufgeführten Vertragspartei obliegenden Verpflichtungen nach diesem Artikel verwendet. Die Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und der Abbau solcher Gase durch Senken, die mit diesen Maßnahmen verbunden sind, werden nach Maßgabe der Artikel 7 und 8 in transparenter und nachprüfbarer Weise gemeldet und überprüft.
- (4) Vor der ersten Tagung der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien stellt jede in Anlage I aufgeführte Vertragspartei Daten zur Prüfung durch das Nebenorgan für wissenschaftliche und technologische Beratung bereit, anhand deren

die Höhe ihrer Kohlenstoffbestände im Jahr 1990 bestimmt und die Veränderungen ihrer Kohlenstoffbestände in den Folgejahren geschätzt werden können. Die als Tagung der Vertragsparteien des Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien beschließt auf ihrer ersten Tagung oder möglichst bald danach über Modalitäten, Regeln und Leitlinien im Hinblick darauf, welche zusätzlichen vom Menschen verursachten Tätigkeiten in bezug auf Änderungen der Emissionen von Treibhausgasen aus Quellen und des Abbaus solcher Gase durch Senken in den Kategorien landwirtschaftliche Böden sowie Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft den den in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien zugeteilten Mengen hinzugerechnet oder von ihnen abgezogen werden, und auf welche Weise dies erfolgen soll, wobei Unsicherheiten, die Transparenz der Berichterstattung, die Nachprüfbarkeit, die methodische Arbeit der Zwischenstaatlichen Sachverständigengruppe für Klimaänderungen, die von dem Nebenorgan für wissenschaftliche und technologische Beratung nach Artikel 5 abgegebenen Empfehlungen und die Beschlüsse der Konferenz der Vertragsparteien zu berücksichtigen sind. Ein solcher Beschluß kommt in dem zweiten und den nachfolgenden Verpflichtungszeiträumen zur Anwendung. Eine Vertragspartei hat die Wahl, einen solchen Beschluß über diese zusätzlichen vom Menschen verursachten Tätigkeiten auf ihren ersten Verpflichtungszeitraum anzuwenden, sofern diese Tätigkeiten ab 1990 stattgefunden haben.

- (5) Die in Anlage I aufgeführten und im Übergang zur Marktwirtschaft befindlichen Vertragsparteien, deren Basisjahr oder Basiszeitraum in Anwendung des Beschlusses 9/CP.2 der Konferenz der Vertragsparteien auf deren zweiter Tagung festgelegt wurde, verwenden dieses Basisjahr oder diesen Basiszeitraum bei der Erfüllung ihrer in diesem Artikel genannten Verpflichtungen. Jede andere in Anlage I aufgeführte und im Übergang zur Marktwirtschaft befindliche Vertragspartei, die ihre erste nationale Mitteilung nach Artikel 12 des Übereinkommens noch nicht vorgelegt hat, kann der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien auch notifizieren, daß sie ein anderes, früheres Basisjahr oder einen anderen, früheren Basiszeitraum als 1990 bei der Erfüllung ihrer in diesem Artikel genannten Verpflichtungen anzuwenden gedenkt. Die als Tagung der Vertragsparteien des Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien entscheidet über die Annahme einer solchen Notifikation.
- (6) Unter Berücksichtigung des Artikels 4 Absatz 6 des Übereinkommens wird den in Anlage I
- (7) aufgeführten Vertragsparteien, die sich im Übergang zur Marktwirtschaft befinden, von der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien bei der Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus dem Protokoll mit Ausnahme derjenigen, die in diesem Artikel genannt sind, ein gewisses Maß an Flexibilität gewährt. In dem ersten Verpflichtungszeitraum für eine quantifizierte Emissionsbegrenzung und -reduktion von 2008 bis 2012 entspricht die jeder in Anlage I aufgeführten Vertragspartei zugeteilte Menge dem für sie in Anlage B niedergelegten Prozentanteil ihrer gesamten anthropogenen Emissionen der in Anlage A aufgeführten Treibhausgase in Kohlendioxidäquivalenten im Jahr 1990 oder dem nach Absatz 5 bestimmten Basisjahr oder Basiszeitraum, multipliziert mit fünf. Diejenigen in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien, für die Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft 1990 eine Nettoquelle von Treibhausgasemissionen darstellten, beziehen in ihr Emissionsbasisjahr 1990 oder ihren entsprechenden Emissionsbasiszeitraum die gesamten anthropogenen Emissionen aus Quellen in Kohlendioxidäquivalenten

