

Aus der Medizinischen Klinik und Poliklinik I  
der Universität Würzburg

Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Stefan Frantz

**Beurteilbarkeit ostialer Gefäßabschnitte in der diagnostischen  
Koronarangiographie**

—

**Ein Vergleich der Angiographie mit der Computertomographie**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Nina Captan

aus Stuttgart

Würzburg, Januar 2023

Referent:	Prof. Dr. med. Wolfram Voelker
Korreferent bzw. Korreferentin:	Univ.-Prof. Dr. med. Ralph Kickuth
Dekan:	Univ.-Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung:	04.07.2023
-----------------------------	------------

Die Promovendin ist Ärztin

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>2 Methoden</b> .....	<b>- 3 -</b>
2.1 <i>Ethikvotum</i> .....	- 3 -
2.2 <i>Übersicht</i> .....	- 3 -
2.3 <i>Einschlusskriterien</i> .....	- 3 -
2.4 <i>Ausschlusskriterien</i> .....	- 4 -
2.5 <i>Bestimmung der Line of Perpendicularity</i> .....	- 4 -
2.5.1 <i>Definition</i> .....	- 4 -
2.5.2 <i>Erstellung der Line of Perpendicularity</i> .....	- 5 -
2.5.3 <i>Durchschnittsabweichungswinkel</i> .....	- 11 -
2.6 <i>Visuelle Auswertung der Koronarangiogramme</i> .....	- 14 -
2.7 <i>Vergleich der Line of Perpendicularity mit der visuellen Auswertung</i> .....	- 15 -
2.8 <i>Lage der „unverkürzt“ eingestufteten Herzkatheterprojektionen auf der „Line of Perpendicularity“</i> .....	- 15 -
2.9 <i>Bestimmung der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30°</i> .....	- 15 -
2.10 <i>Vergleich der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30° mit Standard-Projektionen</i> .....	- 18 -
2.11 <i>Statistische Auswertung</i> .....	- 20 -
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>- 21 -</b>
3.1 <i>Line of Perpendicularity</i> .....	- 21 -
3.1.1    LCA.....	- 21 -
3.1.2    RCA.....	- 22 -
3.2 <i>Angiographische Beurteilung</i> .....	- 24 -
3.2.1    LCA.....	- 24 -
3.2.2    RCA.....	- 25 -

3.3	<i>Vergleich der Line of Perpendicularity mit der visuellen Auswertung</i> .....	- 26 -
3.3.1	LCA .....	- 26 -
3.3.2	RCA.....	- 26 -
3.4	<i>Lage der „unverkürzt“ eingestuften Herzkatheterprojektionen auf der „Line of Perpendicularity.</i> .....	- 27 -
3.4.1	LCA .....	- 27 -
3.4.2	RCA.....	- 28 -
3.5	<i>Darstellung der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30°</i> - 29 -	
3.5.1	LCA .....	- 29 -
3.5.2	RCA.....	- 38 -
3.6	<i>Vergleich der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30° mit Standard-Projektionen.</i> .....	- 46 -
3.6.1	LCA .....	- 46 -
3.6.2	RCA.....	- 49 -
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>- 52 -</b>
4.1	<i>Schlussfolgerungen</i> .....	- 58 -
4.2	<i>Zukunftsperspektiven</i> .....	- 59 -
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>- 60 -</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>- 62 -</b>

## **Appendix**

**I Abkürzungsverzeichnis**

**II Abbildungsverzeichnis**

**III Tabellenverzeichnis**

**IV Anhang**

**V Danksagung**

**IV Lebenslauf**

**VII Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme**

Meinen lieben Eltern

## 1 Einleitung

Kardiovaskuläre Erkrankungen zählen zu den häufigsten Todesursachen in Europa.<sup>1</sup> So beträgt die Langzeitprävalenz der koronaren Herzerkrankung in der Altersgruppe zwischen 40 und 79 Jahren 9,3% (Frauen 6,4 %; Männer 12,3 %).<sup>2</sup> Die KHK ist eine chronische und ohne entsprechende Therapie meist progredient verlaufende Erkrankung mit Manifestation der Arteriosklerose in epikardialen Herzkranzgefäßen. Die akkumulierenden Plaques in den Gefäßwänden können eine Wandversteifung und eine Lumenobstruktion verursachen, was zur myokardialen Ischämie und somit zur Unterversorgung der Herzmuskulatur mit einem hieraus resultierenden Untergang der Zellen führen kann.<sup>3,4</sup>

Bisher gilt die Koronarangiographie als Goldstandard für die Diagnose einer koronaren Herzkrankheit.<sup>5-7</sup>

Allerdings hat der Stellenwert der Computertomographie in der Diagnostik der koronaren Herzerkrankung dank technischer Fortschritte der Systeme in den letzten Jahren kontinuierlich zugenommen.<sup>8</sup> So wird in der aktuellen ESC 2019 Leitlinie zum chronischen Koronarsyndrom der CT-Koronarangiographie ein bedeutender Stellenwert in der Diagnostik der KHK eingeräumt.<sup>3</sup> In erster Linie ist der hohe negative Vorhersagewert bei diesem Bildgebungsverfahren von Vorteil. Dies bedeutet, dass mit dieser Methode mit einer hohen Sicherheit der Ausschluss einer anatomisch definierten koronaren Herzerkrankung erfolgen kann.<sup>9-11</sup>

Auch in der präprozeduralen Vorbereitung für einen TAVI - Eingriff (Transkatheter-Aortenklappenimplantation) ist die CT-Bildgebung mittlerweile der Goldstandard.<sup>12,13</sup> Die Mehrschichtcomputertomographie ermöglicht eine dreidimensionale Darstellung der Aortenwurzel und des Aortenannulus, was für die Wahl der richtigen Prothesengröße essentiell ist. Das CT erlaubt auch die Ermittlung geeigneter Projektionswinkel für die Klappenimplantation, was für den Erfolg der TAVI von essentieller Bedeutung ist.<sup>12-16</sup> CT-basiert kann die sogenannte Line of Perpendicularity (LoP) des Aortenannulus für jeden Patienten individuell berechnet werden.<sup>12,16-19</sup> Die LoP ergibt sich aus einer Vielzahl von LAO- (left anterior oblique) bzw. RAO- (right anterior oblique) Projektionen

mit den dazugehörigen kranialen oder kaudalen Angulationen, die alle eine orthogonale Projektion der Aortenannulus-Ebene ermöglichen.<sup>12,16,19</sup> Auf diese Weise kann während eines TAVI-Eingriffs der Aortenannulus optimal dargestellt werden. So wie die Aortenwurzel ist die räumliche Orientierung der Herzkranzgefäße interindividuell unterschiedlich. In Analogie zur LoP der Klappenebene sollte es mithilfe des CTs auch möglich sein, die LoP der Koronarsegmente zu berechnen, um so durch die Wahl optimaler Projektionen Verkürzungen der zu beurteilenden Koronarsegmente zu vermeiden und damit die Eingriffszeit, die Strahlenbelastung und den Kontrastmittelverbrauch zu verringern.

Orthogonale Ansichten jedes Koronarsegments sind notwendig, um den Stenosegrad und die Stenosenlänge richtig einzuschätzen, und vor allem exzentrische Stenosen beurteilen zu können. Eine verkürzte Ansicht kann zu einer Fehleinschätzung einer Läsion führen.<sup>5,6,20</sup> Die korrekte Quantifizierung ostialer Läsionen erweist sich angiographisch als besonders schwierig<sup>20,21</sup> und kann beispielweise zur Fehlpositionierung eines Stents führen, welches mit dem erhöhten Risiko einer Rezidivstenose vergesellschaftet ist.<sup>22-24</sup> Wie in der J-Cypher-Studie bereits beschrieben, ist eine PCI ostialer Läsionen der rechten Herzkranzarterie mit einer höheren Restenoserate vergesellschaftet.<sup>25</sup>

Ziel dieser Studie war es, CT-basiert die LoP der ostialen Koronarsegmente zu berechnen. Diese Informationen sollten die Frage beantworten, ob die Ostien der rechten und linken Koronararterie bei der diagnostischen Koronarangiographie unter Verwendung von Standardprojektionen angemessen dargestellt werden. Desweiteren sollten untersucht werden, ob die im Herzkatheter gewählte Projektionen mit vermeintlich gut dargestellten Ostialsegmenten tatsächlich auf der Line of Perpendicularity liegen.

## 2 Methoden

### 2.1 Ethikvotum

Das Aktenzeichen zum Ethikvotum ist 20221020 01. Alle Daten wurden pseudonymisiert. Den Patienten wurde eine Nummerierung von 001 bis 054 zugewiesen.

### 2.2 Übersicht

Es wurden insgesamt 54 Patienten in diese Studie eingeschlossen, bei denen sowohl eine Koronarangiographie als auch ein Kardio-CT erfolgt war. Die ostialen Abschnitte der LCA bzw. RCA wurden separat ausgewertet.

Die Kardio-CT Aufnahmen dienten zur Bestimmung der Line of Perpendicularity der ostialen Segmente der linken und rechten Herzkranzarterie.

Die Kardio-CT Untersuchung diente zur Prüfung, ob der ostiumnahe Abschnitt der Herzkranzarterie angiographisch adäquat dargestellt wurde.

Zusätzlich wurde noch untersucht, ob die als „unverkürzt“ eingestuften Herzkatheter-Projektionen tatsächlich auf der „Line of Perpendicularity“ lagen.

### 2.3 Einschlusskriterien

Es wurden die Patienten ausgewählt, die entweder vor oder nach einem diagnostischen Herzkatheter ein Kardio-CT bekommen haben. Der mittlere Abstand zwischen den beiden Untersuchungen betrug 17,7 Tage, der maximale Abstand 85 Tage. Es wurden nur Patienten eingeschlossen, die die Untersuchungen innerhalb des Zeitraums vom 01. Juli 2015 bis 31. Dezember 2017 bekommen haben. Das mittlere Alter der Patienten betrug 65,5 Jahre (Altersspanne: 44 – 86 Jahre). Es wurden 13 Frauen und 41 Männer eingeschlossen.



## 2.4 Ausschlusskriterien

Folgende Patienten wurden bei der LCA-Beurteilung aus der Wertung genommen:

- Bei Patient 034 erfolgte keine Darstellung der linken Herzkranzarterie in der Koronarangiographie, da diese einen Totalverschluss aufwies.
- Patient 054 hatte einen atypischen Verlauf der linken Kranzarterie.

Folgende Patienten wurden bei der RCA-Beurteilung aufgrund folgender Gründe aus der Wertung genommen:

- Bei Patient 003 erfolgte keine Darstellung der rechten Herzkranzarterie in der Koronarangiographie.
- Bei Patient 016 war die RCA beim Herz-CT nicht ausreichend kontrastiert, sodass eine LoP-Bildung nicht möglich war.
- Die Patienten 050, 051, 052, 053 hatten einen atypischen Verlauf

## 2.5 Bestimmung der Line of Perpendicularity

Zur Bestimmung der Line of Perpendicularity (LoP) wurden Herz-CT Aufnahmen herangezogen, die an einem Dual-Source-CT der 3. Generation (Siemens SOMATOM Force, Forchheim, Deutschland) erhoben wurden.

Die LoP-Bestimmung erfolgte mithilfe multiplanarer Reformation (MPR) der Herz-CT Aufnahmen, welche unter anderem eine Rekonstruktion der zweidimensionalen Schnitte im dreidimensionalen Raum ermöglicht.<sup>26</sup>

### 2.5.1 Definition

Die Line of Perpendicularity der ostialen Segmente der linken und rechten Herzkranzarterie wurde anhand der CT-Aufnahmen bestimmt und in einem

CAUD/CRAN-, RAO/LAO- Achsensystem dargestellt. Hierbei entsprach die X-Achse den RAO/LAO- und die Y-Achse den CAUD/CRAN-Angulationen. Die LoP repräsentiert alle Angulationen, welche in der orthogonalen Projektionsebene eine unverkürzte Darstellung des betreffenden Segments ermöglichen.<sup>12</sup>

#### 2.5.2 Erstellung der Line of Perpendicularity

Zur Erstellung der „LoP“ wurde der ostiale Gefäßabschnitt bis 3 mm Länge vom Koronarostium ausgewählt. Dieser ostiumnahe Abschnitt wurde so eingestellt, dass das Kreuz von zwei Referenzlinien in der Mitte des Gefäßes lag und somit die Centerline des gesuchten Abschnittes markierte. Nachdem diese Einstellung in den zwei MPR-Fenstern erfolgte, stellte sich im dritten MPR-Fenster nun ein transversaler, kreisrunder Abschnitt des Gefäßes dar (enface-Darstellung des Gefäßes). Der Schnittpunkt der Achsen lag genau in der Mitte des Lumens. In dieser dritten Projektion war eine Rotation des Achsenkreuzes möglich, sodass die entsprechenden Angulationen ermittelt werden konnten. Die Winkel von RAO 90° bis LAO 90° wurden in 10 Grad Schritten manuell eingestellt. Die korrespondierenden kaudalen und kranialen Angulationen konnten dabei direkt abgelesen werden.

