

**Aus der Frauenklinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Prof. Dr. med. Johannes Dietl**

**Zur Abhängigkeit der Parameter der Blutgasanalyse aus dem Nabelschnurblut des
Neugeborenen von der Lagerung der Probe**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg
vorgelegt von
Jochen Klement
aus Hösbach**

Würzburg, August 2001

Referent: apl. Prof. Dr. T. Steck

Korreferent: Prof. Dr. H.B. von Stockhausen

Dekan: Prof. Dr. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 16.07.2002

Der Promovend ist Arzt im Praktikum

Inhalt

1 Einleitung S. 1

1.1 Bedeutung der Blutgasanalyse in der modernen Geburtshilfe	S. 1
1.2 Interpretation des Blutgasstatus	S. 1
1.3 Korrelation von APGAR-Wert und Blutgasstatus	S. 2
1.4 Abhängigkeit der Blutgasparameter von der Lagerungsdauer - Stand der Literatur	S. 2
1.5 Ziel der vorliegenden Studie	S. 3
1.6 Definitionen gebräuchlicher Begriffe	S. 4

2 Methodik und Materialien S. 5

2.1 Definitionen der Meßwerte	S. 5
2.1.1 Der pH-Wert	S. 5
2.1.2 pCO ₂	S. 5
2.1.3 pO ₂	S. 5
2.1.4 c(HCO ₃ ⁻)	S. 5
2.1.5 SBC	S. 5
2.1.6 ABE	S. 5
2.1.7 SBE	S. 5
2.1.8 Bedeutung der Meßwerte	S. 6
2.1.9 Kalibrierungen	S. 6
2.1.9.1 Kalibrierlinie	S. 6
2.1.9.2 Theoretische Elektrode	S. 7
2.1.10 Empfindlichkeit	S. 7
2.1.11 Status	S. 7
2.1.12 Der pO ₂ -Nullpunkt	S. 7
2.1.13 Drift	S. 7
2.2 Die pH-Messung	S. 8
2.2.1 Die pH-Elektrode	S. 8
2.2.2 Die Bezugslektrode	S. 8
2.2.3 Meßprinzip	S. 9
2.2.3.1 Die Elektrodenkette der pH-Messung	S. 9
2.2.3.2 Das Voltmeter	S. 9
2.2.4 Ionenaustausch	S. 9
2.2.4.1 Potentialdifferenz	S. 9
2.3 Die pCO ₂ -Elektrode	S.10
2.3.1 Beschreibung	S. 10
2.3.2 Meßprinzip	S. 10
2.3.2.1 Die Elektrodenkette	S. 11
2.3.2.2 Umwandlung der pH-Änderungen in pCO ₂ -Werte	S. 11
2.4 Die pO ₂ -Elektrode	S. 12
2.4.1 Beschreibung	S. 12

2.4.2 Meßprinzip.....	S. 12
2.4.2.1 Die Elektrodenkette.....	S. 12
2.4.2.1.1 Kathode.....	S. 13
2.4.2.1.2 Anode.....	S. 13
2.4.2.1.3 Strom.....	S. 13
2.5 Meßzeiten und Elektrodenüberwachung.....	S. 13
2.5.1 Meßzeiten.....	S. 13
2.5.1.1 pH-Elektrode.....	S. 13
2.5.1.2 pCO ₂ -Elektrode.....	S. 14
2.5.1.3 pO ₂ -Elektrode.....	S. 14
2.5.2 Elektrodenüberwachung.....	S. 14
2.5.2.1 pH-Elektrode.....	S. 14
2.5.2.1.1 Kalibrierung.....	S. 14
2.5.2.1.2 Messung.....	S. 14
2.5.2.2 pCO ₂ -Elektrode.....	S. 14
2.5.2.2.1 Kalibrierung.....	S. 14
2.5.2.2.2 Messung.....	S. 15
2.5.2.3 pO ₂ -Elektrode.....	S. 15
2.5.2.3.1 Kalibrierung.....	S. 15
2.5.2.3.2 Messung.....	S. 15
2.6 Abgeleitete Parameter.....	S. 15
2.6.1 c(HCO ₃ ⁻).....	S. 15
2.6.2 SBC.....	S. 16
2.6.3 ABE.....	S. 16
2.6.4 SBE.....	S. 16
2.7 Studiendesign.....	S. 16
2.7.1 Einschlußkriterien.....	S. 16
2.7.2 Studienumfang.....	S. 16
2.7.3 Zusammensetzung der Proben.....	S. 17
2.7.4 Probenlagerung.....	S. 17
2.7.5 Statistische Prüfung.....	S. 17
3 Ergebnisse S. 19	
3.1 Die Abhängigkeit des pH-Wertes von der Lagerungsdauer.....	S. 19
3.1.1 Prospektive Prüfung des pH-Wertes.....	S. 21
3.1.2 Prospektive Prüfung der pH-Wert-Abweichungen vom Ausgangswert.....	S. 21
3.1.3 Rückrechnung des pH-Wertes.....	S. 21
3.1.3.1 Venöse Proben.....	S. 22
3.1.3.2 Arterielle Proben.....	S. 22
3.1.3.3 Rückrechnung des pH-Wertes mittels Referenzintervallen.....	S. 23
3.2 Der Kohlendioxidpartialdruck pCO ₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer.....	S. 24
3.2.1 Prospektive Prüfung des pCO ₂	S. 26

3.2.2	Prospektive Prüfung der pCO ₂ -Abweichungen vom Ausgangswert	S. 26
3.2.3	Rückrechnung des pCO ₂	S. 26
3.2.3.1	Venöse Proben.....	S. 27
3.2.3.2	Arterielle Proben.....	S. 27
3.2.3.3	Rückrechnung des pCO ₂ mittels Referenzintervallen	S. 28
3.3	Der Sauerstoffpartialdruck pO ₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer	S. 29
3.3.1	Prospektive Prüfung des pO ₂	S. 30
3.3.2	Prospektive Prüfung der pO ₂ -Abweichung vom Ausgangswert	S. 31
3.3.3	Rückrechnung des pO ₂	S. 31
3.3.3.1	Venöse Proben.....	S. 31
3.3.3.2	Arterielle Proben.....	S. 32
3.4	Die Konzentration der Bicarbonationen c(HCO ₃ ⁻) in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer	S. 33
3.5	Die Standardbicarbonatkonzentration SBC in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer	S. 35
3.5.1	Prospektive Prüfung des SBC.....	S. 36
3.5.2	Prospektive Prüfung der SBC-Abweichungen vom Ausgangswert SBC (0h).....	S. 37
3.5.3	Rückrechnung des SBC	S. 37
3.5.3.1	Venöse Proben	S. 37
3.5.3.2	Arterielle Proben.....	S. 38
3.5.3.3	Rückrechnung des SBC mittels Referenzintervallen	S. 39
3.6	Der aktuelle Basenüberschuß ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer.....	S. 40
3.6.1	Prospektive Prüfung des ABE.....	S. 41
3.6.2	Prospektive Prüfung der Abweichung des ABE vom Ausgangswert ABE (0h)	S. 42
3.6.3	Rückrechnung des ABE	S. 42
3.6.3.1	Venöse Proben.....	S. 42
3.6.3.2	Arterielle Proben.....	S. 43
3.6.3.3	Rückrechnung des ABE mittels Referenzintervallen.....	S. 44
3.7	Der Serum-Basenüberschuß SBE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer	S. 45
3.7.1	Prospektive Prüfung des SBE.....	S. 46
3.7.2	Prospektive Prüfung der Abweichung des SBE vom Ausgangswert	S. 47
3.7.3	Rückrechnung des SBE	S. 47
3.7.3.1	Venöse Proben.....	S. 47
3.7.3.2	Arterielle Proben.....	S. 48
3.7.3.3	Rückrechnung des SBE mittels Referenzintervallen.....	S. 48
3.8	Mittelwerte der arteriellen Stichproben.....	S. 49
3.9	Illustration der durchschnittlichen Abweichung	S. 49
4 Diskussion S. 52		
4.1	Anatomische und physiologische Grundlagen	S. 52
4.2	Ursachen einer perinatalen Asphyxie.....	S. 52
4.3	Folgen einer Asphyxie sub partu	S. 52
4.4	Bewertung des Blutgasstatus und Relevanz der einzelnen Meßwerte.....	S. 53
4.5	Auswirkung verschiedener Heparinkonzentrationen auf den Blutgasstatus	S. 53

4.6 Normalwerte im Nabelschnurblut	S. 54
4.7 Pathologische Blutgaswerte	S. 56
4.8 Korrelation von APGAR-Werten und Blutgasstatus	S. 57
4.9 Änderungen des Blutgasstatus in Zeitabhängigkeit	S. 58
4.10 Praktische Konsequenzen und Anwendungsmöglichkeiten.....	S. 60
5 Zusammenfassung	S. 65
6 Literaturverzeichnis	S. 68
7 Anhang	S. 75
7.1 Kalibrierung des pH-Elektrodensystems	S. 75
7.2 Empfindlichkeit des pH-Elektrodensystems	S. 75
7.3 Status des pH-Elektrodensystems	S. 75
7.3.1 Aktuelles Signal	S. 75
7.3.2 Berechnung	S. 76
7.4 Drift des pH-Elektrodensystems.....	S. 76
7.5 Messung und Korrekturen des pH-Elektrodensystems.....	S. 76
7.5.1 Messung.....	S. 76
7.5.2 Korrekturen.....	S. 76
7.6 Kalibrierung der pCO ₂ -Elektrodenkette	S. 77
7.7 Gasgemische.....	S. 77
7.8 Empfindlichkeit der pCO ₂ -Elektrodenkette	S. 77
7.9 Status der pCO ₂ -Elektrodenkette	S. 77
7.9.1 Aktuelles Signal	S. 77
7.9.2 Berechnung	S. 78
7.10 Drift	S. 78
7.11 Messung und Korrekturen der pCO ₂ -Elektrodenkette.....	S. 78
7.11.1 Messung	S. 78
7.11.2 Korrekturen.....	S. 79
7.12 Kalibrierung der pO ₂ -Elektrode.....	S. 79
7.13 Gasgemische.....	S. 79
7.14 Nullstrom	S. 79
7.15 Empfindlichkeit der pO ₂ -Elektrode	S. 79
7.16 Nullpunkt.....	S. 80
7.17 Drift	S. 80
7.18 Messung und Korrekturen der pO ₂ -Elektrode	S. 80
7.18.1 Berechnung	S. 80
7.18.2 Korrekturen.....	S. 80
Tab. 7.1 Prospektive Prüfung der Meßwerte für pH.....	S. 81
Tab. 7.2 Prospektive Prüfung des ΔpH	S. 82
Tab. 7.3 Rückrechnung des pH-Wertes	S. 83
Tab. 7.4 Referenzintervalle zur Rückrechnung des pH-Wertes.....	S. 85

Tab. 7.5	Prospektive Prüfung des $p\text{CO}_2$	S. 87
Tab. 7.6	Prospektive Prüfung der $p\text{CO}_2$ -Änderungen	S. 88
Tab. 7.7	Rückrechnung des $p\text{CO}_2$	S. 89
Tab. 7.8	Referenzintervalle zur Rückrechnung des $p\text{CO}_2$	S. 91
Tab. 7.9	Prospektive Prüfung des $p\text{O}_2$	S. 94
Tab. 7.10	Prospektive Prüfung der $p\text{O}_2$ -Änderungen.....	S. 95
Tab. 7.11	Rückrechnung des $p\text{O}_2$	S. 95
Tab. 7.12	Prospektive Prüfung der SBC-Werte	S. 97
Tab. 7.13	Prospektive Prüfung der SBC-Änderungen	S. 98
Tab. 7.14	Rückrechnung des SBC.....	S. 99
Tab. 7.15	Referenzintervalle zur Rückrechnung des SBC.....	S. 101
Tab. 7.16	Prospektive Prüfung der ABE-Werte	S. 103
Tab. 7.17	Prospektive Prüfung der ABE-Änderungen	S. 104
Tab. 7.18	Rückrechnung des ABE	S. 105
Tab. 7.19	Referenzintervalle zur Rückrechnung des ABE.....	S. 107
Tab. 7.20	Prospektive Prüfung des SBE.....	S. 109
Tab. 7.21	Prospektive Prüfung der Änderung des SBE.....	S. 110
Tab. 7.22	Rückrechnung des SBE	S. 111
Tab. 7.23	Referenzintervalle zur Rückrechnung des SBE.....	S. 113

1 Einleitung

1.1 Bedeutung der Blutgasanalyse in der modernen Geburtshilfe

In der modernen Geburtshilfe nimmt die Messung des pH-Wertes und der Blutgasparameter im arteriellen und venösen Nabelschnurblut eine herausragende Rolle ein. In vielen Kliniken Deutschlands wird sie als objektives Maß für den Zustand des Neugeborenen in der letzten Phase der Geburt beziehungsweise unmittelbar danach eingesetzt. Gegenüber dem 1953 von Virginia Apgar eingeführten und etablierten Apgar-Wert, der Atmung, Pulsfrequenz, Reflexe, Muskeltonus und Hautkolorit berücksichtigt und mitunter subjektiven Wertungen unterliegt, kann die Blutgasmessung als objektiveres Maß angesehen werden. Als bedeutendste Meßwerte der Blutgasanalyse gelten der pH-Wert, der Kohlendioxidpartialdruck $p\text{CO}_2$, der Sauerstoffpartialdruck $p\text{O}_2$ und die aktuelle Konzentration des Bicarbonats $c(\text{HCO}_3^-)$. Ferner werden von modernen Blutgasanalysatoren, beispielsweise dem hier verwandten ABL 500 der Firma Radiometer® Copenhagen, das Standardbicarbonat als Konzentration des Bicarbonats in standardisiertem Blut (Temperatur 37°C , $p\text{CO}_2 = 40 \text{ mmHg}$, vollständige Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff), der aktuelle Basenüberschuß (ABE = actual base excess) und der Basenüberschuß der extrazellulären Flüssigkeit (SBE) sowie die Sauerstoffsättigung in Prozent bestimmt. Die Bestimmung dieser Parameter erfolgte vor der Entwicklung leistungsfähigerer Analysatoren unter Verwendung von Nomogrammen nach Siggaard-Andersen O (1). Auch der $p\text{CO}_2$ konnte über die Verwendung von Nomogrammen nach der Astrup-Methode errechnet werden. Routinemäßig erfolgt, wie erwähnt, die Messung des Blutgasstatus aus venösen wie aus arteriellen Proben.

1.2 Interpretation des Blutgasstatus

Der pH-Grenzwert, der eine klinisch relevante Azidose kennzeichnet, wird in der Literatur unterschiedlich angegeben. Renommierte Lehrbücher der Gynäkologie und Geburtshilfe sowie der Pädiatrie (Schmidt-Matthiesen H/Hepp H, Schattauer Verlag (2), von Harnack G-A, Koletzko B, Springer Verlag (3)) definieren einen arteriellen pH von $\leq 7,15$ als in der täglichen Praxis relevante Azidose. Andere Autoren sehen diese Grenze und die häufig gebrauchte von 7,20 als Grenzwert zur klinisch relevanten Azidose als zu hoch angesetzt an. Sie beziehen sich auf das Unterschreiten einer Grenze vom Mittelwert der Stichprobe minus doppelter Standardabweichung. Goldaber K, Gilstrap L, Leveno K, Dax J und Mc Intyre D (4) setzen in ihrer prospektiven Studie einen arteriellen Wert von 7,00 als Grenzwert an. Dessen Unterschreiten geht mit einem signifikanten Anstieg von unmittelbaren Komplikationen einher. Winkler C, Hauth J, Tucker M, Owen J und Brumfield C (5) schließen sich dieser Aussage an. Van den Berg P, Nelen W, Jongsma H, Nijland R, Kollée L Nijhuis J und Eskes T (6) in einer retrospektiven Kohorten-Studie sowie Gilstrap L, Leveno K, Burris J, Williams L und Little B (7) in einer prospektiven Studie bestätigten weitgehend die Beobachtungen von Winkler. Demnach zeigt die große Mehrheit der Kinder mit einem nach allgemeiner Definition azidotischem Zustand post partum ($\text{pH} < 7,20$) keinerlei klinische Auffälligkeiten. Kinder mit pH-Werten $< 7,00$ erlitten hingegen statistisch signifikant vermehrt Komplikationen. Auch Nagel H, Vandenbussche F, Oepkes D, Jennekens-Schinkel A und Gravenhorst J (8) schließen sich dem an: 77% der Kinder ihrer Studie mit einem arte-

riellen pH von weniger als 7,00 benötigten eine intensivmedizinische Betreuung. Low J, Panagiotopoulos C und Derrick J (9) erhielten in einer Fall-Kontroll-Studie mit 59 Neugeborenen Ergebnisse, die zeigten, daß eine metabolische Azidose mit einem pH-Abfall, einem Abfall des aktuellen Bicarbonates (und damit des Basenüberschusses ABE auf unter -16mmol/l) und einem kompensatorischen Anstieg des Kohlendioxidpartialdruckes ein brauchbares Kriterium für eine Gefährdung des Neugeborenen darstellt. Somit konnten sie neben dem pH-Wert noch den ABE zur weiteren Differenzierung einer Azidose heranziehen.

Als Konsensus ließe sich feststellen, daß ein isoliert niedriger pH-Wert in der Geburtshilfe häufig prognostisch zu ungünstig im Hinblick auf eine fetale Schädigung beurteilt wird.

Demnach bleibt ein Grenzwert von 7,15 bis 7,20 weiter sinnvoll als der Wert, dessen Unterschreitung besonderer Aufmerksamkeit bedarf, der aber nicht automatisch mit einer ungünstigen Prognose im Hinblick auf eine mögliche Schädigung des Neugeborenen verknüpft werden darf. (Hierzu auch Kapitel 4.7)

1.3 Korrelation von APGAR-Wert und Blutgasstatus

Mehrere Studien beschäftigten sich mit der Frage, inwiefern niedrige APGAR-Werte und niedrige pH-Werte (=Azidose) korreliert waren. 1979 fanden Huisjes H und Aarnoudse J (10) eine lediglich geringe Korrelation zwischen dem 1953 von Virginia Apgar etablierten APGAR-Wert und dem pH-Wert des Nabelschnurblutes. Thorpe J, Sampson J, Parisi V und Creasy R (11) fanden in einer prospektiven Studie bei normalen APGAR-Werten mehrere pathologische Blutgaswerte sowie umgekehrt bei normalen Blutgasparametern auch pathologische APGAR-Werte.

Eine stärkere Korrelation zwischen niedrigen arteriellen pH-Werten und niedrigen Ein- und Fünf-Minuten-APGAR-Werten erhielten Gilstrap L, Leveno K, Burris J, Williams L und Little B (7) in einer prospektiven Studie. Demnach korrelieren pH und APGAR-Wert in niedrigen pH-Bereichen besser als in höheren. Sie beurteilten die Kombination aus niedrigem arteriellem pH-Wert ($\leq 7,00$) und niedrigem Ein- und Fünf-Minuten-APGAR-Score (≤ 3) als beweiskräftig für den kausalen Zusammenhang einer peripartalen Azidose und einer Schädigung des Fetus. (Hierzu auch Kapitel 4.8)

1.4 Abhängigkeit der Blutgasparameter von der Lagerungsdauer - Stand der Literatur

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Blutgasstatus vom Zeitpunkt der Gewinnung der Probe nach der Geburt und der Latenz zwischen Probenentnahme und Messung liegen vor allem für die ersten postpartalen Stunden vor. Weisbrot I, James L, Price C Holaday D und Apgar V (13) untersuchten beispielsweise in einer prospektiven Studie den Verlauf der Blutgasparameter des Neugeborenen in den ersten 24 Lebensstunden, wobei sie die Proben zur Geburt aus der Nabelarterie, eine, drei und 24 Stunden post partum aus dem linken Vorhof (über einen Katheter, der durch die Umbilikalvene eingeführt wurde) gewannen. Sharif K, Olah K und Gee H (14) zeigten in einer prospektiven Studie Änderungen des pH-Wertes und des Basenüberschusses in den ersten 30 Minuten bei Lagerung einer innerhalb von 60 Sekunden nach der Geburt gewonnenen Probe bei Raumtemperatur anhand von 55 Proben.

Owen P, Farrell T und Steyn W (15) untersuchten zwei unterschiedliche Methoden zur Lagerung von Blutproben: jeweils drei Segmente der Nabelschnur und eine entsprechende Blutprobe, die sie in einer Plastikspritze aufbewahrten, wurden von 28 Neugeborenen gewonnen und nach zehn, 20 und 30 Minuten analysiert. Manor M, Blickstein I, Hazan Y, Flidel-Rimon O und Hagay Z (16) untersuchten die Abhängigkeit der Blutgase von Zeit und Temperatur anhand von 50 Proben. Arterielle Blutgase änderten sich demnach bei Raumtemperatur in stärkerem Maße als bei Kühlschranktemperatur. Nach dieser Studie wäre es sinnvoll, Proben, die nicht sofort verarbeitet werden können, bei 4°C beziehungsweise auf Eis zu lagern. Da jedoch nicht garantiert werden kann, daß bei jeder Geburt eine Probe dementsprechend gelagert werden kann, wurde in der vorliegenden Studie die Lagerung bei Raumtemperatur bevorzugt.

Hilger J, Holzmann I und Drown D (17) gewannen aus 27 Placenten Blutproben in 15-minütigen Abständen nach der Geburt aus der Umbilikalvene oder aus Venen an der Placentaoberfläche. Bereits nach 30 Minuten zeigte der pH-Wert der Venen der Placentaoberfläche einen signifikanten Abfall. Proben, die aus der Nabelschnurvene direkt gewonnen wurden, zeigten keinen signifikanten Abfall in diesem Zeitraum.

Sykes G und Molloy P (18) erfaßten 24 Proben in zweistündigen Abständen bei Lagerung in Plastikspritzen auf Eis sowie 23 Nabelschnursegmente, die bei Raumtemperatur gelagert wurden und ab 20 Minuten post partum in zehnminütigen Abständen analysiert wurden. Die auf Eis gelagerten Proben zeigten eine geringere Abnahme des pH-Wertes in den ersten sechs Stunden als solche, die bei Raumtemperatur gelagert wurden.

Sato I und Saling E (12) prüften die Änderungen einer zum Zeitpunkt der Geburt entnommenen arteriellen Probe in Abhängigkeit von der Temperatur über einen Zeitraum von 80 Minuten bei Raumtemperatur und sechs Stunden bei 6°C. Wie die vorher genannten Autoren fanden sie eine geringere Abnahme des pH bei 6°C als bei Raumtemperatur (-0,02 über sechs Stunden bei 6°C gegenüber -0,03 stündlich bei Raumtemperatur).

Eine Untersuchung über die Lagerung über einen ähnlich langen Zeitraum wie in der vorliegenden Studie existiert bislang nicht, ebensowenig wurde bisher eine Rückrechnung von Blutgasparametern angestrebt. (Hierzu auch Kapitel 4.9)

1.5 Ziel der vorliegenden Studie

Eine ähnliche Studie über die Abhängigkeit des Blutgasstatus von der Lagerungsdauer über einen Zeitraum von 30 Stunden, wie er von uns gewählt wurde, existiert bislang nicht. Das größte geprüfte Intervall umfaßte sechs Stunden, hierbei wurde die Lagerung bei 6°C getätigt (Sato I und Saling E (12)). Die vorliegende Studie soll einen Beitrag dazu leisten, die Änderungen der Blutgasparameter in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer zu quantifizieren, also in Erfahrung bringen, wie sich die Parameter verändern, wenn die Blutprobe über einen längeren Zeitraum in einer Plastikspritze bei Raumtemperatur, beabsichtigt oder nicht, gelagert werden. Da der Blutgasstatus als der objektivste Parameter zur Beurteilung der Versorgung des Fetus im peripartalen Zeitraum gilt, bestand das Ziel der Studie darin, eine Rückrechnung des Blutgasstatus nach einer definierten Lagerungsdauer zu ermöglichen beziehungsweise zu quantifizieren, in welchem Ausmaß eine Rückrechnung möglich und sinnvoll ist.

voll ist.

In einer ausreichend großen Meßreihe wurden die Änderungen in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer objektiviert und quantifiziert. Diese Änderungen wurden dazu verwandt, die Möglichkeit einer Rückrechnung auf den Blutgasstatus zum Zeitpunkt der Geburt anhand von Stichproben zu prüfen. Es wurde angestrebt, eine möglichst einfache Formel zur Rückrechnung zu verwenden. Die angewandte einfache Subtraktion erfüllt diese Bedingung.

Praktische Bedeutung hat eine solche Untersuchung nicht zuletzt in gutachterlichen Fragen zur Relevanz von zum Zeitpunkt der Geburt gewonnenen, aber verspätet bestimmten Blutgaswerten. Ebenso kann eine nachträgliche Betrachtung von Hausgeburten, bei denen für gewöhnlich keine Blutgasanalysatoren vor Ort zur Verfügung stehen, im Falle einer geburtshilflichen Komplikation in forensischer Hinsicht von Bedeutung sein. Ebenso kann die Frage überprüft werden, ob bei operativen Schnittentbindungen ein Intervall zwischen Gewinnung der Probe und deren Analyse (beispielsweise bis zum Ende der operativen Entbindung) toleriert werden kann.

1.6 Definitionen gebräuchlicher Begriffe

In einem technischen Bulletin definiert das ACOG (American College of Obstetrics and Gynecologists) (19) im Jahre 1996 folgende Begriffe:

Hypoxämie: Erniedrigter Sauerstoffbestand des Blutes

Hypoxie: Sauerstoffmangel im Gewebe

Azidämie: Erhöhte Protonenkonzentration im Blut

Azidose: Erhöhte Protonenkonzentration im Gewebe

Asphyxie: Hypoxie mit begleitender metabolischer Azidose, entsprechend einer Sauerstoffminderversorgung lebenswichtiger Organe

Die Termini Hypoxie und Hypoxämie sowie Azidämie und Azidose werden jedoch häufig (so auch im Folgenden) synonym verwandt.

Als metabolische Azidose wird der Zustand eines Absinkens des pH-Wertes mit gleichzeitig erniedrigtem Bicarbonat bei normalen $p\text{CO}_2$ definiert. Hingegen zeichnet sich eine respiratorische Azidose durch erhöhte Kohlendioxidpartialdruckwerte mit normalem Bicarbonat aus. Gemischte Azidosen entsprechen Kombinationen der beiden vorgenannten, also mit erhöhtem $p\text{CO}_2$ und erniedrigtem $c(\text{HCO}_3^-)$. Die Kompensation durch renale und pulmonale Mechanismen kann respiratorische beziehungsweise metabolische Azidosen auffangen und oftmals ist es nicht zu klären, ob eine Azidose respiratorischen oder metabolischen Ursprungs war oder sich primär als gemischte Azidose manifestierte.

Metabolische Azidosen entstehen aus einer Sauerstoffunterversorgung des kindlichen Gewebes und damit verbundenem anaerobem Stoffwechsel. Die respiratorische Azidose resultiert aus einem vermehrten Anfall von Kohlendioxid und dessen insuffizienter Elimination.

2 Methodik und Materialien

2.1 Definitionen der Meßwerte

2.1.1 Der pH-Wert

Der pH-Wert ist als der negativ-dekadische Logarithmus der Konzentration der H^+ -Ionen definiert.

2.1.2 pCO_2

pCO_2 bezeichnet den Kohlendioxidpartialdruck im Blut des Feten.

2.1.3 pO_2

pO_2 bezeichnet den Sauerstoffpartialdruck im Blut des Feten.

2.1.4 $c(HCO_3^-)$

$c(HCO_3^-)$ bezeichnet die Bicarbonatkonzentration im Blut des Feten.

2.1.5 SBC

SBC bezeichnet die Bicarbonatkonzentration im Plasma von standardisiertem Blut. In standardisiertem Blut werden als Standardbedingungen jene Verhältnisse festgesetzt, wie sie im arteriellen Blut unter Normalbedingungen herrschen: eine Temperatur von $37^\circ C$, ein pCO_2 von 40mmHg und eine vollständige Sättigung des Hämoglobins mit Sauerstoff.

2.1.6 ABE

ABE bezeichnet die Konzentration von titrierbarer Base im Blut (aktueller Basenüberschuß). Der ABE wird ermittelt, indem man feststellt, wieviel Säure (in mmol/l) benötigt wird, um Blut von $37^\circ C$ bei einem arteriellen pCO_2 von 40mmHg auf den pH-Wert von 7,4 einzustellen. Im Rahmen einer Azidose erreicht der ABE durch überschüssige saure Valenzen negative Werte.

2.1.7 SBE

SBE bezeichnet die Konzentration von titrierbarer Base in der extrazellulären Flüssigkeit.

2.1.8 Bedeutung der Meßwerte

Zusätzlich zur Erniedrigung des pH-Wertes zeigt eine Erhöhung des $p\text{CO}_2$ eine respiratorische Komponente an, eine Erniedrigung des aktuellen Bicarbonats und des ABE eine nichtrespiratorische Komponente. Kompensatorisch kann gemäß der Gleichung $\text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ bei respiratorischen Azidosen das aktuelle Bicarbonat steigen und bei metabolischen Azidosen das $p\text{CO}_2$ sinken.

Die folgenden Kapitel 2.1.9. bis 2.6.4. lehnen sich eng an das Referenzhandbuch zum Radiometer® Copenhagen ABL 500 (20) an.

2.1.9 Kalibrierungen

Das Kalibrieren ist ein analytischer Prozeß zur Festlegung des funktionalen Zusammenhangs zwischen den Meßergebnissen oder analytischen Antworten und der Konzentration oder anderen im Kalibriermaterial vorhandenen Zustandsgrößen. Im Folgenden wird eine Kalibrierlösung oder ein Gasgemisch (für $p\text{CO}_2$ - und $p\text{O}_2$ - Kalibrierungen) in die Meßkammer geleitet, und der Analysator führt einen Abgleich auf die bekannten Werte der Flüssigkeit oder des Gases durch.

Die Richtigkeit der Messungen kann durch z.B. Proteinbeläge, abgenutzte Membranen, Alterung von Elektroden usw. beeinträchtigt sein.

Für die Richtigkeit der Kalibrierlösungen garantiert das chemische Referenzlabor von Radiometer® Copenhagen.

2.1.9.1 Kalibrierlinie

Das pH-Elektrodensystem diene zur Illustrierung der Kalibrierprinzipien. Wie unten beschrieben, wird der pH-Wert als ein Potential zwischen der pH-Elektrode und der Bezugs elektrode gemessen. Dieses Potential wird vom Computer des Analysators in einen präzisen pH-Wert mittels einer Kalibrierlinie umgewandelt. Zur Bestimmung der Kalibrierlinie werden die zwei Kalibrierlösungen (Lös.4 = pH 7,400 und Lös.3 = pH 6,800) nacheinander in die Meßkammer geleitet und das Elektrodenpotential wird erfaßt. Damit werden die zwei Kalibrierpunkte bestimmt. Im beschriebenen Fall ist das Potential -73mV bei pH 7,400 und -38mV bei pH 6,800.

Innerhalb des Bereiches pH 6,300 bis 8,000 ist die pH-Elektrode linear. Dies bedeutet, daß ein lineares Verhältnis zwischen dem Spannungsmeßwert des Voltmeters des pH-Meßsystems und dem pH-Wert der gemessenen Lösung besteht. Eine Kalibrierlinie kann deshalb durch die zwei Kalibrierpunkte bestimmt werden.

Ähnlich erfolgt die Zwei-Punkt-Kalibrierung. Bei einer Ein-Punkt-Kalibrierung wird nur die Position der Kalibrierlinie bestimmt. Die Steilheit, die für den Empfindlichkeitsmeßwert benutzt wird, wird durch die letzte Zwei-Punkt-Kalibrierung vorgegeben. Die Kalibrierlinie ist im Computer des Analysators gespeichert. Während der Messung wird sie zur Umwandlung des Meßpotentials des pH-Meßsystems in einen präzisen pH-Wert benutzt.

In stündlichem Wechsel erfolgten Ein- beziehungsweise Zwei-Punkt-Kalibrierungen.

2.1.9.2 Theoretische Elektrode

Zur Beschreibung des aktuellen Zustands der Elektrode wird ihre Kalibrierlinie mit der einer theoretischen Elektrode verglichen. Die theoretische Elektrode ist definiert, -80mV bei pH 7,400 und -43mV bei pH 6,800 zu messen.

2.1.10 Empfindlichkeit

Die Elektroden-Empfindlichkeit illustriert die Steilheit der Kalibrierlinie verglichen mit der Steilheit der theoretischen Elektrode. Die Empfindlichkeit der theoretischen Elektrode ist mit 100% oder 1,00 definiert. Wenn eine Elektrode eine Empfindlichkeit von 95% oder 0,95 hat, ist ihre Empfindlichkeit 5% niedriger als die der theoretischen Elektrode. Zum Beispiel mißt eine solche Elektrode -73mV für pH 7,400 und -38mV für pH 6,800. Die Empfindlichkeit der Elektrode berechnet sich wie folgt:

$$\text{Empfindlichkeit} = \frac{[-38 - (-73)]}{[61,5 \times (7,400 - 6,800)]} = 0,949 \text{ oder } 94,9\%$$

Die Empfindlichkeit von pH - Elektroden sollte zwischen 92% und 103% oder 0,92 und 1,03 liegen.

2.1.11 Status

Der Status gibt Aufschluß über die Abweichung von der theoretischen Elektrode bei pH 7,400 und zeigt deshalb die Position der Kalibrierlinie an. Die theoretische Elektrode hat ein Potential von -80mV bei pH 7,400. Die Beispielelektrode habe ein Potential von -73mV bei pH 7,400. Der Statuswert der aktuellen pH-Elektrode wird dann folgendermaßen berechnet:

$$\text{Status} = 7,400 - \frac{[-73 - (-80)]}{(61,5 \times 100)} = 7,286$$

Der Status der pH- Elektrode muß zur Sicherstellung präziser Messungen zwischen 6,820 und 7,946 liegen.

2.1.12 Der pO₂ -Nullpunkt

Die pO₂-Elektrode wird nicht durch Status, sondern durch ihren Nullpunkt beschrieben. Der Nullpunkt ist während der Gesamt-Kalibrierung mit 100% CO₂ bestimmt, d.h. pO₂ = 0mmHg. Der Nullpunkt sollte weniger als 6 mmHg (0,80 kPa) betragen

2.1.13 Drift

Die Drift der Elektrode reflektiert die Meßstabilität, die durch einen Vergleich der letzten akzeptierten Kalibrierung mit der vorherigen Kalibrierung bestimmt wird. Die bestimmten Driftwerte sollten nicht die Toleranzen der Kalibrierungen überschreiten. Es wurden vorgegebene Drifttoleranzen verwendet. Diese sind in den betreffenden Kapiteln für die jeweiligen Elektroden aufgeführt.

2.2 Die pH-Messung

2.2.1 Die pH-Elektrode

Die pH-Elektrode G707 ist eine pH-empfindliche Glaselektrode. Eine pH-empfindliche Glasmembran ist an der Spitze angebracht und versiegelt eine Innenpufferlösung mit einem konstanten und bekannten pH. Ein mit Silberchlorid (AgCl) beschichteter Silberdraht (Ag) ist in der Innenpufferlösung angebracht und über einen vergoldeten Elektrodenkontakt mit dem Elektrodenvorverstärker verbunden. Die in der Elektrode befindliche Luftblase berücksichtigt die Temperaturexpansion der Innenpufferlösung, wenn die Elektrode im Analysator angebracht ist und auf 37°C erwärmt wird.

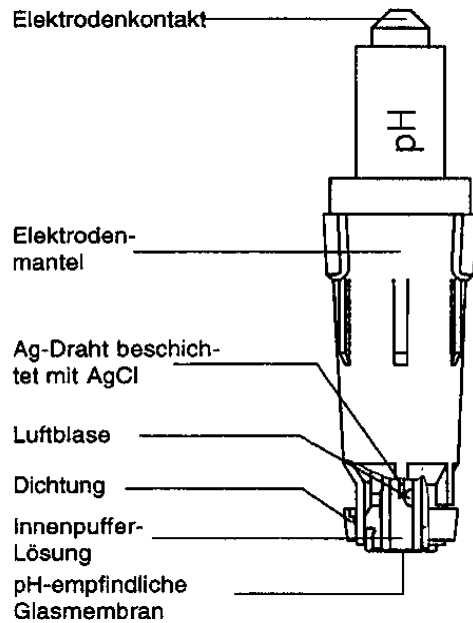


Abb. 1: Die pH-Elektrode

2.2.2 Die Bezugslektrode

Als Bezugslektrode dient die K606-Bezugslektrode, eine Kalomelektrode. Zweck der Bezugslektrode ist die Aufrechterhaltung eines konstanten Potentials im Verhältnis zur Probe, unabhängig von der Probenzusammensetzung. Die Elektrode besteht aus einer Glasröhre, die eine Kalomelpaste enthält. Die Paste ist mit Hilfe einer Quecksilberschicht elektrisch mit einem Platindraht verbunden. Watte und ein Wattedoht sind in der Röhre angebracht, um die Kalomelpaste immer mit einer Salzbrückenlösung (KCl gesättigt) befeuchtet zu halten.

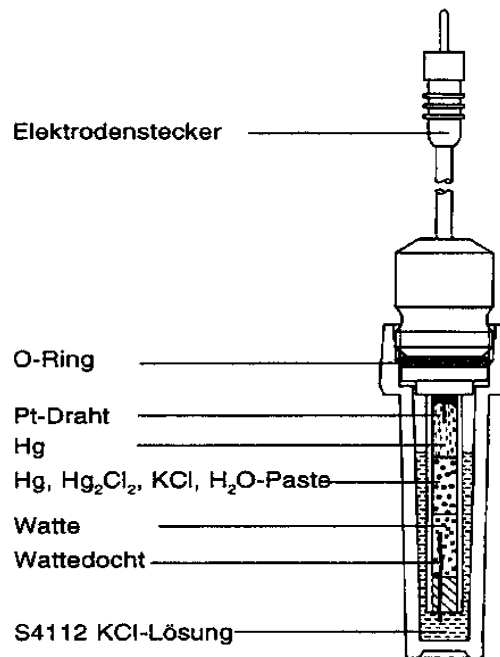


Abb.2: Die Bezugslektrode der pH-Wert-Messung

2.2.3 Meßprinzip

2.2.3.1 Die Elektrodenkette der pH-Messung

Zur Messung des pH wird eine pH-Elektrodenkette benutzt, die aus zwei Elektroden besteht - einer pH-Elektrode und einer Kalomel-Bezugselektrode. Die pH-Messung wird anhand eines Voltmeters durchgeführt, das zwischen der pH-Elektrode und der Kalomel-Bezugselektrode eingesetzt ist. Die Elektrodenkette ist in nebenstehender Abbildung veranschaulicht.

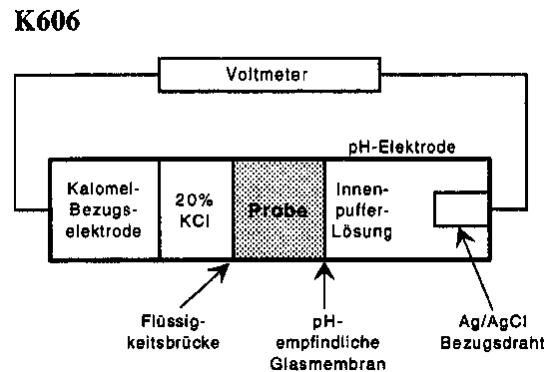


Abb. 3: Die Elektrodenkette der pH-Wert-Messung

2.2.3.2 Das Voltmeter

Jedes Element der pH-Elektrodenkette hat sein eigenes Potential, dessen Summe vom Voltmeter gemessen werden kann. Der Ag/AgCl-Bezugsdraht, die Flüssigkeitsbrücke zwischen der Probe und der Salzbrückenlösung und die Kalomel-Bezugselektrode haben bekannte und konstante Potentiale, wenn sie in der Salzbrückenlösung angebracht sind. Das einzige variable und unbekannte Potential ist das Potential über der pH-empfindlichen Glasmembran der pH-Elektrode. Dieses Potential hängt vom pH der Probe ab. Dieses Potential kann, wie all die bekannten und konstanten Potentiale, vom Voltmeter abgegriffen werden.

2.2.4 Ionenaustausch

pH-Messungen sind abhängig von der Empfindlichkeit der Glasmembran und vom Verhältnis der H^+ -Aktivität innerhalb und außerhalb der Elektrode.

2.2.4.1 Potentialdifferenz

Wenn die H^+ -Konzentration innerhalb und außerhalb der Elektrode unterschiedlich ist, wird ein Potential über der Glasmembran entwickelt. Dieses Potential ist der pH-Differenz zwischen der Innenpufferlösung und dem pH der Probe proportional. Wenn der pH in beiden Lösungen gleich hoch ist, wird das Potential über der Glasmembran theoretisch 0 Volt betragen.

Das Potential über der Glasmembran einer pH-Elektrode kann durch die Nernst-Gleichung ausgedrückt werden:

$$E = E_0 - 61,5 \times \text{pH} \text{ (mV)} \quad (1),$$

(E = Potential der aktuellen Messung und E_0 = Standardpotential in mV)

61,5 = Theoretische Empfindlichkeit der pH-Elektrode in mV je pH-Einheit bei 37°C)

$$\text{oder } E = E_0 + RT \times F^{-1} \times \ln a_{H^+} \text{ (V)}$$

(E_0 = Standardpotential in mV, R = Gaskonstante (8,3143 Joule : (K x mol))), T = absolute Temperatur in Kelvin-Skala (310,15K= 37°C), F = Faradaysche Konstante (96487 Coulomb:mol), a_{H^+} = Wasserstoffionen-Aktivität, \ln = natürlicher Logarithmus)

Weitere technische Details können den Kapiteln 7.1 bis 7.5.2 des Anhanges entnommen werden.

2.3 Die pCO₂-Elektrode

2.3.1 Beschreibung

Die E808 pCO₂-Elektrode ist eine Servinghaus-Elektrode. Es handelt sich um eine kombinierte Elektrode, bestehend aus einer pH-Elektrode mit einem mit Silberchlorid beschichteten Silberdraht. Dieser ist in einer Innenpuffer-Lösung angebracht, umgeben von der pH-empfindlichen Glasmembran, und einem Silber/Silberchlorid-Bezugsband.

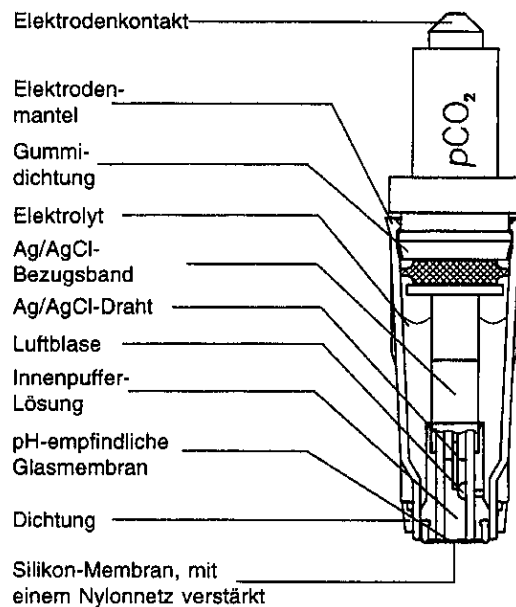
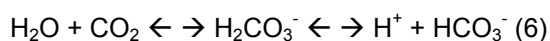


Abb. 4: Die pCO₂-Elektrode

2.3.2 Meßprinzip

Die Silikon-Membran ist nur für ungeladene Moleküle wie z.B. CO₂, O₂ und N₂ durchlässig. Da geladene Ionen wie z.B. H⁺ nicht passieren können, ist die Elektrode unempfindlich gegen den pH der Probe.

Der pH des Elektrolyten ändert sich, je mehr CO₂-Gas im Elektrolyten aufgelöst wird, gemäß der Gleichung:



oder

$$[H^+] \times [HCO_3^-] : [CO_2] = K_a \quad (6)$$

Je mehr CO₂ vorhanden ist, desto mehr wird die erste Gleichung nach rechts verschoben, und desto mehr wird der pH des Bicarbonat-Elektrolyten abnehmen.

2.3.2.1 Die Elektrodenkette

Die Messung des Elektrolyt-pH-Wertes erfolgt anhand einer Elektrodenkette, die der im pH-/Bezugselektroden-System benutzten Elektrodenkette ähnlich ist. Die Elektrodenkette ist nebenstehend skizziert.

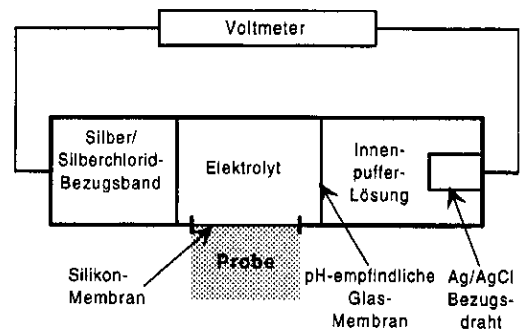


Abb. 5: Die Elektrodenkette der pCO₂-Messung

2.3.2.2 Umwandlung der pH-Änderungen in pCO₂-Werte

Gemäß der Henderson-Hasselbalch-Gleichung wird die pH-Änderung in einen pCO₂-Wert umgewandelt:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \left(\frac{c(\text{HCO}_3^-)}{p\text{CO}_2 \times \alpha} \right) \quad (7)$$

(pK_a = Gleichgewichtskonstante, α = Löslichkeitskoeffizient von CO₂ im Wasser)

Da die Bicarbonat-Konzentration des Elektrolyten und der Löslichkeitskoeffizient von CO₂ in Wasser bei gleichbleibenden Temperaturen konstant sind, kann die Gleichung folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$\text{pH} = K - \log p\text{CO}_2 \quad (8)$$

(K = Konstante, definiert aufgrund der Gleichgewichtskonstante der Elektrode, der Bicarbonat-Konzentration im Elektrolyten und der Löslichkeit von CO₂ im Wasser)

Kombiniert man die obige Gleichung mit der Gleichung für das pH-Elektrodenketten-Potential, erhält man die Gleichung für das theoretische pCO₂-Elektroden-Potential bei 37 °C:

$$E = E'_0 - 61,5 \times \text{pH} = E_0 + 61,5 \times \log p\text{CO}_2 \quad (9)$$

Weitere Details können den Kapiteln 7.6 bis 7.11.2 des Anhanges entnommen werden.

2.4 Die pO₂-Elektrode

2.4.1 Beschreibung

Die E909 pO₂-Elektrode ist eine amperometrische Clark-Elektrode und besteht aus einem 20 µm dicken Platindraht (Kathode) und einem Silber/ Silberchlorid-Bezugsband (Anode).

Der Platindraht und das Silber/ Silberchlorid-Bezugsband sind zusammen in einem entfernbaren Elektrodenmantel mit einer Sauerstoffdurchlässigen Polypropylen-Membran angebracht. Die Membran schützt die Kathode gegen Proteinkontamination durch die Blutprobe. Der Elektroden-Mantel enthält die Chlorid-Elektrolyt-Lösung mit einem Phosphatpuffer.

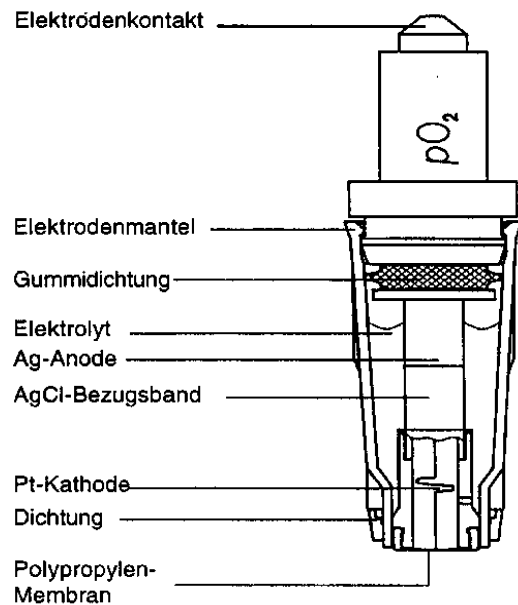


Abb. 6: Die pO₂-Elektrode

2.4.2 Meßprinzip

2.4.2.1 Elektrodenkette

Die pO₂-Elektrode mißt anhand einer Elektrodenkette Potentialdifferenzen zwischen dem Platindraht und dem Silber/ Silberchlorid-Bezugsband mittels des Elektrolyten.

Eine Polarisationsspannung von 630 mV wird an die Elektrodenkette gelegt und der durch die Kette fließende Strom wird anhand eines Amperemeters gemessen. Die Elektrodenkette ist nebenstehend dargestellt.

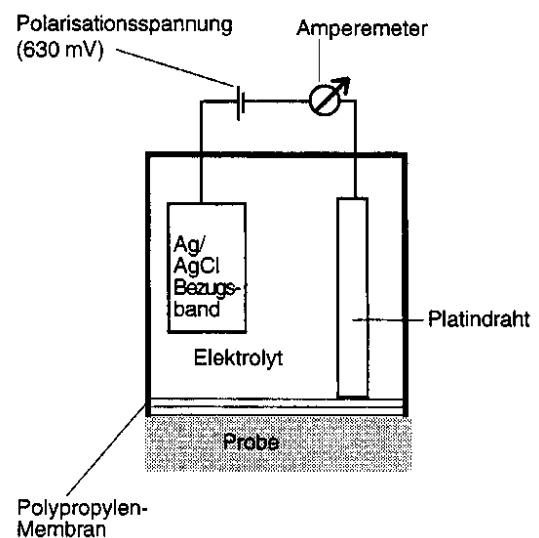
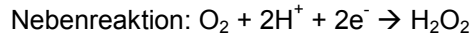
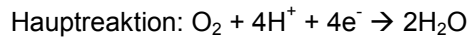


Abb. 7: Die Elektrodenkette der pO₂-Messung

2.4.2.1.1 Kathode

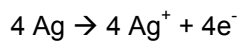
Der Sauerstoff in einer Probe wird durch die Polypropylen-Membran diffundieren und an der Kathode zwei Reaktionen veranlassen, die beide eine Anzahl von freien Elektronen erfordern:



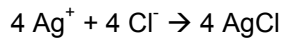
Der Verbrauch von freien Elektronen ist der Verfügbarkeit von Sauerstoff direkt proportional und folglich auch dem Sauerstoff-Partialdruck der Probe ($p\text{O}_2$).