- abzüglich des Abbaus solcher Emissionen durch Senken im Jahr 1990 durch Landnutzungsänderungen ein, um die ihnen zugeteilte Menge zu berechnen.
- (8) Jede in Anlage I aufgeführte Vertragspartei kann für die in Absatz 7 bezeichnete Berechnung das Jahr 1995 als ihr Basisjahr für wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid verwenden.
- (9) Die für Folgezeiträume geltenden Verpflichtungen der in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien werden durch Änderungen der Anlage B festgelegt, die in Übereinstimmung mit Artikel 21 Absatz 7 beschlossen werden. Die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien leitet die Erörterung derartiger Verpflichtungen mindestens sieben Jahre vor Ablauf des in Absatz 1 genannten ersten Verpflichtungszeitraums ein.
- (10) Alle Emissionsreduktionseinheiten oder jeder Teil einer zugeteilten Menge, die eine Vertragspartei nach Artikel 6 oder Artikel 17 von einer anderen Vertragspartei erwirbt, werden der der erwerbenden Vertragspartei zugeteilten Menge hinzugerechnet.
- (11) Alle Emissionsreduktionseinheiten oder jeder Teil einer zugeteilten Menge, die eine Vertragspartei nach Artikel 6 oder Artikel 17 einer anderen Vertragspartei überträgt, werden von der der übertragenden Vertragspartei zugeteilten Menge abgezogen.
- (12) Alle zertifizierten Emissionsreduktionen, die eine Vertragspartei nach Artikel 12 von einer anderen Vertragspartei erwirbt, werden der der erwerbenden Vertragspartei zugeteilten Menge hinzugerechnet.
- (13) Sind die Emissionen einer in Anlage I aufgeführten Vertragspartei in einem Verpflichtungszeitraum niedriger als die ihr zugeteilte Menge nach diesem Artikel, so wird diese Differenz auf Ersuchen dieser Vertragspartei der ihr zugeteilten Menge für nachfolgende Verpflichtungszeiträume hinzugerechnet.
- (14) Jede in Anlage I aufgeführte Vertragspartei ist bestrebt, die in Absatz 1 genannten Verpflichtungen in einer Weise zu erfüllen, daß nachteilige Auswirkungen auf den Sozialbereich, die Umwelt und die Wirtschaft der Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, insbesondere derjenigen, die in Artikel 4 Absätze 8 und 9 des Übereinkommens bezeichnet sind, so gering wie möglich gehalten werden. In Einklang mit maßgeblichen Beschlüssen der Konferenz der Vertragsparteien über die Durchführung dieser Absätze prüft die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien auf ihrer ersten Tagung, welche Schritte erforderlich sind, um die nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen und/oder die Auswirkungen von Gegenmaßnahmen auf die in jenen Absätzen genannten Vertragsparteien so gering wie möglich zu halten. Zu den zu prüfenden Fragen gehören die Schaffung von Finanzierung, die Versicherung und die Weitergabe von Technologie.

...

Artikel 12

- (1) Hiermit wird ein Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung festgelegt.
- (2) Zweck des Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung ist es, die nicht in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien dabei zu unterstützen, eine nachhaltige Entwicklung zu erreichen und zum

Endziel des Übereinkommens beizutragen, und die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien dabei zu unterstützen, die Erfüllung ihrer quantifizierten Emissionsbegrenzungs- und -reduktionsverpflichtungen aus Artikel 3 zu erreichen.