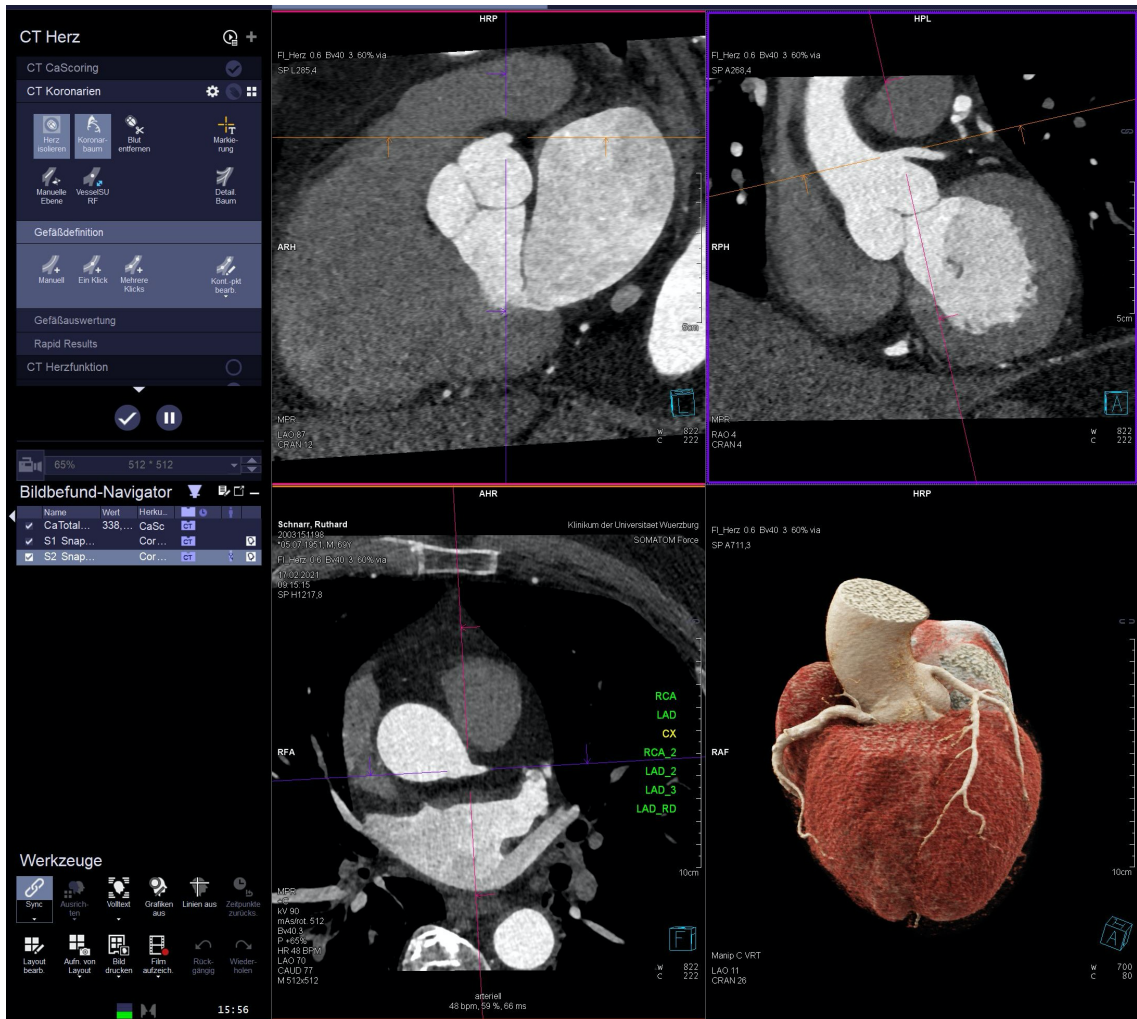


Abbildung 1: Einstellung des rechten ostialen Gefäßabschnittes mithilfe multiplanarer Reformation (MPR) der Herz-CT Aufnahmen.

Die ermittelten Projektionen ließen sich dann in ein kartesisches Koordinatensystem eintragen. Die dabei entstandene Kurve war die Line of Perpendicularity.

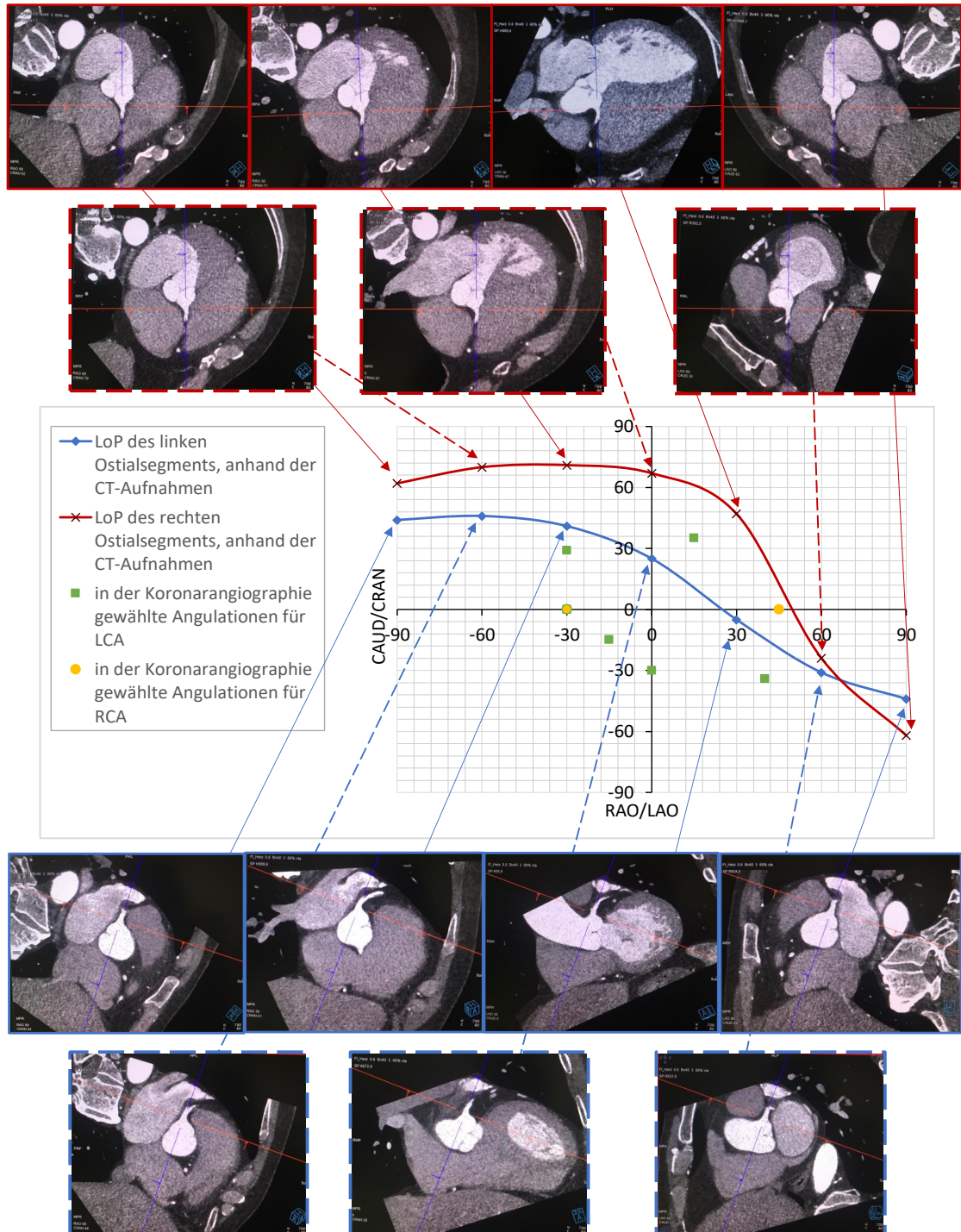


Abbildung 2: Im Koordinatensystem dargestellte LoPs der ostialen Segmente der RCA und LCA von RAO 90° bis LAO 90° mit entsprechenden CT-Schnitten.

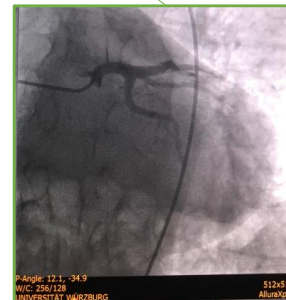
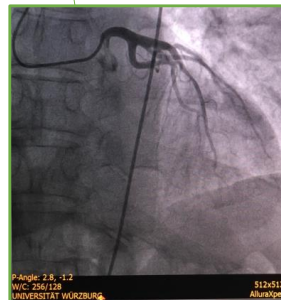
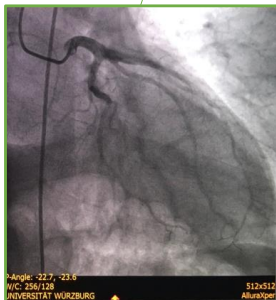
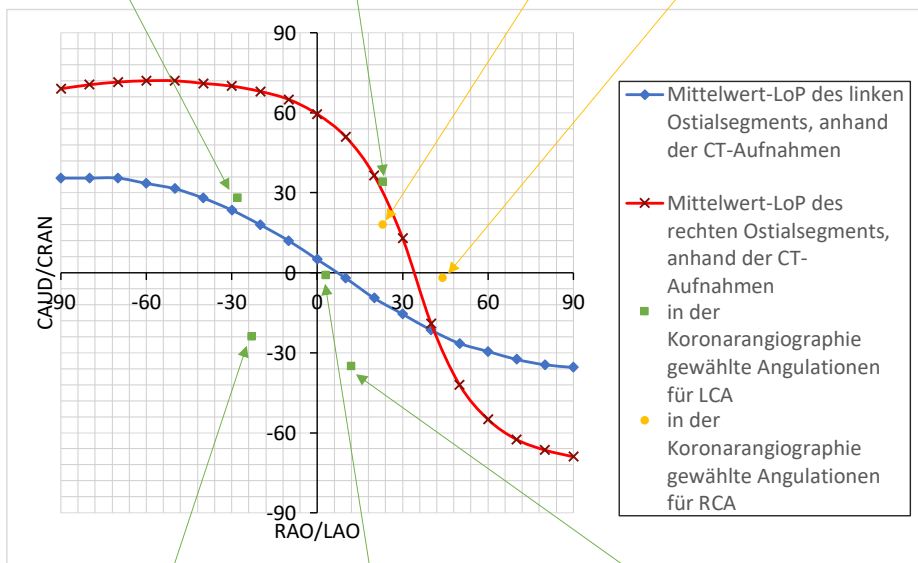
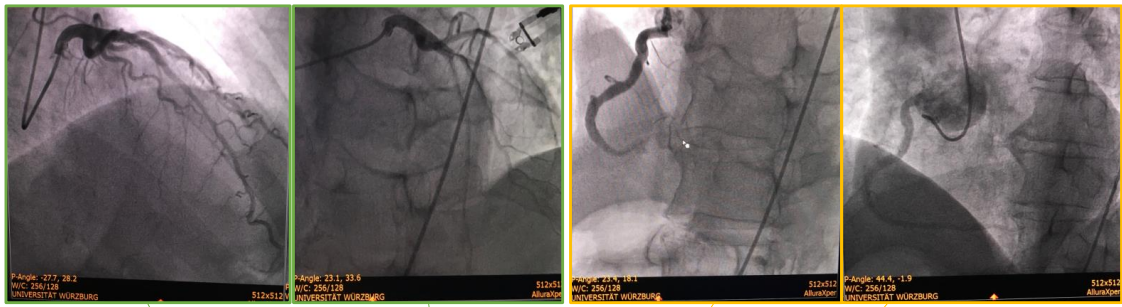


Abbildung 3: Patient 002, Darstellung der Herzkatheter-Projektionen im Koordinatensystem.

Um die Fehler zu minimieren, welche durch die Untersucherabhängigkeit (Interobserver-Variabilität) entstehen können, erfolgte die Bestimmung der Line of Perpendicularity durch zwei unabhängige Untersucher. Aus den Daten der beiden Lines of Perpendicularity wurde eine Mittelwert-LoP errechnet.