2.4.2.1.2 Anode

Am Silber-/ Silberchlorid-Bezugsband werden Elektronen erzeugt. Hierbei wird freies Silber gebildet:



Die freien Silberionen reagieren mit den Chloridionen des Elektrolyten. Es entsteht Silberchlorid:



Wie bereits beschrieben, ist der Strom (der Elektronenfluß) dem Sauerstoff-Partialdruck der Probe direkt proportional.

2.4.2.1.3 Strom

Der Strom kann folgendermaßen definiert werden:

$$I = S \times p\text{O}_2 + I_0 \quad (20)$$

(S = Empfindlichkeit der Elektrode (pA/mmHg), I_0 = Nullstrom entspricht dem Strom einer Probe mit $p\text{O}_2 = 0$ mmHg)

Folglich berechnet sich der $p\text{O}_2$ wie folgt:

$$p\text{O}_2 = (I - I_0) : S$$

Weitere Details können den Kapiteln 7.12 bis 7.18 des Anhanges entnommen werden.

2.5 Meßzeiten und Elektrodenüberwachung

2.5.1 Meßzeiten

Elektrodensignale werden während Kalibrierung und Messung alle 0,573 Sekunden erfaßt. Die Dauer der Kalibrierung ist vorbestimmt, ebenso die Zahl der Meßabtastungen der Elektrodensignale. Während der Probenmessung ist die Meßdauer für alle Elektroden konstant; in Bezug auf die $p\text{CO}_2$ - und $p\text{O}_2$ -Elektrode variiert sie aber, abhängig von dem CO_2 - bzw. O_2 -Wert der Probe. Das letzte abgetastete Elektrodensignal während der Messung wird zur Berechnung der Meßergebnisse benutzt.

2.5.1.1 pH-Elektrode

Die Meßzeit für die pH-Elektrode beträgt 30 Sekunden.

2.5.1.2 pCO₂-Elektrode

Die Meßzeit für die pCO₂-Elektrode ist für Blutproben nicht konstant. Der unbekannte Wert, pCO₂ (∞), wird zur Bestimmung der Meßzeit benutzt. pCO₂ (∞) wird gemäß den ersten Meßabtastungen berechnet (genaue Formeln zur Meßzeit sind dem Referenzhandbuch zum Radiometer® Copenhagen ABL 500 zu entnehmen).

Die übliche Meßzeit liegt bei 30 Sekunden und steigert sich auf maximal 44 Sekunden.

2.5.1.3 pO₂-Elektrode

Die Meßzeit für Blutproben ist für die pO₂-Elektrode nicht konstant. Der unbekannte Wert pO₂ (∞) wird zur Bestimmung der Meßzeit benutzt. pO₂ (∞) wird gemäß den ersten Meßwertabtastungen berechnet, die genaue Formel ist dem Referenzhandbuch zum Radiometer® Copenhagen ABL 500 zu entnehmen.

Die übliche Meßzeit liegt bei 30 Sekunden und steigert sich auf maximal 44 Sekunden.

2.5.2 Elektrodenüberwachung

2.5.2.1 pH-Elektrode

2.5.2.1.1 Kalibrierung

Die Elektrodenstabilität wird während der Elektrodenmeßabtastung überwacht, und es gilt folgendes Kriterium:

$$| \text{pH}(20^{\text{th}} \text{ sec}) - \text{pH}(12^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 0,003\text{pH für Kal 1 und Kal 2}$$

Sind diese Kriterien nicht erfüllt, wird die Messung als instabil nicht akzeptiert.

2.5.2.1.2 Messung

Die Messung wird akzeptiert, wenn folgendes Stabilitätskriterium erfüllt ist:

$$| \text{pH}(30^{\text{th}} \text{ sec}) - \text{pH}(20^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 0,005 \text{ pH.}$$

Ist dieses Kriterium nicht erfüllt, so wird die Messung als instabil nicht akzeptiert.

2.5.2.2 pCO₂-Elektrode

2.5.2.2.1 Kalibrierung

Die Elektrodenstabilität wird während der Elektrodenmeßabtastung überwacht, und es gelten folgende Kriterien:

$$| \text{pCO}_2 (40^{\text{th}} \text{ sec.}) - \text{pCO}_2 (28^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 1,5 \text{ mmHg für Kal 1}$$

$| p\text{CO}_2 (40^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{CO}_2 (28^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 2,0 \text{ mmHg}$ für Kal 2

$\tau = 4,013 : [\ln (p\text{CO}_2 (8^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{CO}_2 (4^{\text{th}} \text{ sec.})) : (p\text{CO}_2 (12^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{CO}_2 (8^{\text{th}} \text{ sec.}))] \leq 5 \text{ sec.}$ für Kal 2

Ist dieses Kriterium nicht erfüllt, so wird die Messung als instabil nicht akzeptiert.

2.5.2.2.2 Messung

Eine Messung an Blut wird akzeptiert, wenn eines der folgenden Stabilitätskriterien erfüllt ist:

$| p\text{CO}_2 (\text{last updating}) - p\text{CO}_2 (16^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 3,0 \text{ mmHg}$ oder

$| p\text{CO}_2 (\infty) - p\text{CO}_2 (\text{last updating}) | \leq 3,0 \text{ mmHg}$ oder $\leq 0,04 \times p\text{CO}_2 (\text{last updating})$

Sind diese Kriterien nicht erfüllt, so wird die Messung als instabil nicht akzeptiert.

2.5.2.3 pO₂-Elektrode

2.5.2.3.1 Kalibrierung

Die Elektrodenstabilität wird während der Elektrodenmeßabtastung überwacht, und es gelten folgende Kriterien:

$| p\text{O}_2 (40^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{O}_2 (28^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 3,0 \text{ mmHg}$ für Kal 1

$\tau = 4,013 : [\ln (p\text{O}_2 (8^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{O}_2 (4^{\text{th}} \text{ sec.})) : (p\text{O}_2 (12^{\text{th}} \text{ sec.}) - p\text{O}_2 (8^{\text{th}} \text{ sec.}))] \leq 9 \text{ sec.}$ für die Nullpunkt-Kalibrierung

2.5.2.3.2 Messung

Eine Messung an Blut wird akzeptiert, wenn eines der folgenden Stabilitätskriterien erfüllt ist:

$| p\text{O}_2 (\text{last updating}) - p\text{O}_2 (16^{\text{th}} \text{ sec.}) | \leq 6,0 \text{ mmHg}$ oder

$| p\text{O}_2 (\infty) - p\text{O}_2 (\text{last updating}) | \leq 8,0 \text{ mmHg}$ oder $\leq 0,05 \times p\text{O}_2 (\text{last updating})$

Sind diese Kriterien nicht erfüllt, so wird die Messung als instabil nicht akzeptiert.

2.6 Abgeleitete Parameter

Abgeleitete Parameter werden gemäß den angegebenen Gleichungen berechnet.

2.6.1 c(HCO₃⁻)

Nach der Gleichung: $c(\text{HCO}_3^-) = 0,230 \times p\text{CO}_2 \times \text{antilg}(\text{pH} - \text{pK}_p)$ errechnet das Radiometer die Bicarbonationenkonzentration

($\text{pK}_p = 6,125 - \lg(1 + \text{antilg}(\text{pH} - 8,7))$, $\text{antilg}(x) = 10^x$)

2.6.2 SBC

$$\text{SBC} = 24,47 + 0,919 \times Z + Z \times (Z - 8) \times a'$$

($a' = 0,00404 + 0,000425 \times c(\text{Hb})$, $c(\text{Hb}) =$ alle in der Probe vorhandenen Arten von Hämoglobin,
 $Z = \text{SBE} - 0,3062 \times c(\text{Hb}) \times (1 - s\text{O}_2)$)

2.6.3 ABE

$$\text{ABE} = 0,5 \times (8 \times a' - 0,919) : a' + 0,5 \times [((0,919 - 8 \times a') : a')^2 - 4 \times (24,47 - c(\text{HCO}_3^-)(5,33)) : a']^{0,5}$$

(a' siehe 2.6.2, $c(\text{HCO}_3^-)(5,33) = 0,230 \times 5,33 \times \text{antilg}((\text{pH}(\text{st}) - 6,161) / 0,9524)$, $\text{pH}(\text{st}) = \text{pH} + \text{lg}(5,33 / \text{pCO}_2) \times (\text{pH}(\text{Hb}) - \text{pH}) : (\text{lg}(\text{pCO}_2(\text{Hb})) - \text{lg}(7,5006 \times \text{pCO}_2))$, $\text{pH}(\text{Hb}) = 0,0406 \times c(\text{Hb}) + 5,980 - 1,920 \times \text{antilg}(-0,16169 \times c(\text{Hb}))$, $\text{lg}(\text{pCO}_2(\text{Hb})) = -0,017674 \times c(\text{Hb}) + 3,4046 + 2,12 \times \text{antilg}(-0,15158 \times c(\text{Hb}))$)

2.6.4 SBE

$$\text{SBE} = \text{ABE} \text{ für } c(\text{Hb}) = 3 \text{ mmol/l}$$

2.7 Studiendesign

Von 81 venösen Nabelschnurblutproben wurden jeweils zur vollen Stunde bis zum Zeitpunkt 30 Stunden post partum die in 2.1 genannten Blutgaswerte bestimmt. Die Werte wurden tabellarisch und graphisch dargestellt. Mittels 15 venösen und 10 arteriellen Proben wurde anschließend die prospektive und die retrospektive Reproduzierbarkeit der ermittelten mittleren Änderungen der Meßparameter geprüft.

2.7.1 Einschlusskriterien

In die Studie eingeschlossen wurden zufällig ausgewählte Proben venösen Nabelschnurblutes, welches maximal fünf Minuten post partum aus der Nabelschnurvene entnommen wurde. Gestationsalter, Geburtsdauer, mütterliche Erkrankungen wie Präeklampsie, HELLP-Syndrom oder ähnliche und Geburtsgewicht spielten als Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterien keine Rolle. Das Einverständnis der Mütter wurde mündlich eingeholt.

In der arteriellen Stichprobe wurden solche Proben ausgeschlossen, deren venöser pH weniger als 0,03 Einheiten über dem arteriellen im direkten Vergleich lag. Dies erfolgte, um auszuschließen, irrtümlich eine venöse anstatt einer arteriellen Probe in die Stichprobe einzuschließen.

2.7.2 Studienumfang

In die Studie eingeschlossen wurden 77 Proben von ebenso vielen Frauen in einem Zeitraum zwischen Oktober 1998 und März 1999. Die Studie wurde weitgehend in der Frauenklinik des Klinikums

Aschaffenburg durchgeführt. Die Proben wurden unmittelbar zum Zeitpunkt der Geburt sowie anschließend von der ersten bis zur dreißigsten Stunde post partum der Blutgasanalyse unterzogen. Zu jedem der 31 Meßzeitpunkte lagen mindestens 40 Meßwerte vor (siehe folgende Tabelle).

Zeit p.p. (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl	77	61	57	59	52	51	53	49	41	41	41
Zeit p.p. (h)		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Anzahl		41	41	40	41	44	40	47	48	46	55
Zeit p.p. (h)		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Anzahl		48	41	48	48	46	41	42	41	41	43

Tab.1: Anzahl der Meßwerte pro Meßzeitpunkt

Die prospektive Prüfung wurde zu den Meßzeitpunkten vier, acht, zwölf und sechzehn Stunden post partum mit 15 venösen und zehn arteriellen Proben durchgeführt, im selben Umfang und zu den selben Zeitpunkten die retrospektive Prüfung.

2.7.3 Zusammensetzung der Proben

Die 77 Proben zur statistischen Auswertung bestanden aus 9,5 ml venösem Nabelschnurblut, dem 0,5 ml Natrium-Heparinat zugesetzt wurde. Die Konzentration des Heparins betrug 5000 U/ml, dementsprechend 2500 U pro 10 ml Probe, was einer Konzentration von 250 U Heparin pro ml Probe entspricht.

Nach der Venenpunktion in der Spritze vorhandene Luftblasen wurden unverzüglich entfernt. Nach dem Aufziehen der Proben und jeweils vor einem Meßvorgang wurden die Proben von Hand aufgeschwemmt, das heißt, zelluläre und flüssige Bestandteile der Probe wurden vermengt.

2.7.4 Probenlagerung

Die Proben wurden bei Zimmertemperatur gelagert, die Zimmertemperatur im vorliegenden Arbeitszimmer betrug konstant zwischen 24 und 25 Grad Celsius.

2.7.5 Statistische Prüfung

Geprüft wurde die prospektive Reproduzierbarkeit der gemessenen Veränderungen der Meßparameter sowie deren Rückrechenbarkeit mittels einer einfachen Gleichung und einem gegebenen Faktor der Änderung des Parameters bis zum entsprechenden Zeitpunkt. Zur Prüfung der prospektiven Reproduzierbarkeit wurden 15 venöse und zehn arterielle Stichproben zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden mittels des T-Tests auf signifikante Abweichung getestet. Da die Meßwerte der einzelnen Meßzeitpunkte annähernd eine Normalverteilung (in einem Diagramm dargestellt ergibt sich die "Gaußsche Glocke") aufweisen, wurde für die prospektive Prüfung der Reproduzierbarkeit der Meßwerte der zweiseitigen T-Test nach Student für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz gewählt. Die statistische Prüfung der Rückrechenbarkeit erfolgte durch einen zweiseitigen T-Test nach Student für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz. Die retrospektive Prüfung wurde wie folgt

durchgeführt: Die nach der folgenden Formel errechneten Werte für den Zeitpunkt t=0h

$$\text{pH (0h)} = \text{pH (4h)} - \Delta\text{pH(4h)}$$

$$\text{pCO}_2 \text{ (0h)} = \text{pCO}_2 \text{ (4h)} - \Delta\text{pCO}_2 \text{ (4h)}$$

$$\text{pO}_2 \text{ (0h)} = \text{pO}_2 \text{ (4h)} - \Delta\text{pO}_2 \text{ (4h)}$$

$$\text{SBC (0h)} = \text{SBC (4h)} - \Delta\text{SBC (4h)}$$

$$\text{ABE (0h)} = \text{ABE (4h)} - \Delta\text{ABE (4h)}$$

$$\text{SBE (0h)} = \text{SBE (4h)} - \Delta\text{SBE (4h)}$$

wurden mit den tatsächlich gemessenen Ergebnissen zum Zeitpunkt Null der Stichproben verglichen, wobei die mit Δ versehenen Werte die vorher bestimmten Abweichungen vom Ausgangswert zum entsprechenden Zeitpunkt bezeichnen.

Außerdem wurde die Berechnung der Werte zum Zeitpunkt 0 mittels eines definierten Referenzintervalles unternommen, dessen Grenzen wie folgt definiert wurden:

Obergrenze: $\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter (xh)} + \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter(xh)}$

Untergrenze: $\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter(xh)} - \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter(xh)}$

Innerhalb dieser Grenzen sollten mit einer Wahrscheinlichkeit von 68% die tatsächlichen Werte liegen. Ebenso wurde ein größeres Intervall definiert, innerhalb dessen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% die tatsächlichen Werte liegen. Es fungierten

als Obergrenze: $\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter (xh)} + 2 \times \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter(xh)}$

Untergrenze: $\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter(xh)} - 2 \times \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter(xh)}$

3 Ergebnisse

3.1 Die Abhängigkeit des pH-Wertes von der Lagerungsdauer

Der pH-Wert zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der seit der Geburt vergangenen Zeit. Dies ist in den folgenden Tabellen und Abbildungen verdeutlicht.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw
77	0	7,189	7,258	7,327	7,395	7,465	0,069
61	1	7,153	7,222	7,291	7,360	7,429	0,069
57	2	7,136	7,202	7,268	7,334	7,400	0,066
59	3	7,120	7,184	7,248	7,312	7,376	0,064
52	4	7,105	7,169	7,233	7,298	7,361	0,064
51	5	7,060	7,130	7,200	7,271	7,340	0,070
53	6	7,057	7,120	7,183	7,246	7,309	0,063
49	7	7,029	7,092	7,155	7,218	7,281	0,063
41	8	7,014	7,077	7,140	7,203	7,266	0,063
41	9	6,976	7,043	7,114	7,185	7,256	0,071
41	10	6,960	7,029	7,098	7,167	7,236	0,069
41	11	6,914	6,996	7,078	7,159	7,242	0,082
41	12	6,925	6,997	7,069	7,141	7,213	0,072
40	13	6,918	6,984	7,050	7,115	7,182	0,066
41	14	6,890	6,965	7,040	7,116	7,190	0,075
44	15	6,878	6,951	7,024	7,098	7,170	0,073
40	16	6,865	6,942	7,019	7,096	7,173	0,077
47	17	6,852	6,931	7,010	7,089	7,168	0,079
48	18	6,854	6,925	6,996	7,067	7,138	0,071
46	19	6,844	6,915	6,986	7,057	7,128	0,071
55	20	6,822	6,895	6,968	7,041	7,114	0,073
48	21	6,832	6,901	6,970	7,040	7,108	0,069
41	22	6,819	6,888	6,957	7,026	7,095	0,069
48	23	6,828	6,894	6,960	7,026	7,092	0,066
48	24	6,821	6,888	6,955	7,022	7,089	0,067
46	25	6,800	6,871	6,942	7,014	7,084	0,071
41	26	6,796	6,866	6,936	7,006	7,076	0,070
42	27	6,793	6,867	6,941	7,016	7,089	0,074
41	28	6,798	6,864	6,930	6,996	7,062	0,066
41	29	6,792	6,863	6,934	7,005	7,076	0,071
43	30	6,785	6,861	6,937	7,012	7,089	0,076

Tab.2: Die Abhängigkeit des venösen pH-Wertes von der Lagerungsdauer Perz. = Perzentile

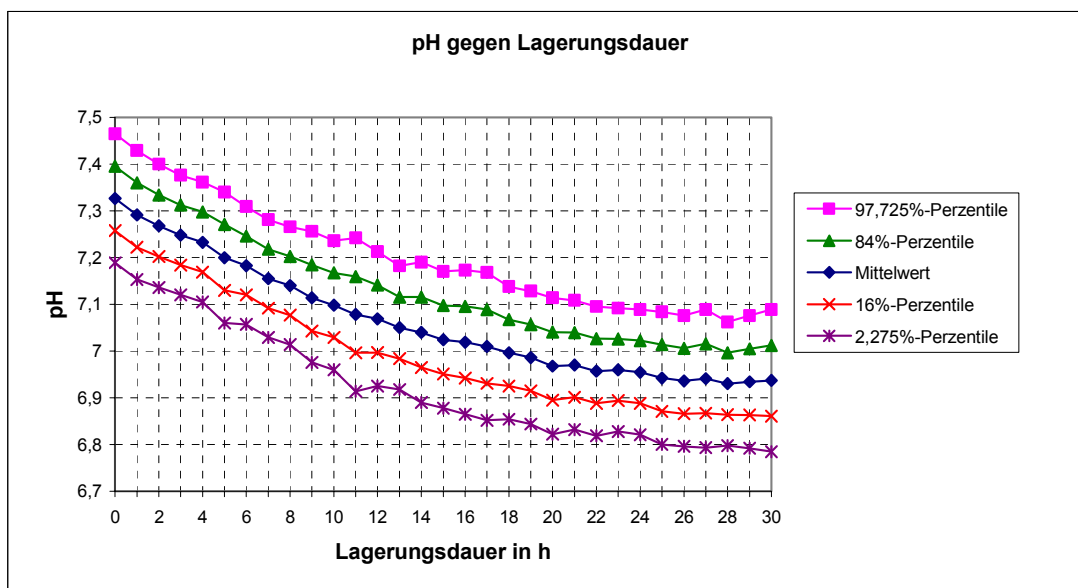


Abb.8: venöser pH-Wert gegen Lagerungsdauer

Anzahl	Lagerungs- dauer	2,275%- Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%- Perz.	Standabw
61	1	0,003	-0,015	-0,027	-0,042	-0,057	0,015
57	2	-0,020	-0,037	-0,054	-0,071	-0,088	0,017
59	3	-0,039	-0,058	-0,077	-0,094	-0,115	0,019
52	4	-0,063	-0,081	-0,099	-0,117	-0,135	0,018
51	5	-0,068	-0,095	-0,122	-0,149	-0,176	0,027
53	6	-0,090	-0,116	-0,142	-0,168	-0,194	0,026
49	7	-0,096	-0,129	-0,162	-0,195	-0,228	0,033
41	8	-0,103	-0,131	-0,179	-0,217	-0,255	0,038
41	9	-0,122	-0,162	-0,202	-0,242	-0,282	0,040
41	10	-0,142	-0,185	-0,226	-0,267	-0,308	0,041
41	11	-0,162	-0,198	-0,234	-0,270	-0,306	0,036
41	12	-0,174	-0,215	-0,256	-0,297	-0,338	0,041
40	13	-0,188	-0,232	-0,276	-0,320	-0,364	0,044
41	14	-0,200	-0,247	-0,294	-0,341	-0,388	0,047
44	15	-0,216	-0,262	-0,308	-0,354	-0,400	0,046
40	16	-0,210	-0,263	-0,316	-0,369	-0,422	0,053
47	17	-0,217	-0,272	-0,327	-0,382	-0,437	0,055
48	18	-0,238	-0,288	-0,338	-0,388	-0,438	0,050
46	19	-0,238	-0,294	-0,350	-0,406	-0,462	0,056
55	20	-0,248	-0,301	-0,354	-0,407	-0,460	0,053
48	21	-0,260	-0,312	-0,364	-0,416	-0,468	0,052
41	22	-0,266	-0,323	-0,380	-0,437	-0,494	0,057
48	23	-0,280	-0,329	-0,378	-0,427	-0,476	0,049
48	24	-0,279	-0,333	-0,387	-0,441	-0,495	0,054
46	25	-0,284	-0,338	-0,392	-0,446	-0,500	0,054
41	26	-0,277	-0,338	-0,399	-0,460	-0,521	0,061
42	27	-0,275	-0,334	-0,393	-0,452	-0,511	0,059
41	28	-0,288	-0,342	-0,396	-0,450	-0,504	0,054
41	29	-0,291	-0,345	-0,399	-0,453	-0,507	0,054
43	30	-0,287	-0,344	-0,401	-0,458	-0,515	0,057

Tab.3: Änderungen des venösen pH-Wertes in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

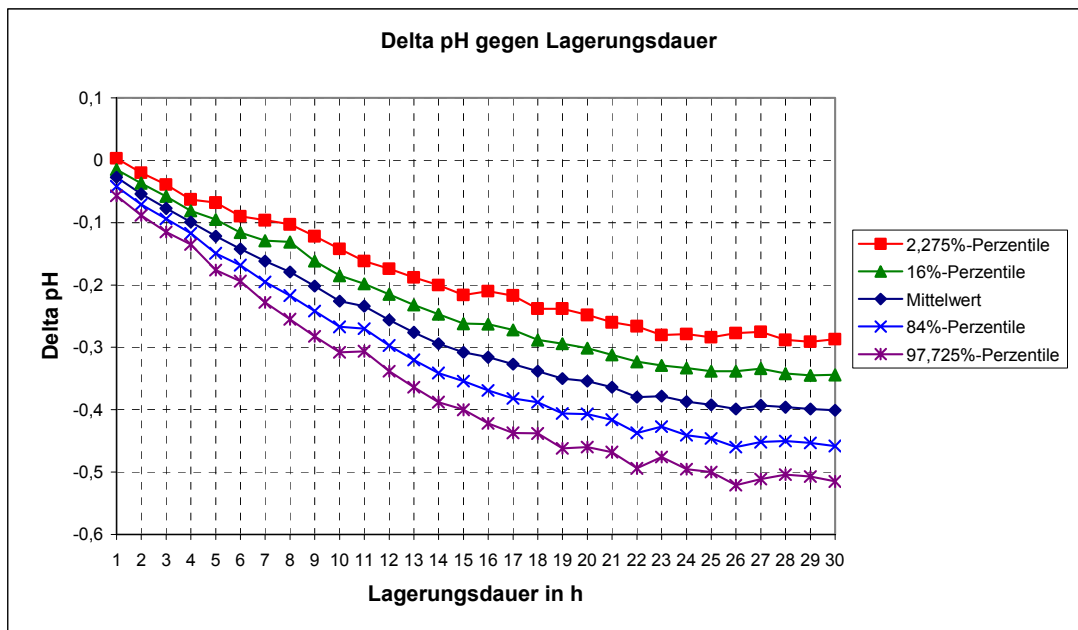


Abb.9: venöse pH-Wert-Änderungen gegen Lagerungsdauer

3.1.1 Prospektive Prüfung des pH-Wertes

Die prospektive Prüfung der ermittelten Meßreihen mittels 15 venösen Stichproben ergab folgendes Ergebnis: Die Stichproben hatten nach vier Stunden einen Mittelwert von 7,241 ($\pm 0,078$) gegenüber einem vorgegebenen Mittelwert von 7,233 (Differenz= -0,008). Mittels des zweiseitigen Student-T-Tests ließ sich keine signifikante Abweichung der Stichprobe gegenüber den Bezugswerten feststellen ($p= 0,7415$, nicht signifikant). Nach acht Stunden betrug der Mittelwert der Stichprobe $7,167 \pm 0,076$ gegenüber $7,140 \pm 0,063$. Der T-Test ergab einen Wert von $p= 0,2315$ (nicht signifikant). Ein Wert von $p= 0,0591$ (nicht signifikant) im T-Test nach 12 Stunden resultierte aus dem Mittelwert der Stichprobe $7,113 \pm 0,073$ gegenüber $7,069 \pm 0,069$ nach 12 Stunden. Nach 16 Stunden zeigt der T-Test mit $p= 0,2319$ keine signifikante Abweichung. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.1 des Anhanges dargestellt.)

3.1.2 Prospektive Prüfung der pH-Wert-Abweichungen vom Ausgangswert

Die Abweichungen des pH-Wertes von Wert pH (0) wurden für 15 venöse und, da von größerer praktischer Relevanz in der Geburtshilfe, jedoch bei schwierigerer Gewinnung, für zehn arterielle Proben erfaßt.

Nach vier Stunden lag die mittlere Abnahme des pH-Wertes in venösen Proben bei $0,086 \pm 0,016$, bei arteriellen Proben bei $0,098 \pm 0,019$ gegenüber $0,099 \pm 0,018$ aus der Bezugsmeßreihe. (T-Test: $p= 0,0139$ (signifikant) für venöse Proben, $p= 0,8304$ (nicht signifikant) für arterielle Proben.)

Nach acht Stunden lagen die Abweichungen vom Ausgangswert bei $-0,159 \pm 0,019$ für venöse und $-0,191 \pm 0,028$ für arterielle Proben gegenüber $-0,179 \pm 0,038$ aus der Bezugsmeßreihe. (Im T-Test $p= 0,0121$ (signifikant) für venöse und $p= 0,2937$ (nicht signifikant) für arterielle Proben.)

Nach zwölf Stunden ergab sich folgendes Bild: Abnahme für venöse Proben $-0,213 \pm 0,034$, für arterielle Proben $-0,237 \pm 0,050$ gegenüber $-0,256 \pm 0,041$ aus der Bezugsmeßreihe, p-Werte des T-Tests $0,0004$ (signifikant) für venöse Proben, $0,2849$ (nicht signifikant) für arterielle Proben.

Nach 16 Stunden wich der Mittelwert der venösen Stichproben, $-0,276 \pm 0,058$, ($p= 0,0280$) signifikant vom Mittelwert der Bezugsmeßreihe, $-0,316 \pm 0,053$, ab. Die arterielle Stichprobe, $-0,299 \pm 0,063$ im Mittelwert, zeigte eine nicht signifikante ($p= 0,4380$) Abweichung. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.2 des Anhanges dargestellt.)

3.1.3 Rückrechnung des pH-Wertes

Die Rückrechnung des pH-Wertes aus Meßwerten zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden und den Änderungen der pH-Werte, gewonnen aus der Bezugsmeßreihe, erfolgte durch einfache Subtraktion der entsprechenden pH-Wert-Änderungen von den pH-Werten zu vier, acht, zwölf und 16 Stunden: zum Beispiel $\text{pH}(0, \text{errechnet}) = \text{pH}(4) - \Delta\text{pH}(4)$

Die errechneten Werte wurden mittels des T-Tests nach Student mit den gemessenen verglichen. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.3 des Anhanges dargestellt.)

3.1.3.1 Venöse Proben

Bei den venösen Proben lagen zu allen Zeitpunkten signifikante Unterschiede zwischen errechneten und gemessenen Werten.

Der Mittelwert der errechneten pH-Werte, ausgehend vom pH-Wert nach vier Stunden, betrug $7,340 \pm 0,078$. Im Vergleich dazu standen $7,327 \pm 0,074$ für gemessene Werte venöser Proben. Durchschnittlich betrug die Abweichung 0,018. Der T-Test ergab 0,0064. Der Mittelwert der Stichprobe lag bei $\text{pH}(4) = 7,241$, der vorgegebene $\Delta\text{pH}(4)$ bei 0,099.

Nach acht Stunden betrug der Mittelwert für errechnete Proben $7,346 \pm 0,076$ gegenüber $7,325 \pm 0,076$ für gemessene Werte. Die durchschnittliche Abweichung betrug 0,024. Ein T-Test-Wert von 0,0012 bedeutete wiederum eine signifikante Abweichung. Der Mittelwert der Stichprobe nach acht Stunden betrug 7,167 (= $\text{pH}(8)$), als $\Delta\text{pH}(8)$ war 0,179 vorgegeben.

Nach zwölf Stunden lag der errechnete pH-Wert mit $7,369 \pm 0,073$ gegenüber $7,326 \pm 0,075$ um 0,049 im Durchschnitt über dem gemessenen Wert. Der T-Test hatte einen Wert von 0,0002 (signifikant). Nach zwölf Stunden wurden im Mittel 7,113 für $\text{pH}(12)$ der Stichprobe bestimmt. $\Delta\text{pH}(12)$ war mit 0,256 vorgegeben.

Nach 16 Stunden zeigte sich ebenso eine signifikante Abweichung ($p = 0,0185$.) Die errechneten Werte lagen im Mittel bei $7,364 \pm 0,079$, die gemessenen bei $7,324 \pm 0,068$. Die durchschnittliche Abweichung betrug 0,060. Der Mittelwert der Stichprobe nach 16 Stunden betrug 7,048, $\Delta\text{pH}(16)$ war mit 0,316 vorgegeben.

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,018, nach acht Stunden bei 0,024, nach zwölf Stunden bei 0,049 und nach 16 Stunden bei 0,060.

3.1.3.2 Arterielle Proben

Im Gegensatz zu den venösen Proben zeigten die arteriellen zu keinem Zeitpunkt signifikante Unterschiede zwischen berechnetem und gemessenem $\text{pH}(0\text{h})$.

Nach vier Stunden lagen die errechneten Werte bei $7,293 \pm 0,058$ gegenüber $7,292 \pm 0,045$ für gemessene Werte. Durchschnittlich wich der errechnete Wert um 0,012 vom gemessenen ab. Der Wert p für den T-Test lag bei 0,8083. Der Mittelwert $\text{pH}(4)$ der Stichproben betrug 7,194. Für $\Delta\text{pH}(4)$ war 0,099 vorgegeben.

Nach acht Stunden lag der errechnete Mittelwert bei $7,273 \pm 0,059$ gegenüber $7,284 \pm 0,047$ ($p = 0,2197$.) Durchschnittlich wich der errechnete Wert um 0,022 vom gemessenen ab. $\text{pH}(8)$ der Stichprobe lag im Mittel bei 7,094. $\Delta\text{pH}(8)$ war mit 0,179 angegeben.

Mit einem errechneten Mittelwert von $7,295 \pm 0,096$ gegen den gemessenen Wert von $7,276 \pm 0,053$ und einer durchschnittlichen Abweichung von 0,040 lagen die errechneten und gemessenen Werte auch nach zwölf Stunden nicht signifikant auseinander ($p = 0,2624$.) Als Mittelwert für $\text{pH}(12)$ der Stichprobe wurden 7,039 bestimmt. $\Delta\text{pH}(12)$ war mit -0,256 vorgegeben.

Mit einem T-Test von $p = 0,3935$ lagen auch die Werte zum Zeitpunkt 16 Stunden außerhalb der Gren-

ze der Signifikanz. Die errechneten Werte betragen $7,323 \pm 0,086$, die gemessenen $7,303 \pm 0,056$. Durchschnittlich wich der errechnete vom gemessenen Wert um 0,055 ab. Der Mittelwert der Stichprobe für pH (16) lag bei 7,004. Zur Rückrechnung war ΔpH (16) mit 0,316 vorgegeben.

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,012, nach acht Stunden bei 0,022, nach zwölf Stunden bei 0,040 und nach 16 Stunden bei 0,060.

Der Vergleich der venösen mit den arteriellen Abweichungen zeigte zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied ($p= 0,1342$ nach vier, $0,2970$ nach acht, $0,2513$ nach zwölf und $0,3527$ nach 16 Stunden).

3.1.3.3 Rückrechnung des pH-Wertes mittels Referenzintervallen

Bei der retrospektiven Prüfung wurden folgende Referenzintervalle definiert:

Untergrenze: $\text{pH} (0) = \text{pH} (x_h) - \Delta\text{pH} (x_h) - \text{Standardabweichung} (x) \text{ von } \Delta\text{pH} (x_h)$

Obergrenze: $\text{pH} (0) = \text{pH} (x_h) - \Delta\text{pH} (x_h) + \text{Standardabweichung} (x) \text{ von } \Delta\text{pH} (x_h)$

Das Referenzintervall wurde bewußt so gewählt, daß lediglich 68% der normalverteilten Werte innerhalb liegen, um eine zu große Spanne als akzeptablen Bereich zu vermeiden. Die Intervalle sind in Tabelle 7.4 des Anhanges dargestellt.

Für venöse wie arterielle Proben wurde bestimmt, ob die gemessenen Werte für pH (0) im errechneten Referenzintervall lagen. Von 15 venösen Proben lagen nach vier Stunden neun, nach acht Stunden zwölf, nach zwölf Stunden sechs und nach 16 Stunden acht gemessene Werte innerhalb der Grenzen. Innerhalb der Grenzen eines 95%-Konfidenzintervalles lagen nach vier und acht Stunden alle, nach zwölf Stunden 13 und nach 16 Stunden 14 der 15 Stichproben.

Von zehn arteriellen Proben lagen nach vier Stunden sieben, nach acht Stunden acht, nach zwölf Stunden sechs und nach 16 Stunden ebenfalls sechs innerhalb der Referenzbereiche. Innerhalb eines 95%-Konfidenzintervalles (definiert durch die Erweiterung der Intervallgrenzen um eine Standardabweichung nach oben und unten) lagen hier nach vier Stunden neun von zehn, nach acht Stunden alle und nach zwölf und 16 Stunden wieder neun von zehn Stichproben.

3.2 Der Kohlendioxidpartialdruck pCO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Die Abhängigkeit des pCO₂ von der Lagerungsdauer ist in folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellt.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
77	0	26,5	34,1	41,7	49,3	56,9	7,6
61	1	30,3	37,6	44,9	52,2	59,5	7,3
57	2	31,7	39,5	47,3	55,1	62,9	7,8
59	3	34,1	42,0	49,9	57,8	65,7	7,9
52	4	34,8	43,2	51,6	60,0	68,4	8,4
51	5	36,7	46,1	55,5	64,9	75,3	9,4
53	6	39,0	48,4	57,8	67,2	76,6	9,4
49	7	42,5	52,0	61,5	71,0	80,5	9,5
41	8	45,2	54,6	64,0	73,4	82,8	9,4
41	9	45,5	56,2	66,9	77,6	87,3	10,7
41	10	46,0	56,9	67,8	78,7	89,8	10,9
41	11	47,8	59,5	71,2	82,9	94,6	11,7
41	12	49,6	61,2	72,8	84,4	96,0	11,6
40	13	50,8	62,8	74,8	86,8	98,8	12,0
41	14	54,3	66,8	78,1	90,4	102,7	12,3
44	15	53,2	66,9	80,6	94,3	108,0	13,7
40	16	55,2	69,2	83,2	97,2	111,2	14,0
47	17	55,2	69,9	84,6	99,3	114,0	14,7
48	18	56,3	71,0	85,7	100,4	115,1	14,7
46	19	60,2	74,4	88,6	102,8	117,0	14,2
55	20	62,6	77,2	91,8	106,4	121,0	14,6
48	21	62,6	76,7	90,8	104,9	119,0	14,1
41	22	64,5	77,9	91,3	104,7	118,1	13,4
48	23	66,2	79,2	92,2	105,2	118,2	13,0
48	24	67,0	80,2	93,4	106,6	119,8	13,2
46	25	68,2	81,7	95,2	108,7	122,2	13,5
41	26	73,7	85,3	96,9	108,5	120,1	11,6
42	27	69,1	83,1	97,1	111,1	125,1	14,0
41	28	72,0	85,1	98,2	111,3	124,4	13,1
41	29	71,9	85,1	98,3	111,5	124,7	13,2
43	30	69,0	83,6	98,2	112,8	127,4	14,6

Tab.4: Abhängigkeit des venösen pCO₂ von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

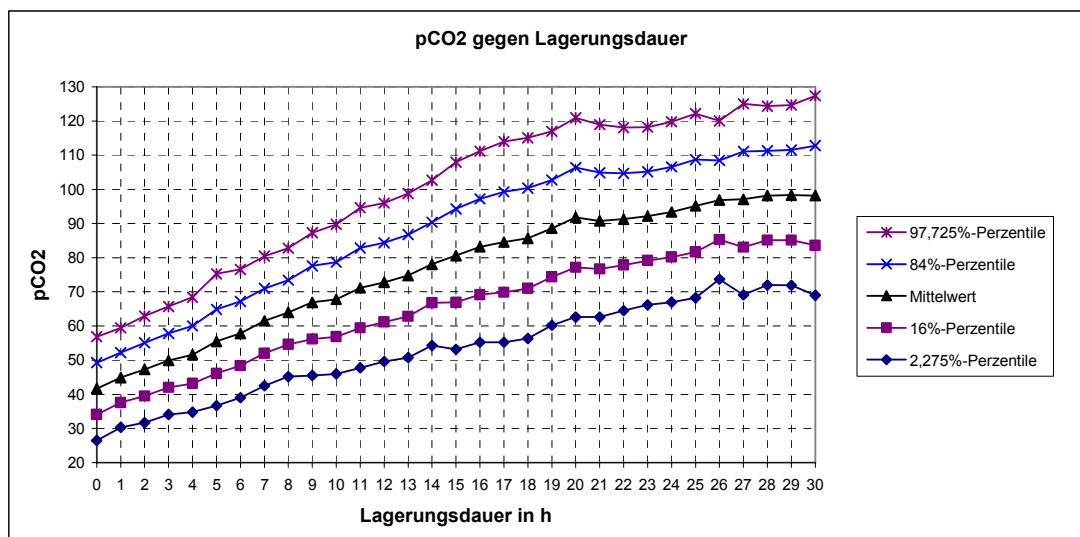


Abb.10: Abhängigkeit des venösen pCO₂ von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

Anzahl	Lagerungs- dauer	2,275%- Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%- Perz.	Standabw.
61	1	-0,5	1,0	2,5	4,0	5,5	1,5
57	2	1,8	3,5	5,2	6,9	8,6	1,7
59	3	3,7	5,7	7,7	9,7	11,7	2,0
52	4	6,3	8,3	10,3	12,3	14,3	2,0
51	5	6,8	10,0	13,2	16,4	19,6	3,2
53	6	9,7	12,8	15,9	19,0	22,1	3,1
49	7	10,3	14,5	18,7	22,9	27,1	4,2
41	8	11,0	16,0	21,0	26,0	31,0	5,0
41	9	13,4	18,8	24,2	29,6	35,0	5,4
41	10	14,6	20,4	26,2	32,0	37,8	5,8
41	11	16,0	22,3	28,6	34,9	41,2	6,3
41	12	18,2	25,0	31,8	38,6	45,4	6,8
40	13	19,5	26,9	34,3	41,7	49,1	7,4
41	14	21,1	29,2	37,3	45,4	53,5	8,1
44	15	21,8	30,8	39,8	48,8	57,8	9,0
40	16	21,5	31,6	41,7	51,8	61,9	10,1
47	17	23,6	33,6	43,6	53,6	63,6	10,0
48	18	24,9	34,9	44,9	54,9	64,9	10,0
46	19	26,9	37,2	47,5	57,8	68,1	10,3
55	20	28,3	39,0	49,7	60,4	71,1	10,7
48	21	29,2	39,7	50,2	60,7	71,2	10,5
41	22	31,0	41,3	51,6	61,9	72,2	10,3
48	23	34,8	43,5	52,2	60,9	69,6	8,7
48	24	31,7	42,4	53,1	63,8	74,5	10,7
46	25	32,8	43,8	54,8	65,8	76,8	11,0
41	26	36,5	46,2	55,9	65,6	75,3	9,7
42	27	33,1	44,9	56,7	68,5	80,3	11,8
41	28	37,4	47,2	57,0	66,8	76,6	9,8
41	29	35,9	46,7	57,5	68,3	79,1	10,8
43	30	33,4	45,5	57,6	69,7	81,8	12,1

Tab.5: Änderung des venösen pCO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

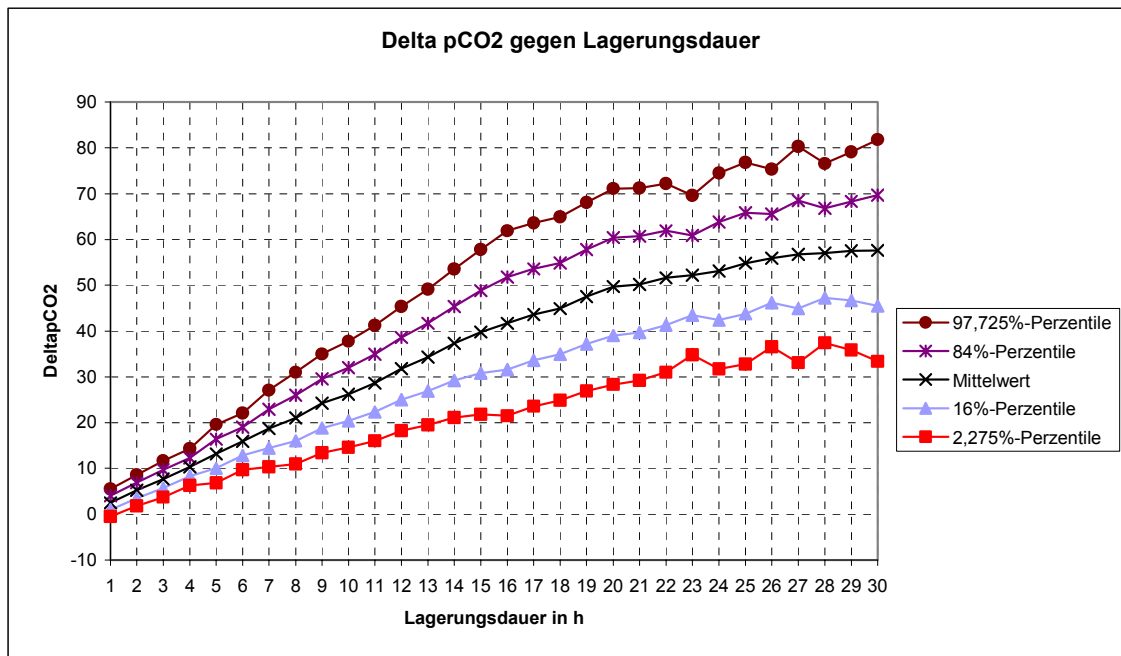


Abb.11: Änderung des venösen pCO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

3.2.1 Prospektive Prüfung des pCO₂

Die prospektive Prüfung des pCO₂ wurde durch den Vergleich der erwarteten Werte (aus der Bezugsmeßreihe) mit 15 ermittelten Stichproben durchgeführt. So lag nach vier Stunden der Mittelwert der Stichprobe bei $50,8 \pm 14,2$ mmHg, während als erwarteter Wert $51,6 \pm 8,4$ mmHg vorgegeben war ($p= 0,8416$).

Nach acht Stunden stieg der gemessene Mittelwert auf $58,9 \pm 17,2$ mmHg, erwartet wurden Werte von $64,0 \pm 9,4$ mmHg ($p= 0,3094$).

Nach zwölf Stunden wich der erwartete pCO₂ nicht signifikant vom gemessenen Mittelwert ab ($p= 0,0837$). Dem gemessenen Mittelwert von $64,4 \pm 16,5$ mmHg stand ein erwarteter Wert von $72,8 \pm 11,6$ mmHg gegenüber.

Nach 16 Stunden betrug der gemessene Mittelwert $71,3 \pm 14,9$ mmHg gegenüber $83,2 \pm 14,0$ mmHg für den erwarteten Wert ($p= 0,0133$, signifikant). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.5 des Anhanges dargestellt.)

3.2.2 Prospektive Prüfung der pCO₂-Abweichungen vom Ausgangswert

Ähnlich wie die Werte des pCO₂ in Zeitabhängigkeit zeigten auch die Änderungen der pCO₂-Werte teilweise signifikante Abweichungen von den erwarteten Werten.

Nach vier Stunden lag die Zunahme des pCO₂ für venöse Proben durchschnittlich bei $9,5 \pm 4,9$ mmHg. Für arterielle Proben belief sie sich auf $11,6 \pm 4,4$ mmHg bei einem erwarteten Wert von $10,3 \pm 2,0$ mmHg ($p= 0,5630$ für venöse und $0,3929$ für arterielle Proben).

Nach acht Stunden zeigte der arterielle Wert eine bessere Übereinstimmung mit dem erwarteten als der venöse ($p= 0,3433$ gegenüber $p= 0,1081$). Im Einzelnen betrug die durchschnittlichen Werte $17,6 \pm 6,7$ mmHg für venöse und $23,1 \pm 6,5$ mmHg für arterielle Proben bei einem erwarteten Wert von $21,0 \pm 5,0$ mmHg.

Nach zwölf Stunden lag der venöse Durchschnitt bei $24,6 \pm 6,6$ mmHg ($p= 0,0015$, signifikant), während der arterielle Wert bei $30,8 \pm 10,7$ mmHg bei einem erwarteten Wert von $31,8 \pm 6,8$ mmHg lag ($p= 0,7901$).

Nach 16 Stunden lag der arterielle Wert näher am vorgegebenen als der venöse. $37,8 \pm 11,9$ mmHg für arterielle Proben standen $31,9 \pm 7,2$ mmHg für venöse gegenüber. Der erwartete Wert lag bei $41,7 \pm 10,1$ mmHg ($p= 0,3532$ für arterielle und $p= 0,0003$ für venöse Proben). Damit zeigte sich auch hier eine signifikante Abweichung der venösen Stichprobe von der Bezugsmeßreihe. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.6 des Anhanges dargestellt.)

3.2.3 Rückrechnung des pCO₂

Die Rückrechnung des Kohlendioxidpartialdruckes erfolgte mittels statistischen Vergleichs zwischen den zum Zeitpunkt $t = 0$ h gemessenen und den aus den jeweiligen Werten zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden post partum und den zugehörigen Abweichungen aus der Bezugsmeßrei-

he nach der Formel $p\text{CO}_2(0\text{h, errechnet}) = p\text{CO}_2(x\text{h}) - \Delta p\text{CO}_2(x\text{h})$.

Die gemessenen und die errechneten Werte $p\text{CO}_2(0)$ wurden mittels des T-Tests auf signifikante Abweichungen geprüft. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.7 des Anhanges dargestellt.)

3.2.3.1 Venöse Proben

Die 15 Proben starke venöse Stichprobe erreichte nach vier Stunden einen Mittelwert von $50,8 \pm 14,2$ mmHg. Nach Rückrechnung mit $\Delta p\text{CO}_2(4\text{h}) = 10,3 \pm 2,0$ mmHg lag der errechnete $p\text{CO}_2$ bei $40,5 \pm 14,2$ mmHg gegenüber dem gemessenen Mittelwert von $41,2 \pm 10,0$ mmHg ($p = 0,5573$).

Nach acht Stunden stieg der Mittelwert der Probe auf $58,1 \pm 16,8$ mmHg. Demnach ergab sich ein $p\text{CO}_2(0\text{h, errechnet})$ von $37,1 \pm 16,8$ mmHg nach Subtraktion von $\Delta p\text{CO}_2(8\text{h})$ von $21,0 \pm 5,0$ mmHg. Dem gegenüber stand ein gemessener Mittelwert von $40,4 \pm 10,9$ mmHg ($p = 0,0837$).

Zwölf Stunden post partum verstärkte sich der Trend, daß die errechneten Werte unter den gemessenen lagen: Ausgehend von einem $p\text{CO}_2(12\text{h})$ von $64,4 \pm 16,5$ mmHg ergab sich ein errechneter Mittelwert für $p\text{CO}_2(0)$ von $32,6 \pm 16,5$ mmHg. Somit resultierte eine durchschnittliche Abweichung von 7,1 vom gemessenen Wert von $39,7 \pm 11,1$ mmHg ($p = 0,0009$). Damit ergab sich auch eine signifikante Abweichung der gemessenen von den errechneten Mittelwerten.