- (3) Im Rahmen des Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung
 - a) werden die nicht in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien Nutzen aus Projektmaßnahmen ziehen, aus denen sich zertifizierte Emissionsreduktionen ergeben;
 - b) können die in Anlage I aufgeführten Vertragsparteien die sich aus diesen Projektmaßnahmen ergebenden zertifizierten Emissionsreduktionen als Beitrag zur Erfüllung eines Teiles ihrer quantifizierten Emissionsbegrenzungs- und -reduktionsverpflichtungen aus Artikel 3 entsprechend den Entscheidungen der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien verwenden.
- (4) Der Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung unterliegt der Weisungsbefugnis und Leitung der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien und wird von einem Exekutivrat des Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung beaufsichtigt.
- (5) Die sich aus jeder Projektmaßnahme ergebenden Emissionsreduktionen werden von Einrichtungen zertifiziert, die von der als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienenden Konferenz der Vertragsparteien zu benennen sind, und zwar auf folgender Grundlage:
 - a) freiwillige Teilnahme, die von jeder beteiligten Vertragspartei gebilligt wird;
 - b) reale, meßbare und langfristige Vorteile in bezug auf die Abschwächung der Klimaänderungen und
 - c) Emissionsreduktionen, die zusätzlich zu denen entstehen, die ohne die zertifizierte Projektmaßnahme entstehen würden.
- (6) Der Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung hilft bei Bedarf bei der Beschaffung von Finanzierungsmitteln für zertifizierte Projektmaßnahmen.
- (7) Die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien erarbeitet auf ihrer ersten Tagung Modalitäten und Verfahren mit dem Ziel, die Transparenz, Effizienz und Zurechenbarkeit durch eine unabhängige Rechnungsprüfung und Kontrolle der Projektmaßnahmen zu gewährleisten.
- (8) Die als Tagung der Vertragsparteien dieses Protokolls dienende Konferenz der Vertragsparteien stellt sicher, daß ein Teil der Erlöse aus zertifizierten Projektmaßnahmen dazu verwendet wird, die Verwaltungskosten zu decken sowie die für die nachteiligen Auswirkungen der Klimaänderungen besonders anfälligen Vertragsparteien, die Entwicklungsländer sind, dabei zu unterstützen, die Anpassungskosten zu tragen.
- (9) Die Teilnahme an dem Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung, einschließlich der in Absatz 3 Buchstabe a genannten Maßnahmen und des Erwerbs zertifizierter Emissionsreduktionen, steht privaten und/oder öffentlichen Einrichtungen offen und unterliegt den vom Exekutivrat des Mechanismus für umweltverträgliche Entwicklung erteilten Maßgaben.

(10) Zertifizierte Emissionsreduktionen, die in der Zeit zwischen dem Jahr 2000 und dem Beginn des ersten Verpflichtungszeitraums erworben werden, können als Beitrag zur Erfüllung der Verpflichtungen in dem ersten Verpflichtungszeitraum genutzt werden.

...

Artikel 24

- (1) Dieses Protokoll liegt für die Staaten und Organisationen der regionalen Wirtschaftsintegration, die Vertragsparteien des Übereinkommens sind, zur Unterzeichnung auf; es bedarf der Ratifikation, der Annahme oder der Genehmigung durch sie. Es liegt vom 16. März 1998 bis 15. März 1999 am Sitz der Vereinten Nationen in New York zur Unterzeichnung auf. Das Protokoll steht von dem Tag an, an dem es nicht mehr zur Unterzeichnung aufliegt, zum Beitritt offen. Die Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunden werden beim Verwahrer hinterlegt.
- (2) Jede Organisation der regionalen Wirtschaftsintegration, die Vertragspartei dieses Protokolls wird, ohne daß einer ihrer Mitgliedstaaten Vertragspartei ist, ist durch alle Verpflichtungen aus dem Protokoll gebunden. Sind ein oder mehrere Mitgliedstaaten einer solchen Organisation Vertragspartei des Protokolls, so entscheiden die Organisation und ihre Mitgliedstaaten über ihre jeweiligen Verantwortlichkeiten hinsichtlich der Erfüllung ihrer Verpflichtungen aus dem Protokoll. In diesen Fällen sind die Organisation und die Mitgliedstaaten nicht berechtigt, die Rechte aufgrund des Protokolls gleichzeitig auszuüben.
- (3) In ihren Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunden erklären die Organisationen der regionalen Wirtschaftsintegration den Umfang ihrer Zuständigkeiten in bezug auf die durch dieses Protokoll erfaßten Angelegenheiten. Diese Organisationen teilen auch jede wesentliche Änderung des Umfangs ihrer Zuständigkeiten dem Verwahrer mit, der seinerseits die Vertragsparteien unterrichtet.

...

Artikel 28

Die Urschrift dieses Protokolls, dessen arabischer, chinesischer, englischer, französischer, russischer und spanischer Wortlaut gleichermaßen verbindlich ist, wird beim Generalsekretär der Vereinten Nationen hinterlegt.

Geschehen zu Kyoto am 11. Dezember 1997.

Zu Urkund dessen haben die hierzu gehörig befugten Unterzeichneten dieses Protokoll an den angegebenen Tagen mit ihrer Unterschrift versehen.