Beispiel für die Ermittlung der Mittelwert-LoP für Pat001 für das ostiale Segment der linken Herzkranzarterie unter Anwendung folgender Formel<sup>27</sup>:

$$\bar{x} = \frac{a_1 + a_2}{2}$$

Beispiel:

*Tabelle 1 zeigt von LAO 90° bis RAO 90° ermittelte korrespondierende Angulationen des linken ostialen Koronarabschnittes, sowie die errechnete Mittelwert-LoP.*

<i>cranial – positiv caudal – negativ</i>	Bestimmung der LoP für LCA		
	Untersucher1 ( $a_1$ )	Untersucher2 ( $a_2$ )	Mittelwert-LoP ( $\bar{x}$ )
LAO 90°	-32°	-44°	-38°
LAO 80°	-30°	-41°	-35,5°
LAO 70°	-28°	-36°	-32°
LAO 60°	-25°	-31°	-28°
LAO 50°	-21°	-24°	-22,5°
LAO 40°	-16°	-15°	-15,5°
LAO 30°	-10°	-5°	-7,5°
LAO 20°	-3°	6°	1,5°
LAO 10°	3°	16°	9,5°
0°	9°	25°	17°
RAO 10°	15°	32°	23,5°
RAO 20°	21°	37°	29°
RAO 30°	25°	41°	33°
RAO 40°	28°	44°	36°
RAO 50°	31°	46°	38,5°
RAO 60°	32°	46°	39°
RAO 70°	33°	46°	39,5°
RAO 80°	33°	46°	39,5°
RAO 90°	32°	44°	38°

Beispiel für die Mittelwert-LoP-Bildung bei Patient 001 für den linken und rechten ostialen Koronarabschnitt:

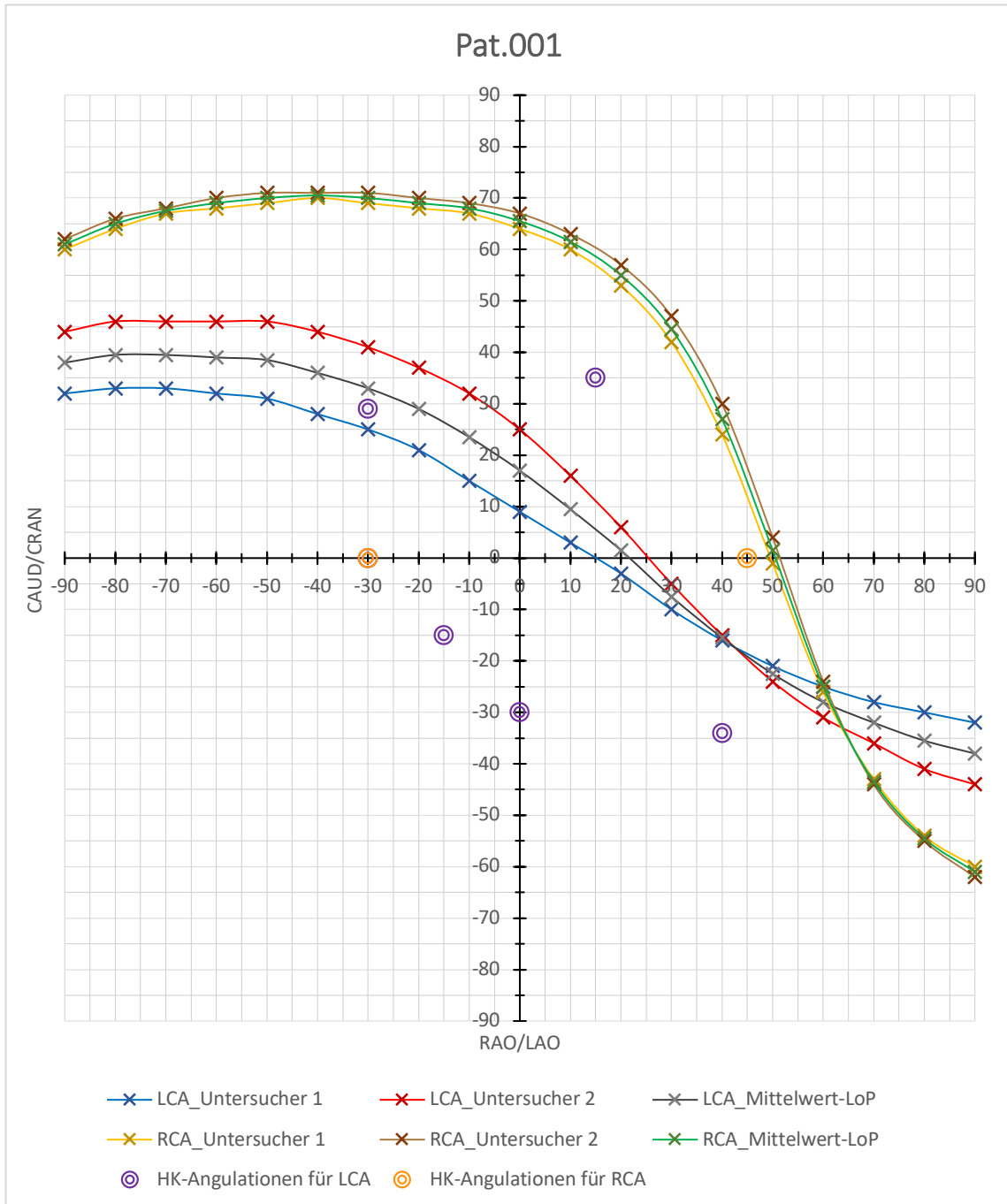


Abbildung 4: Die LoPs des rechten und linken ostialen Segments bestimmt von Untersucher 1 (blaue Kurve für LCA, gelbe Kurve für RCA) und Untersucher 2 (rote Kurve für LCA, braune Kurve für RCA) sowie die berechneten Mittelwert-LoPs (graue Kurve für LCA, grüne Kurve für RCA). Die während der Koronarangiographie gewählten Herzkatheter-Angulationen (violett für LCA, orange für RCA) sind im gleichen Koordinatensystem eingezeichnet

## 2.5.3 Durchschnittsabweichungswinkel

### 2.5.3.1 Definition

Der Durchschnittsabweichungswinkel ist derjenige Winkel, welcher den Mittelwert aller Abweichungsabstände der einzelnen Herzkatheterprojektionen von der ermittelten Mittelwert - Line of Perpendicularity anzeigt. Die angiographische Beurteilung wurde als adäquat definiert, wenn die gewählten Projektionen auf der LoP mit einer Divergenz von  $\pm 10^\circ$  sich befanden und somit der Abweichungsabstand von  $10^\circ$  nicht überschritten wurde.

### 2.5.3.2 Berechnung

Die Bestimmung der Durchschnittsabweichungswinkels erfolgte mithilfe von Abweichungsabständen und in der analytischen Geometrie verwendeten Vektorenrechnungen. Dafür wurde ein rechtshändiges kartesisches Koordinatensystem mit drei Achsen (x-, y- und z-Achsen) im Raum benutzt. Zuerst wurde eine Gerade zwischen zwei einzelnen Punkten der Mittelwert – Line of Perpendicularity bestimmt. Durch diese Gerade lässt sich der Abstand zu einem Punkt im dreidimensionalen Raum, in diesem Fall der Herzkatheterprojektion, mit Hilfe des Vektorproduktes (Kreuzproduktes) berechnen. Im dreidimensionalen euklidischen Raum  $\mathbb{R}^3$  gilt folgendes für das Vektorprodukt<sup>28,29</sup>:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$$

Für die Bestimmung der Geraden zwischen zwei Punkten wurde folgende Gleichung angewendet<sup>28,29</sup>:

$$g: \vec{x} = \vec{P}_1 + t(\vec{P}_2 - \vec{P}_1)$$



Der Abstand zwischen einem Punkt und einer Geraden wurde durch folgende Formel berechnet<sup>28,29</sup>:

$$d = \frac{|(\vec{Q} - \vec{P}_1) \times \vec{P}_2 - \vec{P}_1|}{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|}$$

Da die einzelnen Koordinaten der Line of Perpendicularity und der in der Koronarangiographie ausgewählten Angulationen für den zweidimensionalen Raum ausgeschrieben sind, wurde die Berechnung des Abstands zwischen dem Punkt und der Geraden dreidimensional möglich, indem man für den z-Achsenwert z=0 annahm.

Der Durchschnittsabweichungswinkel wurde durch den arithmetischen Mittelwert mit folgender Formel<sup>27</sup> ermittelt:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

### Beispielrechnung für Pat001

Berechnungen für die linke Herzkranzarterie

### Gerade durch zwei Punkte:

$$P_1 \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix}, P_2 \begin{pmatrix} -20 \\ 29 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{x} = \vec{P}_1 + t(\vec{P}_2 - \vec{P}_1) : \vec{x} = \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix} + t \left( \begin{pmatrix} -20 \\ 29 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix} \right) \quad \vec{x} = \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 10 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix}$$

### Beispielrechnung für Pat001

Berechnungen für die linke Herzkranzarterie

#### Abstand Punkt – Gerade:

$$Q = \begin{pmatrix} -30 \\ 29 \\ 0 \end{pmatrix}, \vec{x} = \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 10 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{pmatrix}$$

$$d = \frac{|(\vec{Q} - \vec{P}_1) \times \vec{P}_2 - \vec{P}_1|}{|\vec{P}_2 - \vec{P}_1|} : d = \frac{\left| \left( \begin{pmatrix} -30 \\ 29 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} -30 \\ 33 \\ 0 \end{pmatrix} \right) \times \begin{pmatrix} 10 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix} \right|}{\sqrt{10^2 + (-4)^2 + 0^2}}$$

$$d = \frac{\left| \begin{pmatrix} 0 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 10 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix} \right|}{\sqrt{10^2 + (-4)^2 + 0^2}} = \frac{\begin{vmatrix} (-4) \cdot 0 - 0 \cdot (-4) \\ 0 \cdot 10 - 0 \cdot 0 \\ 0 \cdot (-4) - (-4) \cdot 10 \end{vmatrix}}{\sqrt{10^2 + (-4)^2 + 0^2}} = \frac{\left| \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 40 \end{pmatrix} \right|}{\sqrt{116}} = \frac{\sqrt{40^2}}{\sqrt{116}} = \frac{40}{\sqrt{116}}$$

$$d = 3,71^\circ$$

## 2.6 Visuelle Auswertung der Koronarangiogramme

Die Auswertung der Herzkatheterfilme erfolgte durch interventionell erfahrene Kardiologen, die die ostiumnahen Abschnitte der Herzkranzgefäße visuell beurteilten. Die Beurteilung der Daten verlief verblindet, das heißt Name des Patienten und CT-Ergebnisse waren den Untersuchern nicht bekannt.

Bei den Untersuchern mussten folgende Kriterien erfüllt sein:

- Selbstständiges Durchführen von mindestens 5000 diagnostischen Koronarangiographien.
- Selbstständiges Durchführen von mindestens 1500 perkutanen koronaren Interventionen (PCI).

Die Auswertung der Herzkatheterfilme erfolgte unter Zuhilfenahme des DICOM Betrachtungsprogramms „Horos“ (Horos Project, Norwich, UK). Dieses Programm ermöglichte auch eine Anonymisierung der Patientendaten. Es wurden vier folgende Kategorien für die Einschätzung der ostialen Gefäßsegmente ausgewählt:

- 1 = unverkürzt
- 2 = leicht verkürzt, aber beurteilbar
- 3 = verkürzt
- 4 = nicht beurteilbar

Zur Reduktion der möglichen Fehler durch die Interobserver-Variabilität erfolgte die Beurteilung der Herzkatheteraufnahmen durch zwei Untersucher ohne Kenntnisse der Vorbefunde. Anschließend wurde aus den beiden Ergebnissen ein Mittelwert ermittelt.

## 2.7 Vergleich der Line of Perpendicularity mit der visuellen Auswertung

Beide Methoden beschreiben eine bestmögliche Darstellung des ostiumnahen Segments. Dabei gilt die „unverkürzte“ Einstufung der während einer diagnostischen Koronarangiographie gewählten Projektionen als die beste Ostiumdarstellung im Rahmen der visuellen Auswertung. Wogegen die Herzkatheterprojektionen, welche auf der „Line of Perpendicularity“ liegen, als die beste ostiale Darstellung zu werten sind. Der Vergleich beider Methoden sollte zeigen, wie gut eine adäquate Darstellung der ostialen Gefäßabschnitte der rechten und linken Herzkranzarterie zutrifft.