Mit einer durchschnittlichen Abweichung der errechneten von den gemessenen Werten von 9,9 mmHg und einem T-Test von $p = 0,0001$ unterschieden sich die errechneten und die gemessenen Werte nach 16 Stunden signifikant. Einem errechneten Mittelwert für $p\text{CO}_2(0)$ von $29,6 \pm 14,9$ mmHg (aus $p\text{CO}_2(16\text{h}) = 71,3 \pm 14,9$ mmHg und $\Delta p\text{CO}_2(16\text{h}) = 41,7 \pm 10,1$ mmHg) stand ein gemessener Mittelwert von $39,5 \pm 9,4$ mmHg gegenüber.

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 3,2 mmHg, nach acht Stunden bei 6,3 mmHg, nach zwölf Stunden bei 9,0 mmHg und nach 16 Stunden bei 11,5 mmHg.

3.2.3.2 Arterielle Proben

Die zehn Proben starke arterielle Stichprobe erreichte nach vier Stunden einen Mittelwert von $56,3 \pm 8,9$ mmHg, nach entsprechender Rückrechnung mit $\Delta p\text{CO}_2 = 10,3 \pm 2,0$ mmHg $46,0 \pm 8,9$ mmHg. Gemessen wurde ein Mittelwert von $44,7 \pm 5,6$ mmHg ($p = 0,7058$).

Nach acht Stunden lag der $p\text{CO}_2$ bei $68,8 \pm 11,0$ mmHg, nach Rückrechnung mit $\Delta p\text{CO}_2 = 21,0 \pm 5,0$ mmHg ergab sich ein errechneter $p\text{CO}_2$ von $47,8 \pm 11,0$ mmHg. Gemessen wurden hingegen durchschnittlich $45,7 \pm 6,3$ mmHg ($p = 0,6036$).

Nach zwölf Stunden post partum standen errechneten Werten von $46,1 \pm 13,8$ mmHg (aus $p\text{CO}_2(12) = 77,9 \pm 13,8$ mmHg und $\Delta p\text{CO}_2(12) = 31,8 \pm 6,8$ mmHg) gemessene von $47,1 \pm 5,2$ mmHg gegenüber ($p = 0,8286$).

Nach 16 Stunden lag der $p\text{CO}_2$ bei $82,0 \pm 14,2$ mmHg. Mit einem $\Delta p\text{CO}_2$ von $41,7 \pm 10,1$ mmHg zurückgerechnet ergab sich ein $p\text{CO}_2(0)$ von $40,3 \pm 14,2$ mmHg. Gemessen wurden im Mittel $44,2 \pm 5,8$

mmHg ($p = 0,4314$).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 3,1 mmHg, nach acht Stunden bei 4,4 mmHg, nach zwölf Stunden bei 8,4 mmHg und nach 16 Stunden bei 10,1 mmHg.

Ein signifikanter Unterschied zwischen den venösen und den arteriellen Abweichungen konnte wie beim pH-Wert nicht nachgewiesen werden ($p = 0,4616$ nach vier, $0,1630$ nach acht, $0,3922$ nach zwölf und $0,2762$ nach 16 Stunden).

3.2.3.3 Rückrechnung des $p\text{CO}_2$ mittels Referenzintervallen

Ähnlich der Angabe von Referenzintervallen bei der Rückrechnung des pH-Wertes wurden Referenzintervalle für die Rückrechnung des Kohlendioxidpartialdruckes bestimmt.

Die Grenzen des Referenzintervalles lagen bei:

Untergrenze: $p\text{CO}_2(0h) = p\text{CO}_2(xh) - \Delta p\text{CO}_2(xh) - \text{Standardabweichung}(x) \text{ von } \Delta p\text{CO}_2(xh)$

Obergrenze: $p\text{CO}_2(0h) = p\text{CO}_2(xh) - \Delta p\text{CO}_2(xh) + \text{Standardabweichung}(x) \text{ von } \Delta p\text{CO}_2(xh)$

Die Intervalle sind in Tabelle 7.8 des Anhanges dargestellt.

Von je 15 venösen Proben lagen sechs gemessene Werte nach vier Stunden, sechs nach acht Stunden, vier nach zwölf Stunden und vier nach 16 Stunden im errechneten Referenzintervall. Von zehn arteriellen Stichproben lagen nach vier Stunden vier, nach acht Stunden sieben, nach zwölf Stunden vier und nach 16 Stunden fünf gemessene Werte innerhalb der errechneten Grenzen. Innerhalb eines 95%-Konfidenzintervalles liegen: nach vier Stunden elf von 15 venösen und sieben von zehn arteriellen Stichproben, nach acht Stunden 13 von 15 venösen und acht von zehn arteriellen, nach zwölf Stunden 14 von 15 venösen und sieben von zehn arteriellen sowie nach 16 Stunden alle 15 venösen und alle zehn arteriellen Stichproben.

3.3 Der Sauerstoffpartialdruck pO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Der Sauerstoffpartialdruck zeigte keine so deutliche Zeitabhängigkeit wie z.B. der Kohlendioxidpartialdruck. Dies belegen die folgenden Tabellen und Abbildungen.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,275%-Perz.	Standabw.
77	0	10,7	17,0	23,3	29,6	35,9	6,3
61	1	9,8	16,5	23,2	29,9	36,6	6,7
57	2	9,6	16,3	23,0	29,7	36,4	6,7
59	3	9,2	16,1	23,0	29,9	36,8	6,9
52	4	9,7	16,7	23,7	30,7	37,7	7,0
51	5	6,9	14,8	22,7	30,6	38,5	7,9
53	6	7,9	15,4	22,9	30,4	37,9	7,5
49	7	5,7	13,9	22,1	30,3	38,5	8,2
41	8	7,8	14,9	22,0	29,1	36,2	7,1
41	9	5,0	13,0	21,0	29,0	37,0	8,0
41	10	5,4	13,1	20,8	28,5	36,2	7,7
41	11	3,6	12,1	20,6	29,1	38,2	8,5
41	12	3,7	11,6	19,5	27,4	35,3	7,9
40	13	4,9	12,7	20,5	28,3	36,1	7,8
41	14	3,0	11,8	20,6	29,4	38,2	8,8
44	15	3,3	11,8	20,3	28,8	37,3	8,5
40	16	3,2	11,0	18,8	26,6	34,4	7,8
47	17	1,7	9,7	17,9	26,1	34,3	8,2
48	18	2,6	10,1	17,6	25,1	32,6	7,5
46	19	2,6	9,9	17,2	24,5	31,8	7,3
55	20	1,7	8,5	15,3	22,1	28,9	6,8
48	21	1,5	8,4	15,3	22,2	29,1	6,9
41	22	1,2	7,7	14,2	20,7	27,2	6,5
48	23	0,4	7,4	14,4	21,4	28,4	7,0
48	24	0,0	7,1	14,3	21,5	28,7	7,2
46	25	0,3	7,2	14,1	21,0	27,9	6,9
41	26	0,0	6,3	14,1	21,9	29,7	7,8
42	27	0,0	4,6	12,0	19,4	26,8	7,4
41	28	0,0	5,3	12,4	19,5	26,6	7,1
41	29	0,0	4,5	11,5	18,5	25,5	7,0
43	30	0,0	4,6	11,8	19,0	26,2	7,2

Tab.6: Abhängigkeit des venösen pO₂ von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

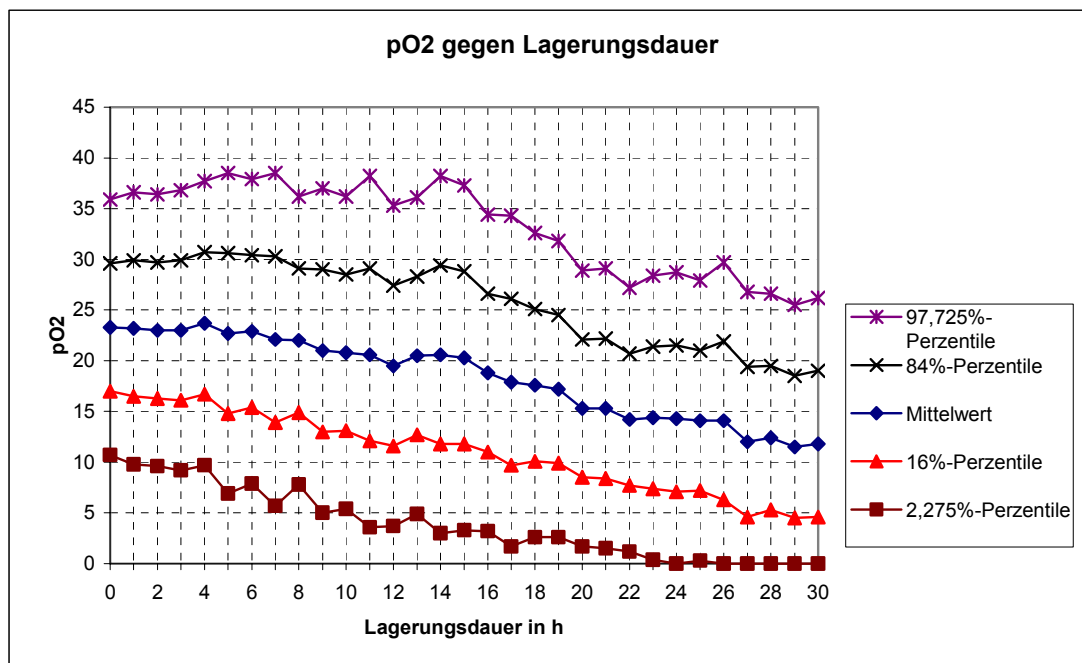


Abb.12: Abhängigkeit des venösen pO₂ von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

Anzahl	Lagerungs-dauer	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
61	1	-1,6	-0,5	0,4	1,3	2,2	0,9
57	2	-2,5	-1,2	0,1	1,4	2,7	1,3
59	3	-2,7	-1,3	0,1	1,5	2,9	1,4
52	4	-3,9	-1,9	0,1	2,1	4,1	2,0
51	5	-7,1	-3,6	-0,1	3,4	6,9	3,5
53	6	-6,0	-3,3	-0,6	2,1	4,8	2,7
49	7	-6,3	-3,4	-0,5	2,4	5,3	2,9
41	8	-7,1	-4,1	-1,1	1,9	4,9	3,0
41	9	-7,7	-4,7	-1,7	1,3	4,3	3,0
41	10	-7,4	-4,4	-1,4	1,6	4,6	3,0
41	11	-9,1	-5,6	-2,1	1,4	4,9	3,5
41	12	-8,8	-5,4	-2,0	1,4	4,8	3,4
40	13	-10,8	-6,9	-3,0	0,9	4,8	3,9
41	14	-12,5	-8,2	-3,9	0,4	4,7	4,3
44	15	-13,4	-8,6	-3,8	1,0	5,8	4,8
40	16	-12,7	-8,7	-4,7	-0,7	3,3	4,0
47	17	-15,0	-10,5	-6,0	-1,5	3,0	4,5
48	18	-14,3	-10,0	-5,7	-1,4	2,9	4,3
46	19	-15,3	-10,9	-6,5	-2,1	2,3	4,4
55	20	-14,6	-11,0	-7,4	-3,8	-0,2	3,6
48	21	-16,4	-12,6	-8,8	-5,0	-1,2	3,8
41	22	-18,6	-13,9	-9,2	-4,5	0,2	4,7
48	23	-17,4	-13,3	-9,2	-5,1	-1,0	4,1
48	24	-18,1	-13,9	-9,7	-5,5	-1,3	4,2
46	25	-19,0	-14,6	-10,2	-5,8	-1,4	4,4
41	26	-19,6	-15,1	-10,6	-6,1	-1,6	4,5
42	27	-21,2	-16,9	-12,6	-8,3	-4,0	4,3
41	28	-20,7	-16,1	-11,5	-6,9	-2,3	4,6
41	29	-19,8	-16,4	-13,0	-9,6	-6,2	3,4
43	30	-22,8	-17,4	-12,0	-6,6	-1,2	5,4

Tab.7: Änderung des venösen pO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

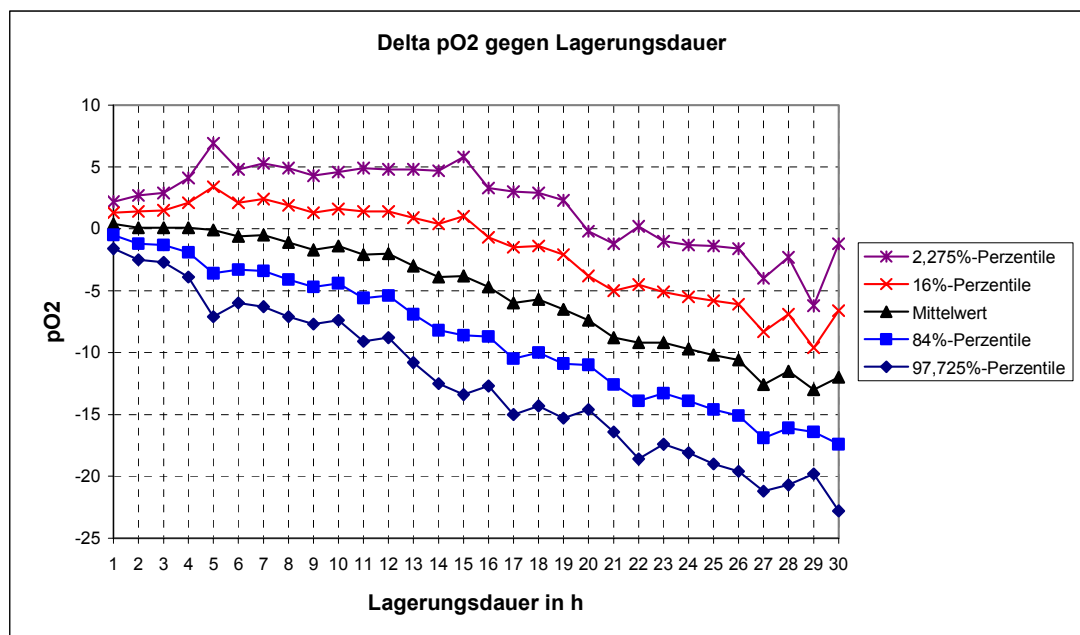


Abb.13: Änderung des venösen pO₂ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmHg

3.3.1 Prospektive Prüfung des pO₂

Der Mittelwert der 15 Proben starken venösen Stichprobe lag nach vier Stunden bei $24,4 \pm 9,2$ mmHg. Aus der Bezugsreihe war ein Mittelwert von $23,7 \pm 7,0$ mmHg zu erwarten ($p = 0,7694$ (nicht signifikant)).

Nach acht Stunden lag der gemessene Mittelwert bei $25,9 \pm 9,2$ mmHg, während aus der Bezugsmeßreihe $22,0 \pm 7,1$ mmHg zu erwarten gewesen wären ($p= 0,1494$ (nicht signifikant)).

Eine signifikante Abweichung der gemessenen Werte von den erwarteten ergab sich nach zwölf Stunden ($p= 0,0420$). Erwartet wurde ein Mittelwert von $19,5 \pm 7,9$ mmHg, gemessen wurde ein Wert von $25,5 \pm 9,5$ mmHg.

Eine nicht signifikante Abweichung der gemessenen Werte von den erwarteten zeigte sich nach 16 Stunden: Aus der Bezugsmeßreihe standen $18,8 \pm 7,8$ mmHg $22,7 \pm 8,4$ mmHg aus der Stichprobe gegenüber ($p= 0,1273$). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.9 des Anhanges dargestellt.)

3.3.2 Prospektive Prüfung der pO_2 -Abweichung vom Ausgangswert

Aus der Bezugsmeßreihe wurde nach vier Stunden eine Abweichung von $0,1 \pm 2,0$ mmHg erwartet. Tatsächlich gemessen wurden Werte von $0,9 \pm 1,8$ mmHg in der venösen und $0,7 \pm 1,9$ mmHg in der arteriellen Stichprobe ($p= 0,1483$ für venöse und $p= 0,3741$ für arterielle Werte).

Nach acht Stunden lagen die venösen Proben bei $1,0 \pm 2,7$ mmHg und die arteriellen bei $-1,3 \pm 3,4$ mmHg gegenüber einem erwarteten Wert von $-1,1 \pm 3,0$ mmHg ($p= 0,0227$ (signifikant) für venöse, $p= 0,8794$ (nicht signifikant) für arterielle Proben).

Nach zwölf Stunden standen einem venösen Mittelwert von $1,5 \pm 5,0$ mmHg und einem arteriellen Mittelwert ein erwarteter von $-2,0 \pm 3,4$ gegenüber ($p= 0,0229$ (signifikant) für venöse, $p= 0,6642$ für arterielle Werte).

16 Stunden post partum lagen die Werte für den T-Test bei $p= 0,1877$ für venöse und $p= 0,2001$ für arterielle Proben (beide nicht signifikant), ausgehend von venösen Mittelwerten von $-2,3 \pm 6,3$ mmHg, arteriellen Mittelwerten von $-7,5 \pm 5,7$ mmHg und einem erwarteten Mittelwert von $-4,7 \pm 4,0$ mmHg. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.10 des Anhanges dargestellt.)

3.3.3 Rückrechnung des pO_2

Die Rückrechnung des Sauerstoffpartialdruckes erfolgte durch den Vergleich der gemessenen Sauerstoffpartialdrücke zum Zeitpunkt $t= 0$ mit den zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden post partum zurückgerechneten Werten für $t= 0$. Die Rückrechnung erfolgte mit folgender Formel: $pO_2(0, \text{errechnet})= pO_2(x) - \Delta pO_2(x)$ und mit einem zweiseitigen Student-T-Tests für gepaarte Stichproben.

Die Prüfung erfolgte für 15 venöse und 10 arterielle Stichproben. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.11 des Anhanges dargestellt.)

3.3.3.1 Venöse Proben

Bei einer vorgegebenen Abweichung des pO_2 vom Ausgangswert nach vier Stunden von $0,1 \pm 2,0$ mmHg lag der Mittelwert des pO_2 nach vier Stunden bei $24,4 \pm 8,9$ mmHg. Zurückgerechnet ergab sich ein $pO_2(0)$ von $24,3 \pm 8,9$ mmHg. Gemessen wurde dagegen ein Mittelwert von $23,5 \pm 8,7$ mmHg

($p= 0,1162$).

Nach acht Stunden lag der Stichproben-Mittelwert des pO_2 bei $25,9 \pm 8,9$ mmHg, als vorgegebene Abweichung wurden $-1,1 \pm 3,0$ mmHg angenommen. Für $t= 0h$ resultierte ein Mittelwert von $27,0 \pm 8,9$ mmHg, wogegen ein Mittelwert von $25,1 \pm 8,2$ mmHg gemessen wurde ($p= 0,0173$ (signifikant)).

Zwölf Stunden nach der Geburt hatte der Mittelwert des pO_2 einen Wert von $25,5 \pm 9,2$ mmHg. Bei einer Abweichung vom Ausgangswert von $-2,0 \pm 3,4$ mmHg ergab sich ein pO_2 (0, errechnet) von $27,5 \pm 9,2$ mmHg. Gemessen wurde ein signifikant differierender Mittelwert von $23,9 \pm 7,4$ mmHg ($p= 0,0189$).

16 Stunden post partum lag der Mittelwert der Stichprobe bei $22,7 \pm 8,2$ mmHg, die Abweichung vom Ausgangswert bei $-4,7 \pm 4,0$ mmHg und der errechnete pO_2 (0) bei $27,4 \pm 8,2$ mmHg. Demgegenüber stand ein gemessener Mittelwert von $25,0 \pm 8,5$ mmHg ($p= 0,1700$ (nicht signifikant)).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 1,6 mmHg, nach acht Stunden bei 2,7 mmHg, nach zwölf Stunden bei 5,0 mmHg und nach 16 Stunden bei 5,6 mmHg.

3.3.3.2 Arterielle Proben

Bei einer vorgegebenen Änderung des pO_2 von $0,1 \pm 2,0$ mmHg nach vier Stunden und einem gemessenen Mittelwert für $pO_2(4h)$ von $23,7 \pm 6,4$ mmHg wurde ein pO_2 (0h) von $23,6 \pm 6,4$ mmHg erwartet. Der gemessene Mittelwert lag etwas niedriger, genauer bei $23,0 \pm 4,8$ mmHg, $p= 0,2321$ (nicht signifikant).

Nach acht Stunden wurde ein pO_2 (8h) von $21,3 \pm 6,9$ mmHg im Mittel gemessen. Bei einer erwarteten Abnahme des pO_2 im selben Zeitraum von $1,1 \pm 3,0$ mmHg wurde ein Mittelwert für pO_2 (0h) von $22,4 \pm 6,9$ mmHg erwartet. Aus der Messung zum Zeitpunkt $t= 0h$ resultierte ein Mittelwert von $22,5 \pm 4,8$ mmHg ($p= 0,8903$).

Auch nach zwölf Stunden lag der T-Test mit $p= 0,6285$ über der Signifikanzgrenze von $p= 0,05$. Im einzelnen wurde aus dem Mittelwert für pO_2 (12h) von $17,3 \pm 7,4$ mmHg und der vorgegebenen Abnahme des pO_2 von $2,0 \pm 3,4$ mmHg ein erwarteter Wert für pO_2 (0h) von $19,3 \pm 7,4$ mmHg errechnet. Gemessen wurde ein pO_2 (0h) von $20,4 \pm 4,1$ mmHg.

Auch nach 16 Stunden unterschritt der T-Test nicht die Signifikanzgrenze: Aus einem Mittelwert für pO_2 (16h) von $12,7 \pm 7,7$ mmHg und einer angenommenen Abnahme von pO_2 von $4,7 \pm 4,0$ mmHg errechnete sich ein theoretischer Wert für $pO_2(0h)$ von $17,4 \pm 7,7$ mmHg. Hingegen wurde im Durchschnitt ein pO_2 (0h) von $19,8 \pm 5,5$ mmHg gemessen. Dementsprechend ergab sich ein Wert von $p= 0,2088$ für den T-Test.

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 1,5 mmHg, nach acht Stunden bei 2,9 mmHg, nach zwölf Stunden bei 4,9 mmHg und nach 16 Stunden bei 5,0 mmHg.

Wiederum zeigten arterielle und venöse Abweichungen keine signifikanten Unterschiede ($p= 0,4572$ nach vier, 0,4290 nach acht, 0,4789 nach zwölf und 0,3479 nach 16 Stunden).

3.4 Die Konzentration der Bicarbonationen $c(\text{HCO}_3^-)$ in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Die aktuelle Konzentration der Bicarbonationen, deren Normbereich zwischen 23 und 27 mmol/l liegt, wird durch mehrere Kompensationsmechanismen in einem engen Rahmen relativ konstant gehalten. Sie zeigte nur geringe Schwankungen über den beobachteten Zeitraum, was die nachfolgenden Tabellen und Abbildungen belegen.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
77	0	16,4	18,7	21,0	23,3	25,5	2,3
61	1	16,3	18,6	20,9	23,2	25,5	2,3
57	2	16,2	18,5	20,8	23,1	25,4	2,3
59	3	16,4	18,7	21,0	23,3	25,6	2,3
52	4	16,8	18,8	20,8	22,8	24,8	2,0
51	5	16,1	18,4	20,7	23,0	25,3	2,3
53	6	16,5	18,6	20,7	22,8	24,9	2,1
49	7	16,6	18,6	20,6	22,6	24,6	2,0
41	8	16,8	18,8	20,8	22,8	24,8	2,0
41	9	15,6	18,0	20,4	22,8	25,2	2,4
41	10	15,9	17,9	19,9	21,9	23,9	2,0
41	11	16,3	18,1	19,9	21,7	23,5	1,8
41	12	16,2	18,1	20,0	21,9	23,8	1,9
40	13	15,8	17,7	19,6	21,5	23,4	1,9
41	14	16,2	18,1	20,0	21,9	23,8	1,9
44	15	16,2	18,0	19,8	21,6	23,4	1,8
40	16	16,2	18,2	20,2	22,2	24,2	2,0
47	17	15,9	18,0	20,1	22,2	24,3	2,1
48	18	15,7	17,7	19,7	21,7	23,7	2,0
46	19	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4	2,2
55	20	15,6	17,7	19,8	21,9	24,0	2,1
48	21	15,7	17,7	19,7	21,7	23,7	2,0
41	22	15,7	17,0	19,3	21,6	23,9	2,3
48	23	15,4	17,5	19,6	21,7	23,8	2,1
48	24	15,3	17,5	19,7	21,9	24,1	2,2
46	25	15,4	17,4	19,4	21,4	23,4	2,0
41	26	15,4	17,5	19,6	21,7	23,8	2,1
42	27	15,8	17,8	19,8	21,8	23,8	2,0
41	28	15,5	17,5	19,5	21,5	23,5	2,0
41	29	15,5	17,6	19,7	21,8	23,9	2,1
43	30	16,3	18,0	19,7	21,4	23,1	1,7

Tab.8: Abhängigkeit der venösen Bicarbonationenkonzentration von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

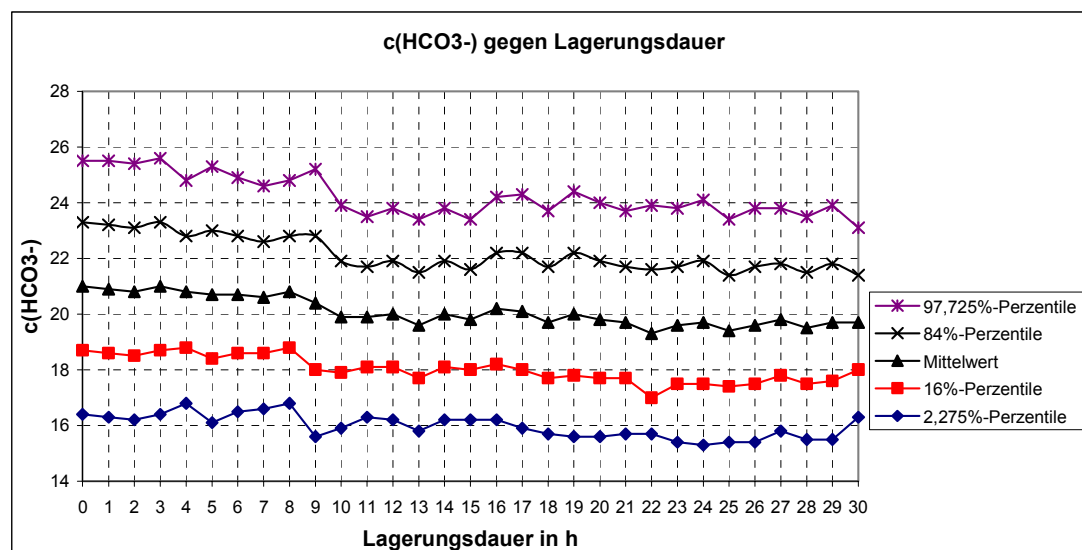


Abb.14: Abhängigkeit der venösen Bicarbonationenkonzentration von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

Anzahl	Lagerungs- dauer	2,275%- Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%- Perz.	Standabw.
61	1	1,9	0,9	-0,1	-1,1	-2,1	1,0
57	2	1,8	0,8	-0,2	-1,2	-2,2	1,0
59	3	1,7	0,7	-0,3	-1,3	-2,3	1,0
52	4	1,2	0,5	-0,2	-0,9	-1,6	0,7
51	5	1,9	0,8	-0,3	-1,4	-2,5	1,1
53	6	1,3	0,5	-0,3	-1,1	-1,9	0,8
49	7	1,0	0,3	-0,4	-1,1	-1,8	0,7
41	8	1,9	0,7	-0,5	-1,7	-2,9	1,2
41	9	2,1	0,8	-0,5	-1,8	-3,1	1,3
41	10	1,6	0,4	-0,8	-2,0	-3,2	1,2
41	11	1,6	0,4	-0,8	-2,0	-3,2	1,2
41	12	1,3	0,4	-0,5	-1,3	-2,2	0,9
40	13	1,2	0,2	-0,8	-1,8	-2,8	1,0
41	14	1,4	0,3	-0,8	-1,9	-3,0	1,1
44	15	1,2	0,2	-0,8	-1,8	-2,8	1,0
40	16	2,1	0,1	-1,0	-2,1	-3,2	1,1
47	17	1,4	0,2	-1,0	-2,2	-3,4	1,2
48	18	1,1	0,0	-1,1	-2,2	-3,3	1,1
46	19	1,3	0,1	-1,1	-2,3	-3,5	1,2
55	20	0,8	-0,2	-1,2	-2,2	-3,2	1,0
48	21	1,1	0,0	-1,1	-2,2	-3,3	1,1
41	22	1,6	0,2	-1,2	-2,6	-4,0	1,4
48	23	1,3	0,1	-1,1	-2,3	-3,5	1,2
48	24	1,3	-0,2	-1,5	-2,8	-4,1	1,3
46	25	1,5	0,1	-1,3	-2,7	-4,1	1,4
41	26	1,3	-0,1	-1,5	-2,9	-4,3	1,4
42	27	1,4	0,2	-1,0	-2,2	-3,4	1,2
41	28	0,8	-0,2	-1,2	-2,2	-3,2	1,0
41	29	2,0	0,4	-1,2	-2,8	-4,4	1,6
43	30	1,5	0,1	-1,3	-2,7	-4,1	1,4

Tab.9: Änderung der venösen Bicarbonationenkonzentration in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

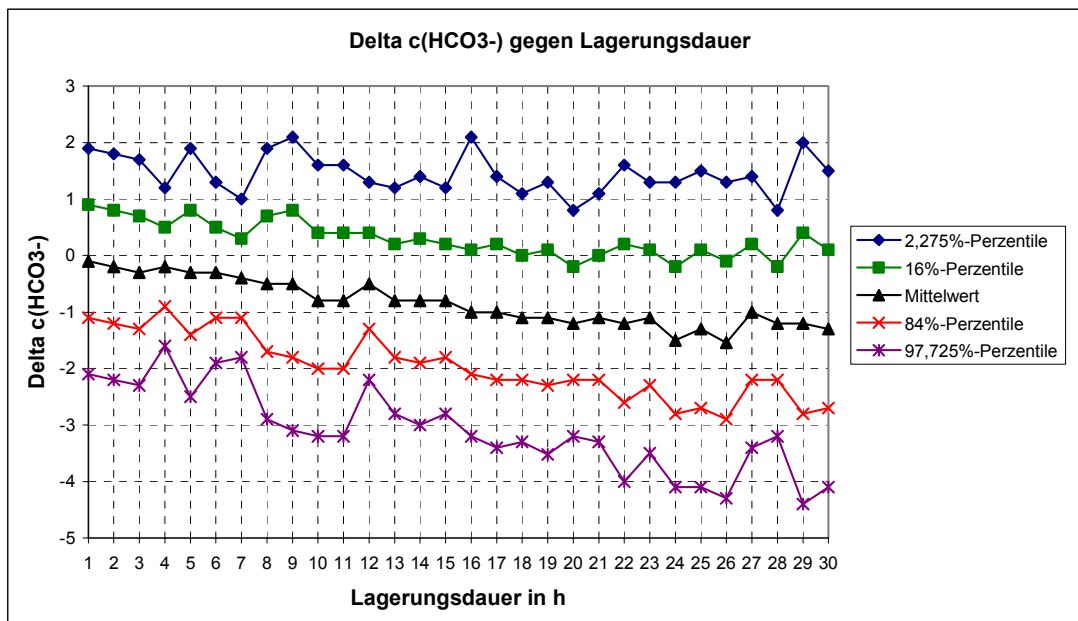


Abb.15: Änderung der venösen Bicarbonationenkonzentration in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

Auf eine prospektive und retrospektive Prüfung der Bicarbonationenkonzentrationen wurde unter Berücksichtigung der sehr geringen Änderungen gegenüber dem Ausgangswert $c(\text{HCO}_3^-)(0\text{h})$ verzichtet.

3.5 Die Standardbicarbonatkonzentration SBC in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Die Abhängigkeit des SBC von der Lagerungsdauer der Probe ist in den folgenden Tabellen und Abbildungen dargestellt.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
77	0	15,4	17,5	19,6	21,7	23,8	2,1
61	1	14,2	16,5	18,8	21,1	23,4	2,3
57	2	13,9	16,1	18,3	20,5	22,7	2,2
59	3	13,8	15,9	18,0	20,1	22,2	2,1
52	4	13,8	15,7	17,6	19,5	21,4	1,9
51	5	12,5	14,7	16,9	19,1	21,3	2,2
53	6	12,8	14,7	16,6	18,5	20,4	1,9
49	7	12,1	14,0	15,9	17,8	19,7	1,9
41	8	11,7	13,7	15,7	17,7	19,7	2,0
41	9	10,6	12,8	15,0	17,2	19,4	2,2
41	10	10,6	12,5	14,4	16,3	18,2	1,9
41	11	9,6	11,8	14,0	16,2	18,4	2,2
41	12	9,9	11,9	13,9	15,9	17,9	2,0
40	13	9,5	11,4	13,3	15,2	17,1	1,9
41	14	9,1	11,2	13,3	15,4	17,5	2,1
44	15	9,1	11,0	12,9	14,8	16,7	1,9
40	16	8,8	10,9	13,0	15,1	17,2	2,1
47	17	8,6	10,7	12,8	14,9	17,0	2,1
48	18	8,7	10,5	12,3	14,1	15,9	1,8
46	19	8,4	10,3	12,2	14,1	16,0	1,9
55	20	7,9	9,8	11,7	13,6	15,5	1,9
48	21	8,1	9,9	11,7	13,5	15,3	1,8
41	22	7,5	9,4	11,3	13,2	15,1	1,9
48	23	7,9	9,7	11,5	13,3	15,1	1,8
48	24	7,8	9,6	11,4	13,2	15,0	1,8
46	25	7,3	9,2	11,1	13,0	14,9	1,9
41	26	7,1	9,1	11,1	13,1	15,1	2,0
42	27	7,2	9,2	11,2	13,2	15,2	2,0
41	28	7,2	9,0	10,8	12,6	14,4	1,8
41	29	7,2	9,1	11,0	12,9	14,8	1,9
43	30	7,3	9,2	11,1	13,0	14,9	1,9

Tab.10: Abhängigkeit des venösen SBC von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

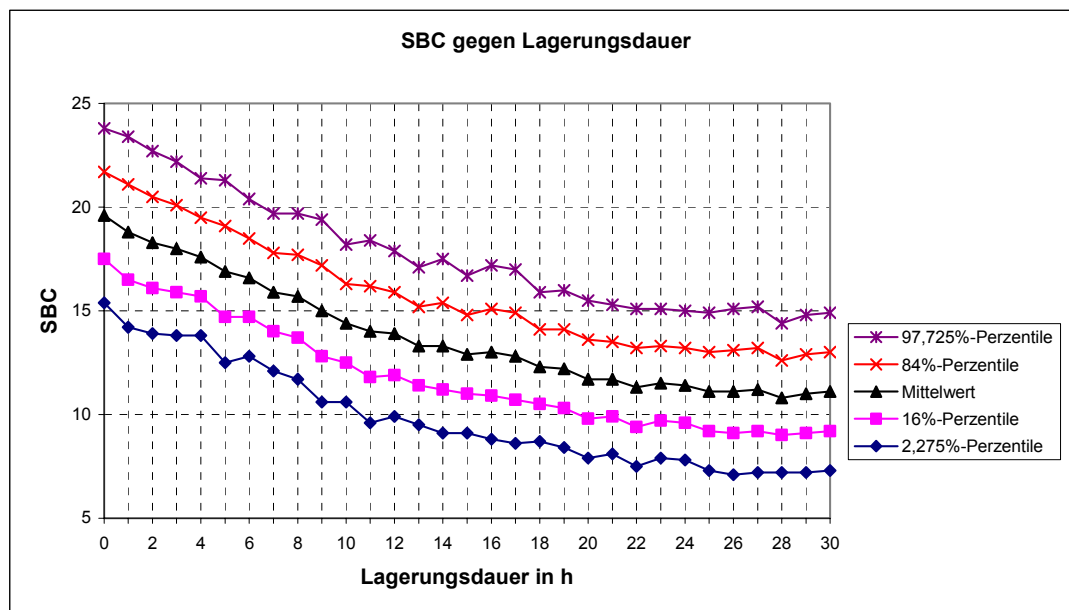


Abb.16: Abhängigkeit des venösen SBC von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

Anzahl	Lagerungs- dauer	2,275%- Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%- Perz.	Standabw.
61	1	1,0	0,2	-0,6	-1,4	-2,2	0,8
57	2	0,4	-0,4	-1,2	-2,0	-2,8	0,8
59	3	-0,1	-0,9	-1,7	-2,5	-3,3	0,8
52	4	-0,5	-1,5	-2,1	-2,7	-3,3	0,6
51	5	-0,8	-1,7	-2,6	-3,5	-4,4	0,9
53	6	-1,4	-2,2	-3,0	-3,8	-4,6	0,8
49	7	-1,6	-2,5	-3,4	-4,3	-5,2	0,9
41	8	-1,6	-2,7	-3,8	-4,9	-6,0	1,1
41	9	-1,9	-3,1	-4,3	-5,5	-6,7	1,2
41	10	-2,7	-3,8	-4,9	-6,0	-7,1	1,1
41	11	-2,8	-3,9	-5,0	-6,1	-7,2	1,1
41	12	-3,3	-4,3	-5,3	-6,3	-7,3	1,0
40	13	-3,5	-4,7	-5,9	-7,1	-8,3	1,2
41	14	-4,0	-5,2	-6,4	-7,6	-8,8	1,2
44	15	-4,0	-5,3	-6,6	-7,9	-9,2	1,3
40	16	-4,1	-5,5	-6,9	-8,3	-9,7	1,4
47	17	-4,3	-5,7	-7,1	-8,5	-9,9	1,4
48	18	-4,6	-6,0	-7,4	-8,8	-10,2	1,4
46	19	-4,9	-6,3	-7,7	-9,1	-10,5	1,4
55	20	-5,1	-6,4	-7,7	-9,0	-10,3	1,3
48	21	-5,5	-6,7	-7,9	-9,1	-10,3	1,2
41	22	-5,3	-6,7	-8,1	-9,5	-10,9	1,4
48	23	-6,0	-7,1	-8,2	-9,3	-10,4	1,1
48	24	-6,0	-7,3	-8,6	-9,9	-11,2	1,3
46	25	-5,9	-7,2	-8,5	-9,8	-11,1	1,3
41	26	-6,2	-7,5	-8,8	-10,1	-11,4	1,3
42	27	-5,9	-7,2	-8,5	-9,8	-11,1	1,3
41	28	-6,0	-7,3	-8,6	-9,9	-11,2	1,3
41	29	-5,9	-7,3	-8,7	-10,1	-11,5	1,4
43	30	-5,9	-7,3	-8,7	-10,1	-11,5	1,4

Tab.11: Änderung des venösen SBC in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

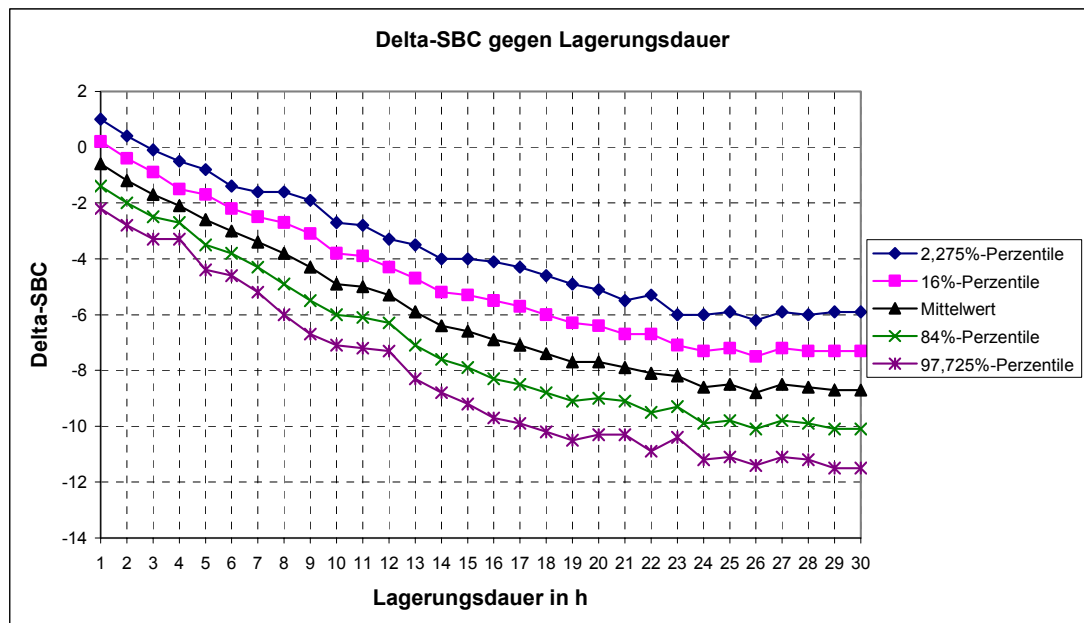


Abb. 17: Änderung des venösen SBC in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

3.5.1 Prospektive Prüfung des SBC

Die auch hier 15 Proben starke venöse Stichprobe erreichte nach vier Stunden einen Mittelwert von $17,4 \pm 1,7$ mmol/l. Aus der Bezugsmeßreihe wurde ein Wert von $17,6 \pm 1,9$ mmol/l ermittelt ($p = 0,7095$).

Nach acht Stunden lag der T-Test bei einem Wert von $p= 0,9776$ (nicht signifikant), wobei ein Wert von $15,7 \pm 2,0$ mmol/l zu erwarten war und in der Stichprobe ein Wert von $15,7 \pm 1,6$ mmol/l gemessen wurde.

Eine größere, wenn auch nicht signifikante Abweichung vom erwarteten Wert zeigte die Stichprobe nach zwölf Stunden. Einem erwarteten Wert von $13,9 \pm 2,0$ mmol/l stand ein gemessener von $14,5 \pm 1,4$ mmol/l gegenüber ($p= 0,2334$).

Nach 16 Stunden näherten sich der erwartete und der gemessene Wert wieder an, $13,0 \pm 2,1$ mmol/l aus der Bezugsmeßreihe standen $12,9 \pm 2,2$ mmol/l aus der Stichprobe gegenüber ($p= 0,9228$). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.12 des Anhanges dargestellt.)

3.5.2 Prospektive Prüfung der SBC-Abweichung von Ausgangswert SBC (0h)

Neben der 15 Proben starken venösen Stichprobe wurden auch zehn arterielle Stichproben geprüft. Bei einem erwarteten Δ SBC von $-2,1 \pm 0,6$ mmol/l nach vier Stunden resultieren für venöse Proben ein Mittelwert von $-1,8 \pm 0,7$ mmol/l und für arterielle $-2,0 \pm 0,7$ mmol/l ($p= 0,2505$ für venöse, $p= 0,6141$ für arterielle Proben.)

Nach acht Stunden lag der erwartete Abfall des SBC bei $-3,8 \pm 1,1$ mmol/l, für venöse Proben gemessen wurden $-3,2 \pm 0,5$ mmol/l: Für arterielle Proben wurden $-4,2 \pm 0,6$ mmol/l ermittelt ($p= 0,0030$ (signifikant) für venöse und $p= 0,1542$ für arterielle Proben).

Nach zwölf Stunden ließen sich die vorgegebenen Werte schlecht durch venöse Stichproben reproduzieren, während sich die arteriellen wieder der Bezugsmeßreihe näherten: erwartet wurde ein Δ SBC von $-5,3 \pm 1,0$ mmol/l. Für venöse respektive arterielle Proben gemessen wurden hingegen $-4,3 \pm 0,9$ mmol/l beziehungsweise $-5,4 \pm 0,8$ mmol/l ($p= 0,0010$ (signifikant, venös) und $p= 0,9365$, arteriell).

Dieser Trend setzte sich auch 16 Stunden nach der Geburt fort. Bei erwarteten Abweichungen vom Ausgangswert von $-6,9 \pm 1,4$ mmol/l resultierte für venöse Proben ein Mittelwert von $-5,9 \pm 2,0$ mmol/l ($p= 0,1055$) und für arterielle Proben $-6,9 \pm 1,1$ mmol/l ($p= 0,9726$). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.13 des Anhanges dargestellt.)

3.5.3 Rückrechnung des SBC

Die Rückrechnung erfolgte mittels der 15 Proben starken venösen und der zehn Proben starken arteriellen Stichprobe. Nach der Formel $SBC(0h) = SBC(xh) - \Delta SBC(xh)$ errechnete Werte wurden mit den aus der Bezugsmeßreihe entnommenen Werten durch den T-Test auf signifikante Unterschiede geprüft. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.14 des Anhanges dargestellt.)

3.5.3.1 Venöse Proben

Nach vier Stunden lag der Mittelwert der SBC bei $17,4 \pm 1,6$ mmol/l. Auf den Ausgangswert zurückgerechnet mit Δ SBC= $-2,1 \pm 0,6$ mmol/l erwartet man einen Wert für SBC (0h) von $19,5 \pm 1,6$ mmol/l. Gemessen wurde hingegen ein Wert von $19,3 \pm 1,7$ mmol/l ($p= 0,2129$).

Signifikant wich der errechnete Wert SBC (0h) = $19,5 \pm 1,6$ mmol/l (aus SBC (8h)= $15,7 \pm 1,6$ mmol/l und Δ SBC $-3,8 \pm 1,1$ mmol/l) vom gemessenen Mittelwert für SBC (0h) von $19,0 \pm 1,6$ mmol/l nach acht Stunden ab ($p= 0,0002$).

Eine signifikante Abweichung der gemessenen von den errechneten Werten ergab sich auch nach zwölf Stunden ($p= 0,0011$). Aus dem Mittelwert von SBC (12h) von $14,5 \pm 1,5$ mmol/l und Δ SBC von $-5,3 \pm 1,0$ mmol/l errechnete sich ein SBC (0h) von $19,8 \pm 1,4$ mmol/l. Die gemessenen Werte beliefen sich hingegen auf einen Mittelwert von $18,8 \pm 1,5$ mmol/l.

Nach 16 Stunden errechnete sich aus SBC (16h)= $12,9 \pm 2,1$ mmol/l und Δ SBC= $-6,9 \pm 1,4$ mmol/l ein erwarteter Wert für SBC (0h) von $19,8 \pm 2,1$ mmol/l. Der gemessene Mittelwert lag dagegen bei $18,8 \pm 2,2$ mmol/l ($p= 0,0867$).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,7 mmol/l, nach acht Stunden bei 0,6 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 1,2 mmol/l und nach 16 Stunden bei 1,8 mmol/l.

3.5.3.2 Arterielle Proben

Zu allen erfaßten Zeitpunkten zeigte das zurückgerechnete arterielle SBC eine geringere Abweichung vom gemessenen als das venöse Pendant, dokumentiert durch höhere Werte für p im T-Test.

Im einzelnen lag nach vier Stunden der gemessene Mittelwert für SBC (4h) bei $16,8 \pm 1,5$ mmol/l, bei einer Abweichung von Δ SBC von $-2,1 \pm 0,6$ mmol/l errechnete sich ein SBC (0h) von $18,9 \pm 1,5$ mmol/l. Die gemessenen Werte lieferten im Durchschnitt hingegen $18,8 \pm 1,6$ mmol/l ($p= 0,5834$).

Acht Stunden post partum reduzierte sich das SBC auf $14,4 \pm 1,7$ mmol/l, nach Rückrechnung mit einer Abweichung von $-3,8 \pm 1,1$ mmol/l erhält man einen erwarteten Wert für SBC (0h) von $18,2 \pm 1,8$ mmol/l, die Messung ergab aber $18,6 \pm 1,5$ mmol/l ($p= 0,0610$).

Nach zwölf Stunden lag das SBC bei $13,2 \pm 2,4$ mmol/l, Δ SBC bei $-5,3 \pm 1,0$ mmol/l, für SBC (0h) errechnete sich somit $18,5 \pm 2,4$ mmol/l. Dem stand ein gemessener Mittelwert von $18,6 \pm 1,8$ mmol/l gegenüber ($p= 0,8061$).

16 Stunden nach der Geburt errechnete sich aus SBC (16h)= $12,2 \pm 2,0$ mmol/l und Δ SBC= $-6,9 \pm 1,4$ mmol/l ein SBC (0h) von $19,1 \pm 2,0$ mmol/l. Dagegen wurden $19,0 \pm 1,7$ mmol/l gemessen ($p= 0,9351$).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,7 mmol/l, nach acht Stunden bei 0,7 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 0,7 mmol/l und nach 16 Stunden bei 0,9 mmol/l.

Nach zwölf und 16 Stunden wichen die arteriellen und die venösen Differenzen signifikant voneinander ab, jedoch nicht nach vier und acht Stunden ($p= 0,4564$ nach vier, $0,3233$ nach acht, $0,0171$ nach zwölf und $0,0136$ nach 16 Stunden).

3.5.3.3 Rückrechnung des SBC mittels Referenzintervallen

Bei der Rückrechnung des SBC mittels Referenzintervallen wurden folgende Intervalle definiert:

Untergrenze: $SBC(0h) = SBC(xh) - \Delta SBC(xh) - \text{Standardabweichung des } \Delta SBC$

Obergrenze: $SBC(0h) = SBC(xh) - \Delta SBC(xh) + \text{Standardabweichung des } \Delta SBC$

Die Intervalle sind in Tabelle 7.15 des Anhanges dargestellt.