Anlage A

Treibhausgase

Kohlendioxid (CO₂)

Methan (CH₄)

Distickstoffoxid (N₂O)

Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW/HFC)

Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW/PFC)

Schwefelhexafluorid (SF₆)

Sektoren/Gruppen von Quellen

Energie

Verbrennung von Brennstoffen

Energiewirtschaft

Verarbeitendes Gewerbe und Baugewerbe

Verkehr

Andere Sektoren

Sonstige

Flüchtige Emissionen aus Brennstoffen

Feste Brennstoffe

Öl und Erdgas

Sonstige

Produktionsprozesse

Mineralerzeugnisse

Chemische Industrie

Metallerzeugung

Sonstige Erzeugung

Erzeugung von Halogenkohlenwasserstoffen und Schwefelhexafluorid

Verbrauch von Halogenkohlenwasserstoffen und Schwefelhexafluorid

Sonstige

Verwendung von Lösungsmitteln und anderen Erzeugnissen

Landwirtschaft

Enterische Fermentation

Düngewirtschaft

Reisanbau

Landwirtschaftliche Böden

Traditionelles Abbrennen von Grasland

Offene Verbrennung landwirtschaftlicher Rückstände

Sonstige

Abfallwirtschaft

Entsorgung fester Abfälle an Land

Abwasserbehandlung

Müllverbrennung

Sonstige

Anlage B

Vertragspartei	Quantifizierte Emissionsbegrenzungs- oder - reduktionsverpflichtung (in v.H. des Basisjahrs oder Basiszeitraums)
Australien	108
Belgien	92
Bulgarien*	92
Dänemark	92
Deutschland	92
Estland*	92
Europäische Gemeinschaft	92
Finnland	92
Frankreich	92
Griechenland	92
Irland	92
Island	110
Italien	92
Japan	94
Kanada	94
Kroatien*	95
Lettland*	92
Liechtenstein	92
Litauen*	92
Luxemburg	92
Monaco	92
Neuseeland	100
Niederlande	92
Norwegen	101
Österreich	92
Polen*	94
Portugal	92
Rumänien*	92
Russische Föderation*	100
Schweden	92
Schweiz	92
Slowakei*	92
Slowenien*	92
Spanien	92
Tschechische Republik*	92
Ukraine*	100
Ungarn*	94
Vereinigte Staaten von Amerika	93
Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland	92

* Länder, die sich im Übergang zur Marktwirtschaft befinden.

ANHANG V: Checkliste CDM-Project Identification (CDM-PIN)

A. 项目识别 (project identification)

A1.项目名称 Name of the project	
A2.申请者 The Applicant	
A3.提交日期 Submission date.	

B. 项目申请者 (project applicant)

B1.申请者 The Applicant	
B2.企业名称 Name of your factory.	
B3.企业类型 The category of your factory.	
B4.企业在项目职能 The function of your factory in the project activity.	
B5.主要活动和经历 Main experience and activity of your factory.	
B6.联系人 Linkman.	
B7.详细地址 Address in detail.	
B8.电话/传真 Phone /Fax	

C. 项目判别 (distinguish the project activity)

评判标准 (Criteria)	答案 (Your answer)
C1.基本判别 (Basic Differentiation)	
C1.1.是否已经或正在进行 CDM 开发? Whether the project activity has exploited or is exploiting with the CDM project method?	
C1.2.项目是否已投入运营? Whether the project is carrying into execution?	
C1.3.项目是否具有具体的依托项目? Whether the project activity has the supported project?	
C1.4.项目是否具有长期的温室气体减排效应及碳汇效应? Does the project activity has long time greenhouse gas abatement effect or carbon absorbing effect?	