## 2.8 Lage der „unverkürzt“ eingestuften Herzkatheterprojektionen auf der „Line of Perpendicularity“

Es erfolgte ein direkter Vergleich, welcher zeigen sollte, ob die als „unverkürzt“ eingestuften Herzkatheterprojektionen auch auf der Line of Perpendicularity liegen. Dieser Vergleich ermöglichte eine Beurteilung, in welchem Maße eine Fehlausrichtung der Projektion im Hinblick auf die Darstellung des ostialen Segments von den interventionell erfahrenen Kardiologen während der Koronarangiographie nicht erkannt worden war.

## 2.9 Bestimmung der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30°

Für Darstellung der LoPs der linken und rechten ostialen Abschnitte wurde ein kartesisches Koordinatensystem verwendet, das ein direktes Ablesen der Angulationen ermöglichte. Dafür wurden auf der X-Achse die RAO/LAO- und auf der y-Achse CAUD/CRAN-Koordinaten aufgetragen. Anschließend wurden die korrespondierenden Werte von caudal 30° in 10 Grad Abständen bis einschließlich cranial 30° bestimmt. Die ermittelten LAO/RAO - Daten wurden für eine bessere Darstellung in 10 Grad Abschnitte

zusammengefasst (Bsp.: RAO90° - 80°, RAO 80° - 70°, usw.) Für alle zugehörigen kaudalen bzw. kranialen Angulationen der jeweiligen Gruppen wurde der Mittelwert bestimmt.

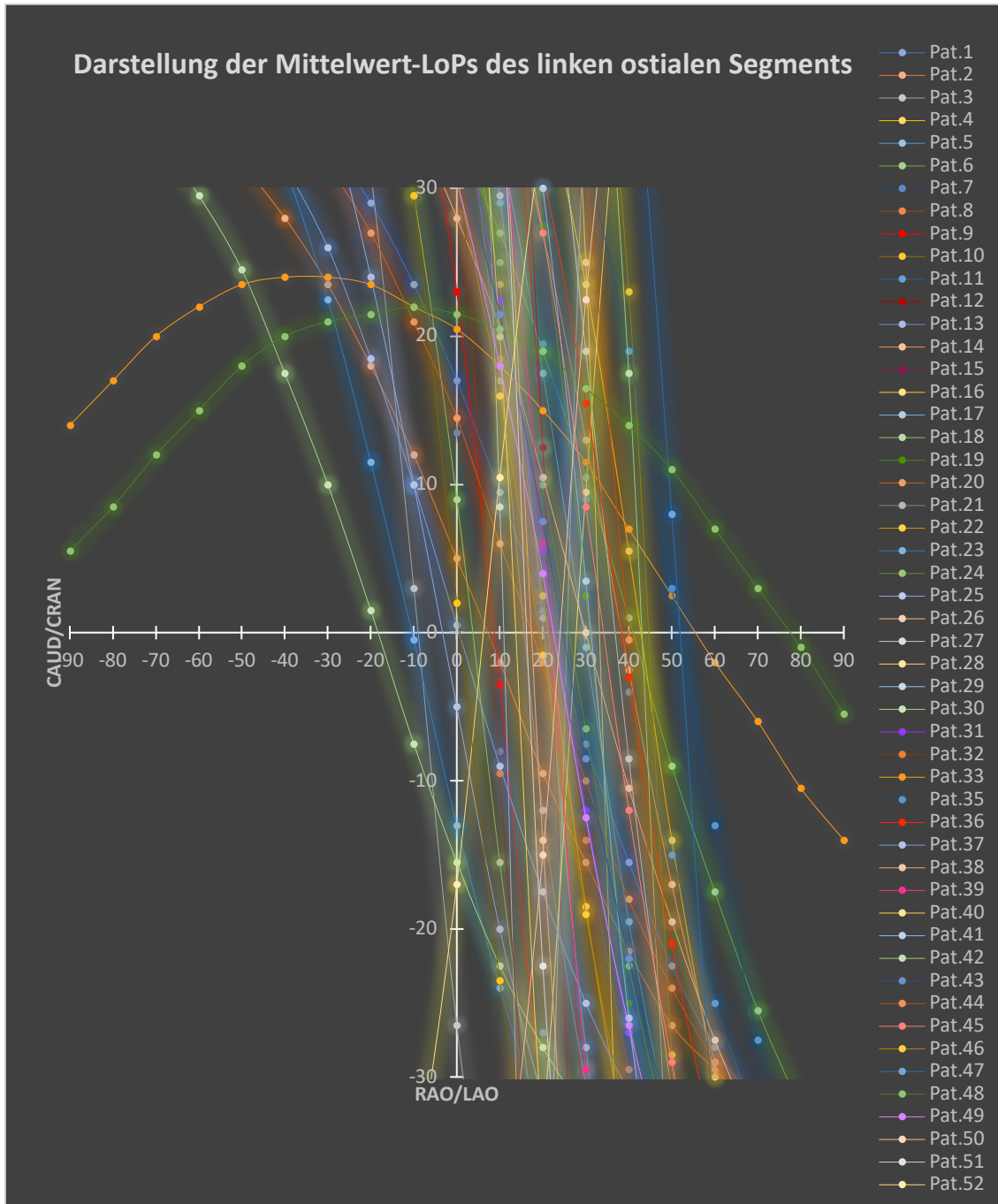


Abbildung 5: Darstellung der Mittelwert - LoPs des linken ostialen Segments im kartesischen Koordinatensystem.

Es konnten nicht immer korrespondierende Angulationen abgelesen werden, da diese außerhalb des definierten Bereichs lagen oder die LoP nicht innerhalb des definierten Bereichs verlief. Der definierte Bereich lag bei CRAN/CAUD 30° und RAO/LAO 90°.

Bei folgenden Fällen konnten keine korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Segments abgelesen werden:

- Patient 033 bei CAUD 20°, CAUD 30°, CRAN 30°
- Patient 048 bei CAUD 10° - 30° und CRAN 30°

Bei folgenden Fällen konnten keine korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Segments abgelesen werden:

- Patient 006 bei CAUD 20°, CAUD 30°
- Patient 012 bei CRAN 20°, CRAN 30°
- Patient 028 bei CAUD 20°, CAUD 30°
- Patient 033 bei CRAN 30°
- Patient 035 bei CAUD 30°
- Patient 036 bei CAUD 20°, CAUD 30°
- Patient 042 bei CRAN 10° - 30°

Bei folgenden Fällen konnten aufgrund des LoP-Verlaufs mehrere korrespondierende Angulationen des linken ostialen Segments ermittelt werden:

- Patient 033 bei CRAN 20°
- Patient 048 bei CRAN 20°, CRAN 30°

Bei folgenden Fällen konnten aufgrund des LoP-Verlaufs mehrere korrespondierende Angulationen des rechten ostialen Segments ermittelt werden:

- Bei Patient 006 bei CRAN 20°, CRAN 30°
- Bei Patient 028 bei CRAN 20°, CRAN 30°

2.10 Vergleich der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30° mit Standard-Projektionen

In der Literatur finden sich keine Vorgaben, sondern nur Empfehlungen für Standardprojektionen zur angiographischen Darstellung der rechten und linken Kranzarterie.<sup>5,6,20,30-34</sup> Folgende Projektionen werden für eine optimale Darstellung des Ostiums und des Hauptstammes der linken Koronararterie angegeben:

*Tabelle 2 zeigt in der Literatur empfohlene Projektionen für das linke Ostium und den Hauptstamm*

Empfohlene angiographische Projektionen für das linke Ostium bzw. den linken Hauptstamm	Quelle
RAO 5-15°, CRAN 0° LAO 50-60°, CRAN 20° LAO 40-50°, CAUD 20°	Herzkatheterbuch; Krakau/Lapp
RAO30°, CRAN 0° LAO 40-50°, CRAN 20° LAO 40°, CAUD 20°	Leitlinien: Diagnostische HK-Untersuchung (Leitfaden HK Bonzel/Hamm)
AP AP, CAUD 10-30° LAO 40-60°, CAUD 10-20° LAO 30-45°, CRAN 20-30°	Herzkatheter Einsatz in Diagnostik und Therapie; Hess/Simon
RAO 5-10°, CRAN 35-45° AP, CRAN 35-45° LAO 30-45°, CRAN 25-35°	Coronary angiography in the angioplasty era: projections with a meaning; Carlo Di Mario, et.al.
PA LAO 40-60°, CAUD 10-30°	The Interventional Cardiology Training Manual, Aung Myat, et al.
AP CAUD 10-20°	Cardiology Secrets E-Book Glenn N. Levine
RAO 20°, CAUD 20° LAO45°, CUAD 30° AP, CAUD 30° LAO20°, CRAN 0-15° LAO 45-60°, CRAN 20-30° LAO 30-60°, CRAN 0°	Pocket Guide to Diagnostic Cardiac Catheterization; Andro G. Kacharava MD, et al.

Für eine bessere Übersicht und einen Vergleich lassen sich die Standardprojektionen<sup>5,6,20,30-34</sup> in folgenden Gruppen zusammenfassen:

- LAO 40° - 60°, CAUD 10°- 30°
- 0°, CAUD 10°- 30°
- LAO 30° - 60°, CRAN 20°- 30°
- Alternativ: AP; RAO 5° - 15°; RAO 30°; LAO 30° - 60°

Hier eine tabellarische Übersicht der Projektionen, die in der Literatur für das Ostium der rechten Herzkranzarterie empfohlen werden.

*Tabelle 3 zeigt in der Literatur empfohlene Projektionen für das rechte Ostium und die proximale RCA*

Empfohlene angiographische Projektionen für das rechte Ostium bzw. proximale RCA	Quelle
LAO 60°	Herzkatheter Einsatz in Diagnostik und Therapie; Hess/Simon
LAO 40° LAO 60°	Herzkatheterbuch; Krakau/Lapp
LAO 40-60°	Leitlinien Diagnostische HK-Untersuchung
LAO 30-45°, CRAN 25-35° LAO45-60°	Coronary angiography in the angioplasty era: projections with a meaning; Carlo Di Mario, et al.
LAO 30°	The Interventional Cardiology Training Manual; Aung Myat, et al.
LAO 30°	Cardiology Secrets E-Book von Glenn N. Levine
LAO 45° LAO 45°, CUAD 30° LAO 30-60°	Pocket Guide to Diagnostic Cardiac Catheterization; Andro G. Kacharava MD, et al.

Hier erneut, zwecks Übersichtlichkeit, eine Zusammenfassung der empfohlenen Ostiumprojektionen<sup>5,6,20,30-34</sup> in Gruppen : LAO30°- 60°, 0° und LAO 45°, CAUD 30°.



## 2.11 Statistische Auswertung

Alle Tabellen, Graphiken und Diagramme, sowie Mittelwerte der Parameter wurden mit Microsoft Excel berechnet und erstellt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Line of Perpendicularity

##### 3.1.1 LCA

Bei der angiographischen Darstellung der linken Herzkranzarterie lagen Projektionen bei 42 von 52 Patienten (81%) auf der Line of Perpendicularity.

Der Durchschnittsabweichungswinkel aller auf der Line of Perpendicularity liegenden Herzkatheterprojektionen betrug 5,1°.

Folgende Ergebnisse konnten in Bezug auf die Treffgenauigkeit der Line of Perpendicularity erzielt werden:

- In 27 von 52 Fällen lag nur eine Projektion auf der Line of Perpendicularity (52%)
- In 15 von 52 Fällen lagen  $\geq 2$  Projektionen auf der Line of Perpendicularity (29%)
- In 10 von 52 Fällen lagen alle gewählten Projektionen außerhalb der Line of Perpendicularity (19%)

*Tabelle 4 zeigt die Abweichungsabstände aller Herzkatheterprojektionen der LCA auf „LoP“ liegend (+/-10°)*

<b>Abweichungsabstände der einzelnen HK-Projektionen von der „LoP“ bei LCA</b>			
<b>Patienten-Nr.</b>	<b>Abstand in °</b>	<b>Patienten-Nr.</b>	<b>Abstand in °</b>
001	3,71	025	9,15
002	3,2	026	3,93
	4,92		8,1
003	5,24	027	8,54
	3,77	028	3,47
	0,67	029	8,11
004	2,5	031	0,28
006	1,72	032	3,23
	8,49	033	3
009	3,72	035	8,16
011	9,19	036	8,55
012	0,08	039	4,06
013	3,85	040	9,14

014	9,53	041	0,25
015	8,26		3,6
016	4,46		3,72
	2,6		7,69
017	6,05	042	4,3
	0,9	043	0,82
019	9,86	044	2,79
	2,97		9,46
020	1,19	045	7,79
021	0,61		7,92
	9,35	046	8,21
022	0,25	048	7,36
023	3,57	049	8,5
	9,96	050	5,28
024	9,71		7,99
	3,59	051	4,37
025	3,51	052	4,43
	2,95		

### 3.1.2 RCA

Bei der rechten Herzkranzarterie lagen die gewählten Projektionen bei 21 von 48 Patienten auf der Line of Perpendicularity (44%).