Innerhalb der gegebenen Grenzen lagen bei venösen Proben zehn von 15 Einzelwerten nach vier, 14 von 15 nach acht, fünf von 15 nach zwölf und sieben von 15 nach 16 Stunden. Bei arteriellen Proben lagen nach vier Stunden sechs von zehn, nach acht Stunden neun von zehn, nach zwölf Stunden sieben von zehn und nach 16 Stunden acht von zehn Einzelwerten innerhalb der gegebenen Grenzen. In einem 95%-Konfidenzintervall lagen zwölf von 15 venösen Stichproben nach vier Stunden, alle 15 nach acht, 14 von 15 nach zwölf und 13 von 15 Proben nach 16 Stunden. Zu allen Zeitpunkten lagen alle arterielle Proben innerhalb des 95%-Intervalles.

3.6 Der aktuelle Basenüberschuß ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Der aktuelle Basenüberschuß ließ einen gleichmäßigen Abfall in den ersten 20 Stunden erkennen. In den folgenden Tabellen und Abbildungen sei dies illustriert.

Anzahl	Zeit p.p. in h	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
77	0	-9,6	-7,0	-4,4	-1,8	0,8	2,6
61	1	-11,1	-8,2	-5,3	-2,4	0,5	2,9
57	2	-11,6	-8,8	-6,0	-3,2	-0,4	2,8
59	3	-12,6	-9,4	-6,2	-3,0	0,2	3,2
52	4	-11,9	-9,4	-6,9	-3,4	-1,9	2,5
51	5	-13,6	-10,7	-7,8	-4,9	-2,0	2,9
53	6	-13,5	-10,9	-8,3	-5,7	-2,7	2,6
49	7	-14,3	-11,7	-9,1	-6,5	-3,7	2,6
41	8	-15,0	-12,2	-9,4	-6,6	-3,6	2,8
41	9	-17,1	-13,8	-10,5	-7,2	-3,9	3,3
41	10	-17,1	-14,2	-11,3	-8,4	-5,5	2,9
41	11	-18,7	-15,3	-11,9	-8,5	-5,1	3,4
41	12	-18,1	-15,1	-12,1	-9,1	-6,1	3,0
40	13	-18,8	-15,9	-13,0	-10,1	-7,2	2,9
41	14	-19,6	-16,3	-13,0	-9,7	-6,4	3,3
44	15	-19,6	-16,6	-13,6	-10,6	-7,6	3,0
40	16	-20,0	-16,7	-13,4	-10,1	-6,8	3,3
47	17	-20,9	-17,4	-13,9	-10,4	-6,9	3,5
48	18	-20,6	-17,6	-14,6	-11,6	-8,6	3,0
46	19	-21,1	-17,9	-14,7	-11,5	-8,3	3,2
55	20	-21,7	-18,5	-15,3	-12,1	-8,9	3,2
48	21	-21,8	-18,6	-15,4	-12,2	-9,0	3,2
41	22	-23,0	-19,6	-16,2	-12,8	-9,4	3,4
48	23	-22,3	-19,1	-15,9	-12,7	-9,5	3,2
48	24	-22,3	-19,3	-16,0	-12,7	-9,4	3,3
46	25	-23,4	-20,0	-16,6	-13,2	-9,8	3,4
41	26	-23,8	-20,2	-16,6	-13,0	-9,4	3,6
42	27	-23,6	-20,0	-16,4	-12,8	-9,2	3,6
41	28	-23,4	-20,2	-17,0	-13,8	-10,6	3,2
41	29	-23,7	-20,2	-16,7	-13,2	-9,7	3,5
43	30	-23,4	-20,0	-16,6	-13,2	-9,8	3,4

Tab.12: venöser ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

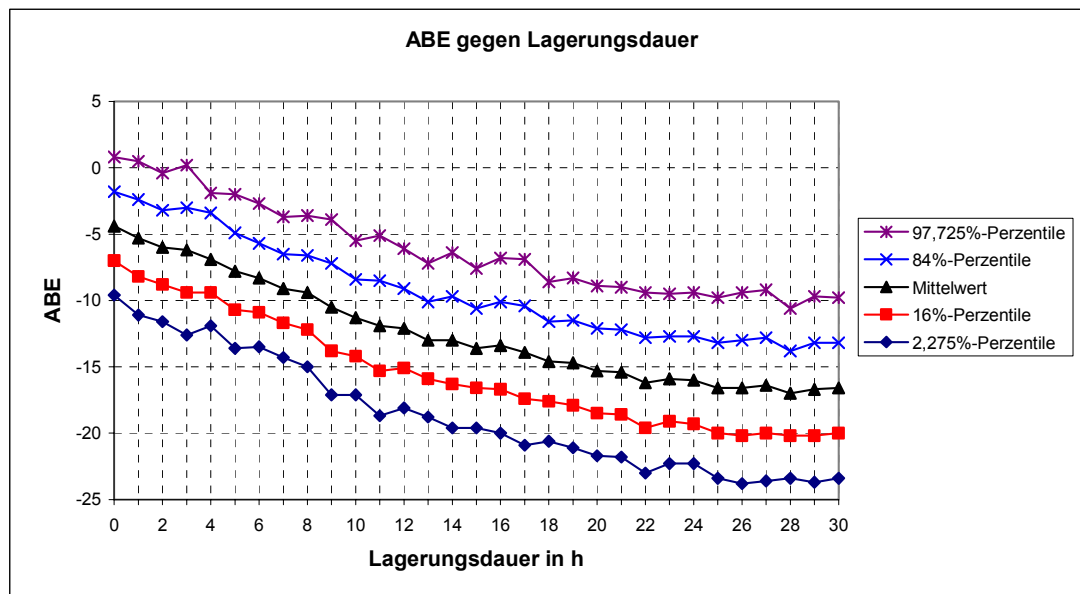


Abb.18: venöser ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

Anzahl	Lagerungs-dauer	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
61	1	1,6	0,4	-0,8	-2,0	-3,2	1,2
57	2	0,7	-0,4	-1,5	-2,6	-3,7	1,1
59	3	0,1	-1,0	-2,1	-3,2	-4,3	1,1
52	4	-1,1	-1,9	-2,7	-3,5	-4,3	0,8
51	5	-0,8	-2,1	-3,4	-4,7	-6,0	1,3
53	6	-2,1	-3,0	-3,9	-4,8	-5,7	0,9
49	7	-2,3	-3,4	-4,5	-5,6	-6,7	1,1
41	8	-1,9	-3,5	-5,1	-6,7	-8,3	1,6
41	9	-2,4	-4,1	-5,8	-7,5	-9,2	1,7
41	10	-3,2	-4,9	-6,6	-8,3	-10,0	1,7
41	11	-3,3	-5,1	-6,9	-8,7	-10,5	1,8
41	12	-4,5	-5,9	-7,3	-8,7	-10,1	1,4
40	13	-5,1	-6,6	-8,1	-9,6	-11,1	1,5
41	14	-5,3	-7,0	-8,7	-10,4	-12,1	1,7
44	15	-5,6	-7,4	-9,2	-11,0	-12,8	1,8
40	16	-5,4	-7,5	-9,6	-11,7	-13,8	2,1
47	17	-5,6	-7,7	-9,8	-11,9	-14,0	2,1
48	18	-6,3	-8,3	-10,3	-12,3	-14,3	2,0
46	19	-6,5	-8,6	-10,7	-12,8	-14,9	2,1
55	20	-6,8	-8,9	-11,0	-13,1	-15,2	2,1
48	21	-7,2	-9,2	-11,2	-13,2	-14,2	2,0
41	22	-6,9	-9,3	-11,7	-14,1	-16,5	2,4
48	23	-8,0	-9,8	-11,6	-13,4	-15,2	1,8
48	24	-7,7	-9,9	-12,1	-14,3	-16,5	2,2
46	25	-7,8	-10,0	-12,2	-14,4	-16,6	2,2
41	26	-7,9	-10,2	-12,5	-14,8	-17,1	2,3
42	27	-7,5	-9,8	-12,1	-14,4	-16,7	2,3
41	28	-8,6	-10,5	-12,4	-14,3	-16,2	1,9
41	29	-7,6	-10,0	-12,4	-14,8	-17,2	2,4
43	30	-8,1	-10,3	-12,5	-14,7	-16,9	2,2

Tab.13: Änderung des venösen ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

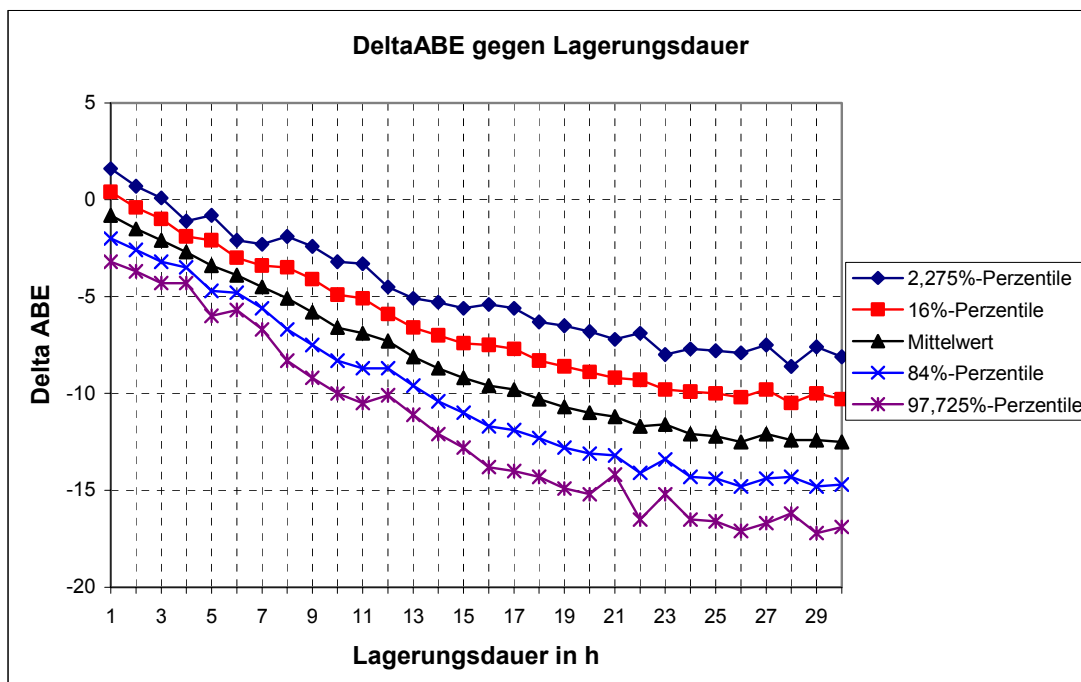


Abb.19: Änderung des venösen ABE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

3.6.1 Prospektive Prüfung des ABE

Die mittels der 15 Proben starken venösen Stichprobe durchgeführten Prüfung zeigte zu keinem der untersuchten Zeitpunkte eine signifikante Abweichung der Stichprobe von der Bezugsmeßreihe. Im

einzelnen erhielt man nach vier Stunden einen Mittelwert der Stichprobe von $-7,1 \pm 2,1$ mmol/l. Dieser stand einem erwarteten Wert von $-6,9 \pm 2,5$ mmol/l entgegen ($p= 0,6652$).

Nach acht Stunden fiel der Mittelwert der Bezugsmeßreihe auf $-9,4 \pm 2,8$ mmol/l ab, in der Stichprobe auf $-9,6 \pm 2,1$ mmol/l ($p= 0,7633$).

Zwölf Stunden nach der Geburt reduzierte sich der Wert der Stichprobe auf $-11,4 \pm 2,0$ mmol/l, während $-12,1 \pm 3,0$ mmol/l zu erwarten waren ($p= 0,3650$).

Nach 16 Stunden standen $-13,4 \pm 3,3$ mmol/l aus der Bezugsmeßreihe $-13,9 \pm 3,6$ mmol/l aus der Stichprobe gegenüber ($p= 0,6972$). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.16 des Anhanges dargestellt.)

3.6.2 Prospektive Prüfung der Abweichung des ABE vom Ausgangswert ABE (0h)

Die Prüfung der vorgegebenen Abweichungen des ABE vom Ausgangswert erfolgte gegen eine venöse Stichprobe von 15 Einzelproben und gegen eine arterielle Stichprobe der Stärke von zehn Proben. Nach vier Stunden sollte sich der ABE um $-2,7 \pm 0,8$ mmol/l ändern, die venöse Stichprobe ergab $-2,4 \pm 1,0$ mmol/l, die arterielle $-2,8 \pm 0,8$ mmol/l ($p= 0,3802$ für venöse und $p= 0,7897$ für arterielle Proben).

Nach acht Stunden wurden $-5,1 \pm 1,6$ mmol/l erwartet, gemessen wurden $-4,4 \pm 0,6$ mmol/l beziehungsweise $-6,0 \pm 1,0$ mmol/l für venöse respektive arterielle Proben. Die venöse Stichprobe wich signifikant von der Bezugsmeßreihe ab ($p= 0,0305$ für venöse und $p= 0,0559$ für arterielle Proben).

Nach zwölf Stunden entfernte sich die venöse Stichprobe weiter von den vorgegebenen Werten, während sich die arterielle Probe wieder an die Vorgabe annäherte: Lag der erwartete Wert noch bei $-7,3 \pm 1,4$ mmol/l, so maß man für venöse Proben $-6,0 \pm 1,3$ mmol/l und für arterielle Proben $-7,8 \pm 1,6$ mmol/l ($p= 0,0034$ für venöse Proben, signifikant, $p= 0,4097$ für arterielle Proben).

16 Stunden nach der Geburt war der ABE um $-9,6 \pm 2,1$ mmol/l abgefallen, die venöse Stichprobe lag bei $-8,4 \pm 2,8$ mmol/l, die arterielle bei $-10,0 \pm 2,0$ mmol/l ($p= 0,1587$ für venöse Proben und $p= 0,6378$ für arterielle Proben). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.17 des Anhanges dargestellt.)

3.6.3 Rückrechnung des ABE

Die Rückrechnung erfolgte durch Vergleich der zurückgerechneten Werte für ABE (0h) mit den tatsächlich gemessenen. Zurückgerechnet wurde nach der Formel:

$$\text{ABE (0h)} = \text{ABE (xh)} - \Delta\text{ABE (xh)}.$$

(Einzelwerte sind in Tabelle 7.18 des Anhanges dargestellt.)

3.6.3.1 Venöse Proben

Nach vier Stunden ergaben sich folgende Werte: Erwartet wurde, errechnet aus $\text{ABE (4h)} = -7,1 \pm 2,0$ mmol/l und $\Delta\text{ABE} = -2,7 \pm 0,8$ mmol/l, ein Wert $\text{ABE(0h)} = -4,4 \pm 2,0$ mmol/l. Gemessen wurde ein Mittelwert von $-4,7 \pm 2,1$ mmol/l ($p= 0,2959$).

Acht Stunden post partum errechnete sich ein ABE (0h) von $-4,5 \pm 2,1$ mmol/l aus $\text{ABE (8h)} =$

$-9,6 \pm 2,1$ mmol/l und $\Delta ABE = -5,1 \pm 1,6$ mmol/l. Gemessen wurde durchschnittlich ein ABE (0h) von $-5,2 \pm 1,9$ mmol/l ($p = 0,0008$).

Nach zwölf Stunden maß man für ABE (12h) von $-11,4 \pm 1,9$ mmol/l, für ΔABE sind $-7,3 \pm 1,4$ mmol/l gegeben, es errechnete sich ABE (0h) von $-4,1 \pm 1,9$ mmol/l. Die gemessenen Werte für ABE (0h) ergaben $-5,4 \pm 1,9$ mmol/l ($p = 0,0019$, signifikant).

Nach 16 Stunden errechnete sich ABE (0h) mit $-4,3 \pm 3,5$ mmol/l (aus ABE (16h) = $-13,9 \pm 3,5$ mmol/l und ΔABE (16h) = $-9,6 \pm 2,1$ mmol/l). Gemessen wurde hingegen ABE (0h) mit $-5,5 \pm 2,7$ mmol/l ($p = 0,1271$).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,8 mmol/l, nach acht Stunden bei 0,9 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 1,7 mmol/l und nach 16 Stunden bei 2,6 mmol/l.

3.6.3.2 Arterielle Proben

Vier Stunden nach der Geburt lag für arterielle Proben der ABE (4h) bei $-8,0 \pm 2,1$ mmol/l, ΔABE bei $-2,7 \pm 0,8$ mmol/l und ABE (0h) als errechneter Wert bei $-5,3 \pm 2,1$ mmol/l ($p = 0,8487$).

Nach acht Stunden erhielt man einen ABE (8h) von $-11,4 \pm 2,6$ mmol/l, ΔABE ist mit $-5,1 \pm 1,6$ mmol/l vorgegeben, daraus errechnete sich ein ABE (0h) von $-6,3 \pm 2,6$ mmol/l. Die gemessenen Werte ergaben einen Mittelwert von $-5,4 \pm 2,0$ mmol/l ($p = 0,0328$, signifikant).

Bei einem gemessenen ABE (12h) von $-13,2 \pm 3,8$ mmol/l und einer Vorgabe für ΔABE von $-7,3 \pm 1,4$ mmol/l errechnete sich nach zwölf Stunden ABE (0h) mit $-6,0 \pm 3,8$ mmol/l. Die Messung ergab hingegen einen Mittelwert für ABE (0h) von $-5,4 \pm 2,4$ mmol/l ($p = 0,3217$).

Auch nach 16 Stunden zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen errechneten und gemessenen Werten für ABE (0h) ($p = 0,6146$). Aus ABE (16h) = $-14,7 \pm 3,6$ mmol/l und $\Delta ABE = -9,6 \pm 2,1$ mmol/l errechnete sich ABE (0h) = $-5,1 \pm 3,6$ mmol/l, dem stand ein gemessener Mittelwert von $-4,7 \pm 2,4$ mmol/l gegenüber.

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,8 mmol/l, nach acht Stunden bei 1,1 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 1,5 mmol/l und nach 16 Stunden bei 1,8 mmol/l.

Zu den Zeitpunkten vier, acht und zwölf Stunden ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen arteriellen und venösen Proben ($p = 0,4466$ nach vier, $0,2103$ nach acht und $0,2760$ nach zwölf Stunden). Nach 16 Stunden differierten die arteriellen und die venösen Abweichungen jedoch signifikant ($p = 0,0802$).

3.6.3.3 Rückrechnung des ABE mittels Referenzintervallen

Definiert wurde ein Intervall, innerhalb dessen die gemessenen Werte für ABE (0h) liegen sollten. Die Grenzen wurden folgendermaßen festgelegt:

Untergrenze: $ABE(0h) = ABE(xh) - \Delta ABE(xh) - \text{Standardabweichung von } \Delta ABE(xh)$

Obergrenze: $ABE(0h) = ABE(xh) - \Delta ABE(xh) + \text{Standardabweichung von } \Delta ABE(xh)$

Die Intervalle sind in Tabelle 7.19 des Anhanges dargestellt.

Innerhalb dieser Grenzen lagen nach vier Stunden zwölf von 15 venösen und fünf von zehn arteriellen Werten. Nach acht Stunden lagen 14 von 15 venösen und acht von zehn arteriellen Proben innerhalb des Intervalles. Nur noch fünf von 15 venösen und sechs von zehn arteriellen Proben erfüllten die Kriterien nach zwölf Stunden. Schließlich lagen innerhalb des Intervalles noch sechs von 15 venösen und sechs von zehn arteriellen Proben nach 16 Stunden.

Im weiter gefaßten 95%-Intervall liegen nach vier Stunden zwölf venöse und neun arterielle Werte, nach acht Stunden alle venösen und arteriellen Stichproben, nach zwölf Stunden 14 venöse und neun arterielle und nach 16 Stunden 13 venöse und zehn arterielle Proben.

3.7. Der Serum-Basenüberschuß SBE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer

Der Basenüberschuß in der extrazellulären Flüssigkeit, also im Serum, SBE zeigte einen ähnlichen zeitabhängigen Verlauf wie der aktuelle Basenüberschuß. Dies ist im folgenden tabellarisch und als Abbildung dargestellt.

Anzahl	Zeit p.p.	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
77	0	-9,6	-7,0	-4,4	-1,8	0,8	2,6
61	1	-11,1	-8,2	-5,3	-2,4	0,5	2,9
57	2	-11,6	-8,8	-6,0	-3,2	-0,4	2,8
59	3	-12,6	-9,4	-6,2	-3,0	0,2	3,2
52	4	-11,9	-9,4	-6,9	-3,4	-1,9	2,5
51	5	-13,6	-10,7	-7,8	-4,9	-2,0	2,9
53	6	-13,5	-10,9	-8,3	-5,7	-2,7	2,6
49	7	-14,3	-11,7	-9,1	-6,5	-3,7	2,6
41	8	-15,0	-12,2	-9,4	-6,6	-3,6	2,8
41	9	-17,1	-13,8	-10,5	-7,2	-3,9	3,3
41	10	-17,1	-14,2	-11,3	-8,4	-5,5	2,9
41	11	-18,7	-15,3	-11,9	-8,5	-5,1	3,4
41	12	-18,1	-15,1	-12,1	-9,1	-6,1	3,0
40	13	-18,8	-15,9	-13,0	-10,1	-7,2	2,9
41	14	-19,6	-16,3	-13,0	-9,7	-6,4	3,3
44	15	-19,6	-16,6	-13,6	-10,6	-7,6	3,0
40	16	-20,0	-16,7	-13,4	-10,1	-6,8	3,3
47	17	-20,9	-17,4	-13,9	-10,4	-6,9	3,5
48	18	-20,6	-17,6	-14,6	-11,6	-8,6	3,0
46	19	-21,1	-17,9	-14,7	-11,5	-8,3	3,2
55	20	-21,7	-18,5	-15,3	-12,1	-8,9	3,2
48	21	-21,8	-18,6	-15,4	-12,2	-9,0	3,2
41	22	-23,0	-19,6	-16,2	-12,8	-9,4	3,4
48	23	-22,3	-19,1	-15,9	-12,7	-9,5	3,2
48	24	-22,3	-19,3	-16,0	-12,7	-9,4	3,3
46	25	-23,4	-20,0	-16,6	-13,2	-9,8	3,4
41	26	-23,8	-20,2	-16,6	-13,0	-9,4	3,6
42	27	-23,6	-20,0	-16,4	-12,8	-9,2	3,6
41	28	-23,4	-20,2	-17,0	-13,8	-10,6	3,2
41	29	-23,7	-20,2	-16,7	-13,2	-9,7	3,5
43	30	-23,4	-20,0	-16,6	-13,2	-9,8	3,4

Tab. 14: Abhängigkeit des venösen SBE von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

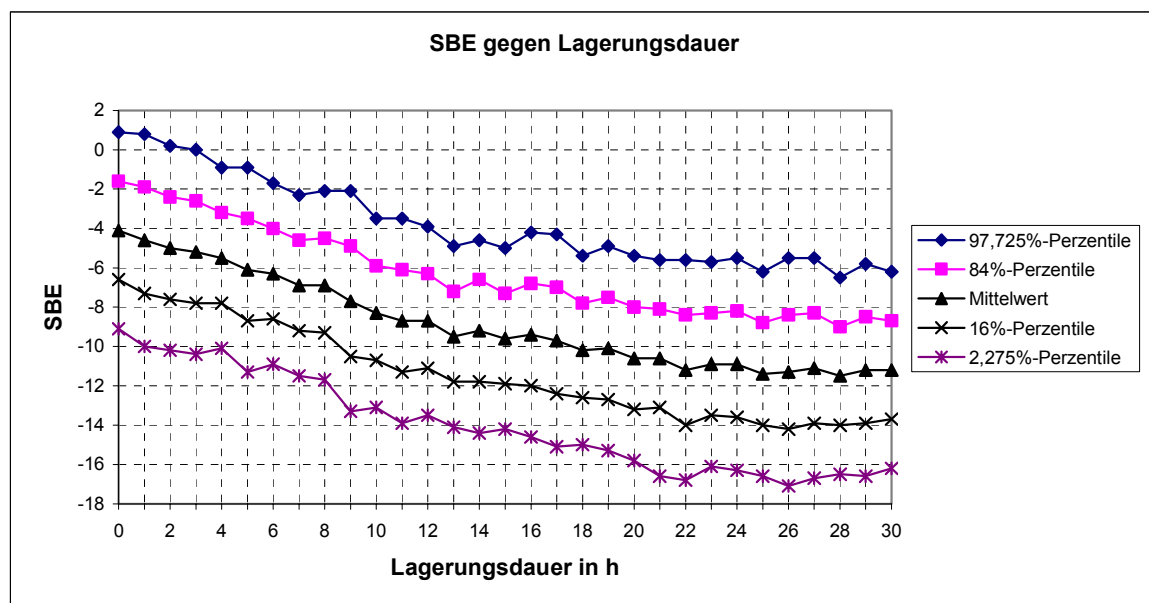


Abb.20: Abhängigkeit des venösen SBE von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

Anzahl	Zeit p.p.	2,275%-Perz.	16%-Perz.	Mittelwert	84%-Perz.	97,725%-Perz.	Standabw.
61	1	1,6	0,4	-0,8	-2,0	-3,2	1,2
57	2	0,7	-0,4	-1,5	-2,6	-3,7	1,1
59	3	0,1	-1,0	-2,1	-3,2	-4,3	1,1
52	4	-1,1	-1,9	-2,7	-3,5	-4,3	0,8
51	5	-0,8	-2,1	-3,4	-4,7	-6,0	1,3
53	6	-2,1	-3,0	-3,9	-4,8	-5,7	0,9
49	7	-2,3	-3,4	-4,5	-5,6	-6,7	1,1
41	8	-1,9	-3,5	-5,1	-6,7	-8,3	1,6
41	9	-2,4	-4,1	-5,8	-7,5	-9,2	1,7
41	10	-3,2	-4,9	-6,6	-8,3	-10,0	1,7
41	11	-3,3	-5,1	-6,9	-8,7	-10,5	1,8
41	12	-4,5	-5,9	-7,3	-8,7	-10,1	1,4
40	13	-5,1	-6,6	-8,1	-9,6	-11,1	1,5
41	14	-5,3	-7,0	-8,7	-10,4	-12,1	1,7
44	15	-5,6	-7,4	-9,2	-11,0	-12,8	1,8
40	16	-5,4	-7,5	-9,6	-11,7	-13,8	2,1
47	17	-5,6	-7,7	-9,8	-11,9	-14,0	2,1
48	18	-6,3	-8,3	-10,3	-12,3	-14,3	2,0
46	19	-6,5	-8,6	-10,7	-12,8	-14,9	2,1
55	20	-6,8	-8,9	-11,0	-13,1	-15,2	2,1
48	21	-7,2	-9,2	-11,2	-13,2	-14,2	2,0
41	22	-6,9	-9,3	-11,7	-14,1	-16,5	2,4
48	23	-8,0	-9,8	-11,6	-13,4	-15,2	1,8
48	24	-7,7	-9,9	-12,1	-14,3	-16,5	2,2
46	25	-7,8	-10,0	-12,2	-14,4	-16,6	2,2
41	26	-7,9	-10,2	-12,5	-14,8	-17,1	2,3
42	27	-7,5	-9,8	-12,1	-14,4	-16,7	2,3
41	28	-8,6	-10,5	-12,4	-14,3	-16,2	1,9
41	29	-7,6	-10,0	-12,4	-14,8	-17,2	2,4
43	30	-8,1	-10,3	-12,5	-14,7	-16,9	2,2

Tab.15: Änderung des venösen SBE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

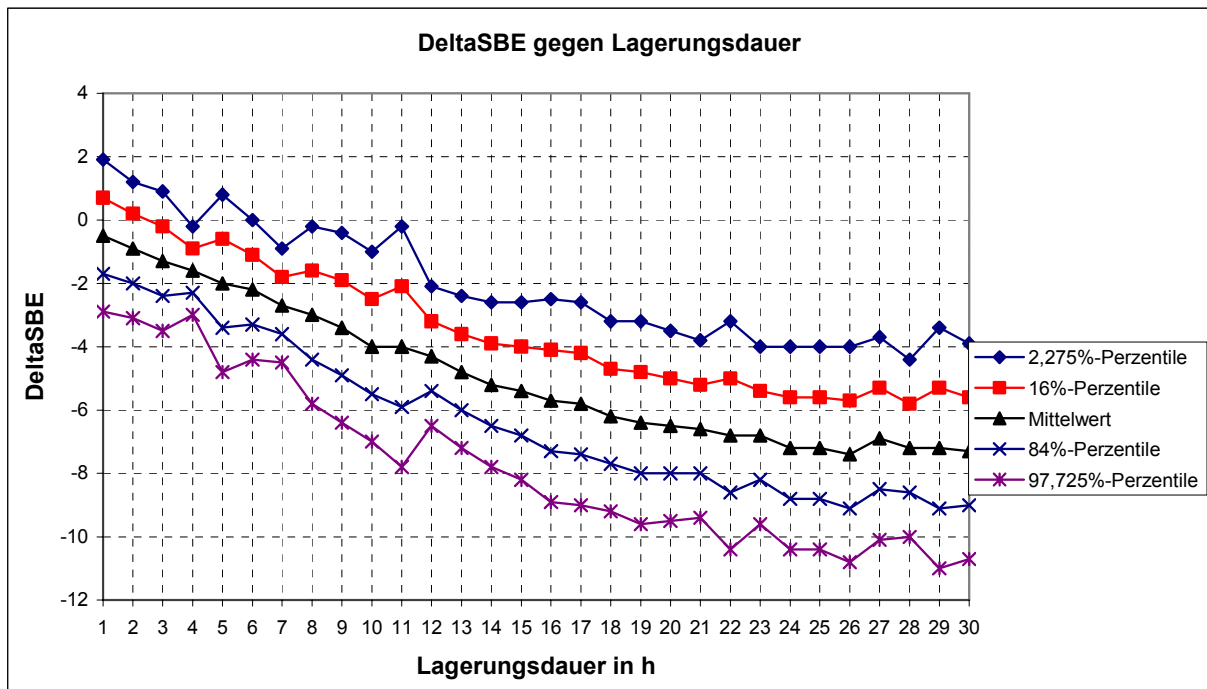


Abb.21: Änderung des venösen SBE in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer, Angaben in mmol/l

3.7.1 Prospektive Prüfung des SBE

Der Vergleich der Ergebnisse der Bezugsmeßreihe mit der venösen Stichprobe erbrachte folgende Ergebnisse:

Nach vier Stunden erwartete man einen Wert von $-5,5 \pm 2,3$ mmol/l, die Stichprobe maß sich mit einem Mittelwert von $-6,0 \pm 1,8$ mmol/l ($p= 0,4530$).

Nach acht Stunden reduzierte sich der erwartete Wert auf $-6,9 \pm 2,4$ mmol/l, die Stichprobe lag bei $-7,6 \pm 2,1$ mmol/l ($p= 0,3117$).

Zwölf Stunden post partum näherten sich beide Meßreihen gut aneinander an. Erwarteten Werten von $-8,7 \pm 2,4$ mmol/l standen gemessene $-8,8 \pm 1,5$ mmol/l gegenüber ($p= 0,9247$).

Auch nach 16 Stunden zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p= 0,2415$), wobei die Werte der beiden Meßreihen deutlich differierten: man erwartete $-9,4 \pm 2,6$ mmol/l und maß hingegen $-10,4 \pm 2,9$ mmol/l. (Einzelwerte sind in Tabelle 7.20 des Anhanges dargestellt.)

3.7.2 Prospektive Prüfung der Abweichung des SBE vom Ausgangswert

Der Vergleich der in der Bezugsmeßreihe ermittelten Abweichung des SBE vom Wert SBE (0h) mit der venösen und der arteriellen Stichprobe zeigte nach vier Stunden noch gute Näherung an die vorgegebenen Werte. Einem erwarteten Wert von $-1,6 \pm 0,7$ mmol/l stand ein venöser Mittelwert von $-1,5 \pm 1,1$ mmol/l und ein arterieller von $-1,6 \pm 1,0$ mmol/l gegenüber ($p= 0,8232$ für venöse und $p= 0,9784$ für arterielle Proben.)

Nach acht Stunden lag der erwartete Wert bei $-3,0 \pm 1,4$ mmol/l, gemessen wurden $-2,6 \pm 0,6$ mmol/l für venöse Proben und $-3,7 \pm 0,7$ mmol/l für arterielle ($p= 0,0812$ für venöse Proben und $p= 0,0513$ für arterielle).

Nach zwölf Stunden zeigte die venöse Stichprobe eine signifikante Abweichung von der Bezugsmeßreihe ($p= 0,0359$), während die arterielle über der Grenze der Signifikanz lag ($p= 0,1016$). Im einzelnen lag der theoretische Wert bei $-4,3 \pm 1,1$ mmol/l, der gemessene venöse bei $-3,6 \pm 0,9$ mmol/l und der gemessene arterielle bei $-4,9 \pm 0,9$ mmol/l.

16 Stunden nach der Geburt standen erwarteten $-5,7 \pm 1,6$ mmol/l aus der venösen Stichprobe $-5,0 \pm 2,4$ mmol/l und aus der arteriellen $-6,3 \pm 1,3$ mmol/l gegenüber ($p= 0,3529$ für venöse und $0,2367$ für arterielle Proben). (Einzelwerte sind in Tabelle 7.21 des Anhanges dargestellt.)

3.7.3 Rückrechnung des SBE

Die Rückrechnung erfolgte durch den Vergleich der mit der Formel

$$\text{SBE (0h)} = \text{SBE (xh)} - \Delta\text{SBE (xh)}.$$

(Einzelwerte sind in Tabelle 7.22 des Anhanges dargestellt.)

3.7.3.1 Venöse Proben

Aus dem gemessenen SBE (4h) von $-6,0 \pm 1,8$ mmol/l und $\Delta\text{SBE (4h)}$ von $-1,6 \pm 0,7$ mmol/l errechnete sich ein SBE (0h) von $-4,4 \pm 1,8$ mmol/l. Dem stand der Mittelwert der Stichprobe von $-4,4 \pm 2,0$ mmol/l gegenüber ($p= 0,7996$).

Nach acht Stunden ergab sich folgendes Bild: SBE (8h)= $-7,6 \pm 2,0$ mmol/l, $\Delta\text{SBE (8h)} = -3,0 \pm 2,0$

mmol/l und damit lag SBE (0h, errechnet) bei $-4,6 \pm 2,0$ mmol/l. Durch den Mittelwert der Stichprobe für SBE (0h) von $-5,0 \pm 1,9$ mmol/l errechnete sich im T-Test ein Wert von $p= 0,1983$ (nicht signifikant). Zwölf Stunden nach der Geburt berechnete sich SBE (0h) mit $-4,6 \pm 1,5$ mmol/l aus $SBE (12h) = -8,8 \pm 1,5$ mmol/l und $\Delta SBE (12h) = -4,3 \pm 1,1$ mmol/l. Die entsprechende Messung ergab einen Mittelwert für SBE(0h) von $-5,3 \pm 1,8$ mmol/l ($p= 0,0306$, signifikant).

16 Stunden post partum wichen gemessene und errechnete Werte nicht signifikant voneinander ab ($p= 0,2503$). Aus $SBE (16h) = -10,4 \pm 2,8$ mmol/l und $\Delta SBE (16h) = -5,7 \pm 1,6$ mmol/l berechnete sich $SBE (0h) = -4,4 \pm 2,8$ mmol/l. Die Stichprobe ergab einen Mittelwert für SBE (0h) von $-5,3 \pm 2,7$ mmol/l. Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 0,7 mmol/l, nach acht Stunden bei 0,9 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 1,2 mmol/l und nach 16 Stunden bei 2,1 mmol/l.

3.7.3.2 Arterielle Proben

Ebenso wie die venöse Stichprobe zeigte auch die arterielle nach vier Stunden keine signifikante Differenz zwischen errechnetem und gemessenem Wert für SBE (0h) ($p= 0,7951$). SBE (4h) lag bei $-6,2 \pm 1,8$ mmol/l, $\Delta SBE (4h)$ bei $-1,6 \pm 0,7$ mmol/l und SBE (0h, errechnet) bei $-4,7 \pm 1,8$ mmol/l. Die Stichprobe zeigte im Mittel einen Wert für SBE (0h) von $-4,6 \pm 2,0$ mmol/l.

Nach acht Stunden errechnete sich aus $SBE (8h) = -8,4 \pm 2,0$ mmol/l und $\Delta SBE (8h) = -3,0 \pm 1,4$ mmol/l ein theoretischer Wert für SBE (0h) von $-5,4 \pm 2,0$ mmol/l. Die Messung ergab einen Mittelwert von $-4,7 \pm 2,0$ mmol/l ($p= 0,0150$, signifikant).

Zwölf Stunden nach der Geburt lag der errechnete Wert für SBE (0h) bei $-5,1 \pm 2,8$ mmol/l (aus $SBE (12h) = -9,4 \pm 2,8$ mmol/l und $\Delta SBE (12h) = -4,3 \pm 1,1$ mmol/l) und der gemessene bei $-4,5 \pm 2,2$ mmol/l ($p= 0,1040$).

Nach 16 Stunden lag der SBE (16h) bei $-10,5 \pm 2,6$ mmol/l, $\Delta SBE (16h)$ bei $-5,7 \pm 1,6$ mmol/l und SBE (0h, errechnet) bei $-4,8 \pm 2,6$ mmol/l. Der Mittelwert der Stichprobe betrug für gemessene Werte dagegen $-4,2 \pm 2,1$ mmol/l ($p= 0,1951$).

Die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten in absoluten Werten lagen nach vier Stunden bei 1,0 mmol/l, nach acht Stunden bei 0,8 mmol/l, nach zwölf Stunden bei 0,9 mmol/l und nach 16 Stunden bei 1,4 mmol/l.

Zu keinem der Prüfzeitpunkte differierten die venösen Werte signifikant von den arteriellen ($p= 0,1422$ nach vier, 0,4114 nach acht, 0,1202 nach zwölf und 0,1024 nach 16 Stunden).

3.7.3.3 Rückrechnung des SBE mittels Referenzintervallen

Die Referenzintervalle wurden mit folgenden Grenzen definiert:

Untergrenze: $SBE (0h) = SBE (xh) - \Delta SBE (xh) - \text{Standardabweichung des } \Delta SBE (xh)$

Obergrenze: $SBE (0h) = SBE (xh) - \Delta SBE (xh) + \text{Standardabweichung des } \Delta SBE (xh)$

Die Intervalle sind in Tabelle 7.23 des Anhanges dargestellt.

Nach vier Stunden lagen innerhalb dieses Intervalles zwölf von 15 venösen und vier von zehn arteriel-

len Proben. Nach acht Stunden fielen 14 von 15 venösen und acht von zehn arteriellen Proben in den Referenzbereich. Acht von 15 venösen Proben lagen nach zwölf Stunden innerhalb des Intervalles, ebenso wie sieben von zehn arteriellen Proben. 16 Stunden nach der Geburt fielen zehn von 15 venösen und fünf von zehn arteriellen Proben in das Referenzintervall.

Legte man ein 95%-Konfidenzintervall zugrunde, so fanden sich darin von den venösen Stichproben nach vier Stunden zwölf, nach acht Stunden 14, ebensoviele nach zwölf Stunden und 13 nach 16 Stunden. Von zehn arteriellen Proben fielen nach vier Stunden sieben und nach acht, zwölf und 16 Stunden jeweils alle zehn in das Intervall.

3.8 Mittelwerte der arteriellen Stichproben

Die Mittelwerte der arteriellen Stichproben zum Zeitpunkt der Geburt sind tabellarisch im folgenden dargestellt:

	Mittelwert	Standabw.	N = 16
pH	7,297	0,049	
pCO ₂	45,1	6,0	
pO ₂	20,8	5,0	
HCO ₃	21,1	1,8	
SBC	18,9	1,6	
ABE	-5,0	2,2	
SBE	-4,3	2,1	

Tab.16: Arterielle Mittelwerte der Stichprobe (t=0h)

3.9 Illustration der durchschnittlichen Abweichungen

Zur besseren Illustration der durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten sind anschließend die folgende Tabelle sowie drei Diagramme eingefügt. Diese umfassen zum einen den pH-Wert, zum anderen die Werte für den pCO₂ und den pO₂ sowie zum Dritten die Werte für SBC, ABE und SBE:

Venöse Werte	Durchschnitt	Standabw.	minimal	maximal
pH				
4h	0,018	0,009	0,001	0,032
8h	0,024	0,013	0,002	0,05
12h	0,049	0,023	0,013	0,092
16h	0,060	0,032	0,008	0,109
pCO ₂				
4h	3,2	3,6	0,1	15,1
8h	6,3	3,6	0,4	14,7
12h	9,0	3,2	1,9	14,8
16h	11,5	3,5	5,5	17,2
pO ₂				
4h	1,6	1,1	0,1	3,5
8h	2,7	1,8	0,1	5,4
12h	5,0	3,5	0,4	11,8
16h	5,6	3,9	0,8	16,9
SBC				
4h	0,7	0,7	0,0	2,7
8h	0,6	0,3	0,0	0,9
12h	1,2	0,6	0,1	2,4
16h	1,8	1,3	0,4	5,9
ABE				

4h	0,8	0,7	0,0	2,4
8h	0,9	0,4	0,1	1,7
12h	1,7	0,7	0,5	2,4
16h	2,6	1,7	0,3	7,8
SBE				
4h	0,7	0,8	0,1	3,2
8h	0,9	0,8	0,0	3,6
12h	1,2	0,7	0,2	2,8
16h	2,1	1,9	0,2	7,4
Arterielle Werte				
pH	Durchschnitt	Standabw.	minimal	maximal
4h	0,012	0,013	0,001	0,042
8h	0,022	0,019	0,001	0,064
12h	0,040	0,032	0,000	0,084
16h	0,055	0,029	0,019	0,123
pCO ₂				
4h	3,1	2,8	0,2	10,0
8h	4,4	4,8	0,4	14,7
12h	8,4	6,1	0,2	18,1
16h	10,1	6,5	0,9	19,5
pO ₂				
4h	1,5	1,4	0,0	3,8
8h	2,9	1,8	0,5	6,9
12h	4,9	4,6	0,1	15,6
16h	5,0	3,3	0,2	10,5
SBC				
4h	0,7	0,6	0,1	2,2
8h	0,7	0,4	0,2	1,5
12h	0,7	0,4	0,1	1,7
16h	0,9	0,6	0,2	2,3
ABE				
4h	0,8	0,5	0,2	1,5
8h	1,1	0,7	0,0	2,5
12h	1,5	1,0	0,1	3,1
16h	1,8	0,9	0,8	3,4
SBE				
4h	1,0	0,6	0,3	1,9
8h	0,8	0,5	0,0	1,8
12h	0,9	0,6	0,2	2,0
16h	1,4	0,5	0,4	2,0

Tab.17: Durchschnittliche Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten
 Angegeben sind Mittelwerte, Einzelwerte errechneten sich wie folgt: Parameter (0h) (errechnet) – Parameter (0h) (gemessen)

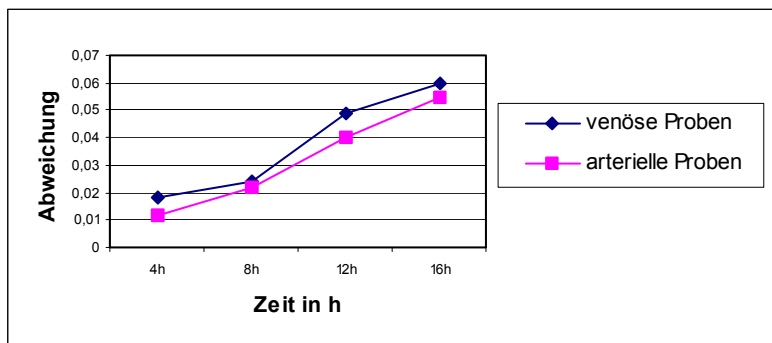


Abb.22: Abweichung des errechneten pH-Wertes vom gemessenen (absoluter Wert)

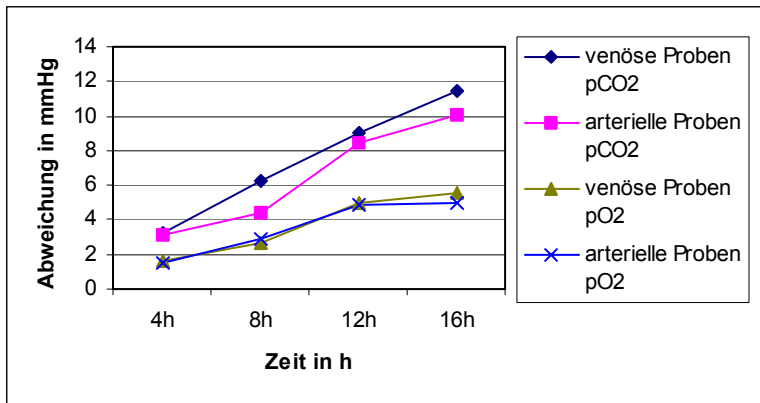


Abb.23: Abweichung der errechneten Werte von pCO₂ und pO₂ von den gemessenen (absolute Werte)

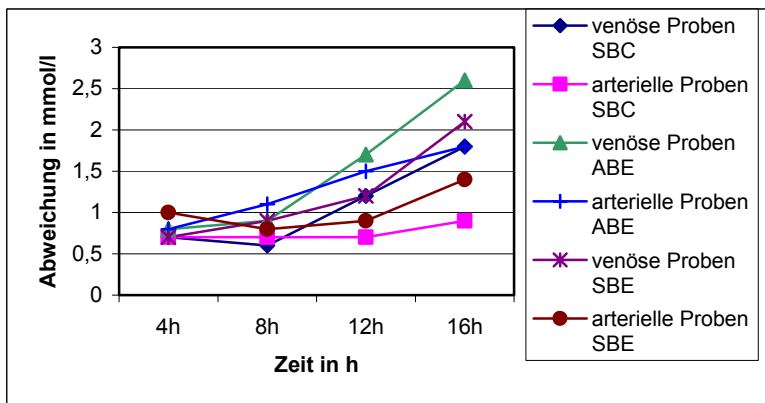


Abb.24: Abweichung der errechneten Werte von SBC, ABE und SBE von den gemessenen (absolute Werte)
 Die Berechnung der Abweichungen in den Abbildungen 22-24 erfolgte durch einfache Subtraktion der errechneten von den gemessenen Werten:
 Parameter (0h, errechnet) – Parameter (0h, gemessen). Dargestellt sind die Beträge.

4 Diskussion

4.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Zu Grundlagen in anatomischer und physiologischer Hinsicht sei auf Lehrbücher der Embryologie, zum Beispiel Langman J (21), Thieme Verlag, verwiesen.

4.2 Ursachen einer perinatalen Asphyxie

Aufgrund verschiedener Entstehungszeitpunkte sollten die postnatale und die neonatale Asphyxie von der intrauterinen unterschieden werden. Während weitgehend ein pH von 7,20 als der Wert erachtet wird, dessen Unterschreiten besonderer Aufmerksamkeit bedarf, definierten Herbst A, Wölner-Hanssen P und Ingemarsson I (22) eine Azidämie als arteriellen $\text{pH} \leq 7,05$ und forschten nach korrelierten geburtshilflichen Ereignissen. Summarisch sind in der folgenden Tabelle Ursachen erhöhter Inzidenzen von Azidämien dargestellt:

mütterlich	placental	Geburtshilflich	kindlich
Uteroplacentare Insuffizienz	Abruptio placentae	abnorme Lage	Anämien
Gestosen	Placenta praevia	Mißverhältnis Becken-Kind	Unreife des Neugeborenen
übermäßige Sedierung	Vasa praevia	Schulterdystokie	neuromuskuläre Erkrankungen*
Primipara	Randsinusrupturen	Hypertropher Fetus	Erkrankungen der Atemwege**
maternale Hypertension	Nabelschnurprolaps	langdauernde Geburt	Infektionen***
maternale Hypotension	Nabelschnurumschlingung	überstürzte Geburt	Armvorfall
	Knoten, Risse, Kompression der Nabelschnur	Oxytocinverabreichung	
	pathologische Kürze der Nabelschnur	verlängerte Eröffnungsperiode	
	klin. Zeichen einer Chorioamnionitis	verlängerte Austreibungsperiode	

* z.B. Myopathien, kongenitale Myasthenia gravis

** z.B. Choanalatresie, pulmonale Hypoplasie, Zwerchfellhernien

*** z.B. Pneumonien, septischer Schock

Tab.18: Ursachen einer Asphyxie nach Herbst A, Hanssen P und Ingemarsson I (22)

4.3 Folgen einer Asphyxie sub partu

Als unmittelbare Folgen einer andauernden Asphyxie unter der Geburt werden angesehen: die Hypoxisch-ischämische Enzephalopathie, Krampfanfälle, eine erhöhte Inzidenz von Gehirnblutungen bei Frühgeborenen als neurologische Komplikationen, im Herz-Kreislauf-System eine myokardiale Ischämie mit verminderter Kontraktilität und hypotensive Blutdruckwerte, im Bereich der Lunge eine persistierende fetale Zirkulation, das Atemnotsyndrom (RDS) und Lungenblutungen, akute tubuläre und kortikale Nekrosen der Niere, Perforationen, Ulzerationen und nekrotisierende Enterokolitiden des Gastro-Intestinal-Traktes, Blutungen der Nebenniere, disseminierte intravasale Gerinnung und metabolische Störungen wie Hypoglykämien, Hypokalziämien und andere, um nur die wesentlichsten Punkte zu nennen.

Dennis J, Johnson A, Mulch L, Yudkin P und Johnson P (23) fanden in einer Studie aus dem Jahre 1989 einen erfaßbaren, jedoch statistisch nicht signifikanten Zusammenhang zwischen einer perinatalen Azidose und neurologischen Auffälligkeiten bei Kindern im Alter von viereinhalb Jahren. Jedoch verwiesen sie auf die Tatsache, daß viele Kinder mit perinatalen Azidosen, verbunden mit neurologischen Schädigungen, früh versterben und somit einer Erfassung zum gegebenen Zeitpunkt entgehen.