C1.5.项目是否具有实质性的温室气体减排效应和碳汇效应? Does the project activity has material abatement effect of greenhouse gas or carbon absorbing effect?	
C1.6.项目温室气体减排量可测吗? Does the amount of greenhouse gas reduction can survey?	
C2.额外性判别 (Additionality Differentiation)	答案 (Your answer)
C2.1.是否符合现行法律法规的替代方案 (相对基准线而言:i) 能获得的现实的和可信的替代方案; ii) 提供和 CDM 项目同等质量、特性和应用领域的产出和/或服务; iii) 符合现行法律法规的要求)。 Whether it accord with the scheme of substitution of the rule of law (compare to the baseline: i) The project can obtain the substituted scheme with a realistic and credible way. ii) The project can provide the service 、 output of used same field 、 has same quality and characteristics. iii) it is accord with the demand of the relative laws.	
C2.2.项目活动是否属于现行法律法规强制执行对象? Whether does the project activity belong to the rule of law of put teeth in our country.	
投资分析(Analysis of Investment)	答案 (Your answer)
C2.3.选择I. 简单成本分析法: (适用于该 CDM 项目不产生除 CDM 相关收入之外的财务或经济收益, 在无 CDM 项目收入时, 不具有财务上的吸引力)。 Choice I. Simple analytical method of the costs: (Be the same with, the project has no additional income except the related income from the CDM project activity, and it has no finance attraction without income of CDM activity.	
C2.3.选项 II. 投资比较分析法: (适用于该 CDM 项目有其他 (除 CDM 收入) 收益。比较拟议的 CDM 项目和其它替代方案的投资效益的财务指标, 例如酌情取内部收益率 IRR、净现值 NPV、益本比或单位服务成本 (例如寿期平准化发电成本或供热成本)等。如果 CDM 项目的某项财务指标(例如 IRR)不如其它替代方案中的指标,非最有财务吸引力方案。 Choice II. Contrast analytical method of investment: Be the same with, the project has the others income in addition to the CDM project activity. Compare to the finance index with other substitute scheme, such as IRR, NPV, and so on. If some finance index under others substitute scheme, it will be no attraction finance scheme.	
C2.3.选项 III.基准分析方法: 该 CDM 项目活动的财务指标比财务基准值 (是代表市场的标准回报率, 并考虑了该项目类型特定的风险条件) 要低(例如较低的 IRR), 不具有财政吸引力。 Choice III. Baseline analytical method: Finance index of CDM project are lower than the standard return rate, considering the risk condition of the special type of the project, it has no finance attraction.	
障碍分析(Barriers Analysis)	答案 (Your answer)
C2.4.项目采用的技术是否是国内尚未国产化或商业化的先进技术, 在没有 CDM 支持的情况下, 会面临因技术和投资风险带来的投资/融资障碍。 Whether the adopted technology of the project is the advanced technology which has not in business in our country or oversea country, if no supported by the CDM project ,it will face so many barriers of investment or financing from the technology and the risks of investment.	
C2.5.是否有因缺乏技术合格的运行和维护人员和配套的设备维修和零配件供应设施带来的技术障碍。 Whether it has technique barriers due to the short of personnel of technique vindicate and technique operating, also due to short of the serve of the machine fittings.	
普遍性分析 (Universality Analysis)	答案 (Your answer)
C2.6.是否存在任何其它与拟议的项目活动相类似 (类似的地区、技术、规模	

<p>、运行环境和融资渠道等方面)的活动。如果不存在,请解释拟议的项目活动与其它类似活动之间存在本质区别。 Whether the CDM project similar to the others project activity (such as similar region , technology ,scale of the project, run situation, the financing channel, and so on), if it is not, please explain the difference.</p>	
---	--

D 项目情况 (project instance)

D1.项目名称 Name of the project	
D2.项目所在位置 The location of the project activity	
D3.项目类型 Style of the project	
D4.项目背景描述 Background narration of the project	
D5.项目采用技术描述 Narration of the adopted technology in your project	
D6.项目寿命 Longevity of the project	
D7.投资情况描述 (自有资产, 银行贷款, 当地政府投资, 省政府投资, 中央政府投资, 其他来源等) To narrate the instance of investment (such as own equity, bank loan, local government fund, provincial government funds, central government funds, or from others funds.)	
D8.项目入股情况说明 To narrate the shareholders in this project.	
D9.装机容量(兆瓦) Installed capacity (MW)	
D10.预计年发电量 (千瓦时) Estimated annual power generation(KWh)	
D11.投资回收期 Investment reclaimable time	
D12.项目目标 The aim of the project activity?	
D13.项目实施, 其经济、社会、环境、其他效应说明。 Other narrating of the project (such as the effect of economy 、social 、environment or others).	
D14.项目进展情况描述 (开工时间, 竣工时间及项目的批准情况等) Narrate the progress of the project (such as construction date, finish date, and the project approved situation.	

E. 东道国 (the host country)

E1.项目活动的位置 The location of the project activity	
E2.东道国 The host country	
E3.地区/州/省 The region/state/province	
E4.市/镇/社区 The city /town/community	
E5.简要叙述项目位置 To narrate the location in a nutshell of the project activity.	
E6.所在国《京都议定书》的地位 The situation of 《Kyoto protocol》 of the host country.	中国已批准和签署《京都议定书》 China has approved and subscribed the 《Kyoto protocol》