Der Durchschnittsabweichungswinkel aller auf der Line of Perpendicularity liegender Herzkatheterprojektionen betrug 3,95°.

Folgende Ergebnisse konnten in Bezug auf die Treffgenauigkeit der Line of Perpendicularity erzielt werden:

- In 15 von 48 Fällen lag nur eine Projektion auf der Line of Perpendicularity (31%)
- In 6 von 48 Fällen lagen  $\geq 2$  Projektionen auf der Line of Perpendicularity (13%)
- In 27 von 48 Fällen lagen alle gewählten Projektionen außerhalb der Line of Perpendicularity (56%)

Tabelle 5 zeigt die Abweichungsabstände aller Herzkatheterprojektionen der RCA auf LoP liegend ( $\pm 10^\circ$ )

<b>Abweichungsabstände der einzelnen HK-Projektionen von der „LoP“ bei RCA</b>			
<b>Patienten-Nr.</b>	<b>Abstand in °</b>	<b>Patienten-Nr.</b>	<b>Abstand in °</b>
001	5,18	027	2,64
002	4,48	030	1,5
	8,89		0,67
004	1,52	038	3,49
005	6,78		0,84
	2,36	039	1,54
007	6,98	041	1,19
010	6,38	044	0,43
	4,09	045	7,89
013	5,8	046	3,32
014	7,48	047	6,99
018	0,47		8,34
020	3	054	1,74
023	2,72		

## 3.2 Angiographische Beurteilung

### 3.2.1 LCA

Bei insgesamt 52 Patienten erfolgte eine visuelle Beurteilung der Darstellungsqualität der ostialen Segmente der linken Herzkranzarterie durch zwei interventionell erfahrene Kardiologen.

*Tabelle 6 zeigt die Beurteilung der gewählten angiographischen Projektionen im Hinblick auf die Verkürzung des LCA Ostiums durch zwei interventionelle Kardiologen*

	Kardiologe 1	Kardiologe 2	Mittelwert
als „unverkürzt“ gewertetes Ostium	25	50	37,5
als „leicht verkürzt“ gewertetes Ostium	27	2	14,5
als „verkürzt“ gewertetes Ostium	0	0	0
als „nicht beurteilbar“ gewertetes Ostium	0	0	0

Folgende der Ergebnisse konnten ermittelt werden:

- In 37,5 von 52 Fällen (72%) wurde der linke ostiale Gefäßabschnitt als „unverkürzt“ eingestuft
- In 14,5 von 52 Fällen (28%) wurde der linke ostiale Gefäßabschnitt als „leicht verkürzt“ eingestuft
- In keinem der Fälle wurde der linke ostiale Gefäßabschnitt als „verkürzt“ bzw. „nicht beurteilbar“ eingestuft

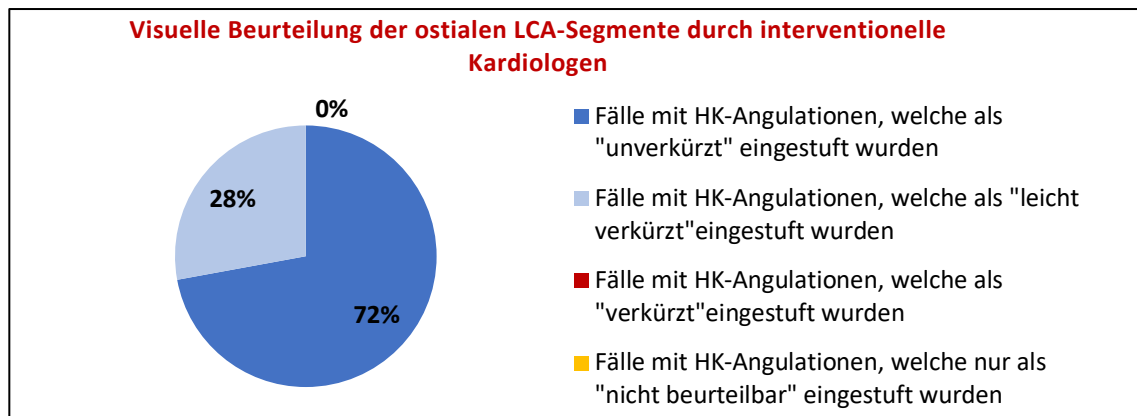


Abbildung 6: Visuelle Beurteilung der ostialen Segmente der LCA

### 3.2.2 RCA

Bei insgesamt 48 Patienten erfolgte eine visuelle Beurteilung der Ostien der rechten Herzkranzarterie durch zwei interventionell erfahrene Kardiologen.

*Tabelle 7 zeigt die Beurteilung der gewählten angiographischen Projektionen im Hinblick auf die Verkürzung des RCA Ostiums durch zwei interventionelle Kardiologen*

	Kardiologe 1	Kardiologe 2	Mittelwert
als „unverkürzt“ gewertetes Ostium	3	34	18,5
als „leicht verkürzt“ gewertetes Ostium	41	14	27,5
als „verkürzt“ gewertetes Ostium	3	0	2
als „nicht beurteilbar“ gewertetes Ostium	1	0	0,5

Folgende Ergebnisse konnten ermittelt werden:

- In 18,5 von 48 Fällen (39%) wurde das rechte ostiale Segment als „unverkürzt“ eingestuft.
- In 27,5 von 48 Fällen (58%) wurde das rechte ostiale Segment als „leicht verkürzt“ eingestuft
- In 1,5 von 48 Fällen (2%) wurde das rechte ostiale Segment als „verkürzt“ eingestuft
- In 0,5 von 48 Fällen (1%) wurde das rechte ostiale Segment als „nicht beurteilbar“ eingestuft

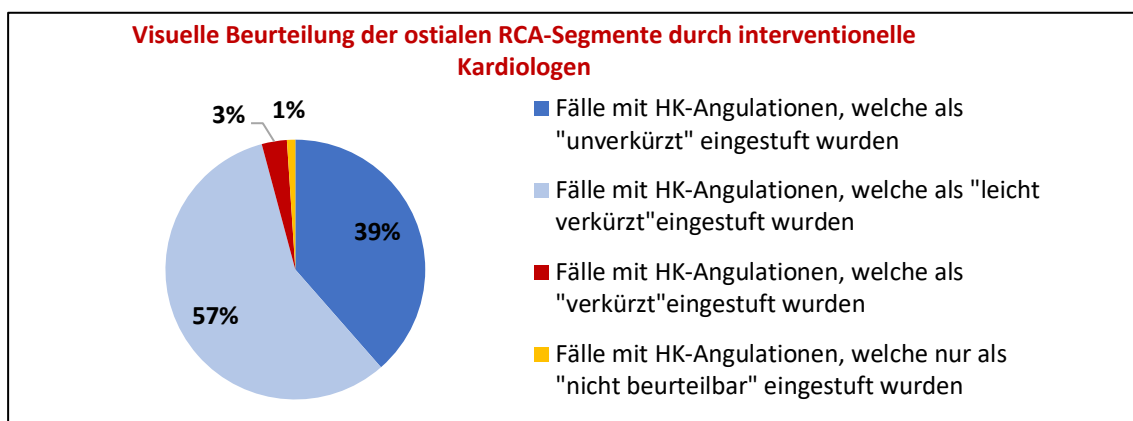


Abbildung 7: Visuelle Beurteilung der ostialen RCA-Segmente

### 3.3 Vergleich der Line of Perpendicularity mit der visuellen Auswertung

#### 3.3.1 LCA

In 37,5 der 52 Fälle wurden die Herzkatheterprojektionen visuell als „unverkürzt“ eingestuft, unabhängig davon, ob diese auf der Line of Perpendicularity lagen, was bei 72% der Fall war. Bei der Herz-CT basierten Methode lagen in 42 Fällen die Projektionen auf der Line of Perpendicularity ( $\pm 10^\circ$  Divergenz), was 81% der Fälle bedeutete. Somit erhielt man einen Unterschied von 9% zwischen beiden Auswertungen.

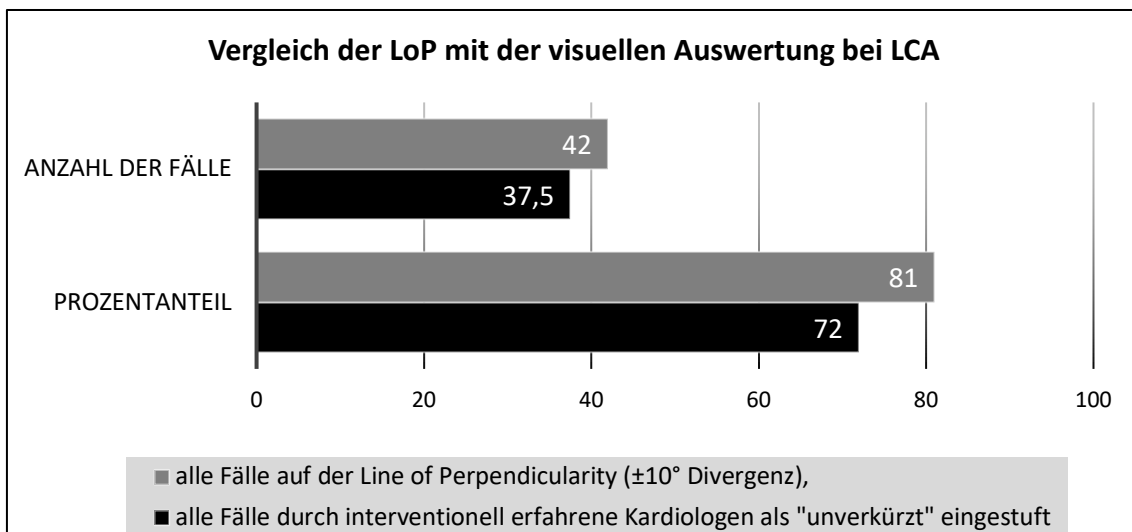


Abbildung 8: Vergleich zwischen den beiden Methoden bei der linken Herzkranzarterie

#### 3.3.2 RCA

In 18,5 von 48 Fällen (39%) wurden die Herzkatheterprojektionen visuell als „unverkürzt“ eingestuft unabhängig davon, ob diese auf der Line of Perpendicularity lagen. Lediglich in 21 Fällen (44%) lagen die Angulationen auf der Line of Perpendicularity ( $\pm 10^\circ$  Divergenz). Somit betrug der Unterschied 5% zwischen den beiden Methoden.

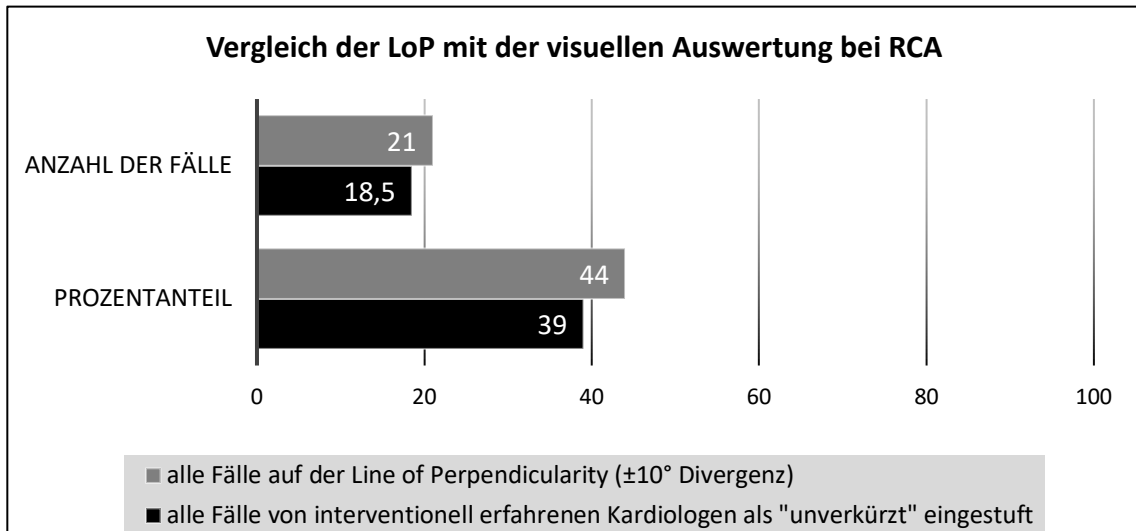


Abbildung 9: Vergleich der beiden Methoden bei der rechten Herzkranzarterie

### 3.4 Lage der „unverkürzt“ eingestuften Herzkatheterprojektionen auf der „Line of Perpendicularity.

Nicht alle Herzkatheterprojektionen, welche von den interventionell erfahrenen Kardiologen als „unverkürzt“ eingestuft wurden, lagen auch auf der Line of Perpendicularity.