Aus dem Gesagten wird deutlich, welche ausnehmend hohe Bedeutung der Säure-Basen-Haushalt in der Bewertung von Schweregrad, Entstehungszeitpunkt und Prognose einer peripartalen Asphyxie hat und daher auch für die Bewertung geburtshilflicher Schadensfälle seit seiner Etablierung gewann.

4.4 Bewertung des Blutgasstatus und Relevanz der einzelnen Meßwerte

Aus den anatomischen Gegebenheiten wird deutlich, daß der arterielle pH-Wert der beste Parameter zur Beurteilung des kindlichen Zustandes im peripartalen Zeitraum ist. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, wurde auch in der vorliegenden Studie die Rückrechnung mit arteriellen Werten durchgeführt. Zur Aussagekraft des venösen Wertes gibt es unterschiedliche Bewertungen. In vielen Arbeiten wird dem venösen pH kaum Beachtung geschenkt. Johnson J und Richards D (24) jedoch beschrieben in einer retrospektiven Studie eine Differenzierung zwischen Nabelschnurvorfällen (n=19) und vorzeitiger Placentallösung (n=32) anhand der arteriellen und venösen pH-Werte. Bei Placentallösung beobachtete man einen signifikant niedrigeren arteriellen pH, ABE und pO_2 als bei einem Nabelschnurvorfall. Die Blutgasparameter pH, pCO_2 , pO_2 , aktuelles Bikarbonat, aktueller Base-excess und Sauerstoffsättigung des venösen Blutes waren bei Abruption placenta signifikant von denen bei Nabelschnurprolaps verschieden (alle p-Werte im Mann-Whitney-U-Test lagen unter 0,01). Die arterio-venöse Differenz des pH-Wertes lag bei Abruption signifikant ($p = 1,5 \times 10^{-7}$) höher als bei einem Nabelschnurvorfall. Umgekehrt lag die arteriell-venöse Differenz des pCO_2 bei Abruption signifikant unter der bei Nabelschnurvorfall. Huisjes H und Aarnoudse J (10) erachteten als einzige Autoren den venösen pH-Werten als ebenso wichtig wie den arteriellen. Sie fanden einen signifikant höheren venösen pH bei komplikationslosen Geburten (Fallzahl 236) gegenüber Geburten mit Komplikationen (n=934) ($7,33 \pm 0,06$ gegenüber $7,28 \pm 0,08$), ohne die Art der Komplikationen näher zu benennen. Die arteriellen Werte zeigten im Vergleich dieser Gruppen keine signifikanten Differenzen ($7,21 \pm 0,09$ gegenüber $7,19 \pm 0,09$, n=175 bzw. 677). Da im klinischen Alltag eine Blutprobe leichter aus der Nabelschnurvene als aus den vergleichsweise kleinkalibrigen Arterien gewonnen werden kann und für eine Beobachtung des Blutgasstatus über 30 Stunden größere Blutvolumina benötigt wurden, erfolgte in der vorliegenden Studie die Quantifizierung der Änderungen der Blutgasparameter primär aus venösem Nabelschnurblut. Die zelluläre und chemische Zusammensetzung des Blutes wurde als im arteriellen und venösen Schenkel des Blutkreislaufes identisch vorausgesetzt.

4.5 Auswirkung verschiedener Heparinkonzentrationen auf den Blutgasstatus

Die Heparinkonzentration, die für die vorliegende Studie gewählt wurde, liegt in einem Bereich, der laut Kirshon B und Moïshe K (25), Hutchinson A, Ralston S, Dryburgh F, Small M und Fogelmann I (26), Boidin M und Jorna P (27) und Bradley J (28) bereits signifikante Änderungen der Blutgasparameter pH, pCO_2 , pO_2 , $c(HCO_3^-)$ und ABE hervorruft. Die Heparinkonzentration wurde ungeachtet der Effekte auf den Blutgasstatus bewußt hoch gewählt, um eine ausreichende Antikoagulation über 30 Stunden zu gewährleisten.

Die Auswirkungen von höheren Heparinkonzentrationen sind folgende: Kirshon B und Moïshe K (25) zeigten eine Abnahme des pH-Wertes von durchschnittlich $7,23 \pm 0,07$ bei Benetzung der Spritze zur

Probenaufbewahrung mit einer Heparinlösung der Konzentration 1000 U/ml und eines Probenvolumens von 1ml auf $7,22 \pm 0,07$ bei einer Konzentration von 200 U/ml und $7,19 \pm 0,06$ (signifikante Abnahme) bei einer Konzentration von 2000 U/ml. Der pCO_2 sinkt bei entsprechenden Konzentrationen des Heparins von $43,1 \pm 8,7$ mmHg über $34,5 \pm 7,2$ mmHg (signifikant) auf $35,6 \pm 8,0$ mmHg. Der pO_2 steigt von $19,4 \pm 6,8$ mmHg auf $20,2 \pm 5,1$ mmHg und $20,6 \pm 5,8$ mmHg, das aktuelle Bicarbonat fällt von $18,5 \pm 3,2$ mmol/l auf $14,8 \pm 3,0$ und $13,8 \pm 3,2$ mmol/l und der ABE verringert sich von $-1,0 \pm 3,4$ mmol/l über $-11,2 \pm 3,6$ auf $-12,9 \pm 3,2$ mmol/l. Hutchinson A, Ralston S, Dryburgh F, Small M und Fogelmann I (26) prüften die Auswirkungen von unterschiedlichen Heparinkonzentrationen auf den Blutgasstatus Erwachsener. Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse dar:

Prozent Heparin	2	4	10	20	40	60
pH	7,37	7,37	7,37	7,36	7,34*	7,31*
pCO_2 (mmHg)	51	48,8*	44,3*	39,0*	30,8*	21,0*
pO_2 (mmHg)	32,3	35,3	36,8	38,3	36,0	45,0
HCO_3^- (mmol/l)	29,0	28,0*	25,0*	22,0*	17,0*	11,0*
ABE (mmol/l)	3,0	3,0	0*	-3,0*	-8,0*	-13,0*

* = signifikante Änderung

(Konzentration der Heparinlösung = 1000 U/ml)

Tab.19: Auswirkung verschiedener Heparin-Konzentrationen auf den Säure-Basen-Status nach Hutchinson et al (26)

Die in der vorliegenden Studie gewählte Heparinkonzentration liegt im Bereich der hier angegebenen 20%-Verdünnung.

Eine ähnliche Studie mit zusätzlicher Erfassung der Auswirkungen auf biochemische Parameter tätigten Boidin M und Jorna P (27). Sie erfaßten außerdem verschiedene Zubereitungsformen des Heparins: demnach hat Natrium-Heparinat einen geringeren Einfluß auf den pH-Wert, den pO_2 und den ABE als Kalzium-Heparinat, jedoch einen größeren auf den pCO_2 . Bradley J (28) errechnete Korrekturfaktoren für pCO_2 bei verschiedenen Heparinkonzentrationen: Eine Verdünnung mit 5% einer Heparinlösung von 1000 U/ml bedarf demnach des Korrekturfaktors 1,104, da der Kohlendioxidpartialdruck in der Stichprobe von 37,0 mmHg auf 33,5 mmHg absinkt. Für Konzentrationen von 6,6% wird ein Korrekturfaktor von 1,195 und für 7,5% und 10% von 1,233 beziehungsweise von 1,480 angegeben. Ein Korrekturfaktor für die von uns gewählte Heparinkonzentration liegt leider nicht vor, es wird jedoch klar, daß die von uns gemessenen Werte für pCO_2 deutlich unter den tatsächlich in den Proben vorhandenen liegen dürften.

4.6 Normalwerte im Nabelschnurblut

Seit Beginn der systematischen Erfassung der Blutgaswerte Neugeborener haben viele Autoren Normalwerte publiziert. Im folgenden soll ein kurzer Überblick gegeben werden.

		n(Kinder)	UA pH	UApCO ₂	UApO ₂	UA ABE	UV pH	UVpCO ₂	UVpO ₂	UV ABE
Shirey et al (29)	1996	85	7,28				7,33	41,8	29	
Helwig et al (20)	1996	15073	7,26	53	17	-4	7,34	41	29	-3
Riley et al (31)	1993	3522	7,27	50,3	18,4	-2,7	7,34	40,7	28,5	-2,4
Yeomans et al (32)	1985	146	7,28	49,2	18		7,35	38,2	29,2	
Westgate et al (33)	1994	1448	7,26	53,3		-2,7	7,35	40,5		-3
Gregg et al (34)	1993	1292	7,28	49,9	23,7	-3,6				
Miller et al (35)	1990	147	7,27	56	15,6	-3,3	7,35	42,5	27,9	-2,5
Vintzileos et al (36)	1992	89	7,27	50,7	17	-2,6	7,33	43,4	27,5	-2,1
Thorp et al (11)	1989	*	7,24	56,3	17,9	-3,6	7,32	43,8	28,7	-2,9

*n schwankt: n(UApH)=1694, n(UACO₂)=652, n(UApO₂)=651, n(UA ABE)=652, n(UVpH)=1820, n(UVpCO₂, UVpO₂, UV ABE)=680

UApH=pH der Umbilikalarterie, UApCO₂= pCO₂ der Umbilikalarterie, analog UApO₂ und UA ABE, UVpH= pH der Umbilikalvene et cetera

Tab. 20: "Normale" Blutgaswerte Neugeborener im Nabelschnurblut

Die Ausgangswerte der vorliegenden Studie für den venösen pH-Wert, für pCO₂, pO₂ und ABE decken sich weitgehend mit den Ergebnissen der Studien aus Tabelle 20. Lediglich die Werte für den pO₂ und den ABE liegen unter denen der Vorgängerstudien. Die Abweichung des ABE lässt sich am ehesten durch die höher gewählte Heparinkonzentration in der vorliegenden Probenzusammensetzung erklären. Hingegen sollte der pO₂ durch höhere Heparinkonzentrationen eher steigen (Hutchinson A, Ralston S, Dryburgh F, Small M und Fogelmann I (24), vergleiche Kapitel 4.5.) und somit bleibt die Ursache für den Unterschied der Sauerstoffpartialdrücke unklar. Zusammenfassend sind die Vorgängerstudien und die vorliegende aktuelle Studie in der folgenden Tabelle dargestellt:

	Jahr	n(Kinder)	UV pH	UVpCO ₂	UVpO ₂	UV ABE
Shirey et al (29)	1996	85	7,33	41,8	29,0	
Helwig et al (30)	1996	15073	7,34	41,0	29,0	-3,0
Riley et al (31)	1993	3522	7,34	40,7	28,5	-2,4
Yeomans et al (32)	1985	146	7,35	38,2	29,2	
Westgate et al (33)	1994	1448	7,35			-3,0
Miller et al (35)	1990	147	7,35	42,5	27,9	-2,5
Vintzileos et al (36)	1992	89	7,33	43,4	27,5	-2,1
Thorp et al (10)	1989	*	7,32	43,8	28,7	-2,9
Klement	2000	77	7,33	41,7	23,3	-4,4

*n schwankt: n(UapH)=1694, n(UapCO₂)=652, n(UapO₂)=651, n(UAABE)=652, n(UvpH)=1820, n(UvpCO₂, UvpO₂, UVABE)=680
UApH=pH der Umbilikalarterie, UApCO₂= pCO₂ der Umbilikalarterie, analog UApO₂ und UAABE, UVpH= pH der Umbilikalvene et cetera

Tab.21: "Normale" Blutgaswerte Neugeborener im Nabelschnurblut

Eskes T, Jongsma H und Houx P (37) gaben auf dem Boden einer großen prospektiven Studie aus dem Jahre 1983 Perzentilen für normalverteilte Blutgasparameter, die sich gut mit den Perzentilen der vorliegenden Studie decken:

	pH (art.)	pO ₂ (art.)	PCO ₂ (art.)	ABE	pH (ven.)	pO ₂ (ven.)	pCO ₂ (ven.)	ABE (ven.)
n	4667	1683	1686	4939	5151	1820	1818	5143
P2,3	7,06	9,8	27,8	-16,3	7,14	12,8	24	-13,2
P5	7,10	11,3	31,5	-14,5	7,19	15,8	26,3	-11,7
P10	7,14	13,5	33,8	-12,7	7,23	18,0	27,8	-10,2
P25	7,19	16,5	39,8	-10,1	7,28	22,5	31,5	-8,1
P50	7,24	21,0	45,0	-7,4	7,32	27,8	36	-6,1
P75	7,28	26,3	51,0	-6,0	7,37	33,0	41,3	-4,3
P90	7,32	31,5	57,8	-3,0	7,40	37,5	47,3	-2,7
P95	7,34	36,75	63,0	-1,8	7,43	40,5	51,8	-1,6
P97,7	7,36	41,3	68,3	-0,7	7,45	45,0	56,3	-0,7
Mittelwert	7,23	21,8	45,8	-7,7	7,32	27,8	36,8	-6,4
Standabw.	0,07	8,3	9,8	3,9	0,07	8,3	8,3	3,1

Tab.22: Perzentilen für pH, pO₂, pCO₂ und ABE nach Eskes T, Jongsma H, Houx P (37)

In der folgenden Tabelle ist die vorliegende aktuelle Studie mit der von Eskes et al verglichen:

Perzentile	Eskes et al	Klement
P2,3	7,14	7,19
P50	7,32	7,33
P97,7	7,45	7,47
Standabw.	0,07	0,07

Tab.23: Perzentilen der Studien von Eskes T, Jongsma H, Houx P (37) und Klement

4.7 Pathologische Blutgaswerte

Der pH-Grenzwert, der eine klinisch relevante Azidose kennzeichnet, wird in der Literatur unterschiedlich angegeben. Renommierte Lehrbücher der Gynäkologie und Geburtshilfe sowie der Pädiatrie (Schmidt-Matthiesen H/Hepp H, Schattauer Verlag (2), von Harnack G-A, Koletzko B, Springer Verlag (3)) definieren einen arteriellen pH von $\leq 7,15$ als klinisch relevante Azidose. Andere Autoren sehen diese Grenze und die häufig gebrauchte von 7,20 als Grenzwert zur Azidose als zu hoch angesetzt an. Sie beziehen sich auf das Unterschreiten eines Wertes vom Mittelwert der Stichprobe minus doppelter Standardabweichung. Goldaber K, Gilstrap L, Leveno K, Dax J und Mc Intyre D (4) setzen in ihrer prospektiven Studie einen arteriellen Wert von 7,00 als Grenzwert an. Dessen Unterschreiten geht mit einem signifikanten Anstieg von unmittelbaren Komplikationen einher. Winkler C, Hauth J, Tucker M, Owen J und Brumfield C (5) bestätigten dies. Allerdings erlitten lediglich 9% der Kinder ihrer Fall-Kontroll-Studie (zwei von 23) mit einem arteriellen pH < 7,00 tatsächlich schwerwiegende Komplikationen. Von den 66 miterfaßten Kindern mit einem pH-Wert < 7,10 zeigte keines Auffälligkeiten in der perinatalen Periode. Van den Berg P, Nelen W, Jongsma H, Nijland R, Kollée L, Nijhuis J und Eskes T (6) in einer retrospektiven Kohorten-Studie sowie Gilstrap L, Leveno K, Burris J, Williams L und Little B (7) in einer prospektiven Studie bestätigten weitgehend die Beobachtungen von Winkler. Demnach zeigt die große Mehrheit der Kinder mit einem nach allgemeiner Definition azidotischen Zustand post partum (pH < 7,20) keinerlei klinische Auffälligkeiten. Kinder mit pH-Werten < 7,00 erlitten hingegen statistisch signifikant vermehrt Komplikationen. Auch Nagel H, Vandenbussche F, Oepkes D, Jennekens-Schinkel A und Gravenhorst J (8) schließen sich dem an: 77% der Kinder ihrer Studie mit einem arteriellen pH von weniger als 7,00 benötigten eine intensivmedizinische Betreuung. 27% mußten beatmet werden. Low J, Panagiotopoulos C und Derrick C (9) erhielten in einer Fall-Kontroll-Studie mit 59 Neugeborenen Ergebnisse, die zeigten, daß eine metabolische Azidose mit einem pH-Abfall, einem Abfall des aktuellen Bicarbonates (und damit des Basenüberschusses ABE auf unter -16mmol/l) und einem kompensatorischen Anstieg des pCO₂ ein brauchbares Kriterium für eine Gefährdung des Neugeborenen darstellt. Somit konnten sie neben dem pH-Wert noch den ABE zur weiteren Differenzierung einer Azidose heranziehen. Als durchschnittliche Werte der Gruppe der Kinder mit metabolischer Azidose führten sie einen arteriellen pH von 7,08 und einen pCO₂ von 78,0 mmHg an. 60% der Kinder dieser Gruppe litten unter zentralnervösen Störungen, wobei verschiedene Schweregrade definiert wurden: Als leichte Störung wurden demnach pathologische Verhaltensweisen wie erhöhte Irritabilität und Lethargie, als mittelschwere Störungen abnormer Muskeltonus und als schwere Störungen die Kombination von abnormem Verhalten und pathologischem Muskeltonus definiert. Ebensoviele litten an kardiovaskulären Problemen. Unmittelbar post partum liegt der niedrigste gemessene ABE-Wert in der vorliegenden Studie bei -12,3 mmol/l. Dieser Wert befindet sich weit

unterhalb der 5%-Perzentile, die bei -9,6 mmol/l errechnet wurde (bei einem Mittelwert von $-4,4 \pm 2,6$ mmol/l). Der Wert von -16 mmol/l liegt somit weit unter dem niedrigsten gemessenen Wert der vorliegenden Studie.

Alle der genannten Autoren führen an, daß ein isoliert niedriger pH-Wert in der Geburtshilfe häufig prognostisch zu ungünstig im Hinblick auf eine fetale Schädigung beurteilt wird.

Demnach sollte auch weiterhin ein Grenzwert von 7,15 bis 7,20 beibehalten werden als der Wert, dessen Unterschreitung besonderer Aufmerksamkeit bedarf, der aber nicht automatisch mit einer ungünstigen Prognose im Hinblick auf eine mögliche Schädigung des Neugeborenen verknüpft werden darf.

Venöse pH-Werte werden von den meisten Autoren lediglich als Ergänzung zum praktisch relevanteren arteriellen pH behandelt, vergleichbare Grenzwerte einer Azidose für venöse pH-Werte wurden folglich nicht angegeben.

4.8 Korrelation von APGAR-Wert und Blutgasstatus

1979 fanden Huisjes H und Aarnoudse J (10) eine lediglich geringe Korrelation von APGAR-Wert und pH-Wert des Nabelschnurblutes. In der Korrelationsprüfung zwischen Ein-Minuten-APGAR-Wert und arteriellem pH errechneten sie einen Korrelationskoeffizient von 0,289, der venöse pH war mit einem Koeffizienten von 0,347 nur unwesentlich besser korreliert. Der 3-Minuten-APGAR-Wert war mit Korrelationskoeffizienten von 0,278 für arterielle und 0,281 für venöse Proben ebenso nur gering mit den pH-Werten des Nabelschnurblutes korreliert. Thorpe J, Sampson J, Parisi V und Creasy R (11) fanden in einer prospektiven Studie bei normalen APGAR-Werten immerhin bei 2,1% der Kinder abnormale arterielle pH-Werte $\leq 7,10$, bei 3% abnormale venöse Werte $\leq 7,20$, bei 4% abnormale Werte in einem der beiden Parameter und in 1,2% abnorme Werte in beiden Werten. Hingegen fanden sich trotz normalem arteriellem pH immerhin bei 63,6% der Fälle Fünf-Minuten-APGAR-Werte von ≤ 7 . Bei normalem venösem pH beobachteten sie in 62,5% der Fälle und bei normalen Werten sowohl venös als auch arteriell auch noch bei 61,9% der Fälle Fünf-Minuten-APGAR-Werte von ≤ 7 . Sie errechneten Korrelationskoeffizienten zwischen Ein-Minuten-APGAR-Werten und arteriellem pH von 0,31 und venösem pH von 0,29. Eine stärkere Korrelation zwischen niedrigen arteriellen pH-Werten und niedrigen Ein- und Fünf-Minuten-APGAR-Werten erhielten Gilstrap L, Leveno K, Burris J, Williams L und Little B (7) in einer prospektiven Studie: bei pH-Werten $< 7,00$ traten in annähernd 30% der Fälle auch Fünf-Minuten-APGAR-Werte von ≤ 6 . In etwa 15% der Fälle lag der APGAR-Wert unter drei. Bei pH-Werten zwischen 7,00 und 7,09 waren lediglich bei etwa 5% der Kinder Fünf-Minuten-APGAR-Werte von ≤ 6 zu beobachten. Demnach korrelieren pH und APGAR-Wert in niedrigen pH-Bereichen besser als in höheren. Sie beurteilten die Kombination aus niedrigem arteriellem pH-Wert ($\leq 7,00$) und niedrigem Ein- und Fünf-Minuten-APGAR-Score (≤ 3) als beweiskräftig für den kausalen Zusammenhang einer peripartalen Azidose und einer Schädigung des Fetus.

4.9 Änderungen des Blutgasstatus in Zeitabhängigkeit

Untersuchungen zur Abhängigkeit des Blutgasstatus vom Zeitpunkt der Gewinnung der Probe nach der Geburt und der Latenz zwischen Probenentnahme und Messung liegen vor allem für die ersten postpartalen Stunden vor. Weisbrodt I, James L, Prince C, Holaday D und Apgar V (13) untersuchten beispielsweise in einer prospektiven Studie den Verlauf der Blutgasparameter des Neugeborenen in den ersten 24 Lebensstunden, wobei sie die Proben zur Geburt aus der Nabelarterie, eine, drei und 24 Stunden post partum aus dem linken Vorhof (über einen Katheter, der durch die Umbilikalvene eingeführt wurde) gewannen und zu folgenden Ergebnissen kamen: ein pH-Wert zur Geburt von durchschnittlich 7,231 (n=21) stieg nach einer Stunde auf 7,304 (n=10), auf 7,341 nach drei (n=7) und auf 7,408 (n=14) nach 24 Stunden. Der pCO₂ hingegen sank im entsprechenden Zeitraum von 58,4 mmHg über 38,8 mmHg und 38,3 mmHg auf 33,6 mmHg. Sharif K, Olah K, und Gee H (14) zeigten in einer prospektiven Studie folgende Änderungen des pH-Wertes und des Basenüberschusses in den ersten 30 Minuten bei Lagerung einer innerhalb von 60 Sekunden nach der Geburt gewonnenen Probe bei Raumtemperatur anhand von 55 Proben:

Lagerungs-dauer	PH-Änderung	p im T-Test	ABE-Änderung	p im T-Test
10 min	-0,007	unter 0,050	-0,75	Unter 0,001
20 min	-0,018	unter 0,001	-1,16	Unter 0,001
30 min	-0,029	unter 0,001	-1,85	Unter 0,001

Tab.24: Änderungen des Blutgasstatus nach Sharif K, Olah K, und Gee H (14)

Die in der vorliegenden Studie bestimmten Werte für pH und ABE liegen wesentlich unter den von Sharif et al angeführten. So wird ein Absinken des pH-Wertes erst nach über einer Stunde post partum und ein Absinken des ABE um 1,85 mmol/l erst nach über zwei Stunden erreicht.

Owen P, Farrell T und Steyn W (15) untersuchten zwei unterschiedliche Methoden zur Aufbewahrung von Blutproben: jeweils drei Segmente der Nabelschnur und eine entsprechende Blutprobe, die sie in einer Plastikspritze aufbewahrten, wurden von 28 Neugeborenen gewonnen und nach zehn, 20 und 30 Minuten analysiert. Es resultierten folgende Ergebnisse:

Lagerungsdauer (in min.)	pH	pCO ₂	pO ₂	ABE
0	7,270	38,4	26,9	-5,2
10, Spritze	7,325	38,8	27,0	-5,3
10, Nabelschnur	7,317	38,0	27,2	-6,0
20, Spritze	7,320	39,2	27,2	-5,3
20, Nabelschnur	7,320	38,7	27,4	-5,4
30, Spritze	7,318	39,0	28,4	-5,6
30, Nabelschnur	7,320	37,8	27,8	-6,0

Tab.25: Änderungen des Blutgasstatus nach Owen P, Farrell T und Steyn W (15)

Manor M, Blickstein I, Hazan Y, Flidel-Rimon O und Hagay Z (16) untersuchten die Abhängigkeit der Blutgase von Zeit und Temperatur anhand von 50 Proben. Arterielle Blutgase änderten sich demnach wie folgt: bei Raumtemperatur sank der pH-Wert von 7,307 ± 0,071 unmittelbar nach der Geburt auf 7,284 ± 0,068 nach einer Stunde (Δ pH= 0,023, p= 0,088 im T-Test, nicht signifikant). Bei einer Temperatur von 4°C sank der pH nur auf 7,299 ± 0,068 (Δ pH= 0,008, p= 0,54 im T-Test, nicht signifikant). Der pCO₂ stieg von 45,0 ± 8,7 mmHg auf 46,9 ± 8,7 mmHg (p= 0,65 im T-Test, nicht signifikant) be-

ziehungsweise bei 4°C auf $45,7 \pm 8,4$ mmHg ($p= 0,72$ im T-Test, nicht signifikant). Der pO_2 stieg von $27,2 \pm 8,3$ mmHg auf $28,0 \pm 8,4$ mmHg ($p= 0,268$ im T-Test, nicht signifikant) respektive $27,8 \pm 8,3$ mmHg ($p= 0,67$ im T-Test, nicht signifikant). Auch der T-Test zwischen den bei Raumtemperatur und den bei 4°C gelagerten Proben ergab keine signifikanten Abweichungen. Für den pH-Wert ergab sich $p= 0,254$, für pCO_2 $p= 0,48$ und für pO_2 $p= 0,92$. Nach dieser Studie wäre es sinnvoll, Proben, die nicht sofort verarbeitet werden können, bei 4°C beziehungsweise auf Eis zu lagern. Da jedoch in der Praxis nicht sichergestellt werden kann, daß bei jeder Geburt eine Probe dementsprechend gelagert werden kann, wurde in der vorliegenden Studie die Lagerung bei Raumtemperatur bevorzugt. Die Abnahme des pH-Wertes um 0,023 in der ersten postpartalen Stunde weicht nicht signifikant vom Wert -0,027 der vorliegenden Studie.

Hilger J, Holzmann I und Drown D (17) gewannen aus 27 Placenten Blutproben in 15-minütigen Abständen nach der Geburt aus der Umbilikalvene oder aus Venen an der Placentaoberfläche. Bereits nach 30 Minuten zeigte der pH-Wert der Venen der Placentaoberfläche einen signifikanten Abfall, nach 60 Minuten lag der Wert bei 7,07 bei einem Ausgangswert von 7,33. Proben, die aus der Nabelschnurvene direkt gewonnen wurden, zeigten keinen signifikanten Abfall in diesem Zeitraum. Der pCO_2 stieg bereits nach 30 Minuten in Oberflächenvenen signifikant an. Er lag nach 60 Minuten bei 74,4 mmHg gegenüber einem Ausgangswert von 37,6 mmHg. Hingegen zeigte er in der Nabelschnurvene keine signifikante Änderung. Ebenso zeigte der pO_2 aus der Nabelschnurvene keine signifikante Änderung (25,5 mmHg gegen 24,5 mmHg nach 60 Minuten). Hingegen sank er in oberflächlichen Venen von 22,7 mmHg auf 16,7 mmHg nach 60 Minuten (signifikant). Demnach sollte, falls unmittelbar nach der Geburt keine Blutentnahme möglich ist, eine verspätete Probe möglichst aus den Nabelschnurgefäßen placentafern entnommen werden, um einer Verfälschung der Werte vorzubeugen. In der vorliegenden Studie wurden die Proben in einem Zeitraum < 5 Minuten nach der Geburt entnommen. Zu diesem Zeitpunkt weichen weder in der Nabelschnurvene noch in den oberflächlichen Gefäßen die Werte der Blutgasparameter signifikant von Werten sofort entnommener Proben ab.

Sykes G und Molloy P (18) erfaßten 24 Proben in zweistündigen Abständen bei Lagerung in Plastikspritzen auf Eis sowie 23 Nabelschnursegmente, die bei Raumtemperatur gelagert wurden und ab 20 Minuten post partum in zehnminütigen Abständen analysiert wurden. Die auf Eis gelagerten Proben zeigten eine Abnahme des pH-Wertes in den ersten sechs Stunden von 0,005 Einheiten pro Stunde, eine Zunahme des pCO_2 von 0,45 mmHg pro Stunde und eine Zunahme des pO_2 von 0,23 mmHg pro Stunde. Von 21 Proben konnten Werte nach acht Stunden erhalten werden, hier lagen der pH-Wert um 0,05 Einheiten unter dem Ausgangswert, der pCO_2 5,0 mmHg über dem ursprünglichen und der pO_2 2,4 mmHg über dem Ausgangswert. Nach zwölf Stunden und ebenfalls 21 Proben war der pH-Wert um 0,1 Einheiten abgesunken, der pCO_2 um 5,5 mmHg angestiegen, der pO_2 um 2,6 mmHg höher als unmittelbar nach der Geburt. Elf Proben konnten nach 24 Stunden abermals analysiert werden, der pH war dann um 0,08 Einheiten abgesunken, der pCO_2 um 9,9 mmHg und der pO_2 um 2,6 mmHg angestiegen. Die Lagerung bei Raumtemperatur zeigte hier nach 20 und 40 Minuten eine signifikante Zunahme des pCO_2 , jedoch keine signifikante Änderung des pH-Wertes oder des pO_2 . Spätere Werte für die Lagerung von Blutproben wurden nicht angegeben.

Sato I und Saling E (12) untersuchten 30 arterielle Proben aus Nabelschnurblut bei Entnahme unmittelbar nach der Geburt in fünfminütigen Abständen bis 80 Minuten nach der Geburt. Der pH-Wert er-

fuhr bis 25 Minuten Lagerungsdauer bei Raumtemperatur keine signifikante Änderung, der Abfall betrug etwa 0,03 pH-Einheiten pro Stunde. In einer zweiten Gruppe wurden die Proben bei 6°C gelagert. Hier betrug die Abnahme des pH-Wertes 0-0,02 Einheiten in sechs Stunden. Sie folgerten daraus, daß eine Probe im Kühlschrank gelagert werden sollte, wenn die Lagerungsdauer voraussichtlich 50 Minuten überschreitet.

4.10 Praktische Konsequenzen und Anwendungsmöglichkeiten

Sämtliche Kurven der Mittelwerte der einzelnen Meßwerte und der Abweichungen nähern sich etwa ab der 22. Stunde post partum einem Endwert. Die asymptotische Annäherung an diesen Endwert läßt sich durch zurückgehende Stoffwechselfvorgänge der Erythrozyten-, Leukozyten- und Thrombozytenmembranen und -organellen nach erfolgter Hämolyse deuten. Ab einem Zeitpunkt von etwa 20 Stunden Lagerungsdauer ist folglich eine sinnvolle Rückrechnung nicht mehr möglich, daher wurde eine Rückrechnung der Parameter in der vorliegenden Studie zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden angestrebt.

Die entscheidenden Werte und auch die am meisten beachteten zur Beurteilung des kindlichen Säure-Basen-Haushaltes sind der pH-Wert, der $p\text{CO}_2$ und der ABE des arteriellen Nabelschnurblutes. Da zur Beurteilung einer eventuellen Asphyxie des Neugeborenen eben der arterielle Blutgasstatus und primär der pH-Wert herangezogen wird, sollte die Tatsache, daß arterielle Werte in der vorliegenden Studie genauer zurückgerechnet werden konnten als venöse, von praktischer Relevanz sein.

Wie in Kapitel 3 beschrieben, liegen die Werte der Rückrechnungen für den pH (errechnet mittels den zuvor bestimmten Abweichungen vom Ausgangswert für venöse Blutproben) für arterielle Proben in einem nicht signifikant von gemessenen Werten abweichenden Bereich nach vier, acht, zwölf und 16 Stunden. Da zu sämtlichen vier Zeitpunkten die gemessenen venösen pH-Werte von den errechneten venösen pH-Werten signifikant abweichen, empfiehlt sich eine Rückrechnung der arteriellen pH-Werte.

Für den $p\text{CO}_2$ liegen die errechneten Werte ebenfalls nicht signifikant unter oder über den gemessenen. Dies gilt für arterielle Proben. Jedoch fällt hier auf, daß nach zwölf und 16 Stunden, nicht jedoch nach vier oder acht Stunden, eine signifikante Abweichung der gemessenen von den errechneten venösen Werten auftritt. Daher müßte für eine akzeptable Rückrechnung nach vier oder acht Stunden post partum zurückgerechnet werden. Ein Trend, daß der errechnete Wert für den $p\text{CO}_2$ in der Regel zu niedrig liegt, läßt sich bei arteriellen Proben nicht in der Art feststellen, wie dies bei venösen Proben der Fall ist. Für eine Rückrechnung des $p\text{CO}_2$ sollte aufgrund der Werte im T-Test eher der arterielle Wert als der venöse herangezogen werden. Der T-Test erbringt für arterielle Proben durchgehend höhere Werte als für venöse.

Die extremen Schwankungen der Einzelmeßwerte des $p\text{O}_2$ auch zum Ende der Meßreihen (z.B. von 1,6 auf 7,3 mmHg oder 7,7 auf 13,6 mmHg binnen einer Stunde in den Meßreihen 72 und 32 oder von 1,7 auf 15,5 mmHg in vier Stunden in Meßreihe 46) innerhalb einer Stunde lassen Zweifel an einer Reproduzierbarkeit der Partialdrücke für Sauerstoff aufkommen. Besagte Schwankungen ließen sich nach unseren Beobachtungen allenfalls durch Luftdruckschwankungen und vielmehr Einspritzen von Luft aus dem Spritzenkonus, die nach dem Abnehmen der Verschlusskappe dorthin gelangt sein könn-

te, erklären. Diese Werte und die Änderungen des pO_2 sollten aber wegen besagter Inkonstanz innerhalb der einzelnen Meßreihen mit Vorsicht betrachtet werden. Somit ergibt sich keine sinnvolle Möglichkeit, den pO_2 retrospektiv zu bestimmen. Dies gilt trotz der in der Summe nicht signifikanten Abweichungen der gemessenen von errechneten Partialdrücke arterieller Proben.

Eine Rückrechnung des $c(HCO_3^-)$ wurde nicht durchgeführt. Die geringen Veränderungen des Parameters über den beobachteten Meßzeitraum bei großen Standardabweichungen lassen keine sinnvolle Rückrechnung zu. Zur Sicherung des Verdachts einer Azidose werden ohnehin andere Parameter häufiger herangezogen.

Das SBC kann nach vier Stunden zur Rückrechnung herangezogen werden. Zu diesem Zeitpunkt erbrachte der T-Test für arterielle Proben $p = 0,5834$ und für venöse Proben $p = 0,2129$. Nach acht Stunden weichen die venösen errechneten Werte signifikant von den gemessenen ab ($p = 0,0002$). Die arteriellen Werte differieren zwar nicht signifikant, jedoch liegt der Wert p im T-Test lediglich bei $0,0610$. Nach zwölf Stunden weichen venöse errechnete Werte signifikant von den gemessenen ab ($p = 0,0011$), nicht hingegen die arteriellen ($p = 0,8061$). Keine signifikanten Abweichungen der errechneten und gemessenen Werte ergeben sich nach 16 Stunden. Für venöse Werte liegt der T-Test mit $p = 0,0867$ nur knapp über der Signifikanzgrenze. Bessere Werte gibt es im T-Test für arterielle Proben: $p = 0,9351$.

Der ABE kann für arterielle Proben nach vier, zwölf und 16 Stunden ohne signifikante Differenz zwischen errechneten und gemessenen Werten zurückgerechnet werden: $p = 0,8487$ nach vier Stunden, $p = 0,3217$ nach zwölf und $p = 0,6146$ nach 16 Stunden. Lediglich nach acht Stunden weichen errechnete und gemessenen Proben signifikant voneinander ab ($p = 0,0328$). Venöse Werte konnten nach vier und 16 Stunden ohne signifikante Abweichungen zurückgerechnet werden ($p = 0,2959$ beziehungsweise $p = 0,1271$). Nach acht und zwölf Stunden wichen errechnete und gemessene Werte signifikant voneinander ab ($p = 0,0008$ und $p = 0,0019$). Aufgrund des T-Test und der resultierenden Werte sollten arterielle Werte nach vier Stunden zurückgerechnet werden.

Der SBE zeigte, wie der ABE, nach acht Stunden eine signifikante Abweichung zwischen errechneten und gemessenen arteriellen Werten ($p = 0,0150$). Nach vier, zwölf und 16 Stunden konnte ohne signifikante Fehler der arterielle SBE zurückgerechnet werden ($p = 0,7951$ nach vier, $p = 0,1040$ nach zwölf, $p = 0,1951$ nach 16 Stunden). Der venöse SBE zeigte lediglich nach zwölf Stunden eine signifikante Differenz zwischen errechneten und gemessenen Werten ($p = 0,0306$). Nach vier, acht und 16 Stunden konnten venöse Werte ohne signifikante Abweichung zwischen errechneten und gemessenen Werten zurückgerechnet werden ($p = 0,7996$ nach vier, $p = 0,1983$ nach acht, $p = 0,2503$ nach 16 Stunden). Im folgenden sind die T-Test-Werte für die durchgeführte Rückrechnung der sechs Blutgasparameter tabellarisch zusammengefaßt:

Arterielle	Proben					
Lagerungs- dauer in h	pH	pCO_2	pO_2	SBC	ABE	SBE
4	0,8083	0,7058	0,2321	0,5834	0,8487	0,7951
8	0,2197	0,6036	0,8903	0,0610	0,0328*	0,0150*
12	0,2624	0,8286	0,6285	0,8061	0,3217	0,1040
16	0,3935	0,4314	0,2088	0,9351	0,6146	0,1951

Venöse	Proben					
Lagerungs- dauer in h	pH	pCO ₂	pO ₂	SBC	ABE	SBE
4	0,0064*	0,5573	0,1162	0,2129	0,2959	0,7996
8	0,0012*	0,0837	0,0173*	0,0002*	0,0008*	0,1983
12	0,0002*	0,0009*	0,0189*	0,0011*	0,0019*	0,0306*
16	0,0185*	0,0001*	0,1700	0,0863	0,1271	0,2503

Tab.26: Testergebnisse für arterielle und venöse Blutproben (im T-Test nach Student), Vergleich der errechneten mit den tatsächlich gemessenen Werten, * = signifikant

Für die Rückrechnung nach vier, acht, zwölf und 16 Stunden sind in der folgenden Tabelle die entsprechenden Abweichungen vom Ausgangswert, die als Korrekturfaktoren eingesetzt wurden, aufgeführt:

Lage- rungs- dauer	pH	pCO ₂	pO ₂	SBC	ABE	SBE
4h	-0,099	10,3	0,1	-2,1	-2,7	-1,6
8h	-0,179	21,0	-1,1	-3,8	-5,1	-3,0
12h	-0,256	31,8	-2,0	-5,3	-7,3	-4,3
16h	-0,316	41,7	-4,7	-6,9	-9,6	-5,7
		(mmHg)	(mmHg)	(mmol/l)	(mmol/l)	(mmol/l)

Tab.27: Korrekturfaktoren zur Rückrechnung der Blutgasparameter in Zeitabhängigkeit

Zieht man zusätzlich die Abweichungen der Parameter zu den Zeitpunkten vier, acht, zwölf und 16 Stunden heran und berücksichtigt deren Standardabweichungen, so können Intervalle errechnet werden, in denen 95% der zurückgerechneten Werte liegen. Die Ober- und Untergrenzen dieser Intervalle sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Lagerungs- dauer	Mittelwert	Standabw.	Intervall von	bis
	pH			
4h	-0,099	0,018	-0,063	-0,135
8h	-0,179	0,038	-0,103	-0,255
12h	-0,256	0,041	-0,174	-0,338
16h	-0,316	0,053	-0,210	-0,422
	pCO ₂			
4h	10,3	2,0	6,3	14,3
8h	21,0	5,0	11,0	31,0
12h	31,8	6,8	18,2	45,4
16h	41,7	10,1	21,5	61,9
	SBC			
4h	-2,1	0,6	-0,9	-3,3
8h	-3,8	1,1	-1,6	-6,0
12h	-5,3	1,0	-3,3	-7,3
16h	-6,9	1,4	-4,1	-9,7
	ABE			
4h	-2,7	0,8	-1,1	-4,3
8h	-5,1	1,6	-1,9	-8,3
12h	-7,3	1,4	-4,5	-10,1
16h	-9,6	2,1	-5,4	-13,8
	SBE			
4h	-1,6	0,7	-0,2	-3,0
8h	-3,0	1,4	-0,2	-5,8
12h	-4,3	1,1	-2,1	-6,5
16h	-5,7	1,6	-2,5	-8,9

Tab.28: Intervalle zur Rückrechnung der Parameter, durchschnittliche Ab- oder Zunahme der Parameter \pm doppelte Standardabweichung

Die Prüfung der Rückrechnung durch die Stichproben ist im folgenden nochmals zusammen gefaßt.

Die Ziffern bezeichnen die Anzahl der Stichproben, die bei der Rückrechnung innerhalb der 95%-Intervalle lagen.

	arterielle Proben	venöse Proben
pH	n=10	n=15
4h	9	15
8h	10	15
12h	9	13
16h	9	14
pCO ₂		
4h	7	11
8h	8	13
12h	7	14
16h	10	15
SBC		
4h	10	12
8h	10	15
12h	10	14
16h	10	13
ABE		
4h	9	12
8h	10	15
12h	9	14
16h	10	13
SBE		
4h	7	12
8h	10	14
12h	10	14
16h	10	13

Tab. 29: Anzahl der Stichproben innerhalb eines 95%-Intervalle, definiert durch den Mittelwert der Abweichung \pm doppelter Standardabweichung

Die hier verwendeten Abweichungen der arteriellen Proben zeigen zu keinem der vier Zeitpunkte eine signifikante Abweichung zwischen den vorgegebenen Werten und der Stichprobe. (Näheres ist den Kapiteln 3.1.2, 3.2.2, 3.5.2, 3.6.2, 3.7.2)

Um einen anschaulicheren Überblick über die Genauigkeit der Rückrechnung in absoluten Zahlen und Werten zu bieten, sei auf die folgende Tabelle hingewiesen, die die durchschnittlichen Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten darstellt:

venöse Proben	pH	pCO ₂	pO ₂	SBC	ABE	SBE	arterielle Proben	pH	pCO ₂	pO ₂	SBC	ABE	SBE
4h	0,018	3,2	1,6	0,7	0,8	0,7	4h	0,012	3,1	1,5	0,7	0,8	1,0
8h	0,024	6,3	2,7	0,6	0,9	0,9	8h	0,022	4,4	2,9	0,7	1,1	0,8
12h	0,049	9,0	5,0	1,2	1,7	1,2	12h	0,040	8,4	4,9	0,7	1,5	0,9
16h	0,060	11,5	5,6	1,8	2,6	2,1	16h	0,055	10,1	5,0	0,9	1,8	1,4

Tab.30: Durchschnittliche Abweichungen der errechneten von den gemessenen Werten, Parameter (0h, errechnet) – Parameter (0h, gemessen), Werte sind Beträge

Letztlich war nicht beabsichtigt, ein absolut repräsentatives Bild von Blutgaswerten aller Kinder post partum abzugeben (obwohl die vorliegenden Werte im Kontext stehen), sondern Änderungen der Parameter quantitativ festzuhalten. Aus diesem Grund wurde statt dem allgemein aussagekräftigeren arteriellen pH-Wert wegen der leichteren Gewinnbarkeit der venöse pH-Wert im ersten Teil der Studie verwandt und zwecks ausreichender Antikoagulation recht hohe Mengen an Heparin zugesetzt, die laut diverser Autoren zwar keine signifikante Änderung des pH-Wertes bewirken, den pCO₂ und den pO₂ aber signifikant beeinflussen können (vergleiche Kirshon B, Moische K (25), Hutchinson A, Ralston S, Dryburgh F, Small M und Fogelmann I (26), Boidin M und Jorna P (27) und Bradley J (28)).

Eine Folgerung, die hieraus zu ziehen ist, besagt, daß ein nachträglich zu bestimmender Blutgasstatus am besten aus arteriellem Blut gewonnen werden sollte. Eine Bestimmung bis zu vier Stunden nach der Geburt empfiehlt sich. In der statistischen Prüfung der Rückrechnung finden sich bis zu die-

sem Zeitpunkt akzeptable Werte, die im weiteren Verlauf deutlich vom Ausgangswert differieren. Der pH-Wert kann ebenso nach acht, zwölf und 16 Stunden zurückgerechnet werden, ohne signifikante Abweichungen zu erhalten. Auch der arterielle pCO_2 kann zu den vier analysierten Zeitpunkten ohne signifikante Abweichungen der errechneten Werte von den tatsächlich gemessenen zurückgerechnet werden. Das Standardbicarbonat kann nach vier, acht, zwölf und 16 Stunden in die Rückrechnung miteinbezogen werden. Bei einer Bestimmung nach acht Stunden muß mit signifikant falschen arteriellen ABE- und SBE- Werten gerechnet werden. Eine Berechnung zwölf oder 16 Stunden nach der Geburt erbringt zwar abweichende, aber nicht signifikant von den tatsächlich gemessenen differierende ABE- und SBE- Werte.

Für die Blutgasanalyse bei einer Sectio bedeutet dies, daß bei einer Lagerungsdauer von circa einer Stunde geringe, aber nicht signifikante Änderungen des Blutgasstatus zu erwarten sind ($-0,027 \pm 0,015$). Bei Hausgeburten mit nachträglicher Bestimmung der Blutgasparameter ist eine möglichst geringe Lagerungsdauer anzustreben, da mit zunehmendem Zeitintervall zwischen Blutentnahme und Analyse die Differenz zwischen errechnetem und tatsächlich gemessenem Wert zunimmt (vergleiche Tabelle 17 und Abbildung 22). Somit würde eine nachträgliche Bestimmung mit großer Latenz deutlich ungenauer als bei geringer Latenz. Durch eine Lagerung im Kühlschrank bei etwa $4^\circ C$ können geringere Abweichungen vom Ausgangswert erwartet werden, wie Manor, Blickstein, Hazan, Flidel-Rimon und Hagay (16) erörterten. Eine Untersuchung der Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturen während der Lagerung ließe weiterhin Platz für nachfolgende Studien.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie sollte geprüft werden, ob eine Blutgasanalyse, deren Substrat unmittelbar nach der Geburt gewonnen wurde, die aber mit größerer Latenz durchgeführt wurde, Werte erbringt, die einen Rückschluß auf den Blutgasstatus zum Zeitpunkt der Geburt erlauben. Die vorliegende Literatur läßt bislang hierüber keine Aussage zu. Praktische Relevanz kann eine solche Aussagemöglichkeit im Rahmen von Sectiones bei verspäteter Messung oder bei Latenz zwischen Blutentnahme und Analyse der Probe im Rahmen von Hausgeburten erlangen.

In einem Zeitraum von sechs Monaten wurden 77 Proben aus der Umbilikalvene des Neugeborenen (wegen der technisch leichteren Gewinnbarkeit) entnommen, unmittelbar post partum und anschließend stündlich, bei Lagerung in einer Plastikspritze und bei Raumtemperatur (24-25°C), analysiert. Die Analyse wurde mit einem Radiometer® Copenhagen ABL 500 durchgeführt. Es wurden die Parameter pH, pCO₂, pO₂, c(HCO₃⁻), SBC, ABE und SBE erfaßt. Den Proben wurde Na-Heparinat zugesetzt, in der Probe lag anschließend eine Konzentration von 250U/ml vor. Zu jedem der Meßzeitpunkte lagen mindestens 40 Einzelmeßwerte vor. Der letzte Meßzeitpunkt lag bei 30 Stunden post partum. Es wurde die Abhängigkeit des Blutgasstatus von der Lagerungsdauer sowie die durchschnittlichen Abweichungen vom Ausgangswert bestimmt. Anschließend wurden innerhalb von vier Wochen 15 umbilikalvenöse und zehn umbilikalarterielle Stichproben gewonnen. Die venösen Stichproben wurden zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse der vorhergehenden Meßreihe nach vier, acht, zwölf und 16 Stunden Lagerungsdauer verwandt. Ebenso erfolgte eine Rückrechnung der einzelnen Blutgasparameter zu den genannten Zeitpunkten nach folgendem Schema:

$$\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter (xh)}$$

Die Rückrechnung erfolgte für arterielle wie auch für venöse Proben.

Außerdem wurden Intervalle errechnet, innerhalb derer 95% aller Abweichungen der Parameter zu einem bestimmten Zeitpunkt lagen und mit deren Hilfe ein Intervall angegeben werden konnte, innerhalb dessen mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% der zurückgerechnete Wert des Parameters gelegen haben muß. Die Grenzen des Intervalles wurden wie folgt definiert:

Obergrenze:

$$\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter (xh)} + 2 \times \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter (xh)}$$

Untergrenze:

$$\text{Parameter (0h)} = \text{Parameter (xh)} - \Delta\text{Parameter (xh)} - 2 \times \text{Standardabweichung von } \Delta\text{Parameter (xh)}$$

Die statistische Prüfung erfolgte mittels des T-Tests nach Student für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz.