#### 3.4.1 LCA

Tabelle 8 zeigt die Anzahl der ausgewerteten Fälle bzw. Patienten durch interventionell erfahrene Kardiologen

	Kardiologe1	Kardiologe2	Mittelwert
als „unverkürzt“ gewertetes Ostialsegment, welches auf LoP ( $\pm 10^\circ$ Divergenz) lag	14 von 42 Fällen	31 von 42 Fällen	22,5

Bei 42 Fällen lag die für die Darstellung des linken Ostialsegments verwendete Projektion auf der Line of Perpendicularity. In 22,5 der 42 Fälle wurden die ostialen Abschnitte von den interventionellen Kardiologen als „unverkürzt“ eingestuft und somit



als die „beste“ Ostiumdarstellung gewertet. Dies bedeutet, dass nur 54% der auf der LoP liegenden Projektionen von den Kardiologen als „optimal“ erkannt wurden.

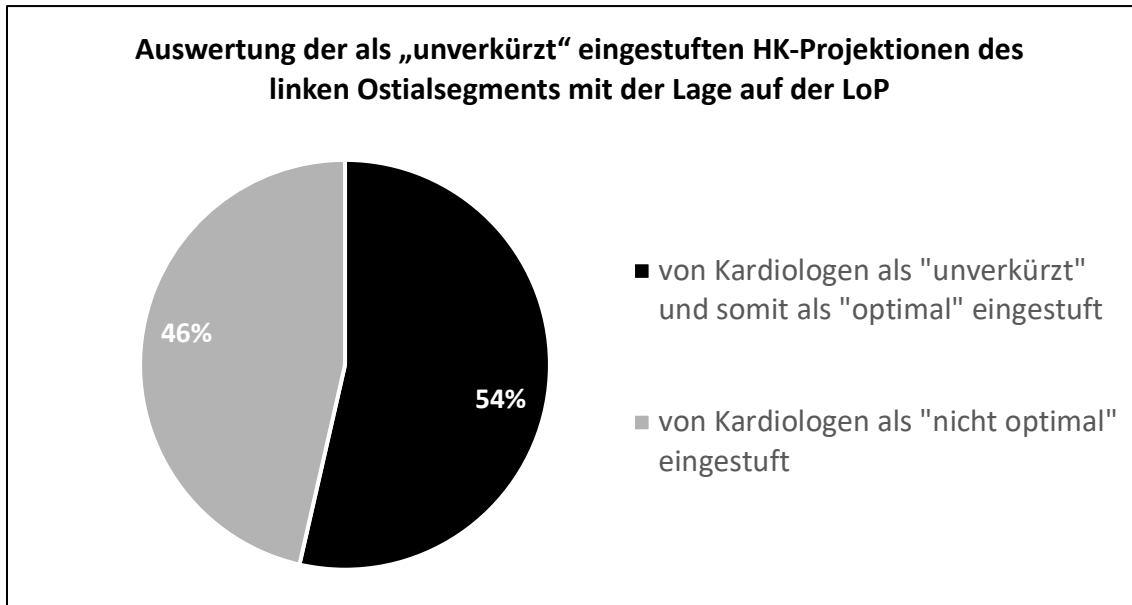


Abbildung 10: Auswertung der als „unverkürzt“ eingestuften HK-Projektionen im Vergleich mit der LoP des linken Ostialsegments

### 3.4.2 RCA

Tabelle 9 zeigt die Anzahl der ausgewerteten Fälle bzw. Patienten durch interventionell erfahrene Kardiologen

	Kardiologe1	Kardiologe2	Mittelwert
als „unverkürzt“ gewertetes Ostialsegment, welches auf der LoP ( $\pm 10^\circ$ Divergenz) lag	1 von 21 Fällen	18 von 21 Fällen	9,5

Es wurden 21 Fälle, dessen angiographische Aufnahmen des rechten Ostialsegments auf der Line of Perpendicularity lagen, für den direkten Vergleich ausgewählt. In 9,5 Fällen wurden die Ostien von den interventionellen Kardiologen als „unverkürzt“ eingestuft und

somit als die „beste“ Ostiumdarstellung gewertet. Dies bedeutet, dass nur 45% der auf der LoP liegenden Projektionen von den Kardiologen als „optimal“ erkannt wurden.

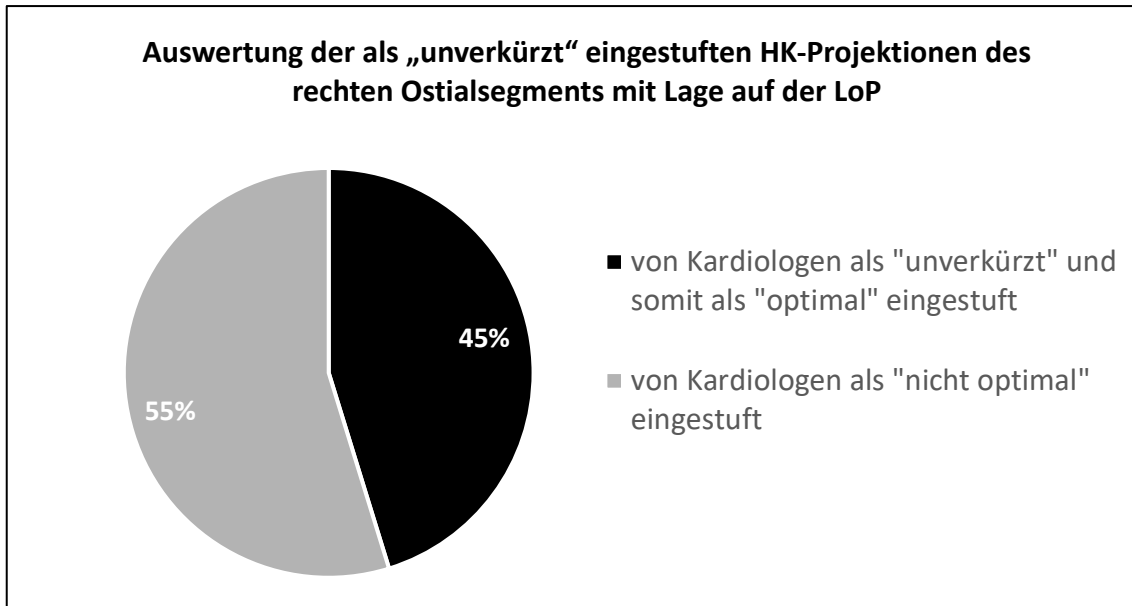


Abbildung 11: Auswertung der als „unverkürzt“ eingestuften HK-Projektionen im Vergleich mit der LoP des rechten Ostialsegments

### 3.5 Darstellung der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30°

#### 3.5.1 LCA

Tabelle 10 zeigt die Anzahl der Fälle von caudal 30° bis cranial 30° in Abhängigkeit von RAO bzw. LAO

	Anzahl der Fälle bei:						
RAO/LAO in °	CAUD30°	CAUD20°	CAUD10°	0°	CRAN10°	CRAN20°	CRAN30°
RAO80 - RAO70	keine	keine	keine	keine	1	keine	keine

RAO70 - RAO60	keine	keine	keine	keine	keine	keine	1
RAO70 - RAO60	keine	keine	keine	keine	keine	keine	1
RAO50 - RAO40	keine	keine	keine	keine	keine	1	1
RAO40 - RAO30	keine	keine	keine	keine	1	1	2
RAO30 - RAO20	keine	keine	keine	keine	keine	3	3
RAO20 - RAO10	keine	keine	keine	2	4	2	3
RAO10 - 0	1	2	3	1	3	5	3
0 - LAO10	1	3	4	8	7	8	14
LAO10 - LAO20	9	9	9	7	12	17	10
LAO20 - LAO30	9	9	13	15	11	9	6
LAO30 - LAO40	6	11	10	10	9	6	6
LAO40 - LAO50	11	9	8	4	4	2	1
LAO50 - LAO60	4	5	3	3	1	keine	keine
LAO60 - LAO70	7	2	keine	keine	keine	keine	keine

LAO70 - LAO80	1	keine	1	1	keine	keine	keine
LAO80 - LAO90	1	keine	keine	keine	keine	keine	keine

CAUDAL 30°:

- Bei CAUD 30° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

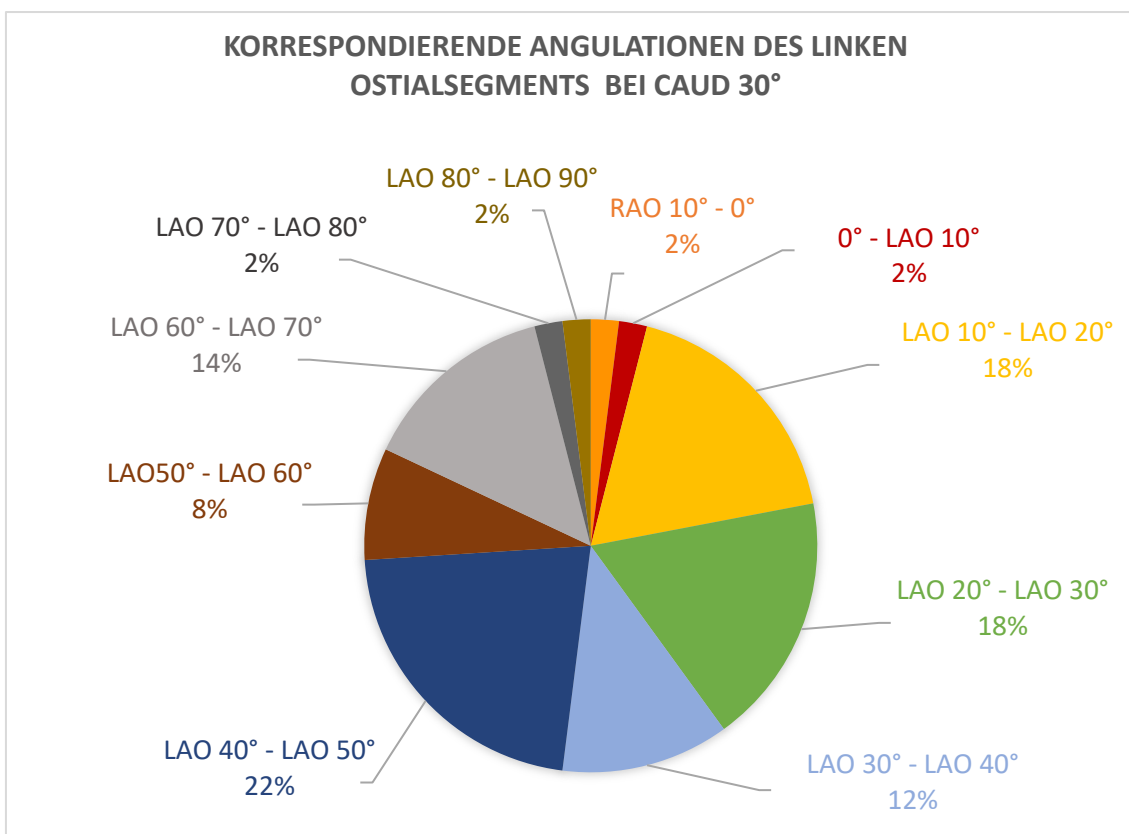


Abbildung 12: Anzahl der Fälle bei caudal 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert aller bei CAUD 30° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 38°.