Die Abhängigkeit der Blutgasparameter von der Lagerungsdauer bei Raumtemperatur ist im folgenden dargestellt:

Anzahl	Lagerungsdauer (h)	pH	pCO ₂	pO ₂	c(HCO ₃ ⁻)	SBC	ABE	SBE
77	0	7,327	41,7	23,3	21,0	19,6	-4,4	-4,1
61	1	7,291	44,9	23,2	20,9	18,8	-5,3	-4,6
57	2	7,268	47,3	23,0	20,8	18,3	-6,0	-5,0
59	3	7,248	49,9	23,0	21,0	18,0	-6,2	-5,2
52	4	7,233	51,6	23,7	20,8	17,6	-6,9	-5,5
51	5	7,200	55,5	22,7	20,7	16,9	-7,8	-6,1
53	6	7,183	57,8	22,9	20,7	16,6	-8,3	-6,3
49	7	7,155	61,5	22,1	20,6	15,9	-9,1	-6,9
41	8	7,140	64,0	22,0	20,8	15,7	-9,4	-6,9

41	9	7,114	66,9	21,0	20,4	15,0	-10,5	-7,7
41	10	7,098	67,8	20,8	19,9	14,4	-11,3	-8,3
41	11	7,078	71,2	20,6	19,9	14,0	-11,9	-8,7
41	12	7,069	72,8	19,5	20,0	13,9	-12,1	-8,7
40	13	7,050	74,8	20,5	19,6	13,3	-13,0	-9,5
41	14	7,040	78,1	20,6	20,0	13,3	-13,0	-9,2
44	15	7,024	80,6	20,3	19,8	12,9	-13,6	-9,6
40	16	7,019	83,2	18,8	20,2	13,0	-13,4	-9,4
47	17	7,010	84,6	17,9	20,1	12,8	-13,9	-9,7
48	18	6,996	85,7	17,6	19,7	12,3	-14,6	-10,2
46	19	6,986	88,6	17,2	20,0	12,2	-14,7	-10,1
55	20	6,968	91,8	15,3	19,8	11,7	-15,3	-10,6
48	21	6,970	90,8	15,3	19,7	11,7	-15,4	-10,6
41	22	6,957	91,3	14,2	19,3	11,3	-16,2	-11,2
48	23	6,960	92,2	14,4	19,6	11,5	-15,9	-10,9
48	24	6,955	93,4	14,3	19,7	11,4	-16,0	-10,9
46	25	6,942	95,2	14,1	19,4	11,1	-16,6	-11,4
41	26	6,936	96,9	14,1	19,6	11,1	-16,6	-11,3
42	27	6,941	97,1	12,0	19,8	11,2	-16,4	-11,1
41	28	6,930	98,2	12,4	19,5	10,8	-17,0	-11,5
41	29	6,934	98,3	11,5	19,7	11,0	-16,7	-11,2
43	30	6,937	98,2	11,8	19,7	11,1	-16,6	-11,2

Tab. 31: Abhängigkeit der Blutgasparameter von der Lagerungsdauer
pCO₂ und pO₂ in mmHg, c(HCO₃⁻), SBC, ABE, SBE in mmol/l

Folgende Tabelle illustriert die Änderungen der Parameter in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer:

Anzahl	Lagerungsdauer (h)	ΔpH	ΔpCO ₂	ΔpO ₂	Δc(HCO ₃ ⁻)	ΔSBC	ΔABE	ΔSBE
61	1	-0,027	2,5	0,4	-0,1	-0,6	-0,8	-0,5
57	2	-0,054	5,2	0,1	-0,2	-1,2	-1,5	-0,9
59	3	-0,077	7,7	0,1	-0,3	-1,7	-2,1	-1,3
52	4	-0,099	10,3	0,1	-0,2	-2,1	-2,7	-1,6
51	5	-0,122	13,2	-0,1	-0,3	-2,6	-3,4	-2,0
53	6	-0,142	15,9	-0,6	-0,3	-3,0	-3,9	-2,2
49	7	-0,162	18,7	-0,5	-0,4	-3,4	-4,5	-2,7
41	8	-0,179	21,0	-1,1	-0,5	-3,8	-5,1	-3,0
41	9	-0,202	24,2	-1,7	-0,5	-4,3	-5,8	-3,4
41	10	-0,226	26,2	-1,4	-0,8	-4,9	-6,6	-4,0
41	11	-0,234	28,6	-2,1	-0,8	-5,0	-6,9	-4,0
41	12	-0,256	31,8	-2,0	-0,5	-5,3	-7,3	-4,3
40	13	-0,276	34,3	-3,0	-0,8	-5,9	-8,1	-4,8
41	14	-0,294	37,3	-3,9	-0,8	-6,4	-8,7	-5,2
44	15	-0,308	39,8	-3,8	-0,8	-6,6	-9,2	-5,4
40	16	-0,316	41,7	-4,7	-1,0	-6,9	-9,6	-5,7
47	17	-0,327	43,6	-6,0	-1,0	-7,1	-9,8	-5,8
48	18	-0,338	44,9	-5,7	-1,1	-7,4	-10,3	-6,2
46	19	-0,350	47,5	-6,5	-1,1	-7,7	-10,7	-6,4
55	20	-0,354	49,7	-7,4	-1,2	-7,7	-11,0	-6,5
48	21	-0,364	50,2	-8,8	-1,1	-7,9	-11,2	-6,6
41	22	-0,380	51,6	-9,2	-1,2	-8,1	-11,7	-6,8
48	23	-0,378	52,2	-9,2	-1,1	-8,2	-11,6	-6,8
48	24	-0,387	53,1	-9,7	-1,5	-8,6	-12,1	-7,2
46	25	-0,392	54,8	-10,2	-1,3	-8,5	-12,2	-7,2
41	26	-0,399	55,9	-10,6	-1,5	-8,8	-12,5	-7,4
42	27	-0,393	56,7	-12,6	-1,0	-8,5	-12,1	-6,9
41	28	-0,396	57,0	-11,5	-1,2	-8,6	-12,4	-7,2
41	29	-0,399	57,5	-13,0	-1,2	-8,7	-12,4	-7,2
43	30	-0,401	57,6	-12,0	-1,3	-8,7	-12,5	-7,3

Tab. 32: Änderungen der Blutgasparameter in Abhängigkeit von der Lagerungsdauer
pCO₂ und pO₂ in mmHg, c(HCO₃⁻), SBC, ABE, SBE in mmol/l

Die Rückrechnung der Parameter nach der oben genannten Formel durch einfache Subtraktion erbrachte folgende Ergebnisse: signifikante Unterschiede zwischen errechnetem und gemessenem Wert ergaben sich:

- nach vier, acht, zwölf und 16 Stunden für die Rückrechnung des venösen pHs,
- nach zwölf und 16 Stunden für die Rückrechnung des venösen pCO₂,

- nach acht und zwölf Stunden für die Rückrechnung des venösen pO₂,
- nach acht und zwölf Stunden für die Rückrechnung des venösen SBC,
- nach acht und zwölf Stunden für die Rückrechnung des venösen ABE,
- nach zwölf Stunden für die Rückrechnung des venösen SBE,
- nach acht Stunden für die Rückrechnung des arteriellen ABE,
- nach acht Stunden für die Rückrechnung des arteriellen SBE.

Folgende Tabelle demonstriert, welcher Anteil der Proben nach Rückrechnung innerhalb eines wie oben beschriebenen 95%-Intervalles lagen (Wiederholung der Tabelle 29):

	arterielle Proben	venöse Proben
PH	n=10	n=15
4h	9	15
8h	10	15
12h	9	13
16h	9	14
PCO₂		
4h	7	11
8h	8	13
12h	7	14
16h	10	15
SBC		
4h	10	12
8h	10	15
12h	10	14
16h	10	13
ABE		
4h	9	12
8h	10	15
12h	9	14
16h	10	13
SBE		
4h	7	12
8h	10	14
12h	10	14
16h	10	13

Tab. 29: Anzahl der Stichproben innerhalb eines 95%-Intervalles, definiert durch den Mittelwert der Abweichung \pm doppelter Standardabweichung

Die Folgerungen, die aus den Ergebnissen gezogen werden können, lauten wie folgt:

- Ein nachträglich zu bestimmender Blutgasstatus sollte aus arteriellem Nabelschnurblut gewonnen werden.
- Es empfiehlt sich die Analyse innerhalb einer Lagerungsdauer von vier Stunden.
- Bei einer Sectio könnte die Analyse auch erst am Ende des operativen Eingriffs erfolgen, ohne daß es zu signifikanten Änderungen eines der Parameter kommt.
- Steht ein Kühlschrank zur Verfügung, kann die Änderung der Parameter durch Lagerung im Kühlschrank geringer gehalten werden
- Mit den Parametern pH, pCO₂, SBC, ABE und SBE läßt sich bis zu vier Stunden nach der Geburt der arterielle Säure-Basen-Haushalt und damit die Sauerstoffversorgung des Kindes sub partu beurteilen. Explizit lassen sich schwerwiegende Entgleisungen im Einzelfall ausschließen. Insofern ließe sich bei rechtzeitiger Analyse einer bei einer Hausgeburt vor Ort entnommenen Probe eine krasse Fehlleistung des Geburtshelfers als wahrscheinlich oder unwahrscheinlich einstufen. Eine weitere Ausdehnung der Lagerungsdauer führt zu größeren Ungenauigkeiten in der Rückrechnung und folglich zu größeren Fehlern.

6 Literaturverzeichnis

- (1) Siggaard-Andersen O: Blood acid-base alignment nomogram: Scales for pH, pCO₂, base excess of whole blood of different hemoglobin concentration, plasma bicarbonate and plasma total-CO₂; Scandinavian journal of clinical laboratory investment, 1963, 15, 211-217
- (2) Schmidt-Matthiesen H, Hepp H: Gynäkologie und Geburtshilfe, 9.Auflage, 1998, Schattauer Verlag, Stuttgart, 290-291
- (3) von Harnack G-A, Koletzko B: Kinderheilkunde, 10.Auflage, 1997, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 63-65
- (4) Goldaber K, Gilstrap L, Leveno K, Dax J, McIntire D: Pathologic fetal asphyxia; Obstetrics and gynecology, 1991, 78, 1103-1106
- (5) Winkler C, Hauth J, Tucker M, Owen J, Brumfield C: Neonatal complications at term as related to the degree of umbilical artery acidemia; American Journal of obstetrics and gynecology, 1991, 164, 637-641
- (6) Van den Berg P, Nelen W, Jongsma H, Nijland R, Kollée L, Nijhuis J, Eskes T: Neonatal complications in newborns with an umbilical artery pH less than 7,00; American Journal of obstetrics and gynecology, 1996, 175, 1152-1157
- (7) Gilstrap L, Leveno K, Burris J, Williams L, Little B: Diagnosis of birth asphyxia on the basis of fetal pH, Apgar score and newborn cerebral dysfunction; American Journal of obstetrics and gynecology, 1989, 161, 825-830
- (8) Nagel H, Vandenbussche F, Oepkes D, Jennekens-Schinkel A, Laan L, Gravenhorst J: Follow-up of children born with an umbilical arterial blood pH < 7; American Journal of obstetrics and gynecology, 1995, 173, 1758-1764
- (9) Low J, Panagiotopoulos C, Derrick J: Newborn complications after intrapartum asphyxia with metabolic acidosis in the term fetus: American Journal of obstetrics and gynecology, 1994, 170, 1081-1087
- (10) Huisjes H, Aarnoudse J: Arterial or venous umbilical pH as a measure of neonatal morbidity; Early human development, 1979, 3, 155-161
- (11) Thorp J, Sampson J, Parisi V, Creasy R: Routine umbilical cord blood gas determinations? American Journal of obstetrics and gynecology, 1989, 161/3, 600-605

- (12) Sato I, Saling E: Changes of pH-values during storage of fetal blood samples; Journal of perinatal medicine, 1975, 3, 211-214
- (13) Weisbrot I, James L, Prince C, Holaday D, Apgar V: Acid-base homeostasis of the newborn infant during the first 24 hours of life; Journal of pediatrics, 1958, 52, 395-403
- (14) Sharif K, Olah K, Gee H: Umbilical cord blood pH and base deficit: Time dependent change at room temperature; Journal of obstetrics and gynecology, 1993, 13/2, 107-110
- (15) Owen P, Farrell T, Steyn W: Umbilical cord blood gas analysis: a comparison of two simple methods of sample storage; Early human development, 1995, 42/1, 67-71
- (16) Manor M, Blickstein I, Hazan Y, Flidel-Rimon O, Hagay Z: Postpartum determination of umbilical artery blood gases: Effect of time and temperature; Clinical chemistry, 1998, 44/3, 681-683
- (17) Hilger J, Holzmann I, Drown D: Sequential changes in placental blood gases and pH during the hour following delivery; Journal of reproductive medicine; 1981, 26, 305-307
- (18) Sykes G, Molloy P: Effect of delays in collection or analysis on the results of umbilical cord blood measurement; British journal of obstetrics and gynecology; 1984, 91, 989-992
- (19) Acog technical Bulletin: Umbilical artery blood acid-base analysis; International journal of gynecology and obstetrics, 1996, 52/3, 305-310
- (20) Referenzhandbuch zum Radiometer® Copenhagen ABL 500
- (21) Langman, Jan: Medizinische Embryologie, 8. Auflage, 1989, Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- (22) Herbst A, Wölner-Hanssen P, Ingemarson I: Risk factors for acidemia at birth; Obstetrics and gynecology, 1997, 90/1, 125-130
- (23) Dennis J, Johnson A, Mulch L, Yudkin P, Johnson P: Acid-base status of birth and neurodevelopmental outcome at four and one-half years; American Journal of obstetrics and gynecology, 1989, 161, 213-220
- (24) Johnson J, Richards D: The etiology of fetal acidosis as determined by umbilical cord acid-base studies; American Journal of obstetrics and gynecology, 1997, 177/2, 274-282
- (25) Kirshon B, Moise K: Effect of heparin on umbilical arterial blood gases; Journal of reproductive medicine, 1989, 34, 267-269

- (26) Hutchinson A, Ralston S, Dryburgh F, Small M, Fogelmann I: Too much heparin: possible source of error in blood gas analysis; *British medical journal*, 1983, 287, 1131-1132
- (27) Boidin M, Jorna P: Influence of different heparin solutions upon blood gas analysis and biochemical values measured in plasma; *Intensive care medicine*, 1984, 10, 255-260
- (28) Bradley J: Errors in the measurement of blood pCO₂ due to dilution of the sample with heparin solution; *British journal of anaesthetics*, 1972, 44, 231-232
- (29) Shirey T, St.Pierre J, Winkelmann J: Cord lactate, pH, and blood gases from healthy neonates; *Gynecologic and obstetric investigation*, 1996, 41/1, 15-19
- (30) Helwig J, Parer J, Kilpatrick S, Laros R: Umbilical cord blood acid-base state: What is normal? *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1996, 174/6, 1807-1814
- (31) Riley R, Johnson J: Collecting and analyzing cord blood gases; *Clinical obstetrics and gynecology*, 1993, 36, 13-24
- (32) Yeomans E, Hauth J, Gilstrap L, Strickland D: Umbilical cord pH and pCO₂ and bicarbonate following uncomplicated term vaginal deliveries; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1985, 151, 798-800
- (33) Westgate J, Garibaldi J, Greene K: Umbilical cord blood gas analysis at delivery: a time for quality data; *British journal of obstetrics and gynecology*, 1994, 101, 1054-1063
- (34) Gregg A, Weiner C: "Normal" umbilical arterial and venous acid-base and blood gas values; *Clinical obstetrics and gynecology*, 1993, 36/1, 24-32
- (35) Miller J, Bernard M, Brown H, St.Pierre J, Gabert H: Umbilical cord blood gases for term healthy neonates; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1990, 7/2, 157-159
- (36) Vintzileos A, Egan J, Campbell W, Rodis J, Scorza W, Fleming A, Mc Lean D: Asphyxia at birth as determined by cord blood pH measurement in preterm and term gestations: correlation with neonatal outcome; *Journal of maternal and fetal medicine*, 1992, 1, 7-13
- (37) Eskes T, Jongsma H, Houx P: Percentiles for cord gas values in human umbilical cord blood; *European journal for obstetrics, gynecology and reproductive biology*, 1983, 14, 341-346

- (38) Sehdev H, Stamilion D, Macones G, Graham E, Morgan M: Predictive factors for neonatal morbidity in neonates with an umbilical arterial cord pH less than 7,00; American Journal of obstetrics and gynecology, 1997, 177/5, 1030-1034
- (39) Bulkman N, Lyrenäs S, Hallberg G, Niklasson F: Umbilical cord blood sampling – a tool for delivery quality control? Acta obstetrica et gynecologica Scandinavica; 1997, 76, 419-422
- (40) Strickland D, Gilstrap L, Hauth J, Widmer K: Umbilical cord pH and pCO₂: effect of interval from delivery to determination; American Journal of obstetrics and gynecology; 1984, 148, 191-194
- (41) Duerbeck N, Chaffin D, Seeds J: A practical approach to umbilical artery pH and blood gas determination; Obstetrics and gynecology; 1992, 79, 959-962
- (42) Sharp J, Dildy G, Yeomans E, Meyer B, Parisi V: Umbilical cord blood gas analysis at delivery; American Journal of obstetrics and gynecology, 1996, 175/3, 517-522
- (43) Dildy G, Thorp J, Yeast J, Clark S: The relationship between oxygen saturation and pH in umbilical blood: implications for intrapartum fetal oxygen saturation monitoring; American Journal of obstetrics and gynecology, 1996, 175/3, 682-687
- (44) Pel M, Treffers P.E.: The reliability of the result of umbilical cord pH; Journal of perinatal medicine, 1983, 11, 169-174
- (45) Siggaard-Andersen O: Sampling and storing of blood for determination of acid-base-status; Scandinavian journal of clinical laboratory investigation, 1961, 13, 196-204
- (46) Yoon B, Kim S: The effect of labor on the normal values of umbilical blood acid-base status; Acta obstetrica et gynecologica scandinavica, 1994, 73, 555-561
- (47) Gordon A, Johnson J: Value of umbilical acid-base studies in fetal assessment; Journal of reproductive medicine, 1985, 30, 329-336
- (48) Huch A, Huch R, Rooth G: Guidelines for blood sampling and measurement of pH and blood gas values in obstetrics; European journal for obstetrics, gynecology and reproductive biology, 1994, 54, 165-175
- (49) Johnson J, Richards D, Wagaman R: The case for routine umbilical blood acid-base studies at delivery; American Journal of obstetrics and gynecology, 1990, 162, 621-625

- (50) Low J, Pancham S, Worthington D, Boston R: Acid-base, lactate, and pyruvate characteristics of the normal obstetric patient and fetus during the intrapartum period; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1974, 120, 862-867
- (51) Saling E, Schneider D: Biochemical supervision of the fetus during labor; *Journal of obstetrics and gynecology of British Commonwealth*; 1967, 74, 799-811
- (52) Blechner J: Fetal acid-base homeostasis; *Clinical obstetrics and gynecology*; 1970, 13, 621-637
- (53) James L, Weisbrot I, Prince C, Haladay D: The acid-base status of human infants in relation to birth asphyxia and the onset of respiration; *Journal of pediatrics*, 1958, 52, 379-394
- (54) Lievaard M, De Jong P: Acid-base equilibrium in umbilical cord blood and time of cord clamping; *Obstetrics and gynecology*, 1984, 63, 44-47
- (55) Wible J, Petrie R, Koons A, Perez A: The clinical use of umbilical cord acid-base determinations in perinatal surveillance and management; *Clinical perinatology*, 1982, 9, 387-397
- (56) Wood C: Diagnostic and therapeutic implications of intrapartum fetal pH measurement; *Acta obstetrica et gynecologica scandinavica*, 1978, 57, 13-18
- (57) Socol M, Garcia P, Riter S: Depressed Apgar scores, acid-base status, and neurological outcome; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1994, 170, 991-999
- (58) Richards D, Johnson J: The practical implications of cord blood acid-base studies; *Clinical obstetrics and gynecology*, 1993, 36/1, 91-98
- (59) Skelton A, Madan M, Thompson D, Wenneberg D: Utilization patterns of cord blood gas analysis; *Obstetrics and gynecology*, 1997, 90/4, 538-541
- (60) Dijkhoorn M, Visser G, Huisjes H, Fidler V, Touwen B: The relation between umbilical pH values and neonatal neurological morbidity in full term appropriate-for-dates infants; *Early human development*, 1985, 11, 33-42
- (61) Clark R, Cooper J, Stevens S, Brown W: Neonatal acid-base studies: effect of a heavy medication-narcotic antagonist regimen for labor and delivery; *Obstetrics and gynecology*, 1969, 33, 30-34
- (62) Siggaard-Andersen O: A graphic representation of changes of the acid-base status; *Scandinavian journal of clinical laboratory investment*, 1960, 12, 311-314

- (63) Modanlou H, Yeh S, Hon E: Fetal and neonatal acid-base balance in normal and high-risk pregnancies during labor and the first hour of life; *Obstetrics and gynecology*, 1974, 43, 347-353
- (64) Biswas C, Ramos J, Agroyannis B, Kerr D: Blood gas analysis:effect of air bubbles in syringe and delay in estimation; *British medical journal*, 1982, 284, 923-927
- (65) Goldaber K, Gilstrap L: Correlation between obstetric clinical events and umbilical cord blood gas values; *Clinical obstetrics and gynecology*, 1993, 36/1, 47-59
- (66) Blackstone J, Young B: Umbilical cord blood acid-base values and other descriptors of fetal condition; *Clinical obstetrics and gynecology*, 1993, 36/1, 33-46
- (67) Hibbard J, Hibbard M, Whalen M: Umbilical cord blood gases and mortality and morbidity in very low birth weight infants; *Obstetrics and gynecology*, 1991, 78/5, 768-773
- (68) Berg T, Rayburn W: Umbilical cord length and acid-base balance at delivery; *Journal of reproductive medicine for the obstetrician and gynecologist*, 1995, 40/1, 9-12
- (69) Lao T, Ohlsson A, Meyer B, Dickinson J, Parisi V: Effect of fetal sepsis on umbilical cord blood gases; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1993, 168/2, 738-740
- (70) Rognerud-Jensen O, Narverud G: Fetal heart rate decelerations and umbilical cord blood gas values; *European journal for obstetrics, gynecology and reproductive biology*, 1994, 53/2, 103-106
- (71) Swain L, Holste C, Waller K: Umbilical cord blood after prior cesarean delivery; *Obstetrics and gynecology*, 1998, 92/3, 390-393
- (72) Loghis C, Salamalekis E, Vitoratos N, Panayotopoulos N, Kassanos D: Umbilical cord blood gas analysis in augmented labour; *Journal of obstetrics and gynecology*, 1999, 19/1, 38-40
- (73) Cusick W, Vintzileos A, Varvarigos I, Verkios N, Tassis S: Mixed umbilical cord blood gas values;*Journal of maternal-fetal medicine*, 1994, 3/3, 104-106
- (74) Gaskins J, Goldkrand J: Air contamination in umbilical cord blood gas samplings; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1994,171/6, 1546-1549
- (75) Bartlett M, Murray A, Dunlop W: Measurement of umbilical cord blood gases: effects of delays in collection and analysis; *Journal of obstetrics and gynecology*, 1992, 12/2, 108-111
- (76) Owen P, Chien P, Sharif K: Umbilical cord blood pH and base deficit: Time dependent change at room temperature; *Journal of obstetrics and gynecology*, 1993, 13/5, 387

- (77) Vandebussche F, Griever G, Oepkes D, Postuma M, Le Cessie S, Keirse M: Reliability of individual umbilical artery pH measurement; *Journal of perinatal medicine*, 1997, 25/4, 340-346
- (78) Salfia C, Minior V, Lopez-Zeno J, Whittington S, Pezullo J, Vintzileos A: Relationship between placental histologic features and umbilical cord blood gases in preterm infants; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1995, 173/4, 1058-1064
- (79) Nordström L, Marcus C, Persson B, Shimojo N, Westgren M: Lactate in cord blood and its relationship to pH and catecholamines in spontaneous vaginal deliveries; *Early human development*, 1996, 46/1, 97-104
- (80) Belai Y, Goodwin M, Durand M, Greenspoon J, Paul R, Walther F: Umbilical arteriovenous pO₂ and pCO₂ differences and neonatal morbidity in term infants with severe acidosis; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1998, 178/1, 13-19
- (81) Vandebussche F, Oepkes D, Keirse M: The merit of routine cord blood pH measurement at birth; *Journal of perinatal medicine*, 1999, 27/3, 158-165
- (82) Vintzileos A, Fleming A, Scorza W, Wolf E, Balducci J, Campbell W, Rodis J: Relationship between biophysical activities and umbilical cord blood gas values; *American Journal of obstetrics and gynecology*, 1991, 165/3, 707-713
- (83) Levy B, Dawson J, Tooth P, Bowdler N: Predictors of neonatal resuscitation, low Apgar scores and umbilical artery pH among growth-restricted neonates; *Obstetrics and gynecology*, 1998, 91/6, 909-916
- (84) Yanpeng L, Greisen G: Analysis of the risk of brain damage in asphyxiated infants; *Journal of perinatal medicine*, 1996, 24/6, 581-589
- (85) Garibaldi J, Westgate J, Ifeachor E: The evaluation of an expert system for the analysis of umbilical cord blood; *Artificial intelligence in medicine*, 1999, 17/2, 109-130

7 Anhang

7.1 Kalibrierung des pH-Elektrodensystems

Die Leistung des pH-Elektrodensystems wird durch den Status und die Empfindlichkeitswerte der pH-Kalibrierergebnisse beschrieben. Der Status wird während Ein-Punkt-Kalibrierungen mit den S1565/S1585-Kalibrierlösungen, pH hoch (7,400) ermittelt. Die Empfindlichkeit wird während Zwei-Punkt-Kalibrierungen mit den S1565/S1575 oder S1585/S1595 Kalibrierlösungen, pH hoch (7,400) beziehungsweise pH niedrig (6,800) ermittelt. Die Drift wird während Ein- und Zwei-Punkt-Kalibrierungen ermittelt.

7.2 Empfindlichkeit des pH-Elektrodensystems

Die Nernst-Gleichung für die pH-Elektrodenkette zeigt, daß die theoretische absolute Empfindlichkeit 61,5mV für $\Delta\text{pH}=1$ bei 37°C beträgt. Die (relative) Empfindlichkeit, $S(\text{pH})$, wird aufgrund des gemessenen $E(\text{H})$ - und des gemessenen $E(\text{L})$ -Potentials berechnet, unter Anwendung der Nernst-Gleichung. $S(\text{pH}) = [(E(\text{L}) - E(\text{H})) : \{0,615 \times [(\text{pH}(\text{H}) - \text{pH}(\text{L}))\}] = [E(\text{L}) - E(\text{H})] : [0,615 \times (7,400 - 6,800)]$ (%) (2)

($E(\text{H})$)=das während der Kalibrierung mit den S1565/S1585-Kalibrierlösungen gemessene Potential der Elektrodenkette, $\text{pH}(\text{H})$ = pH-Wert der Kalibrierlösung, $\text{pH}= 7,400$, $E(\text{L})$ = während der Kalibrierung mit den S1575/S1595-Kalibrierlösungen gemessene Potential der Elektrodenkette, $\text{pH}(\text{L})$ = pH-Wert der Kalibrierlösung, $\text{pH}= 6,800$)

Der Empfindlichkeitswert sollte zwischen 92 und 103% liegen, da die relative Empfindlichkeit, S , normalerweise von 100%, dem theoretischen Wert, abweicht.

7.3 Status des pH-Elektrodensystems

7.3.1 Aktuelles Signal

Aus (1) und (2) folgt:

$$E_{\text{meas}} = E_0 - S \times 0,615 \times \text{pH}(\text{mV}) \quad (3)$$

(E_{meas} = Potential der aktuellen Messung)

Für Messungen an S1565/S1585 sieht das pH-Signal wie folgt aus:

$$E_{7,400} = E_0 - S \times 0,615 \times 7,400 \quad (4)$$

($E_{7,400}$ = Potential einer Lösung mit dem definierten pH von 7,400)

Aus (3) und (4) erhält man:

$$\text{pH} = 7,400 - (E_{\text{meas}} - E_{7,400}) : (S \times 0,615)$$

Die theoretische pH-Elektrodenkette ist durch einen $E_{7,400}$ -Wert von -80mV (K606) und eine theoretische Empfindlichkeit von 100% gekennzeichnet.

7.3.2 Berechnung

Der Status der pH-Elektrodenkette wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{pHStatus} = 7,400 - [E_{7,400}(\text{actual}) - E_{7,400}(\text{standard})] : (100 \times 0,615) = \\ = 7,400 - [E_{7,400}(\text{actual}) - (-80)] : (100 \times 0,615) (5)$$

($E_{7,400}(\text{actual})$) = aktuelles Potential einer Lösung mit dem definierten pH von 7,400, und $E_{7,400}(\text{standard})$ theoretisches Potential einer Lösung mit dem definierten pH von 7,400

Der Statuswert für die theoretische pH-Elektrodenkette beträgt 7,400. Der ermittelte Statuswert sollte zwischen 6,820 und 7,946 liegen.

7.4 Drift des pH-Elektrodensystems

Die Drift wird folgendermaßen bestimmt:

$$\Delta\text{pH}_{7,400} = \text{pH}_{7,400}(\text{meas}) - 7,400$$

$$\Delta\text{pH}_{6,800} = \text{pH}_{6,800}(\text{meas}) - 6,800$$

$$\text{pH}_{7,400}(\text{meas}) = 7,400 - [(E_{6,800}(\text{meas}) - E'_{7,400}(\text{meas})) : (S' \times 0,615)]$$

$$\text{pH}_{6,800}(\text{meas}) = 7,400 - [(E_{6,800}(\text{meas}) - E'_{7,400}(\text{meas})) : (S' \times 0,615)]$$

($E_{7,400}(\text{meas})$) = in der vorliegenden S1565/S1585 Kalibrierlösung (pH7,400) gemessenes Potential der Elektrodenkette, $E_{6,800}(\text{meas})$ = in der vorliegenden S1575/S1595 Lösung gemessenes Potential der Elektrodenkette, $E'_{7,400}(\text{meas})$ = während der letzten Ein- oder Zwei-Punktkalibrierung in der vorliegenden S1565/S1585 Lösung (pH7,400) gemessenes Potential der Elektrodenkette, S' = Empfindlichkeit der pH-Elektrode in% bei der letzten Zwei-Punkt-Kalibrierung)

Die Driftwerte sollten innerhalb der definierten Drifttoleranzgrenzen liegen. RADIOMETER© empfiehlt die Verwendung der vorgegebenen Drifttoleranzen. Diese waren:

niedrige Kal.: $\pm 0,010$

hohe Kal.: $\pm 0,010$

7.5 Messung und Korrekturen des pH-Elektrodensystems

7.5.1 Messung

Der in einer Probe gemessene pH-Wert wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{pH}(\text{sample})_{\text{meas}} = 7,400 - [E(\text{sample}) - E'_{7,400}(\text{meas})] \times (S' \times 0,615)$$

7.5.2 Korrekturen

Der gemessene pH wird dann in Bezug auf systematische Abweichungen von der Referenzmethode korrigiert, dadurch ergibt sich pH(corr.) für eingespritzte Proben:

$$\text{pH}(\text{corr.})_1 = \text{pH}_{\text{meas}} + K1 \times \text{pCO}_2(\text{sample})_{\text{meas}} + K2 \text{ (Konstante } K1=0,00013 \text{ und } K2=0,00035)$$

7.6 Kalibrierung der pCO₂ –Elektrodenkette

Die Leistung der pCO₂ –Elektrodenkette wird durch Status und Empfindlichkeit beschrieben. Der Status wird während Kalibrierung an einem der Präzisions-Gasgemische ermittelt. Die Empfindlichkeit wird durch Messung an zwei Gasgemischen ermittelt. Die Drift wird während Ein- und Zwei-Punkt-Kalibrierungen ermittelt.

7.7 Gasgemische

Die Gasgemische werden vom eingebauten Gasmischer erzeugt:

CO₂ (L) % ~ 5,61% (GAS 1) und CO₂ (H)% ~ 11,22 % (GAS2)

Der Partialdruck von CO₂ in den Gasgemischen wird wie folgt berechnet:

$$p\text{CO}_2 (\text{L}) = [(B - p\text{H}_2\text{O}) : 100] \times \text{CO}_2 (\text{L})\% \text{ und } p\text{CO}_2 (\text{H}) = [(B - p\text{H}_2\text{O}) : 100] \times \text{CO}_2 (\text{H})\% \quad (10)$$

(B= Luftdruck, pH₂O= Wasserdampfdruck (= 47 mmHg oder 6,3 kPa bei 37 °C))

pCO₂ wird in mmHg oder in kPa ausgedrückt; 1 mmHg = 0,133322 kPa.

7.8 Empfindlichkeit der pCO₂ –Elektrodenkette

Der Empfindlichkeitswert der pCO₂ –Elektrode wird folgendermaßen berechnet:

$$S = [E(\text{H}) - E(\text{L})] : [0,615 (\log p\text{CO}_2 (\text{H}) - \log p\text{CO}_2 (\text{L}))]\% \quad (11)$$

(S= aufgrund des E(H)- und E(L)-Potentials berechnete Empfindlichkeit, E(L)= während der Kalibrierung mit GAS 1 (dem Gasgemisch mit niedrigem CO₂) gemessenes pCO₂ -Elektrodenpotential, E(H)= während der Kalibrierung mit GAS 2 (dem Gasgemisch mit hohem pCO₂) gemessenes pCO₂ -Elektrodenpotential, pCO₂ (L)= der pCO₂ -Wert von GAS 1, pCO₂ (H)= der pCO₂-Wert von GAS 2, 61,5= die theoretische Empfindlichkeit der pCO₂ -Elektrode im mV pro Dekade-Änderung in pCO₂ bei 37°C)
Die Empfindlichkeitswerte der aktuellen Elektrode weichen normalerweise von 100%, dem theoretischen Wert, ab. Sie sollten zwischen 85 – 100% liegen.

7.9 Status der pCO₂ –Elektrodenkette

7.9.1 Aktuelles Signal

Aus (9) und (11) folgt das aktuelle Signal der pCO₂ -Elektrode:

$$E_{\text{meas}} = E_0 + S \times 0,615 \log p\text{CO}_2 \quad (12)$$

Für Messungen an GAS1 mit pCO₂= 40 mmHg folgt:

$$E(40) = E_0 + S \times 0,615 \log 40 \quad (13)$$

Aus (7) und (8) erhält man:

$$\log p\text{CO}_2 = \{[E_{\text{meas}} - E(40)] : [S \times 0,615]\} + \log 40 \quad (14)$$

(E_{meas}= aktuelles pCO₂-Elektrodenpotential, E(40)= während der Kalibrierung mit GAS1 gemessenes pCO₂-Elektrodenpotential, log 40= pCO₂ -Wert von GAS 1 (=40 mmHg))

Die theoretische pCO₂ -Elektrode ist bei einem Gas mit pCO₂= 40 mmHg durch ein Potential von

-80mV und eine theoretische relative Empfindlichkeit, S, von 100% gekennzeichnet.

Das Potential der aktuellen pCO₂-Elektrode, die mit GAS 2 kalibriert wird, wird auf 40 mmHg bezogen, indem S = 100% angenommen wird.

$$E(40)_{act} = E(L) + 0,615 (\log 40 - \log p \text{ pCO}_2 (L)) \quad (15)$$

7.9.2 Berechnung

Wenn GAS 1 auf die aktuelle pCO₂-Elektrode angewandt wird, kann ihr Status wie folgt berechnet werden:

$$\log \text{ pCO}_2 \text{ STATUS} = [E(40)_{actual} - E(L)_{stand.}] : [100 \times 0,615] + \log 40 =$$

$$= [E(40)_{actual} - (-80)] : [100 \times 0,615] + \log 40$$

(-80mV = Potential der theoretischen pCO₂-Elektrode mit pCO₂ = 40 mmHg)

$$\text{ pCO}_2\text{-STATUS} = 10^{\log \text{ pCO}_2 \text{ STATUS}} \quad (16)$$

Der Statuswert sollte zwischen 6,2 - 260 mmHg (0,83 - 34,66 kPa) liegen.

7.10 Drift

Die Drift wird für GAS 1- und GAS 2-Gemische folgendermaßen bestimmt:

$$\Delta(L) = \text{ pCO}_2 (L)_{meas} - \text{ pCO}_2 (L) \quad \text{ und } \Delta(H) = \text{ pCO}_2 (H)_{meas} - \text{ pCO}_2 (H)$$

pCO₂ (L)_{meas} und pCO₂ (H)_{meas} sind:

$$\log \text{ pCO}_2 (L)_{meas} = [E(L)_{meas} - E(L)] : [S \times 0,615] + \log \text{ pCO}_2 (L) \quad (17)$$

$$\log \text{ pCO}_2 (H)_{meas} = [E(H)_{meas} - E(L)] : [S \times 0,615] + \log \text{ pCO}_2 (L) \quad (18)$$

(E'(L)= während der letzten Kalibrierung mit GAS 1 gemessenes Potential der pCO₂-Elektrode, pCO₂(L)= während der letzten Kalibrierung mit GAS 1 gemessener Partialdruck, E'(H)= während der letzten Kalibrierung mit GAS 2 gemessenes Potential der pCO₂-Elektrode), pCO₂ (H)= während der letzten Kalibrierung mit GAS 2 gemessener Partialdruck, S'= Empfindlichkeit der pCO₂-Elektroden in % der letzten 2-Punkt- Kalibrierung)

$$\text{ pCO}_2 (L)_{meas} = 10^{\log \text{ pCO}_2 (L)_{meas}} \quad \text{ und } \quad \text{ pCO}_2 (H)_{meas} = 10^{\log \text{ pCO}_2 (H)_{meas}} \quad (19)$$

Die Driftwerte sollten innerhalb der definierten Drifttoleranzen liegen. Die Vorgabetoleranzen waren:

Niedrige Kal: ± 1,5 mmHg oder ± 0,20 kPa

Hohe Kal: ± 3,0 mmHg oder ± 0,40 kPa

7.11 Messung und Korrekturen der pCO₂-Elektrodenkette

7.11.1 Messung

Der pCO₂-Wert einer Probe, pCO₂ (sample), wird aufgrund des gemessenen E(s)-Potentials berechnet:

$$\log \text{ pCO}_2 (\text{sample})_{meas} = E(s)_{meas} - E'(L) \times (S \times 0,615)^{-1} + \log \text{ pCO}_2 (L)$$

$$\text{ pCO}_2 (\text{sample})_{meas} = 10^{\log \text{ pCO}_2 (\text{sample})_{meas}}$$

7.11.2 Korrekturen

Der gemessene $p\text{CO}_2$ -Wert wird dann in Bezug auf systematische Abweichungen von der Referenzmethode korrigiert. Dadurch ergibt sich $p\text{CO}_2(\text{corr.})$, der vom Probentyp wie folgt abhängt:

$$p\text{CO}_2(\text{corr.})_1 = K_1 \times p\text{CO}_2(\text{sample})_{\text{meas}} + K_2(B - 47)\text{mmHg}$$

beziehungsweise bei $p\text{CO}_2(\text{corr.})$ - Werten $> 43,2\text{mmHg}$ mit zusätzlicher Korrektur

$$p\text{CO}_2(\text{corr.})_2 = K_3 \times p\text{CO}_2(\text{corr.})_1 + K_4 \text{mmHg}$$

7.12 Kalibrierung der $p\text{O}_2$ -Elektrode

Die Leistung der $p\text{O}_2$ -Elektrode wird durch Empfindlichkeit und Nullpunkt-Werte beschrieben. Der Nullpunkt-Wert wird durch Messung an GAS 3 (0% O_2) ermittelt.

7.13 Gasgemische

Zur Kalibrierung der $p\text{O}_2$ -Elektrode sind GAS 1 und reines CO_2 (GAS 3) mit den folgenden nominellen O_2 -Gehalten:

GAS 1: $\text{O}_2(\text{H}) = 19,76\% \text{O}_2$ und GAS 3: $\text{O}_2(\text{L}) = 0\% \text{O}_2$

Der Partialdruck von O_2 in den Gasgemischen wird folgendermaßen berechnet:

$$p\text{O}_2(\text{H}) = [B - p\text{H}_2\text{O}] : [100] \times \text{O}_2(\text{H})\% \text{ und } p\text{O}_2(\text{zero}) = 0\% \text{O}_2 \text{ (21)}$$

(B = Luftdruck, $p\text{H}_2\text{O}$ = Wasserdampfdruck (= 47 mmHg bei 37°C))

$p\text{O}_2$ wird in mmHg oder in kPa ausgedrückt; 1mmHg = 0,133322kPa.

7.14 Nullstrom

I_0 wird in reinem CO_2 vom Zeitpunkt Null an bis zur 44. Sekunde der Null-Kalibrierung gemessen. Der I_0 -Wert fällt exponential zur Zeit und wird deshalb als die Funktion der Meßzeit in reinem CO_2 beschrieben:

$$I_0 = f(t) \text{ (22), } (I_0(t) = \text{Nullstrom der Nullpunkt-Kalibrierung bei Zeit } (t))$$

7.15 Empfindlichkeit der $p\text{O}_2$ -Elektrode

Die Empfindlichkeit der $p\text{O}_2$ -Elektrode wird auf Grund des in GAS 1 gemessenen Stroms $I(\text{H})$ berechnet: $S = [I(\text{H}) - I_0(t)] : [p\text{O}_2(\text{H})]$ (23)

($I_0(t)$ = der während der letzten Nullpunkt-Kalibrierung erhaltene Nullstrom)

Da $I_0(t)$ die Funktion der Meßzeit in GAS 3 ist, ist die Empfindlichkeit der $p\text{O}_2$ -Elektrode S auch eine Funktion der Meßzeit und wird abhängig von der Meßzeit der aktuellen Probe variieren. Die angezeigte Empfindlichkeit S entspricht der Meßzeit von 44 Sekunden.

Der Empfindlichkeitswert der $p\text{O}_2$ -Elektrode sollte zwischen 5 - 40 pA/mmHg oder 37,5 – 300 pA/kPa liegen.

7.16 Nullpunkt

Der Nullpunkt-Wert der pO₂-Elektrode wird folgendermaßen berechnet:

$$pO_2(\text{zero point}) = I_0^0 : S_0 \quad (24)$$

(I₀⁰(t)= Nullstrom, gemessen an GAS 3 bei der 44. Sekunde, S₀= berechnete Empfindlichkeit der Elektrode (umfaßt entsprechenden I(0))

Der Nullpunkt-Wert sollte weniger als 6,0 mmHg oder 0,80 kPa betragen.

7.17 Drift der pO₂-Elektrode

Die Drift für GAS 1 wird folgendermaßen berechnet:

$$\Delta H = pO_2(H)_{\text{meas}} - pO_2(H) = (I(H) - I^0) : S'_0 - pO_2(H) \text{ und}$$

$$\Delta(\text{zero}) = pO_2(\text{zero})_{\text{meas}} - pO_2(\text{zero}) = pO_2(\text{zero})_{\text{meas}} = (I^0 - I^0) : S'_0$$

(I₀= Nullstrom der letzten Gesamtkalibrierung, S'₀= Empfindlichkeit der letzten Kalibrierung)

Die Driftwerte sollten in den definierten Drifttoleranzen liegen. Empfohlen wird die Verwendung von vorgegebenen Drifttoleranzen:

Niedrige Kal.: ± 4,0 mmHg oder ± 0,53kPa

Hohe Kal.: ± 4,0 mmHg oder ± 0,53 kPa

7.18 Messung und Korrekturen der pO₂-Elektrode

7.18.1 Berechnung

Der in einer Probe gemessene pO₂-Wert wird aufgrund des Elektrodenstroms I_{meas.} errechnet, unter Anwendung folgender Gleichung:

$$pO_2(\text{sample})_{\text{meas}} = (I_{\text{meas}} - I'_0(t)) : S' \times \text{Gas / liquid ratio}$$

(I'₀(t)= Nullstrom-Wert, gemessen während der letzten Null-Kalibrierung in dem Augenblick, in dem die aktuelle Messung an der aktuellen flüssigen Probe beendet wurde, S'= Empfindlichkeit der pO₂-Elektrode, berechnet während der letzten Kalibrierung mit pO₂ (H)-Gas, unter Anwendung von I'₀(t))

Gas/liquid ratio beschreibt das Verhältnis zwischen den an Gas und den an Flüssigkeit gemessenen pO₂-Werten. Die gemessenen pO₂-Werte in Gas sind höher als in Flüssigkeit. Für flüssige Proben gilt: Gas/liquid ratio = 1+0,01 x (-5,8370 + SQR (21,712 + S': 0,48835)

7.18.2. Korrekturen

Der gemessene pO₂ wird dann in Bezug auf systematische Abweichungen von der Referenzmethode korrigiert. pO₂ (corr.) hängt vom Barometerdruck ab.

$$pO_2' = pO_2(\text{meas}) + [K_1 - K_2 \times e^{-6,605 \times 10^9 \times pO_2(\text{meas})^4}] \times (756,4 - B)$$

(B= Luftdruck in mmHg , K₁= 0,040 , K₂= 0,037)

Tab.7.1: Prospektive Prüfung der Meßwerte für pH

4h		Venöse		8h		Venöse	
	Stichprobe	Gemessen		Stichprobe	gemessen		
	1	7,299		1	7,248		
	2	7,223		2	7,115		
Erwarteter	3	7,222	Erwarteter	3	7,013		
Mittelwert	4	7,262	Mittelwert	4	7,142		
7,233	5	7,225	7,140	5	7,178		
	6	7,256		6	7,031		
	7	7,101		7	7,137		
	8	7,203		8	7,266		
	9	7,334		9	7,144		
	10	7,313		10	7,247		
	11	7,278		11	7,165		
	12	7,055		12	7,176		
	13	7,327		13	7,162		
	14	7,278		14	7,227		
	15	7,232		15	7,248		
	gemessener			gemessener			
	Mittelwert	7,241		Mittelwert	7,167		
	Standabw.	0,078		Standabw.	0,076		
	T-Test	0,7415		T-Test	0,2315		
12h		Venöse		16h		Venöse	
	Stichprobe	Gemessen		Stichprobe	gemessen		
	1	7,134		1	6,968		
	2	7,129		2	7,092		
Erwarteter	3	7,020	Erwarteter	3	6,948		
Mittelwert	4	7,098	Mittelwert	4	6,939		
7,069	5	7,134	7,019	5	7,059		
	6	7,108		6	7,092		
	7	7,133		7	7,147		
	8	6,948		8	7,078		
	9	7,154		9	7,097		
	10	7,231		10	7,076		
	11	7,144		11	6,866		
	12	7,159		12	7,072		
	13	7,085		13	7,093		
	14	7,201		14	7,102		
	15	7,016		15	7,088		
	gemessener			gemessener			
	Mittelwert	7,113		Mittelwert	7,048		
	Standabw.	0,073		Standabw.	0,079		
	T-Test	0,0591		T-Test	0,2319		

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase der Studie und den Stichproben, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.2: Prospektive Prüfung des Δ pH

4h				8h			
Stichprobe	Gemessen	Arterielle Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Arterielle Stichprobe	gemessen
1	-0,087	1	-0,092	1	-0,163	1	-0,212
2	-0,086	2	-0,096	2	-0,187	2	-0,162
3	-0,080	3	-0,076	3	-0,171	3	-0,171
4	-0,106	4	-0,097	4	-0,181	4	-0,154
5	-0,098	5	-0,095	5	-0,137	5	-0,183
6	-0,082	6	-0,103	6	-0,152	6	-0,182
7	-0,067	7	-0,100	7	-0,158	7	-0,180
8	-0,086	8	-0,070	8	-0,136	8	-0,197
9	-0,090	9	-0,105	9	-0,151	9	-0,243
10	-0,085	10	-0,141	10	-0,160	10	-0,223
11	-0,073			11	-0,199		
12	-0,129			12	-0,129		
13	-0,084			13	-0,154		
14	-0,073			14	-0,155		
15	-0,069			15	-0,149		
Mittelwert	-0,086	Mittelwert	-0,098	Mittelwert	-0,159	Mittelwert	-0,191
Soll	-0,099	Soll	-0,099	Soll	-0,179	Soll	-0,179
Standabw.	0,016	Standabw.	0,019	Standabw.	0,019	Standabw.	0,028
T-Test	0,0139	T-Test	0,8304	T-Test	0,0121	T-Test	0,2937
12h				16h			
Stichprobe	gemessen	Arterielle Stichprobe	Gemessen	Stichprobe	gemessen	Arterielle Stichprobe	gemessen
1	-0,204	1	-0,250	1	-0,364	1	-0,390
2	-0,194	2	-0,172	2	-0,219	2	-0,367
3	-0,164	3	-0,178	3	-0,422	3	-0,291
4	-0,169	4	-0,237	4	-0,283	4	-0,264
5	-0,241	5	-0,248	5	-0,208	5	-0,193
6	-0,208	6	-0,175	6	-0,283	6	-0,295
7	-0,205	7	-0,237	7	-0,298	7	-0,245
8	-0,226	8	-0,323	8	-0,238	8	-0,272
9	-0,202	9	-0,256	9	-0,285	9	-0,378
10	-0,209	10	-0,295	10	-0,262	10	-0,297
11	-0,190			11	-0,308		
12	-0,203			12	-0,207		
13	-0,243			13	-0,263		
14	-0,241			14	-0,260		
15	-0,301			15	-0,246		
Mittelwert	-0,213	Mittelwert	-0,237	Mittelwert	-0,276	Mittelwert	-0,299
Soll	-0,256	Soll	-0,256	Soll	-0,316	Soll	-0,316
Standabw.	0,034	Standabw.	0,050	Standabw.	0,058	Standabw.	0,063
T-Test	0,0004	T-Test	0,2849	T-Test	0,0280	T-Test	0,4380

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.3: Rückrechnung des pH-Wertes

4h				
Delta pH	Standabw.			
-0,099	0,018	pH(4) gemessen	pH(0) errechnet	pH(0) gemessen
Venöse Proben	1	7,299	7,398	7,381
	2	7,223	7,322	7,309
	3	7,222	7,321	7,302
	4	7,262	7,361	7,368
	5	7,225	7,324	7,323
	6	7,256	7,355	7,338
	7	7,101	7,200	7,168
	8	7,203	7,302	7,289
	9	7,334	7,433	7,424
	10	7,313	7,412	7,398
	11	7,278	7,377	7,351
	12	7,055	7,154	7,184
	13	7,327	7,426	7,411
	14	7,232	7,331	7,305
	15	7,278	7,377	7,347
	Mittelwert	7,241	7,340	7,327
	Standabw.	0,078	0,078	0,074
			T-Test	0,0064
8h				
Delta pH	Standabw.			
-0,179	0,038	pH(8) gemessen	pH(0) errechnet	pH(0) gemessen
Venöse Proben	1	7,248	7,427	7,411
	2	7,115	7,294	7,302
	3	7,013	7,192	7,184
	4	7,142	7,321	7,323
	5	7,178	7,357	7,338
	6	7,031	7,210	7,168
	7	7,137	7,316	7,289
	8	7,266	7,445	7,424
	9	7,144	7,323	7,280
	10	7,247	7,426	7,398
	11	7,165	7,344	7,364
	12	7,176	7,355	7,305
	13	7,162	7,341	7,316
	14	7,227	7,406	7,382
	15	7,248	7,427	7,397
	Mittelwert	7,167	7,346	7,325
	Standabw.	0,076	0,076	0,076
			T-Test	0,0012
12h				
Delta pH	Standabw.			
-0,256	0,041	pH(12) gemessen	pH(0) errechnet	pH(0) gemessen
Venöse Proben	1	7,134	7,390	7,338
	2	7,129	7,385	7,323
	3	7,020	7,276	7,184
	4	7,098	7,354	7,267
	5	7,134	7,390	7,375
	6	7,108	7,364	7,316
	7	7,133	7,389	7,338
	8	6,948	7,204	7,174
	9	7,154	7,410	7,356
	10	7,231	7,487	7,440
	11	7,144	7,400	7,334
	12	7,159	7,415	7,362
	13	7,085	7,341	7,328
	14	7,201	7,457	7,441
	15	7,016	7,272	7,317
	Mittelwert	7,113	7,369	7,326
	Standabw.	0,073	0,073	0,075
			T-Test	0,0002
16h				
Delta pH	Standabw.			
-0,316	0,053	pH(16) gemessen	pH(0) errechnet	pH(0) gemessen
Venöse Proben	1	6,968	7,284	7,332
	2	7,092	7,408	7,311

	3	6,948	7,264	7,370
	4	6,939	7,255	7,222
	5	7,059	7,375	7,267
	6	7,092	7,408	7,375
	7	7,147	7,463	7,445
	8	7,078	7,394	7,316
	9	7,097	7,413	7,382
	10	7,076	7,392	7,338
	11	6,866	7,182	7,174
	12	7,072	7,388	7,279
	13	7,093	7,409	7,356
	14	7,102	7,418	7,362
	15	7,088	7,404	7,334
	Mittelwert	7,048	7,364	7,324
	Standabw.	0,079	0,079	0,068
			T-Test	0,0185
4h				
Delta pH	Standabw.			
-0,099	0,018	pH(4) gemessen	pH(0)errechnet	pH(0) gemessen
Arterielle Proben	1	7,220	7,319	7,312
	2	7,206	7,305	7,302
	3	7,272	7,371	7,348
	4	7,220	7,319	7,317
	5	7,215	7,314	7,310
	6	7,204	7,303	7,307
	7	7,196	7,295	7,296
	8	7,223	7,322	7,293
	9	7,084	7,183	7,189
	10	7,100	7,199	7,241
	Mittelwert	7,194	7,293	7,292
	Standabw.	0,058	0,058	0,045
			T-Test	0,8083
8h				
Delta pH	Standabw.			
-0,179	0,038	pH(8)gemessen	pH(0)errechnet	pH(0)gemessen
Arterielle Proben	1	7,090	7,269	7,302
	2	7,078	7,257	7,24
	3	7,146	7,325	7,317
	4	7,194	7,373	7,348
	5	7,127	7,306	7,31
	6	7,111	7,290	7,293
	7	7,127	7,306	7,307
	8	7,099	7,278	7,296
	9	6,946	7,125	7,189
	10	7,018	7,197	7,241
	Mittelwert	7,094	7,273	7,284
	Standabw.	0,059	0,059	0,047
			T-Test	0,2197
12h				
Delta pH	Standabw.			
-0,256	0,041	pH(12)gemessen	pH(0)errechnet	pH(0)gemessen
Arterielle Proben	1	6,990	7,246	7,240
	2	7,163	7,419	7,335
	3	7,112	7,368	7,290
	4	7,111	7,369	7,348
	5	7,069	7,325	7,317
	6	7,118	7,374	7,293
	7	7,059	7,315	7,296
	8	6,866	7,122	7,189
	9	6,985	7,241	7,241
	10	6,919	7,175	7,214
	Mittelwert	7,039	7,295	7,276
	Standabw.	0,096	0,096	0,053
			T-Test	0,2624

16h				
Delta pH	Standabw.			
-0,316	0,053	pH(16)gemessen	pH(0)errechnet	pH(0)gemessen
Arterielle Proben	1	6,998	7,314	7,388
	2	6,935	7,251	7,302
	3	7,060	7,376	7,324
	4	7,044	7,360	7,335
	5	7,097	7,413	7,290
	6	7,022	7,348	7,317
	7	7,076	7,392	7,348
	8	7,051	7,367	7,296
	9	6,811	7,127	7,189
	10	6,944	7,260	7,241
	Mittelwert	7,004	7,321	7,303
	Standabw.	0,086	0,086	0,056
			T-Test	0,3935

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.4: Referenzintervalle zur Rückrechnung des pH-Wertes

Venöse	Proben					
pH(4)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(4) - ΔpH +S	pH(4) -ΔpH - S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
7,299	7,398	7,434	7,416	7,380	7,362	7,381
7,223	7,322	7,358	7,340	7,304	7,286	7,309
7,222	7,321	7,357	7,339	7,303	7,285	7,302
7,262	7,361	7,397	7,379	7,343	7,325	7,368
7,225	7,324	7,360	7,342	7,306	7,288	7,323
7,256	7,355	7,391	7,373	7,337	7,319	7,338
7,101	7,200	7,236	7,218	7,182	7,164	7,168
7,203	7,302	7,338	7,320	7,284	7,268	7,289
7,334	7,433	7,469	7,451	7,415	7,397	7,424
7,313	7,412	7,448	7,430	7,394	7,376	7,398
7,278	7,377	7,413	7,395	7,359	7,341	7,351
7,055	7,154	7,190	7,172	7,136	7,118	7,184
7,327	7,426	7,462	7,444	7,408	7,390	7,411
7,232	7,331	7,367	7,349	7,313	7,295	7,305
7,278	7,377	7,413	7,395	7,359	7,341	7,347
7,241	7,340	Mittelwerte				7,327
pH(8)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(8) -ΔpH +S	pH(8) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
7,248	7,427	7,503	7,465	7,389	7,351	7,411
7,115	7,294	7,370	7,332	7,256	7,218	7,302
7,013	7,192	7,268	7,230	7,154	7,118	7,184
7,142	7,321	7,397	7,359	7,283	7,245	7,323
7,178	7,357	7,433	7,395	7,319	7,281	7,338
7,031	7,210	7,286	7,248	7,172	7,134	7,168
7,137	7,316	7,392	7,354	7,278	7,240	7,289
7,266	7,445	7,521	7,483	7,407	7,369	7,424
7,144	7,323	7,399	7,361	7,285	7,247	7,280
7,247	7,426	7,502	7,464	7,388	7,350	7,398
7,165	7,344	7,420	7,382	7,306	7,268	7,364
7,176	7,355	7,431	7,393	7,317	7,279	7,305
7,162	7,341	7,417	7,379	7,303	7,265	7,316
7,227	7,406	7,482	7,444	7,368	7,330	7,382
7,248	7,427	7,503	7,465	7,389	7,351	7,397
7,167	7,346	Mittelwerte				7,325

pH(12)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(12) -ΔpH +S	pH(12) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)gemessen
gemessen	errechnet					gemessen
7,134	7,390	7,472	7,431	7,349	7,308	7,338
7,129	7,385	7,467	7,426	7,344	7,303	7,323
7,020	7,276	7,358	7,317	7,235	7,194	7,184
7,098	7,354	7,436	7,395	7,313	7,272	7,267
7,134	7,390	7,472	7,431	7,349	7,308	7,375
7,108	7,364	7,446	7,405	7,323	7,282	7,316
7,133	7,389	7,446	7,405	7,323	7,282	7,338
6,948	7,204	7,286	7,245	7,163	7,122	7,174
7,154	7,410	7,328	7,287	7,369	7,328	7,356
7,231	7,487	7,569	7,528	7,446	7,405	7,440
7,144	7,400	7,482	7,441	7,359	7,318	7,334
7,159	7,415	7,497	7,456	7,374	7,333	7,362
7,085	7,341	7,423	7,382	7,310	7,269	7,328
7,201	7,457	7,539	7,498	7,416	7,375	7,441
7,016	7,272	7,354	7,313	7,231	7,190	7,317
7,113	7,369	Mittelwerte				7,326
pH(16)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(16) - ΔpH +S	pH(16) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
6,968	7,284	7,390	7,337	7,231	7,178	7,332
7,092	7,408	7,408	7,355	7,249	7,196	7,311
6,948	7,264	7,370	7,317	7,211	7,158	7,370
6,939	7,255	7,361	7,308	7,202	7,149	7,222
7,059	7,375	7,481	7,428	7,322	7,269	7,267
7,092	7,408	7,514	7,461	7,355	7,302	7,375
7,147	7,463	7,569	7,516	7,410	7,357	7,445
7,078	7,394	7,500	7,447	7,341	7,288	7,316
7,097	7,413	7,519	7,466	7,360	7,307	7,382
7,076	7,392	7,498	7,445	7,339	7,286	7,338
6,866	7,182	7,288	7,235	7,129	7,076	7,174
7,072	7,388	7,494	7,441	7,335	7,282	7,279
7,093	7,409	7,515	7,462	7,356	7,303	7,356
7,102	7,418	7,524	7,471	7,365	7,312	7,362
7,088	7,404	7,510	7,457	7,351	7,298	7,334
7,048	7,364	Mittelwerte				7,324
Arterielle	Proben					
pH(4)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(4) - ΔpH +S	pH(4) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
7,220	7,319	7,355	7,337	7,301	7,283	7,312
7,206	7,305	7,341	7,323	7,287	7,269	7,302
7,272	7,371	7,407	7,389	7,353	7,335	7,348
7,220	7,319	7,355	7,337	7,301	7,283	7,317
7,215	7,314	7,350	7,332	7,296	7,278	7,310
7,204	7,303	7,339	7,321	7,285	7,267	7,307
7,196	7,295	7,331	7,313	7,277	7,259	7,296
7,223	7,322	7,358	7,340	7,304	7,286	7,293
7,084	7,183	7,219	7,201	7,165	7,147	7,189
7,100	7,199	7,235	7,217	7,181	7,163	7,241
7,194	7,293	Mittelwerte				7,292
pH(8)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(8) -ΔpH +S	pH(8) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
7,090	7,269	7,345	7,307	7,231	7,193	7,302
7,078	7,257	7,333	7,295	7,219	7,181	7,240

7,146	7,325	7,401	7,363	7,287	7,249	7,317
7,194	7,373	7,439	7,411	7,335	7,297	7,348
7,127	7,306	7,382	7,344	7,268	7,230	7,310
7,111	7,290	7,366	7,328	7,252	7,214	7,293
7,127	7,306	7,382	7,344	7,268	7,230	7,307
7,099	7,278	7,354	7,316	7,240	7,202	7,296
6,946	7,125	7,201	7,163	7,087	7,049	7,189
7,018	7,197	7,273	7,235	7,159	7,121	7,241
7,094	7,273	Mittelwerte				7,284
pH(12)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(12) -ΔpH +S	pH(12) -ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
6,990	7,246	7,328	7,287	7,205	7,164	7,240
7,163	7,419	7,501	7,460	7,378	7,337	7,335
7,112	7,368	7,442	7,401	7,327	7,286	7,290
7,111	7,369	7,449	7,408	7,326	7,285	7,348
7,069	7,325	7,407	7,366	7,284	7,243	7,317
7,118	7,374	7,456	7,415	7,333	7,292	7,293
7,059	7,315	7,397	7,356	7,274	7,233	7,296
6,866	7,122	7,204	7,163	7,081	7,040	7,189
6,985	7,241	7,323	7,282	7,200	7,159	7,241
6,919	7,175	7,257	7,216	7,134	7,093	7,214
7,039	7,295	Mittelwerte				7,276
pH(16)	pH(0)	pH(4)- ΔpH+2S	pH(16) -ΔpH +S	pH (16)- ΔpH -S	pH(4)- ΔpH-2S	pH(0)
gemessen	errechnet					gemessen
6,998	7,314	7,420	7,367	7,261	7,208	7,388
6,935	7,251	7,357	7,304	7,198	7,145	7,302
7,060	7,376	7,472	7,429	7,323	7,270	7,324
7,044	7,360	7,466	7,413	7,307	7,254	7,335
7,097	7,413	7,519	7,466	7,360	7,307	7,290
7,022	7,348	7,444	7,391	7,285	7,232	7,317
7,076	7,392	7,498	7,445	7,339	7,286	7,348
7,051	7,367	7,473	7,420	7,314	7,261	7,296
6,811	7,127	7,233	7,180	7,074	7,021	7,189
6,944	7,260	7,366	7,313	7,207	7,154	7,241
7,004	7,321	Mittelwerte				7,303

Tab.7.5: Prospektive Prüfung des pCO₂

4h	Venöse		8h	Venöse	
	Stichprobe	Gemessen		Stichprobe	Gemessen
	1	46,2		1	52,1
	2	51,5		2	80,5
	3	62,2		3	99,7
Erwarteter	4	48,9	Erwarteter	4	63,9
Mittelwert	5	52,9	Mittelwert	5	48,2
51,6	6	37,3	64,0	6	79,2
	7	68,8		7	58,0
	8	50,2		8	40,1
	9	34,4		9	58,7
	10	34,9		10	40,8
	11	50,2		11	44,8
	12	89,4		12	58,0
	13	41,2		13	56,8
	14	51,0		14	44,1
	15	42,6		15	47,2
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	50,8		Mittelwert	58,9
	Standabw.	14,2		Standabw.	17,2
	T-Test	0,8416		T-Test	0,3094

12h	Venöse		16h	Venöse	
	Stichprobe	Gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	52,4		1	63,6
	2	66,4		2	72,2
	3	93,9		3	76,7
Erwarteter	4	56,4	Erwarteter	4	78,8
Mittelwert	5	54,8	Mittelwert	5	62,4
72,8	6	66,6	83,2	6	60,2
	7	55,3		7	64,5
	8	103,4		8	68,3
	9	54,9		9	61,4
	10	43,7		10	62,4
	11	61,8		11	119,6
	12	58,4		12	80,5
	13	63,3		13	61,2
	14	52,5		14	67,9
	15	81,8		15	70,5
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	64,4		Mittelwert	71,3
	Standabw.	16,5		Standabw.	14,9
	T-Test	0,0837		T-Test	0,0133

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.6: Prospektive Prüfung der pCO₂-Änderungen

4h				8h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	7,1	1	9,2	1	17,9	1	22,4
2	12,9	2	8,0	2	29,3	2	17,3
3	11,0	3	9,3	3	35,7	3	21,4
4	9,9	4	13,6	4	20,6	4	15,5
5	9,6	5	13,4	5	16,3	5	20,3
6	5,4	6	9,7	6	20,6	6	21,4
7	10,2	7	10,1	7	17,3	7	19,5
8	9,5	8	6,0	8	12,2	8	24,8
9	6,5	9	15,2	9	13,5	9	35,7
10	4,9	10	21,3	10	10,8	10	33,0
11	9,8			11	15,2		
12	25,4			12	14,8		
13	7,0			13	16,0		
14	7,8			14	12,9		
15	6,0			15	13,3		
Mittelwert	9,5	Mittelwert	11,6	Mittelwert	17,8	Mittelwert	23,1
Standabw.	4,9	Standabw.	4,4	Standabw.	6,7	Standabw.	6,5
Soll	10,3	Soll	10,3	Soll	21,0	Soll	21,0
T-Test	0,5630	T-Test	0,3929	T-Test	0,1081	T-Test	0,3433

12h				16h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	Gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	20,5	1	32,3	1	35,7	1	48,2
2	23,1	2	19,0	2	24,5	2	40,8
3	29,9	3	18,9	3	35,5	3	24,1
4	19,2	4	26,6	4	36,2	4	31,4
5	25,8	5	33,8	5	25,2	5	22,4
6	23,4	6	16,4	6	28,8	6	42,7
7	21,2	7	32,0	7	32,5	7	28,8
8	38,2	8	49,2	8	27,5	8	32,8
9	21,6	9	40,5	9	30,2	9	59,8
10	17,0	10	39,3	10	28,3	10	46,8
11	21,4			11	54,4		
12	20,3			12	31,5		
13	27,4			13	27,9		
14	21,0			14	29,8		
15	39,4			15	30,1		
Mittelwert	24,6	Mittelwert	30,8	Mittelwert	31,9	Mittelwert	37,8
Standabw.	6,6	Standabw.	10,7	Standabw.	7,2	Standabw.	11,9
Soll	31,8	Soll	31,8	Soll	41,7	Soll	41,7
T-Test	0,0015	T-Test	0,7901	T-Test	0,0003	T-Test	0,3532

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.7: Rückrechnung des pCO₂

4h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
10,3	2,0	pCO ₂ (4)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	PCO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	46,2	35,9	39,1
	2	51,5	41,2	38,6
	3	62,2	51,9	51,2
	4	48,9	38,6	39,0
	5	52,9	42,6	43,3
	6	37,3	27,0	31,9
	7	68,8	58,5	58,6
	8	50,2	39,9	40,7
	9	34,4	24,1	27,9
	10	34,9	24,6	30,0
	11	50,2	39,9	40,4
	12	89,4	79,1	64,0
	13	41,2	30,9	34,2
	14	51,0	40,7	43,2
	15	42,6	32,3	36,6
	Mittelwert	50,8	40,5	41,2
	Standabw.	14,2	14,2	10,0
			T-Test	0,5573
8h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
21,0	5,0	pCO ₂ (8)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	52,1	31,2	34,2
	2	80,5	59,5	51,2
	3	99,7	78,7	64,0
	4	63,9	42,9	43,3
	5	48,2	27,2	31,9
	6	79,2	58,2	58,6
	7	58,0	37,0	40,7
	8	40,1	19,1	27,9
	9	58,7	37,7	45,2
	10	40,8	19,8	30,0
	11	44,8	23,8	29,6
	12	58,0	37,0	43,2
	13	56,8	35,8	40,8
	14	44,1	23,1	31,2
	15	47,2	26,2	33,9
	Mittelwert	58,1	37,1	40,4
	Standabw.	16,8	16,8	10,9
			T-Test	0,0837

12h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
31,8	6,8	pCO ₂ (12)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	52,4	20,6	31,9
	2	66,4	34,6	43,3
	3	93,9	62,1	64
	4	56,4	24,6	37,2
	5	54,8	23,0	31,4
	6	66,6	34,8	40,8
	7	55,3	23,5	34,1
	8	103,4	71,6	65,2
	9	54,9	23,1	33,3
	10	43,7	11,9	26,7
	11	61,8	30,0	40,4
	12	58,4	26,6	38,1
	13	63,3	31,5	35,9
	14	52,5	20,7	31,5
	15	81,8	50,0	42,4
	Mittelwert	64,4	32,6	39,7
	Standabw.	16,5	16,5	11,1
			T-Test	0,0009
16h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
41,7	10,1	pCO ₂ (16)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	63,6	21,9	27,9
	2	72,2	30,5	47,7
	3	76,7	35,0	41,2
	4	78,8	37,1	42,6
	5	62,4	20,7	37,2
	6	60,2	18,5	31,4
	7	64,5	22,8	32,0
	8	68,3	26,6	40,8
	9	61,4	19,7	31,2
	10	62,4	20,7	34,1
	11	119,6	77,9	65,2
	12	80,5	38,8	49,0
	13	61,2	19,5	33,3
	14	67,9	26,2	38,1
	15	70,5	28,8	40,4
	Mittelwert	71,3	29,6	39,5
	Standabw.	14,9	14,9	9,4
			T-Test	0,0001
4h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
10,3	2,0	pCO ₂ (4)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	53,1	42,8	43,9
	2	46,0	35,7	38,0
	3	46,6	36,3	37,3
	4	57,3	47,0	43,7
	5	52,5	42,2	39,1
	6	55,3	45,0	45,6
	7	57,9	47,6	47,8
	8	53,4	43,1	47,4
	9	63,5	53,2	48,3
	10	76,9	66,6	55,6
	Mittelwert	56,3	46,0	44,7
	Standabw.	8,9	8,9	5,6
			T-Test	0,3833

8h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
21,0	5,0	pCO ₂ (8)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	60,4	39,4	38
	2	71,5	50,5	54,2
	3	65,1	44,1	43,7
	4	52,8	31,8	37,3
	5	59,4	38,4	39,1
	6	68,8	47,8	47,4
	7	65,1	44,1	45,6
	8	72,6	51,6	47,8
	9	84,0	63,0	48,3
	10	88,6	67,6	55,6
	Mittelwert	68,8	47,8	45,7
	Standabw.	11,0	11,0	6,3
			T-Test	0,3258
12h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
31,8	6,8	pCO ₂ (12)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	86,5	54,7	54,2
	2	63,4	31,6	44,4
	3	63,5	31,7	45,6
	4	63,9	32,1	37,3
	5	77,5	45,7	43,7
	6	63,8	32,0	47,4
	7	79,8	48,0	47,8
	8	98,2	66,4	48,3
	9	96,1	64,3	55,6
	10	86,4	54,6	47,1
	Mittelwert	77,9	46,1	47,1
	Standabw.	13,8	13,8	5,2
			T-Test	0,7724
16h				
Delta pCO ₂	Standabw.			
41,7	10,1	pCO ₂ (16)gemessen	pCO ₂ (0)errechnet	pCO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	85,2	43,5	37,0
	2	78,8	37,1	38,0
	3	68,8	27,1	44,7
	4	75,8	34,1	44,4
	5	67,8	26,1	45,6
	6	86,4	44,7	43,7
	7	66,1	24,4	37,3
	8	80,6	38,9	47,8
	9	108,1	66,4	48,3
	10	102,4	60,7	55,6
	Mittelwert	82,0	40,3	44,2
	Standabw.	14,2	14,2	5,8
			T-Test	0,3241

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.8: Referenzintervalle zur Rückrechnung des pCO₂

venöse	Proben					
pCO ₂ (4)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
46,2	35,9	39,9	37,9	33,9	31,9	39,1
51,5	41,2	45,2	43,2	39,2	37,2	38,6
62,2	51,9	55,9	53,9	49,9	47,9	51,2
48,9	38,6	42,6	40,6	36,6	34,6	39,0
52,9	42,6	46,6	44,6	40,6	38,6	43,3
37,3	27,0	31,0	29,0	25,0	23,0	31,9
68,8	58,5	62,5	60,5	56,5	54,5	58,6
50,2	39,9	54,2	52,2	48,2	46,2	40,7
34,4	24,1	28,1	26,1	22,1	20,1	27,9
34,9	24,6	28,6	26,6	22,6	20,6	30,0
50,2	39,9	43,9	41,9	37,9	35,9	40,4

89,4	79,1	83,1	81,1	77,1	75,1	64,0
41,2	30,9	34,9	32,9	28,9	26,9	34,2
51,0	40,7	44,7	42,7	38,7	36,7	43,2
42,6	32,3	36,3	34,3	30,3	28,3	36,6
50,8	40,5	Mittelwerte				41,2
pCO ₂ (8)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
52,1	31,2	41,2	36,2	26,2	21,2	34,2
80,5	59,5	69,5	64,5	54,5	49,5	51,2
99,7	78,7	88,7	83,7	73,7	68,7	64,0
63,9	42,9	52,9	47,9	37,9	32,9	43,3
48,2	27,2	37,2	32,2	22,2	17,2	31,9
79,2	58,2	68,2	63,2	53,2	48,2	58,6
58,0	37,0	47,0	42,0	32,0	27,0	40,7
40,1	19,1	29,1	24,1	14,1	9,1	27,9
58,7	37,7	47,7	42,7	32,7	27,7	45,2
40,8	19,8	29,8	24,8	14,8	9,8	30,0
44,8	23,8	33,8	28,8	18,8	13,8	29,6
58,0	37,0	47,0	42,0	32,0	27,0	43,2
56,8	35,8	45,8	40,8	30,8	25,8	40,8
44,1	23,1	33,1	28,1	18,1	13,1	31,2
47,2	26,2	36,2	31,2	21,2	16,2	33,9
58,1	37,1	Mittelwerte				40,4
pCO ₂ (12)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
52,4	20,6	34,2	27,4	13,8	7,0	31,9
66,4	34,6	48,2	41,4	27,8	21,0	43,3
93,9	62,1	75,7	68,9	55,3	48,5	64,0
56,4	24,6	38,2	31,4	17,8	11,0	37,2
54,8	23,0	36,6	29,8	16,2	9,4	31,4
66,6	34,8	48,4	41,6	28,0	21,2	40,8
55,3	23,5	37,1	30,3	16,7	9,9	34,1
103,4	71,6	85,2	78,4	64,8	58,0	65,2
54,9	23,1	36,7	29,9	16,3	9,5	33,3
43,7	11,9	25,5	18,7	5,1	0	26,7
61,8	30,0	43,6	36,8	23,2	16,4	40,4
58,4	26,6	40,2	33,4	19,8	13,0	38,1
63,3	31,5	45,1	38,3	24,7	17,9	35,9
52,5	20,7	34,3	27,5	13,9	7,1	31,5
81,8	50,0	63,6	56,8	43,2	36,4	42,4
64,4	32,6	Mittelwerte				39,7
pCO ₂ (16)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
63,6	21,9	42,1	32,0	11,8	1,7	27,9
72,2	30,5	50,7	40,6	20,4	10,3	47,7
76,7	35,0	55,2	45,1	24,9	14,8	41,2
78,8	37,1	57,3	47,2	27,0	16,9	42,6
62,4	20,7	40,9	30,8	10,6	0,5	37,2
60,2	18,5	38,7	28,6	8,4	0	31,4
64,5	22,8	43,0	32,9	12,7	2,6	32,0
68,3	26,6	46,8	36,7	16,5	6,4	40,8
61,4	19,7	39,9	29,8	9,6	0	31,2
62,4	20,7	40,9	30,8	10,6	0,5	34,1
119,6	77,9	98,1	88,0	67,8	57,7	65,2
80,5	38,8	59,0	48,9	28,7	18,6	49,0
61,2	19,5	39,7	29,6	9,4	0	33,3

67,9	26,2	47,4	37,3	16,1	6,0	38,1
70,5	28,8	49,0	38,9	18,7	8,6	40,4
71,3	29,6	Mittelwerte				39,5
Arterielle	Proben					
pCO ₂ (4)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
53,1	42,8	46,8	44,8	40,8	38,8	43,9
46,0	35,7	39,7	37,7	33,7	31,7	38,0
46,6	36,3	40,3	38,3	34,3	32,3	37,3
57,3	47,0	51,0	49,0	45,0	43,0	43,7
52,5	42,2	46,2	44,2	40,2	38,2	39,1
55,3	45,0	49,0	47,0	43,0	41,0	45,6
57,9	47,6	51,6	49,6	45,6	43,6	47,8
53,4	43,1	47,1	45,1	41,1	39,1	47,4
63,5	53,2	57,2	55,2	51,2	49,2	48,3
76,9	66,6	70,6	68,6	64,6	62,6	55,6
56,3	46,0	Mittelwerte				44,7
pCO ₂ (8)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
60,4	39,4	49,4	44,4	34,4	29,4	38
71,5	50,5	60,5	55,5	45,5	40,5	54,2
65,1	44,1	54,1	49,1	39,1	34,1	43,7
52,8	31,8	41,8	36,8	26,8	21,8	37,3
59,4	38,4	48,4	43,4	33,4	28,4	39,1
68,8	47,8	57,8	52,8	42,8	37,8	47,4
65,1	44,1	54,1	49,1	39,1	34,1	45,6
72,6	51,6	61,6	56,6	46,6	41,6	47,8
84,0	63,0	73,0	68,0	58,0	53,0	48,3
88,6	67,6	77,6	72,6	62,6	57,6	55,6
68,8	47,8	Mittelwerte				45,7
pCO ₂ (12)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
86,5	54,7	68,3	61,5	47,9	41,1	54,2
63,4	31,6	45,2	38,4	24,8	18,0	44,4
63,5	31,7	45,1	38,3	24,9	18,1	45,6
63,9	32,1	45,7	38,9	25,3	18,5	37,3
77,5	45,7	59,3	52,5	38,9	32,1	43,7
63,8	32,0	45,6	38,8	25,2	18,4	47,4
79,8	48,0	61,6	54,8	41,2	34,4	47,8
98,2	66,4	80,0	73,2	59,6	52,8	48,3
96,1	64,3	77,9	71,1	57,5	50,7	55,6
86,4	54,6	68,2	61,4	47,8	41,0	47,1
77,9	46,1	Mittelwerte				47,1

pCO ₂ (16)	pCO ₂ (0)	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+2S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)+S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-S	pCO ₂ (x)-ΔpCO ₂ (x)-2S	pCO ₂ (0)
gemessen	errechnet					gemessen
85,2	43,5	63,7	53,6	33,4	23,3	37,0
78,8	37,1	58,3	47,2	27,0	16,9	38,0
68,8	27,1	47,3	37,2	17,0	6,9	44,7
75,8	34,1	54,3	44,2	24,0	13,9	44,4
67,8	26,1	46,3	36,2	16,0	5,9	45,6
86,4	44,7	64,9	54,8	34,6	24,5	43,7
66,1	24,4	44,6	34,5	14,3	4,2	37,3
80,6	38,9	59,1	49,0	28,8	18,7	47,8
108,1	66,4	86,6	76,5	56,3	46,2	48,3
102,4	60,7	80,9	70,8	50,5	40,4	55,6
82,0	40,3	Mittelwerte				44,2

Tab.7.9: Prospektive Prüfung des pO₂

4h	Venöse		8h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	31,8		1	34,5
	2	16,5		2	3,4
	3	8,0		3	24,9
Erwarteter	4	16,8	Erwarteter	4	20,6
Mittelw.	5	21,4	Mittelw.	5	22,5
23,7	6	23,4	22,0	6	19,0
	7	21,1		7	22,7
	8	23,2		8	43,4
	9	45,1		9	21,5
	10	29,5		10	29,2
	11	23,0		11	30,7
	12	15,7		12	33,2
	13	33,0		13	20,7
	14	34,6		14	31,2
	15	23,4		15	31,6
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	24,4		Mittelwert	25,9
	Standabw.	9,2		Standabw.	9,2
	T-Test	0,7694		T-Test	0,1494
12h	Venöse		16h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	26,4		1	8,9
	2	29,5		2	17,6
	3	17,6		3	17,8
Erwarteter	4	32,7	Erwarteter	4	18,2
Mittelw.	5	28,2	Mittelw.	5	28,4
19,5	6	22,5	18,8	6	19,1
	7	37,1		7	25,3
	8	2,2		8	23,2
	9	34,1		9	27,4
	10	29,2		10	35,1
	11	23,9		11	14,0
	12	35,1		12	12,5
	13	16,8		13	37,4
	14	32,7		14	33,4
	15	13,8		15	22,7
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	25,5		Mittelwert	22,7
	Standabw.	9,5		Standabw.	8,4
	T-Test	0,0420		T-Test	0,1273

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.10: Prospektive Prüfung der pO₂-Änderungen

4h				8h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	3,6	1	0,5	1	0,7	1	5,8
2	0,5	2	3,6	2	-5,5	2	-3,6
3	-0,9	3	3,7	3	5,9	3	-0,6
4	2,0	4	0,4	4	0,9	4	1,6
5	1,7	5	-0,5	5	1,1	5	-2,6
6	2,0	6	0,7	6	-2,5	6	-5,6
7	-0,4	7	0,7	7	1,2	7	-0,1
8	1,7	8	1,2	8	-1,5	8	-3,7
9	0,2	9	-3,2	9	2,5	9	-5,2
10	0,6	10	-0,1	10	0,3	10	1,4
11	3,2			11	4,3		
12	-3,3			12	1,0		
13	-0,8			13	0,4		
14	0,4			14	3,6		
15	2,8			15	2,7		
Mittelwert	0,9	Mittelwert	0,7	Mittelwert	1,0	Mittelwert	-1,3
Soll	0,1	Soll	0,1	Soll	-1,1	Soll	-1,1
Standabw.	1,8	Standabw.	1,9	Standabw.	2,7	Standabw.	3,4
T-Test	0,1483	T-Test	0,3741	T-Test	0,0227	T-Test	0,8794
12h				16h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	5,0	1	-5,8	1	-10,3	1	-5,7
2	9,8	2	13,6	2	0,2	2	-8,9
3	-1,4	3	-4,5	3	-21,6	3	-13,1
4	1,7	4	1,4	4	0,9	4	1,8
5	6,5	5	-1,9	5	-2,6	5	-5,3
6	2,2	6	-2,6	6	-2,6	6	-4,9
7	7,1	7	-5,5	7	0,8	7	1,4
8	-9,1	8	-11,7	8	2,9	8	-11,5
9	-1,6	9	-10,3	9	-0,2	9	-13,1
10	4,0	10	-3,8	10	5,1	10	-15,2
11	-2,5			11	2,7		
12	-3,8			12	-1,7		
13	2,1			13	1,7		
14	6,9			14	-5,5		
15	-3,7			15	-3,7		
Mittelwert	1,5	Mittelwert	-3,1	Mittelwert	-2,3	Mittelwert	-7,5
Soll	-2,0	Soll	-2,0	Soll	-4,7	Soll	-4,7
Standabw.	5,0	Standabw.	6,6	Standabw.	6,3	Standabw.	5,7
T-Test	0,0229	T-Test	0,6442	T-Test	0,1877	T-Test	0,2001

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.11: Rückrechnung des pO₂

4h				
Delta pO ₂	Standabw.			
0,1	2,0	pO ₂ (4)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	31,8	31,7	28,2
	2	16,5	16,4	16,0
	3	8,0	7,9	8,9
	4	16,8	16,7	14,8
	5	21,4	21,3	19,7
	6	23,4	23,3	21,4
	7	21,1	21,0	21,5
	8	23,2	23,1	21,5
	9	45,1	45,0	44,9
	10	29,5	29,4	28,9
	11	23,0	22,9	19,8
	12	15,7	15,6	19,0
	13	33,0	32,9	33,8
	14	34,6	34,5	34,2
	15	23,4	23,3	20,6
	Mittelwert	24,4	24,3	23,5
	Standabw.	8,9	8,9	8,7
			T-Test	0,1162

8h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-1,1	3,0	pO ₂ (8)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	34,5	35,6	33,8
	2	3,4	4,5	8,9
	3	24,9	26,0	19,0
	4	20,6	21,7	19,7
	5	22,5	23,6	21,4
	6	19,0	20,1	21,5
	7	22,7	23,8	21,5
	8	43,4	44,5	44,9
	9	21,5	22,6	19,0
	10	29,2	30,3	28,9
	11	30,7	31,8	26,4
	12	33,2	34,3	34,2
	13	20,7	21,8	20,3
	14	31,2	32,3	27,6
	15	31,6	32,7	28,9
	Mittelwert	25,9	27,0	25,1
	Standabw.	8,9	8,9	8,2
			T-Test	0,0173
12h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-2,0	3,4	pO ₂ (12)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	26,4	28,4	21,4
	2	29,5	31,5	19,7
	3	17,6	19,6	19,0
	4	32,7	34,7	31,0
	5	28,2	30,2	21,7
	6	22,5	24,5	20,3
	7	37,1	39,1	30,0
	8	2,2	4,2	11,3
	9	34,1	36,1	35,7
	10	29,2	31,2	25,2
	11	23,9	25,9	26,4
	12	35,1	37,1	38,9
	13	16,8	18,8	14,7
	14	32,7	34,7	25,8
	15	13,8	15,8	17,5
	Mittelwert	25,5	27,5	23,9
	Standabw.	9,2	9,2	7,4
			T-Test	0,0189
16h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-4,7	4,0	pO ₂ (16)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Venöse Probe	1	8,9	13,6	19,2
	2	17,6	22,3	17,4
	3	17,8	22,5	39,4
	4	18,2	22,9	17,1
	5	28,4	33,1	31,0
	6	19,1	23,8	21,7
	7	25,3	30,0	24,5
	8	23,2	27,9	20,3
	9	27,4	32,1	27,6
	10	35,1	39,8	30,0
	11	14,0	18,7	11,3
	12	12,5	17,2	14,2
	13	37,4	42,1	35,7
	14	33,4	38,1	38,9
	15	22,7	27,4	26,4
	Mittelwert	22,7	27,4	25,0
	Standabw.	8,2	8,2	8,5
			T-Test	0,1700
4h				
Delta pO ₂	Standabw.			
0,1	2,0	pO ₂ (4)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	25,8	25,7	25,3
	2	34,0	33,9	30,4
	3	29,3	29,2	25,6
	4	19,1	19,0	18,7
	5	17,2	17,1	17,7

	6	27,3	27,2	26,6
	7	27,4	27,3	26,7
	8	26,9	26,8	25,7
	9	12,1	12,0	15,3
	10	17,8	17,7	17,9
	Mittelwert	23,7	23,6	23,0
	Standabw.	6,4	6,4	4,8
			T-Test	0,2321
8h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-1,1	3,0	pO ₂ (8)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	36,2	37,3	30,4
	2	17,0	18,1	20,6
	3	18,1	19,2	18,7
	4	27,2	28,3	25,6
	5	15,1	16,2	17,7
	6	25,6	26,7	25,7
	7	21,0	22,1	26,6
	8	23,0	24,1	26,7
	9	10,1	11,2	15,3
	10	19,3	20,4	17,9
	Mittelwert	21,3	22,4	22,5
	Standabw.	6,9	6,9	4,8
			T-Test	0,8903
12h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-2,0	3,4	pO ₂ (12)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	14,8	16,8	20,6
	2	27,6	29,6	14,0
	3	15,6	17,6	20,1
	4	27,0	29,0	25,6
	5	16,8	18,8	18,7
	6	23,1	25,1	25,7
	7	21,2	23,2	26,7
	8	3,6	5,6	15,3
	9	7,6	9,6	17,9
	10	15,6	17,6	19,4
	Mittelwert	17,3	19,3	20,4
	Standabw.	7,4	7,4	4,1
			T-Test	0,6285
16h				
Delta pO ₂	Standabw.			
-4,7	4,0	pO ₂ (16)gemessen	pO ₂ (0)errechnet	pO ₂ (0)gemessen
Arterielle Probe	1	9,0	13,7	14,7
	2	21,5	26,2	30,4
	3	4,6	9,3	14,7
	4	15,8	20,5	14,0
	5	14,8	19,5	20,1
	6	13,8	18,5	18,7
	7	27,0	31,7	25,6
	8	15,2	19,9	26,7
	9	2,2	6,9	15,3
	10	2,7	7,4	17,9
	Mittelwert	12,7	17,4	19,8
	Standabw.	7,7	7,7	5,5
			T-Test	0,2088

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.12: Prospektive Prüfung der SBC-Werte

4h	Venöse		8h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	20,0		1	19,1
	2	16,9		2	16,8
	3	16,8		3	14,6
Erwarteter	4	18,2	Erwarteter	4	15,7
Mittelwert	5	17,5	Mittelwert	5	14,5
17,6	6	15,3	15,7	6	13,0
	7	14,6		7	14,5
	8	16,0		8	17,2

	9	18,6		9	14,9
	10	17,3		10	16,1
	11	19,6		11	13,7
	12	15,2		12	16,7
	13	20,0		13	15,3
	14	18,0		14	16,1
	15	17,6		15	17,7
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	17,4		Mittelwert	15,7
	Standabw.	1,7		Standabw.	1,6
	T-Test	0,7095		T-Test	0,9776
12h	Venöse		16h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	13,7		1	9,3
	2	15,9		2	14,7
	3	14,1		3	9,8
Erwarteter	4	13,2	Erwarteter	4	9,7
Mittelwert	5	14,1	Mittelwert	5	12,4
13,9	6	14,7	13,0	6	13,0
	7	14,5		7	16,2
	8	11,8		8	13,7
	9	15,2		9	13,6
	10	16,0		10	13,2
	11	15,5		11	9,9
	12	16,1		12	14,8
	13	13,1		13	13,8
	14	16,8		14	15,0
	15	12,6		15	14,4
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	14,5		Mittelwert	12,9
	Standabw.	1,4		Standabw.	2,2
	T-Test	0,2334		T-Test	0,9228

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.13: Prospektive Prüfung der SBC-Änderungen

	4h			8h			
	Venöse		Arterielle	Venöse		Arterielle	
	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe
	1	-2,0	1	-2,2	1	-2,9	1
	2	-0,6	2	-2,0	2	-3,8	2
	3	-3,8	3	-0,9	3	-2,3	3
	4	-2,3	4	-1,4	4	-4,1	4
	5	-2,3	5	-1,1	5	-2,6	5
	6	-1,8	6	-2,7	6	-3,0	6
	7	-1,4	7	-2,7	7	-3,0	7
	8	-1,5	8	-1,9	8	-3,1	8
	9	-1,7	9	-1,7	9	-3,3	9
	10	-2,1	10	-3,1	10	-3,3	10
	11	-0,7		11	-4,0		
	12	-2,5		12	-2,9		
	13	-2,0		13	-3,4		
	14	-1,6		14	-3,0		
	15	-1,3		15	-3,2		
	Mittelwert	-1,8	Mittelwert	-2,0	Mittelwert	-3,2	Mittelwert
	Soll	-2,1	Soll	-2,1	Soll	-3,8	Soll
	Standabw.	0,7	Standabw.	0,7	Standabw.	0,5	Standabw.
	T-Test	0,2505	T-Test	0,6141	T-Test	0,0030	T-Test
	12h			16h			
	Venöse		Arterielle	Venöse		Arterielle	
	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe
	1	-3,4	1	-6,5	1	-3,4	1
	2	-3,9	2	-3,6	2	-3,9	2
	3	-3,6	3	-4,6	3	-3,6	3
	4	-2,9	4	-4,9	4	-2,9	4
	5	-4,4	5	-5,2	5	-4,4	5
	6	-4,0	6	-5,0	6	-4,0	6
	7	-3,7	7	-5,8	7	-3,7	7
	8	-5,4	8	-6,0	8	-5,4	8

9	-3,8	9	-6,1	9	-3,8	9	-7,1
10	-4,3	10	-6,0	10	-4,3	10	-7,2
11	-3,8			11	-3,8		
12	-5,0			12	-5,0		
13	-4,4			13	-4,4		
14	-5,2			14	-5,2		
15	-6,5			15	-6,5		
Mittelwert	-4,3	Mittelwert	-5,4	Mittelwert	-4,3	Mittelwert	-6,9
Soll	-5,3	Soll	-5,3	Soll	-6,9	Soll	-6,9
Standabw.	0,9	Standabw.	0,8	Standabw.	2,0	Standabw.	1,1
T-Test	0,0010	T-Test	0,9365	T-Test	0,1055	T-Test	0,8653

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.14: Rückrechnung des SBC

4h				
Delta SBC	Standabw.			
-2,1	0,6	SBC(4)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Venöse Probe	1	20,0	22,1	22,0
	2	16,9	19,0	17,5
	3	16,8	18,9	20,6
	4	18,2	20,3	20,5
	5	17,5	19,6	19,8
	6	15,3	17,4	17,1
	7	14,6	16,7	16,0
	8	16,0	18,1	17,5
	9	18,6	20,7	20,3
	10	17,3	19,4	19,4
	11	19,6	21,7	20,3
	12	15,2	17,3	17,7
	13	20,0	22,1	22,0
	14	18,0	20,1	19,6
	15	17,6	19,7	18,9
	Mittelwert	17,4	19,5	19,3
	Standabw.	1,6	1,6	1,7
			T-Test	0,2129
8h				
Delta SBC	Standabw.			
-3,8	1,1	SBC(8)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Venöse Probe	1	19,1	22,9	22
	2	16,8	20,6	20,6
	3	14,6	18,4	17,7
	4	15,7	19,5	19,8
	5	14,5	18,3	17,1
	6	13,0	16,8	16
	7	14,5	18,3	17,5
	8	17,2	21,0	20,3
	9	14,9	18,7	18,2
	10	16,1	19,9	19,4
	11	13,7	17,5	17,7
	12	16,7	20,5	19,6
	13	15,3	19,1	18,7
	14	16,1	19,9	19,1
	15	17,7	21,5	20,9
	Mittelwert	15,7	19,5	19,0
	Standabw.	1,6	1,6	1,6
			T-Test	0,0002
12h				
Delta SBC	Standabw.			
-5,3	1,0	SBC(12)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Venöse Probe	1	13,7	19,0	17,1
	2	15,9	21,2	19,8
	3	14,1	19,4	17,7
	4	13,2	18,5	16,1
	5	14,1	19,4	18,5
	6	14,7	20,0	18,7
	7	14,5	19,8	18,2
	8	11,8	17,1	17,2
	9	15,2	20,5	19,0

	10	16,0	21,3	19,8
	11	16,1	21,4	19,8
	12	15,5	20,8	21,0
	13	13,1	18,4	17,5
	14	16,8	22,1	22,0
	15	12,6	17,9	19,1
	Mittelwert	14,5	19,8	18,8
	Standabw.	1,4	1,4	1,5
			T-Test	0,0011
16h				
Delta SBC	Standabw.			
-6,9	1,4	SBC(16)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Venöse Probe	1	9,3	16,2	15,5
	2	14,7	21,6	20,3
	3	9,8	16,7	22,6
	4	9,7	16,6	14,9
	5	12,4	19,3	16,1
	6	13,0	19,9	18,5
	7	16,2	23,1	22,3
	8	13,7	20,6	18,7
	9	13,6	20,5	19,1
	10	13,2	20,1	18,2
	11	9,9	16,8	17,2
	12	14,8	21,7	18,9
	13	13,8	20,7	19,0
	14	15,0	21,9	21,0
	15	14,4	21,3	19,8
	Mittelwert	12,9	19,8	18,8
	Standabw.	2,1	2,1	2,2
			T-Test	0,0867
4h				
Delta SBC	Standabw.			
-2,1	0,6	SBC(4)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Arterielle Probe	1	17,5	19,6	19,7
	2	15,7	17,8	17,7
	3	18,6	20,7	19,5
	4	18,1	20,2	19,5
	5	16,7	18,8	17,8
	6	17,3	19,4	20
	7	17,4	19,5	20,1
	8	17,8	19,9	19,7
	9	13,0	15,1	14,7
	10	15,7	17,8	18,8
	Mittelwert	16,8	18,9	18,8
	Standabw.	1,5	1,5	1,6
			T-Test	0,5834
8h				
Delta SBC	Standabw.			
-3,8	1,1	SBC(8)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Arterielle Probe	1	13,6	17,4	17,7
	2	14,0	17,8	18,5
	3	16,0	19,8	19,5
	4	16,3	20,1	19,5
	5	14,2	18,0	17,8
	6	15,3	19,1	19,7
	7	15,6	19,4	20,0
	8	15,2	19,0	20,1
	9	10,2	14,0	14,7
	10	13,5	17,3	18,8
	Mittelwert	14,4	18,2	18,6
	Standabw.	1,7	1,7	1,5
			T-Test	0,0610
12h				
Delta SBC	Standabw.			
-5,3	1,0	SBC(12)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Arterielle Probe	1	12,0	17,3	18,5
	2	16,9	22,2	20,5
	3	14,2	19,5	18,8
	4	14,6	19,9	19,5

	5	14,3	19,6	19,5
	6	14,7	20,0	19,7
	7	14,3	19,6	20,1
	8	8,7	14,0	14,7
	9	12,7	18,0	18,8
	10	9,6	14,9	15,6
	Mittelwert	13,2	18,5	18,6
	Standabw.	2,4	2,4	1,8
			T-Test	0,8061
16h				
Delta SBC	Standabw.			
-6,9	1,4	SBC(16)gemessen	SBC(0)errechnet	SBC(0)gemessen
Arterielle Probe	1	12,2	19,1	20,8
	2	9,7	16,6	17,7
	3	12,7	19,6	20,0
	4	13,1	20,0	20,5
	5	14,2	21,1	18,8
	6	13,3	20,2	19,5
	7	13,4	20,3	19,5
	8	13,9	20,8	20,1
	9	7,6	14,5	14,7
	10	11,6	18,5	18,8
	Mittelwert	12,2	19,1	19,0
	Standabw.	2,0	2,0	1,7
			T-Test	0,9351

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.15: Referenzintervalle zur Rückrechnung des SBC