CAUDAL 20°:

- Bei CAUD 20° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

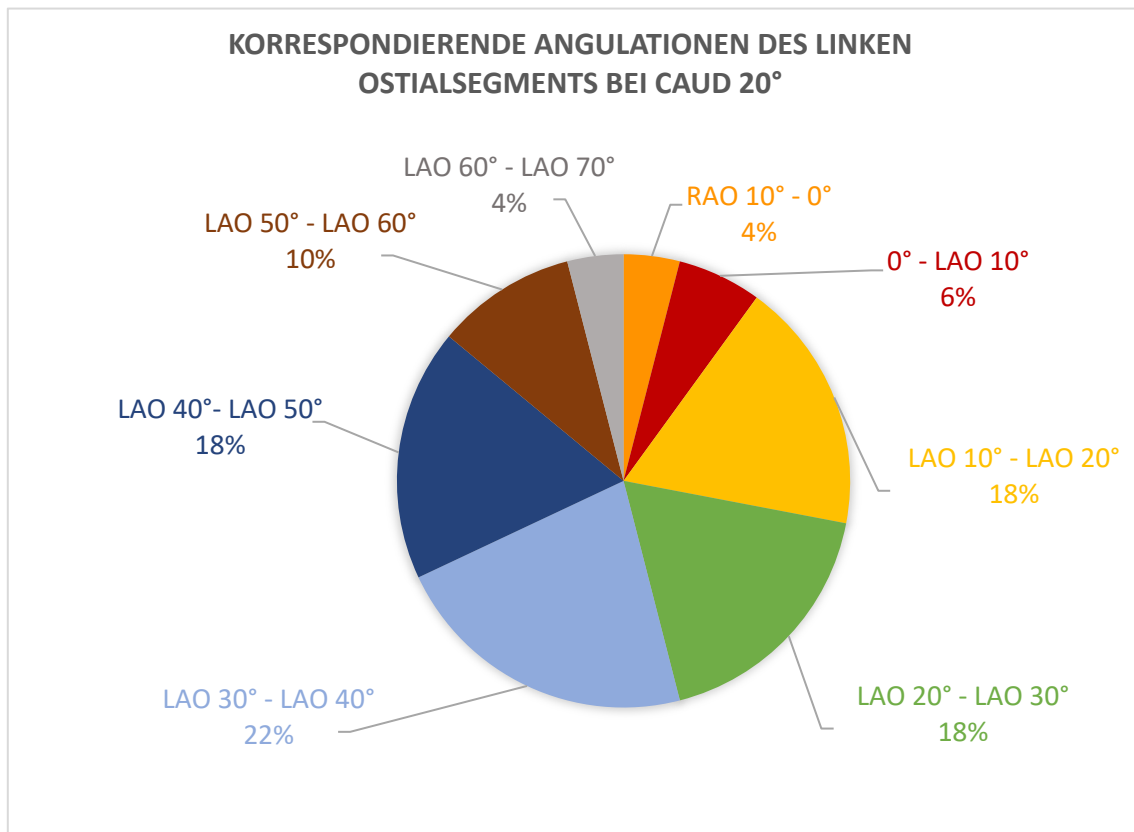


Abbildung 13: Anzahl der Fälle bei caudal 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CAUD 20° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 31°.

CAUDAL 10°:

- Bei CAUD 10° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

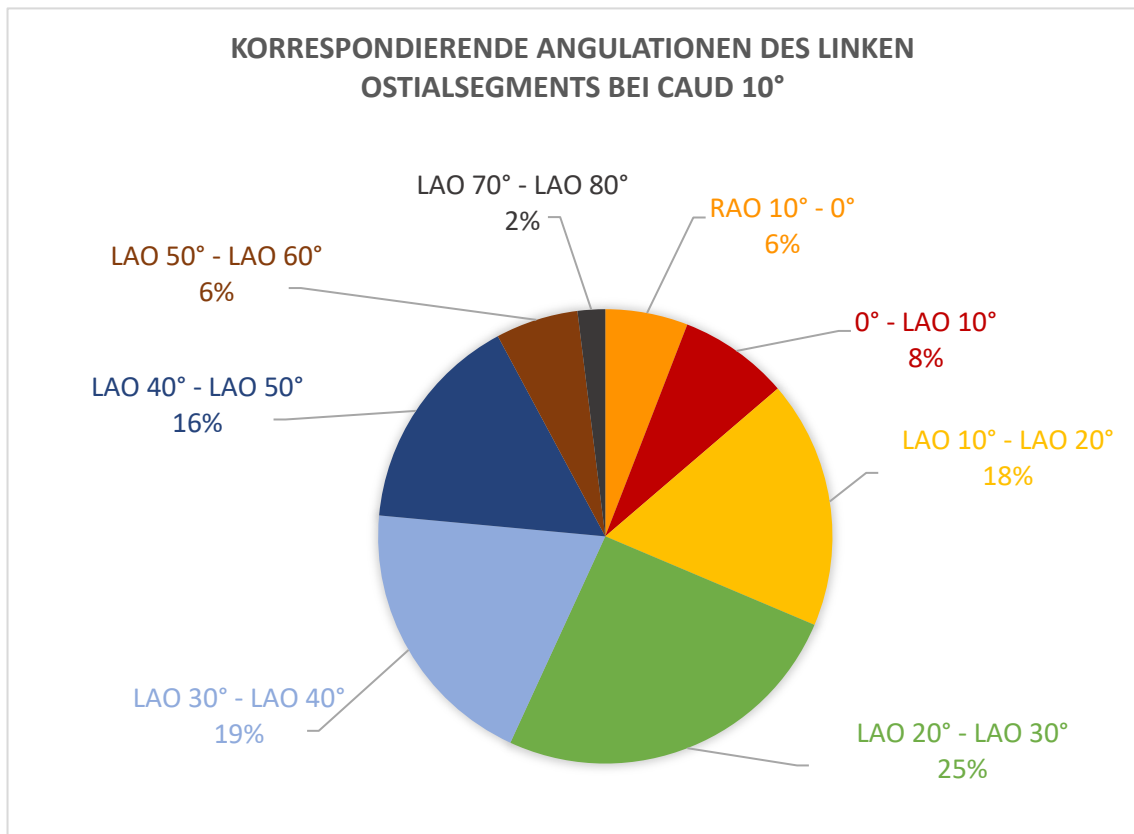


Abbildung 14: Anzahl der Fälle bei caudal 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CAUD 10° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 27°.

CAUDAL/CRANIAL 0°:

- Bei 0° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

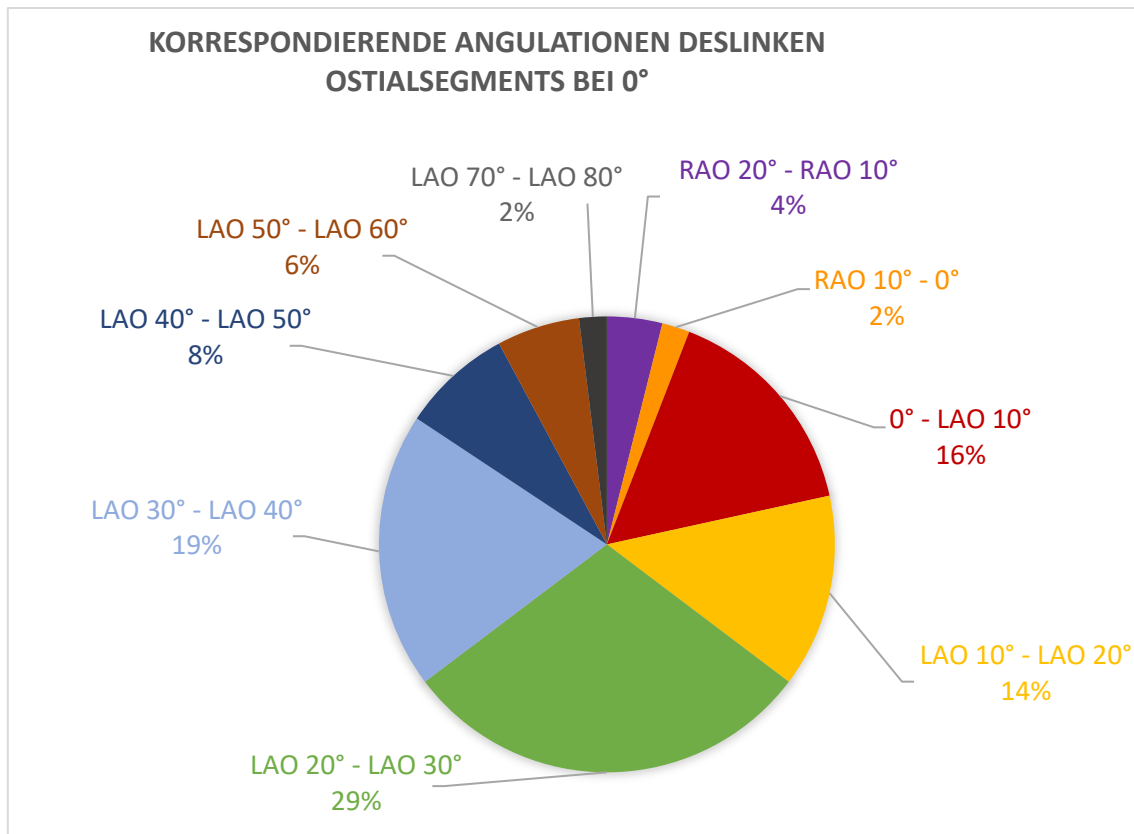


Abbildung 15: Anzahl der Fälle bei 0° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei 0° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 24°.

## CRANIAL 10°:

- Bei CRAN 10° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

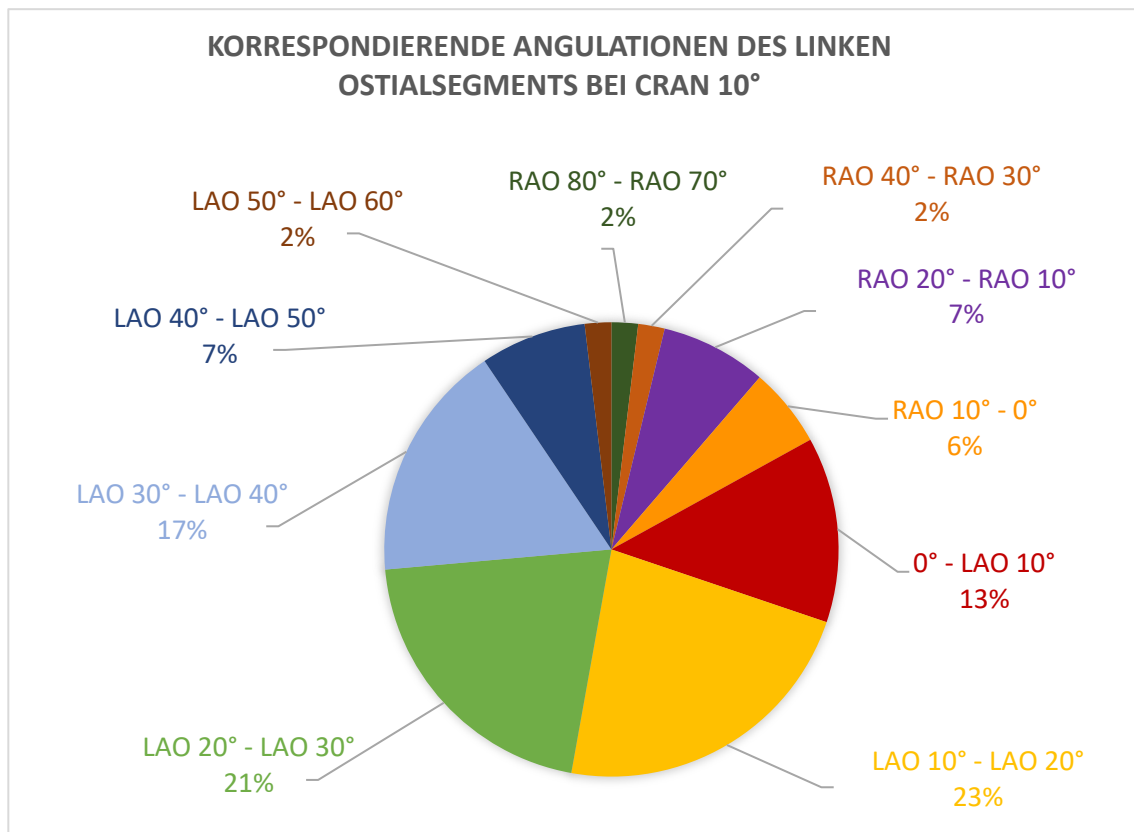


Abbildung 16: Anzahl der Fälle bei cranial 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 10° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 16°.