Venöse	Proben					
SBC(4)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(x)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
20,0	22,1	23,5	22,7	21,5	20,7	22,0
16,9	19,0	20,4	19,6	18,4	17,6	17,5
16,8	18,9	20,3	19,5	18,3	17,5	20,6
18,2	20,3	21,7	20,9	19,7	18,9	20,5
17,5	19,6	21,0	20,2	19,0	18,2	19,8
15,3	17,4	18,8	18,0	16,8	16,0	17,1
14,6	16,7	19,1	17,3	16,1	15,3	16,0
16,0	18,1	19,5	18,7	17,5	16,7	17,5
18,6	20,7	22,1	21,3	20,1	19,3	20,3
17,3	19,4	20,8	20,0	18,8	18,0	19,4
19,6	21,7	23,1	22,3	21,1	20,3	20,3
15,2	17,3	18,7	17,9	16,7	15,9	17,7
20,0	22,1	23,5	22,7	21,5	20,7	22,0
18,0	20,1	21,5	20,7	19,5	18,7	19,6
17,6	19,7	21,1	20,3	19,1	18,3	18,9
17,4	19,5	Mittelwerte				19,3
SBC(8)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(x)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
19,1	22,9	25,1	24,0	21,8	20,7	22
16,8	20,6	22,8	21,7	19,5	18,4	20,6
14,6	18,4	20,6	19,5	17,3	16,2	17,7
15,7	19,5	21,7	20,6	18,4	17,3	19,8
14,5	18,3	20,5	19,4	17,2	16,1	17,1
13,0	16,8	19,0	17,9	15,7	14,6	16
14,5	18,3	20,5	19,4	17,2	16,1	17,5
17,2	21,0	23,2	22,1	19,9	18,8	20,3
14,9	18,7	20,9	19,8	17,6	16,5	18,2
16,1	19,9	22,1	21,0	18,8	17,7	19,4
13,7	17,5	19,7	18,6	16,4	15,3	17,7
16,7	20,5	22,7	21,6	19,4	18,3	19,6
15,3	19,1	21,3	20,2	18,0	16,9	18,7
16,1	19,9	22,1	21,0	18,8	17,7	19,1
17,7	21,5	23,7	22,6	20,4	19,3	20,9
15,7	19,5	Mittelwerte				19,0

SBC(12)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(X)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
13,7	19,0	21,0	20,0	18,0	17,0	17,1
15,9	21,2	23,2	22,2	20,2	19,2	19,8
14,1	19,4	21,4	20,4	18,4	17,4	17,7
13,2	18,5	20,5	19,5	17,5	16,5	16,1
14,1	19,4	21,4	20,4	18,4	17,4	18,5
14,7	20,0	22,0	21,0	19,0	18,0	18,7
14,5	19,8	21,8	20,8	18,8	17,8	18,2
11,8	17,1	19,1	18,1	16,1	15,1	17,2
15,2	20,5	22,5	21,5	19,5	18,5	19,0
16,0	21,3	23,3	22,3	20,3	19,3	19,8
16,1	21,4	23,4	22,4	20,4	19,4	19,8
15,5	20,8	22,8	21,8	19,8	18,8	21,0
13,1	18,4	20,4	19,4	17,4	16,4	17,5
16,8	22,1	24,1	23,1	21,1	20,1	22,0
12,6	17,9	19,9	18,9	16,9	15,9	19,1
14,5	19,8	Mittelwerte				18,8
SBC(16)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(X)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
9,3	16,2	19,0	17,6	14,8	13,4	15,5
14,7	21,6	24,4	23,0	20,2	18,8	20,3
9,8	16,7	19,5	18,1	15,3	13,9	22,6
9,7	16,6	19,4	18,0	15,2	13,8	14,9
12,4	19,3	22,1	20,7	17,9	16,5	16,1
13,0	19,9	22,7	21,3	18,5	17,1	18,5
16,2	23,1	25,9	24,5	21,7	20,3	22,3
13,7	20,6	23,4	22,0	19,2	17,8	18,7
13,6	20,5	23,3	21,9	19,1	17,7	19,1
13,2	20,1	22,9	21,5	18,7	17,3	18,2
9,9	16,8	19,6	18,2	15,4	14,0	17,2
14,8	21,7	24,5	23,1	20,3	18,9	18,9
13,8	20,7	23,5	22,1	19,3	17,9	19,0
15,0	21,9	24,7	23,3	20,5	19,1	21,0
14,4	21,3	24,1	22,7	19,9	18,5	19,8
12,9	19,8	Mittelwerte				18,8
Arterielle	Proben					
SBC(4)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(X)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
17,5	19,6	21,0	20,2	19,0	18,2	19,7
15,7	17,8	19,2	18,4	17,2	16,4	17,7
18,6	20,7	22,1	21,3	20,1	19,3	19,5
18,1	20,2	21,6	20,8	19,6	18,8	19,5
16,7	18,8	20,2	19,4	18,2	17,4	17,8
17,3	19,4	20,8	20,0	18,8	18,0	20
17,4	19,5	20,9	20,1	18,9	18,1	20,1
17,8	19,9	21,3	20,5	19,3	18,5	19,7
13,0	15,1	16,5	15,7	14,5	13,7	14,7
15,7	17,8	19,2	18,4	17,2	16,4	18,8
16,8	18,9	Mittelwerte				18,8
SBC(8)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(X)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
13,6	17,4	19,6	18,5	16,3	15,2	17,7
14,0	17,8	20,0	18,9	16,7	15,6	18,5
16,0	19,8	22,0	20,9	18,7	17,6	19,5
16,3	20,1	22,3	21,2	19,0	17,9	19,5
14,2	18,0	20,2	19,1	16,9	15,8	17,8
15,3	19,1	21,3	20,2	18,0	16,9	19,7
15,6	19,4	21,6	20,5	18,3	17,2	20,0
15,2	19,0	21,2	20,1	17,9	16,8	20,1
10,2	14,0	16,2	15,1	12,9	11,8	14,7
13,5	17,3	19,5	18,4	16,2	15,1	18,8
14,4	18,2	Mittelwerte				18,6
SBC(12)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(X)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
12,0	17,3	19,3	18,3	16,3	15,3	18,5
16,9	22,2	24,2	23,2	21,2	20,2	20,5
14,2	19,5	21,5	20,5	18,5	17,5	18,8

14,6	19,9	21,9	20,9	18,9	17,9	19,5
14,3	19,6	21,6	20,6	18,6	17,6	19,5
14,7	20,0	22,0	21,0	19,0	18,0	19,7
14,3	19,6	21,6	20,6	18,6	17,6	20,1
8,7	14,0	16,0	15,0	13,0	12,0	14,7
12,7	18,0	20,0	19,0	17,0	16,0	18,8
9,6	14,9	16,9	15,9	13,9	12,9	15,6
13,2	18,5	Mittelwerte				18,6

SBC(16)	SBC(0)	SBC(x)-ΔSBC(x)+2S	SBC(x)-ΔSBC(x)+S	SBC(x)-ΔSBC(x)-S	SBC(x)-ΔSBC(x)-2S	SBC(0)
gemessen	errechnet					gemessen
12,2	19,1	21,9	20,5	17,7	16,3	20,8
9,7	16,6	19,4	18,0	15,2	13,8	17,7
12,7	19,6	22,4	21,0	18,2	16,8	20,0
13,1	20,0	22,8	21,4	18,6	17,2	20,5
14,2	21,1	23,9	22,5	19,7	18,3	18,8
13,3	20,2	23,0	21,6	18,8	16,4	19,5
13,4	20,3	23,1	21,7	18,7	17,3	19,5
13,9	20,8	23,6	22,2	19,4	18,0	20,1
7,6	14,5	17,3	15,9	13,1	11,7	14,7
11,6	18,5	21,3	19,9	17,1	15,7	18,8
12,2	19,1	Mittelwerte				19,0

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.16: Prospektive Prüfung der ABE-Werte

4h	Venöse		8h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	-4,1		1	-5,5
	2	-7,3		2	-7,1
	3	-7,2		3	-10,8
Erwarteter	4	-5,6	Erwarteter	4	-9,2
Mittelwert	5	-6,8	Mittelwert	5	-11,2
-6,9	6	-10,1	-9,4	6	-13,3
	7	-10,8		7	-11,1
	8	-9,0		8	-8,5
	9	-6,7		9	-10,4
	10	-7,7		10	-9,4
	11	-4,1		11	-12,9
	12	-9,7		12	-8,5
	13	-4,3		13	-9,8
	14	-6,9		14	-9,5
	15	-6,9		15	-7,1
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	-7,1		Mittelwert	-9,6
	Standabw.	2,1		Standabw.	2,1
	T-Test	0,6652		T-Test	0,7633
12h	Venöse	Gemessen	16h	Venöse	Gemessen
	Stichprobe			Stichprobe	
	1	-12,6		1	-19,7
	2	-9,4		2	-10,6
	3	-11,3		3	-18,9
Erwarteter	4	-13,8	Erwarteter	4	-19,1
Mittelwert	5	-12,0	Mittelwert	5	-14,8
-12,1	6	-10,8	-13,4	6	-13,3
	7	-11,9		7	-8,7
	8	-14,9		8	-12,4
	9	-10,8		9	-12,7
	10	-9,4		10	-13,8
	11	-9,6		11	-18,5
	12	-9,5		12	-10,2
	13	-13,1		13	-13
	14	-8,4		14	-10,9
	15	-13,8		15	-11,3
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	-11,4		Mittelwert	-13,9
	Standabw.	2,0		Standabw.	3,6
	T-Test	0,3650		T-Test	0,6972

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.17: Prospektive Prüfung der ABE-Änderungen

4h				8h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	-2,4	1	-2,9	1	-3,4	1	-6,1
2	-0,8	2	-3,0	2	-5,0	2	-6,4
3	-5,1	3	-1,2	3	-4,5	3	-4,7
4	-3,0	4	-1,8	4	-5,5	4	-4,3
5	-3,1	5	-2,4	5	-4,6	5	-5,1
6	-2,5	6	-3,5	6	-4,4	6	-5,9
7	-1,9	7	-3,5	7	-4,2	7	-5,7
8	-2,1	8	-2,5	8	-3,9	8	-6,3
9	-2,1	9	-2,5	9	-4,6	9	-7,4
10	-2,7	10	-4,2	10	-4,4	10	-7,6
11	-1,0			11	-5,7		
12	-3,4			12	-3,6		
13	-2,2			13	-4,7		
14	-2,0			14	-4,1		
15	-1,9			15	-4,0		
Mittelwert	-2,4	Mittelwert	-2,8	Mittelwert	-4,4	Mittelwert	-6,0
Soll	-2,7	Soll	-2,7	Soll	-5,1	Soll	-5,1
Standabw.	1,0	Standabw.	0,8	Standabw.	0,6	Standabw.	1,0
T-Test	0,3802	T-Test	0,7897	T-Test	0,0305	T-Test	0,0559
12h				16h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	Gemessen	Stichprobe	Gemessen	Stichprobe	Gemessen	Stichprobe	Gemessen
1	-5,0	1	-9,6	1	-9,9	1	-12,2
2	-5,7	2	-5,4	2	-7,8	2	-12,1
3	-5,0	3	-6,2	3	-17,4	3	-10,4
4	-4,3	4	-6,6	4	-8,8	4	-10,5
5	-6,4	5	-7,2	5	-5,3	5	-6,2
6	-5,7	6	-6,6	6	-7,7	6	-8,6
7	-5,3	7	-7,6	7	-7,6	7	-8,4
8	-8,2	8	-10,4	8	-7,3	8	-7,9
9	-4,9	9	-8,6	9	-7,2	9	-12,7
10	-5,0	10	-9,9	10	-11,8	10	-10,5
11	-5,4			11	-5,7		
12	-6,1			12	-7,1		
13	-6,6			13	-7,5		
14	-6,8			14	-7,1		
15	-9,3			15	-7,3		
Mittelwert	-6,0	Mittelwert	-7,8	Mittelwert	-8,4	Mittelwert	-10,0
Soll	-7,3	Soll	-7,3	Soll	-9,6	Soll	-9,6
Standabw.	1,3	Standabw.	1,6	Standabw.	2,8	Standabw.	2,0
T-Test	0,0034	T-Test	0,4097	T-Test	0,1587	T-Test	0,6378

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.18: Rückrechnung des ABE

4h				
Delta ABE	Standabw.			
-2,7	0,8	ABE(4)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-4,1	-1,4	-1,7
	2	-7,3	-4,6	-6,5
	3	-7,2	-4,5	-2,1
	4	-5,6	-2,9	-2,6
	5	-6,8	-4,1	-3,7
	6	-10,1	-7,4	-7,6
	7	-10,8	-8,1	-8,9
	8	-9,0	-6,3	-6,9
	9	-6,7	-4,0	-4,6
	10	-7,7	-5,0	-5,0
	11	-4,1	-1,4	-3,1
	12	-9,7	-7,0	-6,3
	13	-4,3	-1,6	-2,1
	14	-6,9	-4,2	-4,9
	15	-6,9	-4,2	-5,0
	Mittelwert	-7,1	-4,4	-4,7
	Standabw.	2,0	2,0	2,1
			T-Test	0,2959
8h				
Delta ABE	Standabw.			
-5,1	1,6	ABE(8)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-5,5	-0,4	-2,1
	2	-7,1	-2,0	-2,1
	3	-10,8	-5,7	-6,3
	4	-9,2	-4,1	-3,7
	5	-11,2	-6,1	-7,6
	6	-13,3	-8,2	-8,9
	7	-11,1	-6,0	-6,9
	8	-8,5	-3,4	-4,6
	9	-10,4	-5,3	-5,8
	10	-9,4	-4,3	-5,0
	11	-12,9	-7,8	-7,2
	12	-8,5	-3,4	-4,9
	13	-9,8	-4,7	-5,1
	14	-9,5	-4,4	-5,4
	15	-7,1	-2,0	-3,1
	Mittelwert	-9,6	-4,5	-5,2
	Standabw.	2,1	2,1	1,9
			T-Test	0,0008
12h				
Delta ABE	Standabw.			
-7,3	1,4	ABE(12)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-12,6	-5,3	-7,6
	2	-9,4	-2,1	-3,7
	3	-11,3	-4,0	-6,3
	4	-13,8	-6,5	-9,5
	5	-12,0	-4,7	-5,6
	6	-10,8	-3,5	-5,1
	7	-11,9	-4,6	-6,6
	8	-14,9	-7,6	-6,7
	9	-10,8	-3,5	-5,9
	10	-9,4	-2,1	-4,4
	11	-9,6	-2,3	-4,2
	12	-9,5	-2,2	-3,4
	13	-13,1	-5,8	-6,5
	14	-8,4	-1,1	-1,6
	15	-13,8	-6,5	-4,5
	Mittelwert	-11,4	-4,1	-5,4
	Standabw.	1,9	1,9	1,9
			T-Test	0,0019

16h				
Delta ABE	Standabw.			
-9,6	2,1	ABE(16)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-19,7	-10,1	-9,8
	2	-10,6	-1,0	-2,8
	3	-18,9	-9,3	-1,5
	4	-19,1	-9,5	-10,3
	5	-14,8	-5,2	-9,5
	6	-13,3	-3,7	-5,6
	7	-8,7	0,9	-1,1
	8	-12,4	-2,8	-5,1
	9	-12,7	-3,1	-5,4
	10	-13,8	-4,2	-6,6
	11	-18,5	-8,9	-6,7
	12	-10,2	-0,6	-4,5
	13	-13,0	-3,4	-5,9
	14	-10,9	-1,3	-3,4
	15	-11,3	-1,7	-4,2
	Mittelwert	-13,9	-4,3	-5,5
	Standabw.	3,5	3,5	2,7
			T-Test	0,1271
4h				
Delta ABE	Standabw.			
-2,7	0,8	ABE(4)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-7,1	-4,4	-4,2
	2	-10,1	-7,4	-7,2
	3	-5,8	-3,1	-4,6
	4	-5,7	-3,0	-3,9
	5	-7,6	-4,9	-6,2
	6	-7,4	-4,7	-3,9
	7	-7,2	-4,5	-3,7
	8	-6,7	-4,0	-4,2
	9	-13,0	-10,3	-10,5
	10	-9,0	-6,3	-4,8
	Mittelwert	-8,0	-5,3	-5,3
	Standabw.	2,1	2,1	2,0
			T-Test	0,8487
8h				
Delta ABE	Standabw.			
-5,1	1,6	ABE(8)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-13,3	-8,2	-7,2
	2	-11,7	-6,6	-5,3
	3	-8,6	-3,5	-3,9
	4	-8,9	-3,8	-4,6
	5	-11,3	-6,2	-6,2
	6	-10,1	-5,0	-4,2
	7	-9,6	-4,5	-3,9
	8	-10,0	-4,9	-3,7
	9	-17,9	-12,8	-10,5
	10	-12,4	-7,3	-4,8
	Mittelwert	-11,4	-6,3	-5,4
	Standabw.	2,6	2,6	2,0
			T-Test	0,0328
12h				
Delta ABE	Standabw.			
-7,3	1,4	ABE(12)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-14,7	-7,4	-5,3
	2	-7,9	-0,6	-2,5
	3	-11,2	-3,9	-5,0
	4	-11,2	-3,9	-4,6
	5	-11,1	-3,8	-3,9
	6	-10,8	-3,5	-4,2
	7	-11,3	-4,0	-3,7
	8	-20,9	-13,6	-10,5
	9	-13,4	-7,1	-4,8
	10	-19,2	-11,9	-9,3
	Mittelwert	-13,2	-6,0	-5,4
	Standabw.	3,8	3,8	2,4
			T-Test	0,3217

16h				
Delta ABE	Standabw.			
-9,6	2,1	ABE(16)gemessen	ABE(0)errechnet	ABE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-14,4	-4,8	-2,2
	2	-19,3	-9,7	-7,2
	3	-13,4	-3,8	-3,0
	4	-13,0	-3,4	-2,5
	5	-11,2	-1,6	-5,0
	6	-12,5	-2,9	-3,9
	7	-13,0	-3,4	-4,6
	8	-11,6	-2,0	-3,7
	9	-23,2	-13,6	-10,5
	10	-15,3	-5,7	-4,8
	Mittelwert	-14,7	-5,1	-4,7
	Standabw.	3,6	3,6	2,4
			T-Test	0,6146

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.19: Referenzintervalle zur Rückrechnung des ABE

Venöse	Proben					
ABE(4)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-4,1	-1,4	0,2	-0,6	-2,2	-3,0	-1,7
-7,3	-4,6	-3,0	-3,8	-5,4	-6,2	-6,5
-7,2	-4,5	-2,9	-3,7	-5,3	-6,1	-2,1
-5,6	-2,9	-1,3	-2,1	-3,7	-4,5	-2,6
-6,8	-4,1	-2,5	-3,3	-4,9	-5,7	-3,7
-10,1	-7,4	-5,8	-6,6	-8,2	-9,0	-7,6
-10,8	-8,1	-6,5	-7,3	-8,9	-9,7	-8,9
-9,0	-6,3	-4,7	-5,5	-7,1	-7,9	-6,9
-6,7	-4,0	-2,4	-3,2	-4,8	-5,6	-4,6
-7,7	-5,0	-3,4	-4,2	-5,8	-6,6	-5,0
-4,1	-1,4	0,2	-0,6	-2,2	-3,0	-3,1
-9,7	-7,0	-5,4	-6,2	-7,8	-8,6	-6,3
-4,3	-1,6	0	-0,8	-2,4	-3,2	-2,1
-6,9	-4,2	-2,6	-3,4	-5,0	-5,8	-4,9
-6,9	-4,2	-2,6	-3,4	-5,0	-5,8	-5,0
-7,1	-4,4	Mittelwerte				-4,7
ABE(8)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-5,5	-0,4	2,8	1,2	-2,0	-3,6	-2,1
-7,1	-2,0	1,2	-0,4	-3,6	-5,2	-2,1
-10,8	-5,7	-2,5	-4,1	-7,3	-8,9	-6,3
-9,2	-4,1	-0,9	-2,5	-5,7	-7,3	-3,7
-11,2	-6,1	-2,9	-4,5	-7,7	-9,3	-7,6
-13,3	-8,2	-5,0	-6,6	-9,8	-11,4	-8,9
-11,1	-6,0	-2,8	-4,4	-7,6	-9,2	-6,9
-8,5	-3,4	-0,2	-1,8	-5,0	-6,6	-4,6
-10,4	-5,3	-2,1	-3,7	-6,9	-8,5	-5,8
-9,4	-4,3	-1,1	-2,7	-5,9	-7,5	-5,0
-12,9	-7,8	-4,6	-6,2	-9,4	-7,8	-7,2
-8,5	-3,4	-0,2	-1,8	-5,0	-3,4	-4,9
-9,8	-4,7	-1,5	-3,1	-6,3	-4,7	-5,1
-9,5	-4,4	-1,2	-2,8	-6,0	-4,4	-5,4
-7,1	-2,0	1,2	-0,4	-3,6	-2,0	-3,1
-9,6	-4,5	Mittelwerte				-5,2

ABE(12)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-12,6	-5,3	-2,5	-3,9	-6,7	-8,1	-7,6
-9,4	-2,1	0,7	-0,7	-3,5	-4,9	-3,7
-11,3	-4,0	-1,2	-2,6	-5,4	-6,8	-6,3
-13,8	-6,5	-3,7	-5,1	-7,9	-9,3	-9,5
-12,0	-4,7	-1,9	-3,3	-6,1	-7,5	-5,6
-10,8	-3,5	-0,7	-2,1	-4,9	-6,3	-5,1
-11,9	-4,6	-1,8	-3,2	-6,0	-7,4	-6,6
-14,9	-7,6	-4,8	-6,2	-9,0	-10,4	-6,7
-10,8	-3,5	-0,7	-2,1	-4,9	-6,3	-5,9
-9,4	-2,1	0,7	-0,7	-3,5	-4,9	-4,4
-9,6	-2,3	0,5	-0,9	-3,7	-5,1	-4,2
-9,5	-2,2	0,6	-0,8	-3,6	-5,0	-3,4
-13,1	-5,8	-3,0	-4,4	-7,2	-8,6	-6,5
-8,4	-1,1	1,7	0,3	-2,5	-3,9	-1,6
-13,8	-6,5	-3,5	-5,1	-7,9	-9,3	-4,5
-11,4	-4,1	Mittelwerte				-5,4
ABE(16)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-19,7	-10,1	-5,9	-8,0	-12,2	-14,3	-9,8
-10,6	-1,0	3,2	1,1	-3,1	-5,2	-2,8
-18,9	-9,3	-5,1	-7,2	-11,4	-13,5	-1,5
-19,1	-9,5	-5,3	-7,4	-11,6	-13,7	-10,3
-14,8	-5,2	-1,0	-3,1	-7,3	-9,4	-9,5
-13,3	-3,7	0,5	-1,6	-5,8	-7,9	-5,6
-8,7	0,9	4,5	3,0	-1,2	-3,3	-1,1
-12,4	-2,8	1,4	-0,7	-4,9	-7,0	-5,1
-12,7	-3,1	1,1	-1,0	-5,2	-7,3	-5,4
-13,8	-4,2	0,0	-2,1	-6,3	-8,4	-6,6
-18,5	-8,9	-4,7	-6,8	-11,0	-13,1	-6,7
-10,2	-0,6	3,6	1,5	-2,7	-4,8	-4,5
-13,0	-3,4	0,8	-1,3	-5,5	-7,6	-5,9
-10,9	-1,3	2,9	0,8	-3,4	-5,5	-3,4
-11,3	-1,7	2,5	0,4	-3,8	-5,9	-4,2
-13,9	-4,3	Mittelwerte				-5,5
Arterielle	Proben					
ABE(4)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-7,1	-4,4	-2,8	-3,6	-5,2	-6,0	-4,2
-10,1	-7,5	-5,9	-6,7	-8,3	-9,1	-7,2
-5,8	-3,1	-1,5	-2,3	-3,9	-4,7	-4,6
-5,7	-3,0	-1,4	-2,2	-3,8	-4,6	-3,9
-7,6	-4,9	-3,3	-4,1	-5,7	-6,5	-6,2
-7,4	-4,7	-3,1	-3,9	-5,5	-6,3	-3,9
-7,2	-4,5	-2,9	-3,7	-5,3	-6,1	-3,7
-6,7	-4,0	-2,4	-3,2	-4,8	-5,6	-4,2
-13,0	-5,1	-3,5	-4,3	-5,9	-6,7	-10,5
-9,0	-6,3	-4,7	-5,5	-7,1	-7,9	-4,8
-8,0	-4,8	Mittelwerte				-5,3
ABE(8)	ABE(0)	ABE(x)-ΔABE(x)+2S	ABE(x)-ΔABE(x)+S	ABE(x)-ΔABE(x)-S	ABE(x)-ΔABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-13,3	-8,2	-5,0	-6,6	-9,8	-11,4	-7,2
-11,7	-6,6	-3,4	-5,0	-8,2	-9,8	-5,3
-8,6	-3,5	-0,3	-1,9	-5,1	-6,7	-3,9

-8,9	-3,8	-0,6	-2,2	-5,4	-7,0	-4,6
-11,3	-6,2	-3,0	-4,6	-7,8	-9,4	-6,2
-10,1	-5,0	-1,8	-3,4	-6,6	-8,2	-4,2
-9,6	-4,5	-1,3	-2,9	-6,1	-7,7	-3,9
-10,0	-4,9	-1,7	-3,3	-6,5	-8,1	-3,7
-17,9	-12,8	-9,6	-11,2	-14,4	-16,0	-10,5
-12,4	-7,3	-4,1	-5,7	-8,9	-10,5	-4,8
-11,4	-6,3	Mittelwerte				-5,4
ABE(12)	ABE(0)	ABE(x)- Δ ABE(x)+2S	ABE(x)- Δ ABE(x)+S	ABE(x)- Δ ABE(x)-S	ABE(x)- Δ ABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-14,7	-7,4	-4,6	-6,0	-8,8	-10,2	-5,3
-7,9	-0,6	2,2	0,8	-2,0	-3,4	-2,5
-11,2	-3,9	-1,1	-2,5	-5,3	-6,7	-5,0
-11,2	-3,9	-1,1	-2,5	-5,3	-6,7	-4,6
-11,1	-3,8	-1,0	-2,4	-5,2	-6,6	-3,9
-10,8	-3,5	-0,7	-2,1	-4,9	-6,3	-4,2
-11,3	-4,0	-1,2	-2,6	-5,4	-6,8	-3,7
-20,9	-13,6	-9,8	-11,2	-15,0	-16,4	-10,5
-13,4	-7,1	-4,3	-5,7	-8,5	-9,9	-4,8
-19,2	-11,9	-9,1	-10,5	-13,3	-14,7	-9,3
-13,2	-6,0	Mittelwerte				-5,4
ABE(16)	ABE(0)	ABE(x)- Δ ABE(x)+2S	ABE(x)- Δ ABE(x)+S	ABE(x)- Δ ABE(x)-S	ABE(x)- Δ ABE(x)-2S	ABE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-14,4	-4,8	-1,6	-3,7	-6,9	-9,0	-2,2
-19,3	-9,7	-5,5	-7,6	-11,8	-13,9	-7,2
-13,4	-3,8	0,4	-1,7	-5,9	-8,0	-3,0
-13,0	-3,4	0,8	-1,3	-5,5	-7,6	-2,5
-11,2	-1,6	2,6	0,5	-3,7	-5,8	-5,0
-12,5	-2,9	2,9	0,8	-5,0	-7,1	-3,9
-13,0	-3,4	0,8	-1,3	-5,5	-7,6	-4,6
-11,6	-2,0	2,2	0,1	-4,1	-6,2	-3,7
-23,2	-13,6	-9,4	-11,5	-15,7	-17,8	-10,5
-15,3	-5,7	-2,5	-3,6	-7,8	-9,9	-4,8
-14,7	-5,1	Mittelwerte				-4,7

Tab.7.20: Prospektive Prüfung des SBE

4h	Venöse		8h	Venöse	
	Stichprobe	Gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	-3,4		1	-4,2
	2	-6,0		2	-3,7
	3	-5,8		3	-5,9
Erwarteter	4	-4,6	Erwarteter	4	-6,7
Mittelwert	5	-5,3	Mittelwert	5	-9,7
-5,5	6	-9,7	-6,9	6	-9,4
	7	-7,8		7	-8,9
	8	-7,6		8	-8,1
	9	-7,0		9	-8,2
	10	-7,8		10	-8,8
	11	-3,0		11	-11,5
	12	-5,5		12	-6,5
	13	-4,0		13	-7,8
	14	-5,6		14	-8,5
	15	-6,3		15	-6,1
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	-6,0		Mittelwert	-7,6
	Standabw.	1,8		Standabw.	2,1
	T-Test	0,4530		T-Test	0,3117

12h	Venöse		16h	Venöse	
	Stichprobe	gemessen		Stichprobe	gemessen
	1	-10,7		1	-15,9
	2	-6,8		2	-7,4
	3	-6,7		3	-14,4
Erwarteter	4	-11,4	Erwarteter	4	-14,4
Mittelwert	5	-10,0	Mittelwert	5	-11,9
-8,7	6	-8,0	-9,4	6	-10,7
	7	-9,9		7	-6,2
	8	-9,4		8	-9,3
	9	-8,8		9	-10,1
	10	-8,5		10	-11,0
	11	-7,3		11	-11,7
	12	-7,4		12	-6,5
	13	-10,3		13	-10,4
	14	-6,9		14	-8,0
	15	-9,7		15	-8,2
	gemessener			gemessener	
	Mittelwert	-8,8		Mittelwert	-10,4
	Standabw.	1,5		Standabw.	2,9
	T-Test	0,9247		T-Test	0,2415

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.21: Prospektive Prüfung der Änderungen des SBE

4h				8h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	-1,7	1	-1,9	1	-1,6	1	-3,7
2	0,3	2	-2,0	2	-2,7	2	-4,5
3	-4,8	3	-0,2	3	-1,9	3	-2,7
4	-2,0	4	-0,6	4	-3,4	4	-2,6
5	-2,0	5	-0,1	5	-1,7	5	-3,0
6	-1,7	6	-2,5	6	-2,6	6	-3,9
7	-1,0	7	-3,2	7	-2,4	7	-3,7
8	-1,1	8	-2,0	8	-2,4	8	-4,0
9	-1,7	9	-1,1	9	-3,1	9	-4,0
10	-2,0	10	-2,4	10	-3,0	10	-4,8
11	-0,1			11	-3,7		
12	-1,5			12	-2,1		
13	-1,4			13	-2,5		
14	-1,2			14	-2,5		
15	-1,2			15	-3,0		
Mittelwert	-1,5	Mittelwert	-1,6	Mittelwert	-2,6	Mittelwert	-3,7
Soll	-1,6	Soll	-1,6	Soll	-3,0	Soll	-3,0
Standabw.	1,1	Standabw.	1,0	Standabw.	0,6	Standabw.	0,7
T-Test	0,8232	T-Test	0,9784	T-Test	0,0812	T-Test	0,5130

12h				16h			
Venöse		Arterielle		Venöse		Arterielle	
Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen	Stichprobe	gemessen
1	-2,7	1	-6,3	1	-4,5	1	-7,6
2	-3,5	2	-3,5	2	-5,4	2	-7,6
3	-2,7	3	-4,3	3	-13,1	3	-7,7
4	-2,2	4	-3,9	4	-5,0	4	-7,4
5	-3,8	5	-4,1	5	-2,7	5	-4,0
6	-3,2	6	-4,9	6	-4,5	6	-4,9
7	-3,0	7	-4,7	7	-4,3	7	-5,3
8	-5,1	8	-5,8	8	-4,5	8	-4,9
9	-3,5	9	-5,2	9	-4,1	9	-7,2
10	-2,9	10	-6,0	10	-4,1	10	-6,6
11	-3,8			11	-7,4		
12	-4,0			12	-3,0		
13	-3,8			13	-4,1		
14	-4,5			14	-4,6		
15	-5,6			15	-4,3		
Mittelwert	-3,6	Mittelwert	-4,9	Mittelwert	-5,0	Mittelwert	-6,3
Soll	-4,3	Soll	-4,3	Soll	-5,7	Soll	-5,7
Standabw.	0,9	Standabw.	0,9	Standabw.	2,4	Standabw.	1,3
T-Test	0,0359	T-Test	0,1016	T-Test	0,3529	T-Test	0,2367

T-Test: zwischen den Werten der 1.Phase und den Werten der Stichprobe, zweiseitiger T-Test für ungepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.22: Rückrechnung des SBE

4h				
Delta SBE	Standabw.			
-1,6	0,7	SBE(4)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-3,4	-1,8	-1,7
	2	-6,0	-4,6	-6,3
	3	-5,8	-4,2	-1,0
	4	-4,6	-3,0	-2,6
	5	-5,3	-3,7	-3,3
	6	-9,7	-8,1	-8,0
	7	-7,8	-6,2	-6,8
	8	-7,6	-6,0	-6,5
	9	-7,0	-5,4	-5,7
	10	-7,8	-6,2	-5,8
	11	-3,0	-1,4	-2,9
	12	-5,5	-3,9	-4,0
	13	-4,0	-2,4	-2,6
	14	-5,6	-4,0	-4,4
	15	-6,3	-4,7	-5,1
	Mittelwert	-6,0	-4,4	-4,4
	Standabw.	1,8	1,8	2,0
			T-Test	0,7996
8h				
Delta SBE	Standabw.			
-3,0	1,4	SBE(8)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-4,2	-1,2	-2,6
	2	-3,7	-0,7	-1,0
	3	-5,9	-2,9	-4,0
	4	-6,7	-3,7	-3,3
	5	-9,7	-6,7	-8,0
	6	-9,4	-6,4	-6,8
	7	-8,9	-2,9	-6,5
	8	-8,1	-6,1	-5,7
	9	-8,2	-6,2	-5,1
	10	-8,8	-6,8	-5,8
	11	-11,5	-8,5	-7,8
	12	-6,5	-3,5	-4,4
	13	-7,8	-4,8	-4,8
	14	-8,5	-5,5	-6,0
	15	-6,1	-3,1	-3,4
	Mittelwert	-7,6	-4,6	-5,0
	Standabw.	2,0	2,0	1,9
			T-Test	0,1983

12h				
Delta SBE	Standabw.			
-4,3	1,1	SBE(12)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-10,7	-6,4	-8,0
	2	-6,8	-2,5	-3,3
	3	-6,7	-2,4	-4,0
	4	-11,4	-7,1	-9,2
	5	-10,0	-5,7	-6,2
	6	-8,0	-3,7	-4,8
	7	-9,9	-5,6	-6,9
	8	-9,4	-5,1	-4,3
	9	-8,8	-4,5	-6,3
	10	-8,5	-4,2	-5,6
	11	-7,3	-3,0	-3,9
	12	-7,4	-3,1	-3,4
	13	-10,3	-6,0	-6,5
	14	-6,9	-2,6	-2,4
	15	-9,7	-6,4	-4,1
	Mittelwert	-8,8	-4,6	-5,3
	Standabw.	1,5	1,5	1,8
			T-Test	0,0306
16h				
Delta SBE	Standabw.			
-5,7	1,6	SBE(16)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Venöse Probe	1	-15,9	-10,2	-10,4
	2	-7,4	-1,7	-2,0
	3	-14,4	-8,7	-1,3
	4	-14,4	-8,7	-9,4
	5	-11,9	-6,2	-9,2
	6	-10,7	-5,0	-6,2
	7	-6,2	-0,5	-1,9
	8	-9,3	-3,6	-4,8
	9	-10,1	-4,4	-6,0
	10	-11,0	-5,3	-6,9
	11	-11,7	-6,0	-4,3
	12	-6,5	-0,8	-3,5
	13	-10,4	-0,7	-6,3
	14	-8,0	-2,3	-3,4
	15	-8,2	-2,5	-3,9
	Mittelwert	-10,4	-4,4	-5,3
	Standabw.	2,8	2,8	2,7
			T-Test	0,2503
4h				
Delta SBE	Standabw.			
-1,6	0,7	SBE(4)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-5,6	-4,0	-3,7
	2	-9,0	-7,4	-7,0
	3	-4,9	-3,3	-4,7
	4	-4,0	-2,4	-3,4
	5	-6,1	-4,5	-6,0
	6	-5,7	-5,1	-3,2
	7	-5,3	-3,7	-2,1
	8	-5,3	-3,7	-3,3
	9	-10,2	-8,6	-9,1
	10	-5,7	-4,1	-3,3
	Mittelwert	-6,2	-4,7	-4,6
	Standabw.	1,8	1,8	2,0
			T-Test	0,7951
8h				
Delta SBE	Standabw.			
-3,0	1,4	SBE(8)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
	1	-10,7	-7,7	-7,0
	2	-8,4	-5,4	-3,9
	3	-6,1	-3,1	-3,4
	4	-7,3	-4,3	-4,7
	5	-9,0	-6,0	-6,0
	6	-7,2	-4,2	-3,3
	7	-6,9	-3,9	-3,2
	8	-6,9	-3,9	-2,9

	9	-13,1	-10,1	-9,1
	10	-8,1	-5,1	-3,3
	Mittelwert	-8,4	-5,4	-4,7
	Standabw.	2,0	2,0	2,0
			T-Test	0,0150
12h				
Delta SBE	Standabw.			
-4,3	1,1	SBE(12)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-10,2	-5,9	-3,9
	2	-5,5	-1,2	-2,0
	3	-8,4	-4,1	-4,3
	4	-8,6	-4,3	-4,7
	5	-7,5	-3,2	-3,4
	6	-8,2	-3,9	-3,3
	7	-7,6	-3,3	-2,9
	8	-14,9	-10,6	-9,1
	9	-8,5	-4,2	-3,3
	10	-14,1	-9,8	-8,1
	Mittelwert	-9,4	-5,1	-4,5
	Standabw.	2,8	2,8	2,2
			T-Test	0,1040
16h				
Delta SBE	Standabw.			
-5,7	1,6	SBE(16)gemessen	SBE(0)errechnet	SBE(0)gemessen
Arterielle Probe	1	-10,0	-4,3	-2,4
	2	-14,6	-8,9	-7,0
	3	-10,2	-4,5	-2,5
	4	-9,4	-3,7	-2,0
	5	-8,3	-2,6	-4,3
	6	-8,3	-2,6	-3,4
	7	-10,0	-4,3	-4,7
	8	-7,8	-2,1	-2,9
	9	-16,3	-10,6	-9,1
	10	-9,9	-4,2	-3,3
	Mittelwert	-10,5	-4,8	-4,2
	Standabw.	2,6	2,6	2,1
			T-Test	0,1951

T-Test: zwischen errechneten und tatsächlich gemessenen Werte für Parameter(0h), zweiseitiger T-Test für gepaarte Stichproben ungleicher Varianz

Tab.7.23: Referenzintervalle zur Rückrechnung des SBE

venöse	Proben					
SBE(4)	SBE(0)	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-3,4	-1,8	-0,4	-1,1	-2,5	-3,2	-1,7
-6,0	-4,6	-3,2	-3,9	-5,3	-6,0	-6,3
-5,8	-4,2	-2,8	-3,5	-4,9	-5,6	-1,0
-4,6	-3,0	-1,6	-2,3	-3,7	-4,4	-2,6
-5,3	-3,7	-2,3	-3,0	-4,4	-5,1	-3,3
-9,7	-8,1	-6,7	-7,4	-8,8	-9,5	-8,0
-7,8	-6,2	-4,8	-5,5	-6,9	-7,6	-6,8
-7,6	-6,0	-4,6	-5,3	-6,7	-7,4	-6,5
-7,0	-5,4	-4,0	-4,7	-6,1	-6,8	-5,7
-7,8	-6,2	-4,8	-5,5	-6,9	-7,6	-5,8
-3,0	-1,4	0,0	-0,7	-2,1	-2,8	-2,9
-5,5	-3,9	-2,5	-3,2	-4,6	-5,3	-4,0
-4,0	-2,4	-1,0	-1,7	-3,1	-3,8	-2,6
-5,6	-4,0	-2,6	-3,3	-4,7	-5,4	-4,4
-6,3	-4,7	-3,3	-4,0	-5,4	-6,1	-5,1
-6,0	-4,4	Mittelwerte				-4,4
SBE(8)	SBE(0)	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-4,2	-1,2	1,6	0,2	-2,6	-4,0	-2,6
-3,7	-0,7	2,1	0,7	-2,1	-3,5	-1,0
-5,9	-2,9	-0,1	-1,5	-4,3	-5,7	-4,0
-6,7	-3,7	-0,9	-2,3	-5,1	-6,5	-3,3
-9,7	-6,7	-3,9	-5,3	-8,1	-9,5	-8,0
-9,4	-6,4	-3,4	-5,0	-7,8	-9,2	-6,8
-8,9	-2,9	-0,1	-1,5	-4,3	-5,7	-6,5

-8,1	-6,1	-3,3	-4,7	-7,5	-8,9	-5,7
-8,2	-6,2	-3,4	-4,8	-7,6	-9,0	-5,1
-8,8	-6,8	-4,0	-5,4	-8,2	-9,6	-5,8
-11,5	-8,5	-5,7	-7,1	-9,9	-11,3	-7,8
-6,5	-3,5	-0,7	-2,1	-4,9	-6,3	-4,4
-7,8	-4,8	-2,0	-3,4	-6,2	-7,6	-4,8
-8,5	-5,5	-2,7	-4,1	-6,9	-8,3	-6,0
-6,1	-3,1	-0,3	-1,7	-4,5	-5,9	-3,4
-7,6	-4,6	Mittelwerte				-5,0
SBE(12) gemessen	SBE(0) errechnet	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0) gemessen
-10,7	-6,4	-4,2	-5,3	-7,5	-8,6	-8,0
-6,8	-2,5	-0,3	-1,4	-3,6	-4,7	-3,3
-6,7	-2,4	-0,2	-1,3	-3,5	-4,6	-4,0
-11,4	-7,1	-4,9	-6,0	-8,2	-9,3	-9,2
-10,0	-5,7	-3,5	-4,6	-6,8	-7,9	-6,2
-8,0	-3,7	-1,5	-2,6	-4,8	-5,9	-4,8
-9,9	-5,6	-3,4	-4,5	-6,7	-7,8	-6,9
-9,4	-5,1	-2,9	-4,0	-6,2	-7,3	-4,3
-8,8	-4,5	-2,3	-3,4	-5,6	-6,7	-6,3
-8,5	-4,2	-2,0	-3,1	-5,3	-6,4	-5,6
-7,3	-3,0	-0,8	-1,9	-4,1	-5,2	-3,9
-7,4	-3,1	-0,9	-2,0	-4,2	-5,3	-3,4
-10,3	-6,0	-3,8	-4,9	-7,1	-8,2	-6,5
-6,9	-2,6	-0,4	-1,5	-3,7	-4,8	-2,4
-9,7	-6,4	-4,2	-5,3	-7,5	-8,6	-4,1
-8,8	-4,6	Mittelwerte				-5,3
SBE(16) gemessen	SBE(0) errechnet	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0) gemessen
-15,9	-10,2	-7,0	-8,6	-11,8	-13,4	-10,4
-7,4	-1,7	1,5	-0,1	-3,3	-4,9	-2,0
-14,4	-8,7	-5,5	-7,1	-10,3	-11,9	-1,3
-14,4	-8,7	-5,5	-7,1	-10,3	-11,9	-9,4
-11,9	-6,2	-3,0	-4,6	-7,8	-9,4	-9,2
-10,7	-5,0	-1,8	-3,4	-6,6	-8,2	-6,2
-6,2	-0,5	2,7	1,1	-2,1	-3,7	-1,9
-9,3	-3,6	-0,4	-2,0	-5,2	-6,8	-4,8
-10,1	-4,4	-1,2	-2,8	-6,0	-7,6	-6,0
-11,0	-5,3	-2,1	-3,7	-6,9	-8,5	-6,9
-11,7	-6,0	-2,8	-4,4	-7,6	-9,2	-4,3
-6,5	-0,8	2,4	0,8	-2,4	-4,0	-3,5
-10,4	-0,7	2,5	0,9	-2,3	-3,9	-6,3
-8,0	-2,3	0,9	-0,7	-3,9	-5,5	-3,4
-8,2	-2,5	0,7	-0,9	-4,1	-5,7	-3,9
-10,4	-4,4	Mittelwerte				-5,3
Arterielle SBE(4) gemessen	Proben SBE(0) errechnet	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0) gemessen
-5,6	-4,0	-2,6	-3,3	-4,7	-5,4	-3,7
-9,0	-7,4	-6,0	-6,7	-8,1	-8,8	-7,0
-4,9	-3,3	-1,9	-2,6	-4,0	-4,7	-4,7
-4,0	-2,4	-1,0	-1,7	-3,1	-3,8	-3,4
-6,1	-4,5	-3,1	-3,8	-5,2	-5,9	-6,0
-5,7	-5,1	-3,7	-4,4	-5,8	-6,5	-3,2
-5,3	-3,7	-2,3	-3,0	-4,4	-5,1	-2,1
-5,3	-3,7	-2,3	-3,0	-4,4	-5,1	-3,3
-10,2	-8,6	-7,2	-7,9	-9,3	-10,0	-9,1
-5,7	-4,1	-2,7	-3,4	-4,8	-5,5	-3,3
-6,2	-4,7	Mittelwerte				-4,6
SBE(8) gemessen	SBE(0) errechnet	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0) gemessen
-10,7	-7,7	-4,9	-6,3	-9,1	-10,5	-7,0
-8,4	-5,4	-2,6	-4,0	-6,8	-8,2	-3,9
-6,1	-3,1	-0,3	-1,7	-4,5	-5,9	-3,4
-7,3	-4,3	-1,5	-2,9	-5,7	-7,1	-4,7
-9,0	-6,0	-3,2	-4,6	-7,4	-8,8	-6,0
-7,2	-4,2	-1,4	-2,8	-5,6	-7,0	-3,3
-6,9	-3,9	-1,1	-2,5	-5,3	-6,7	-3,2
-6,9	-3,9	-1,1	-2,5	-5,3	-6,7	-2,9

-13,1	-10,1	-7,3	-8,7	-11,5	-13,9	-9,1
-8,1	-5,1	-2,3	-3,7	-6,5	-7,9	-3,3
-8,4	-5,4	Mittelwerte				-4,7
SBE(12)	SBE(0)	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-10,2	-5,9	-3,7	-4,8	-7,0	-8,1	-3,9
-5,5	-1,2	1,0	-0,1	-2,3	-3,4	-2,0
-8,4	-4,1	-1,9	-3,0	-5,2	-6,3	-4,3
-8,6	-4,3	-2,1	-3,2	-5,4	-6,5	-4,7
-7,5	-3,2	-1,0	-2,1	-4,3	-5,4	-3,4
-8,2	-3,9	-1,7	-2,8	-5,0	-6,1	-3,3
-7,6	-3,3	-1,1	-2,2	-4,4	-5,5	-2,9
-14,9	-10,6	-8,4	-9,5	-11,7	-12,8	-9,1
-8,5	-4,2	-2,0	-3,1	-5,3	-6,4	-3,3
-14,1	-9,8	-7,6	-8,7	-10,9	-12,0	-8,1
-9,4	-5,1	Mittelwerte				-4,5
SBE(16)	SBE(0)	SBE(x)-ΔSBE(x)+2S	SBE(x)-ΔSBE(x)+S	SBE(x)-ΔSBE(x)-S	SBE(x)-ΔSBE(x)-2S	SBE(0)
gemessen	errechnet					gemessen
-10,0	-4,3	-1,1	-2,7	-5,9	-7,5	-2,4
-14,6	-8,9	-5,6	-7,3	-10,5	-12,1	-7,0
-10,2	-4,5	-1,3	-2,9	-6,1	-7,7	-2,5
-9,4	-3,7	-0,5	-2,1	-5,3	-6,9	-2,0
-8,3	-2,6	0,6	-1,0	-4,2	-5,8	-4,3
-8,3	-2,6	0,6	-1,0	-4,2	-5,8	-3,4
-10,0	-4,3	-1,1	-2,7	-5,9	-7,5	-4,7
-7,8	-2,1	1,1	-0,5	-3,7	-5,3	-2,9
-16,3	-10,6	-7,4	-9,0	-12,2	-13,8	-9,1
-9,9	-4,2	-1,0	-2,6	-5,8	-7,4	-3,3
-10,5	-4,8	Mittelwerte				-4,2

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Klement
Vorname: Jochen
Geburtsdatum: 16.04.1974
Geburtsort: Aschaffenburg
Anschrift: Am Wingert 8, 63768 Hösbach
Telefon: 06021/55635
Familienstand: Ledig

Schulbildung:

1980-1984 Grundsule in Hösbach
1984-1993 Hanns-Seidel-Gymnasium Hösbach,
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

1993-1994 Zivildienst Caritas-Sozialstation St.Stephanus Hösbach,
Tätigkeitsbereich ambulante Kranken- und
Altenpflege

Hochschulbildung:

Nov.1994 – März 2000 Universität Würzburg:
Studiengang Humanmedizin
Sept. 1996 Vorklinische Prüfung
März/April 1997 Famulatur (Allgemeinchirurgie,
Klinikum Aschaffenburg)
Sept./Okt. 1997 Famulatur (Anästhesiologie,
Klinikum Aschaffenburg)
März 1998 Erster Abschnitt der ärztliche Prüfung
März/April 1998 Praxisfamulatur (Dr. Füzesi, FA für
Haut- und Geschlechtskrankheiten)
Okt. 1998 Famulatur (Gynäkologie und Geburtshilfe,
Klinikum Aschaffenburg)
April 2000 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
April 2000 – März 2001 Praktisches Jahr (Klinikum Aschaffenburg,
Wahlfach Neurologie)
03.05. 2001 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
Seit 01.07.2001 Arzt im Praktikum im Kreiskrankenhaus
Alzenau-Wasserlos, Abteilung für Chirurgie

Widmung

Die vorliegende Arbeit möchte ich den beiden Menschen widmen, die mir das Studium der Medizin ermöglicht haben, mich uneingeschränkt unterstützt haben und denen ich alles verdanke, was ich bislang erreicht habe:

Meinen Eltern **Hildegard und Willi Klement**.

Außerdem danke ich meiner Freundin **Petra Schramm** für ihre Geduld mit mir.

Dank gebührt ferner Herrn **Stefan Schramm** und der **Firma Schramm GmbH** für das informations-technologische Know-How.

Für die prompte Beantwortung technischer Fragen sei der Firma Radiometer® Copenhagen gedankt.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank Herrn **Dr. med. Erik Schlicht**, ehemaliger leitender Oberarzt aus der Frauenklinik des Klinikums Aschaffenburg, für seine Beratung und Unterstützung.