CRANIAL 20°:

- Bei CRAN 20° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

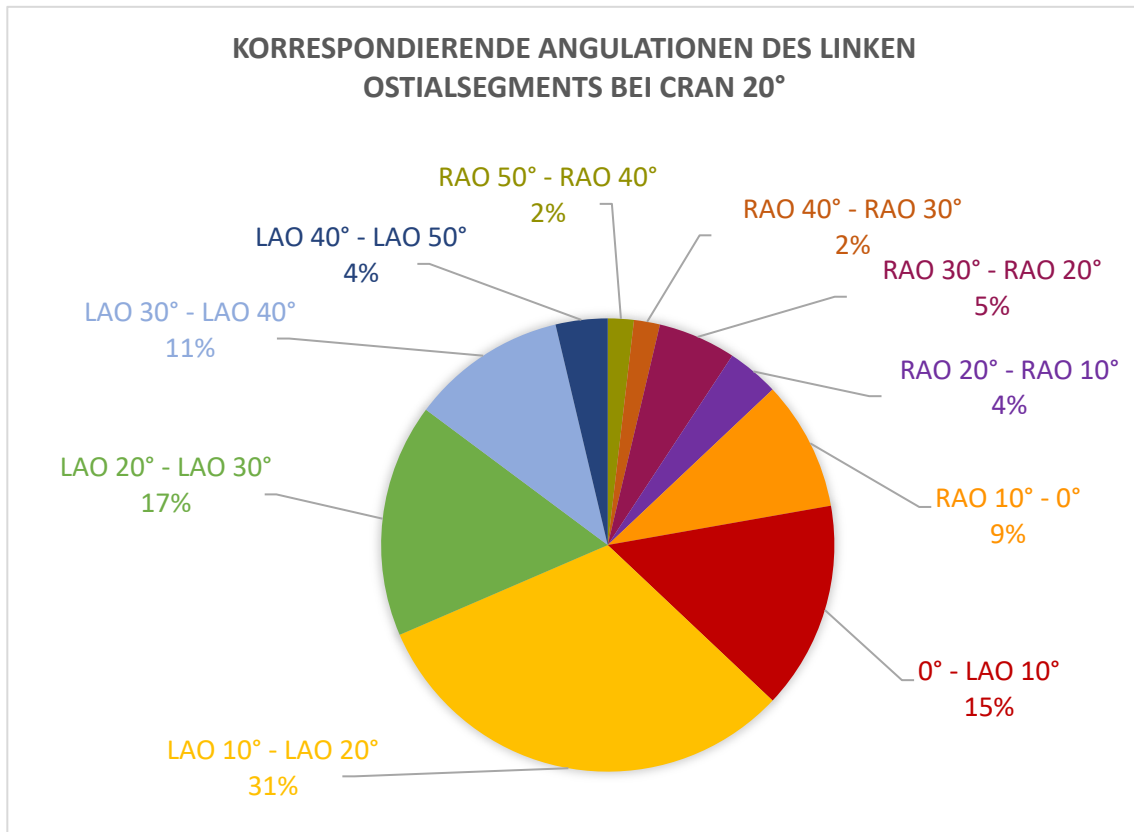


Abbildung 17: Anzahl der Fälle bei cranial 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 20° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 11°.

CRANIAL 30°:

- Bei CRAN 30° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des linken ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

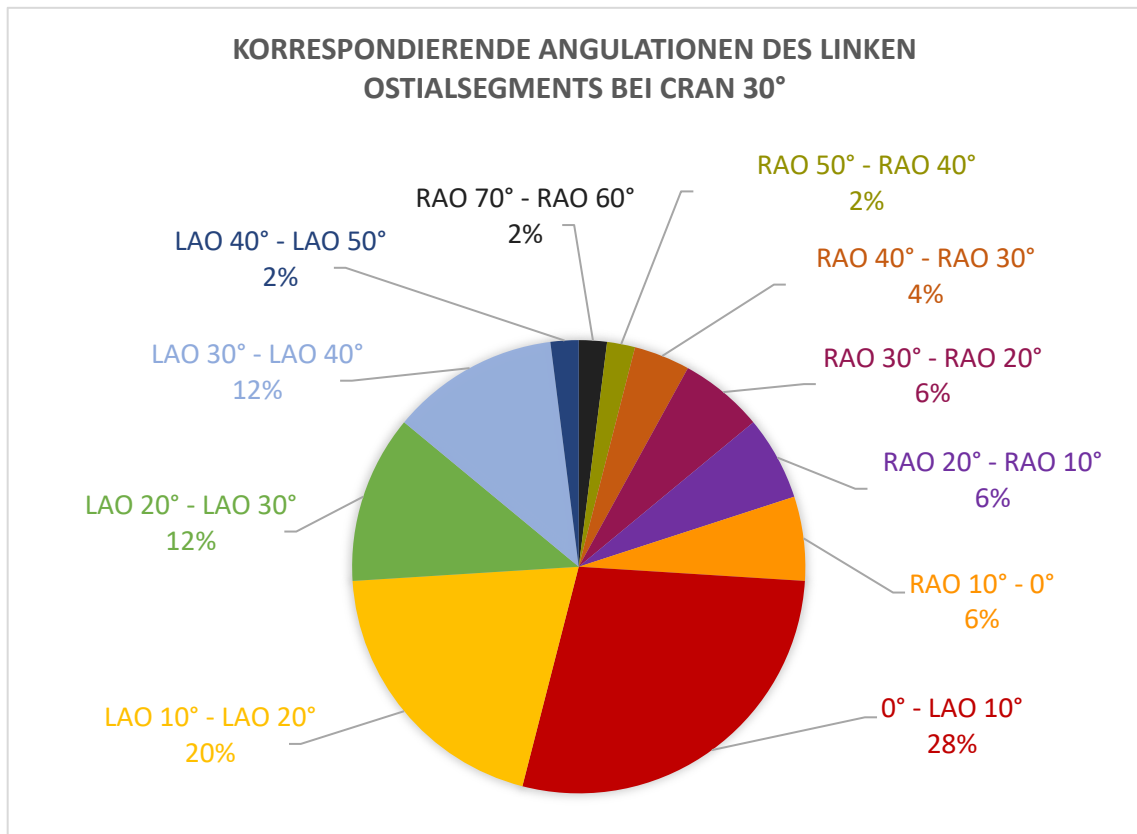


Abbildung 18: Anzahl der Fälle bei cranial 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 30° liegender Angulationen des linken ostialen Segments befand sich bei LAO 6°.

### 3.5.2 RCA

Tabelle 11 zeigt die Anzahl der Fälle von caudal 30° bis cranial 30° in Abhängigkeit von RAO bzw. LAO

RAO/LAO in °	Anzahl der Fälle bei:						
	CAUD30°	CAUD20°	CAUD10°	0°	CRAN10°	CRAN20°	CRAN30°
RAO90 - RAO80	keine	keine	3	2	1	keine	keine
RAO80 - RAO70	1	1	0	1	2	1	keine
RAO70 - RAO60	1	1	1	1	1	1	1
RAO60 - RAO50	keine	keine	keine	keine	keine	1	2
0 - LAO10	keine	keine	keine	keine	keine	1	1
LAO10 - LAO20	1	1	1	1	1	keine	1
LAO20 - LAO30	3	2	keine	keine	1	2	1
LAO30 - LAO40	6	3	6	5	4	3	3
LAO40 - LAO50	10	15	10	9	10	9	11
LAO50 - LAO60	6	7	12	15	12	12	7
LAO60 - LAO70	9	7	7	4	5	6	9
LAO70 - LAO80	4	4	3	6	9	9	8
LAO80 - LAO90	3	4	4	4	1	3	3

CAUDAL 30°:

- Bei CAUD 30° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

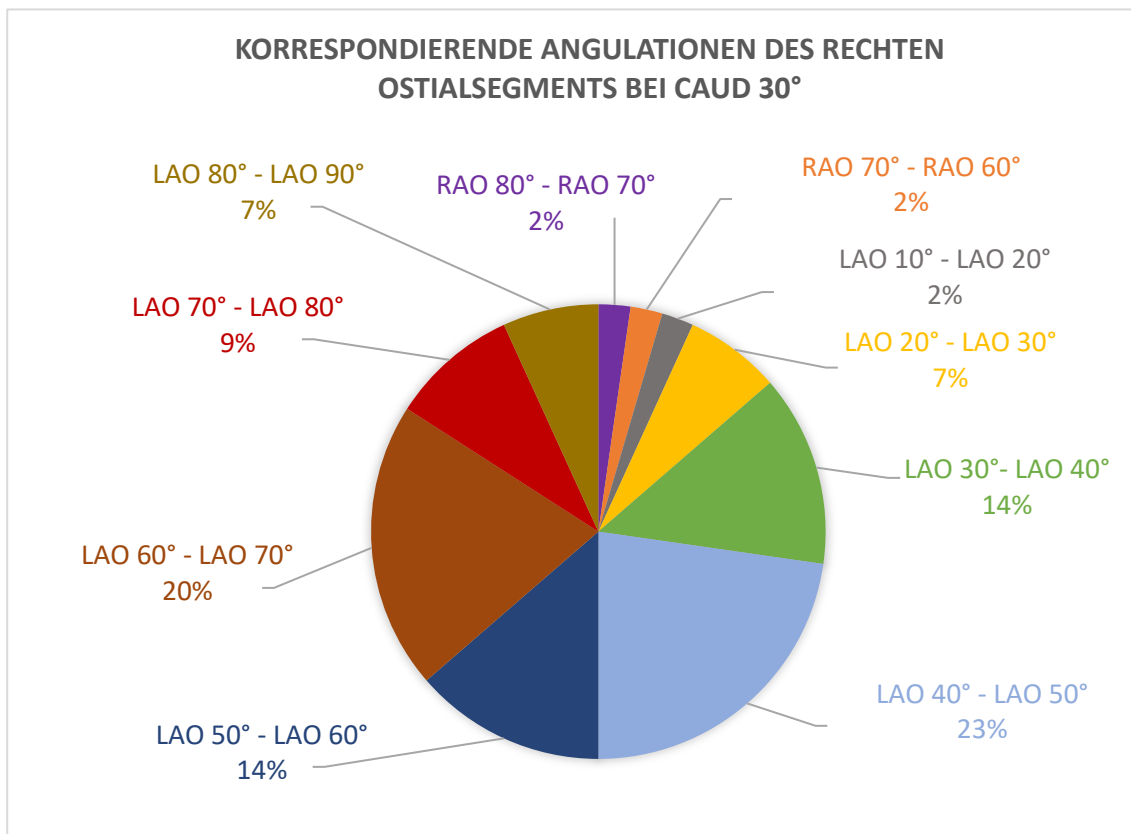


Abbildung 19: Anzahl der Fälle bei caudal 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CAUD 30° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 47°.

CAUDAL 20°:

- Bei CAUD 20° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

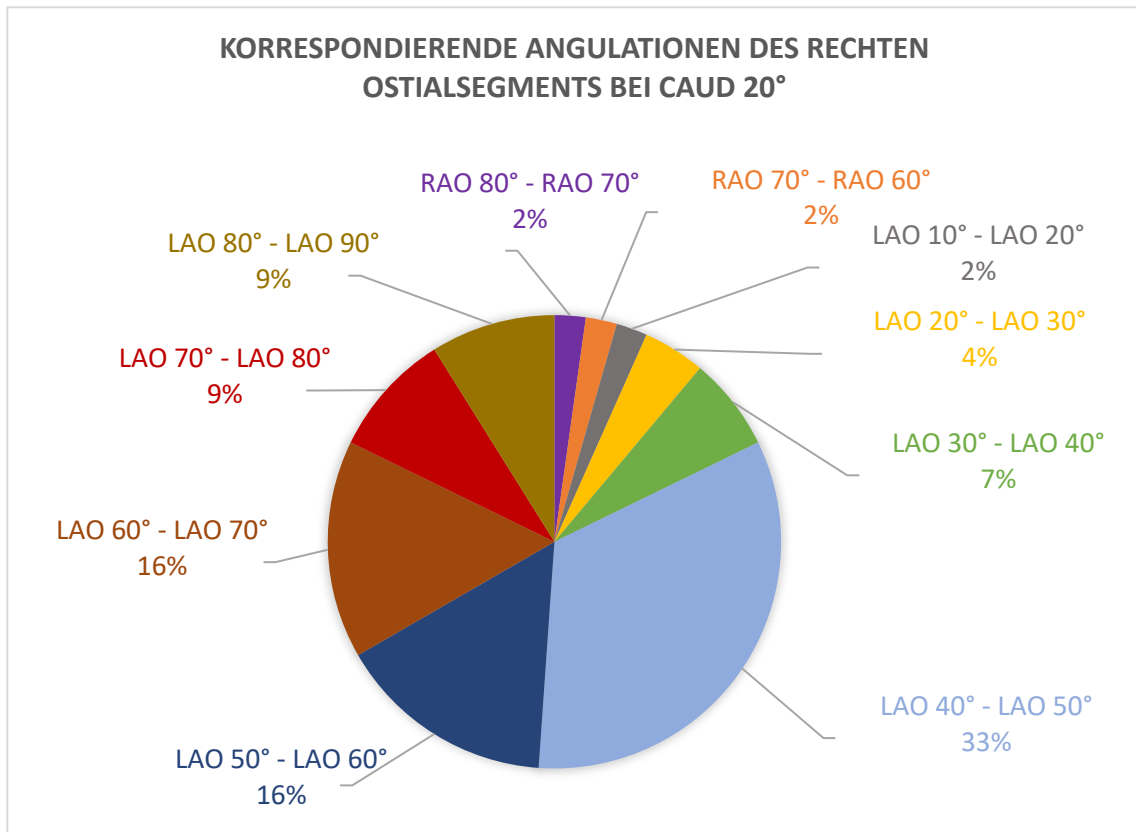


Abbildung 20: Anzahl der Fälle bei caudal 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CAUD 20° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 49°.

CAUDAL 10°:

- Bei CAUD 10° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

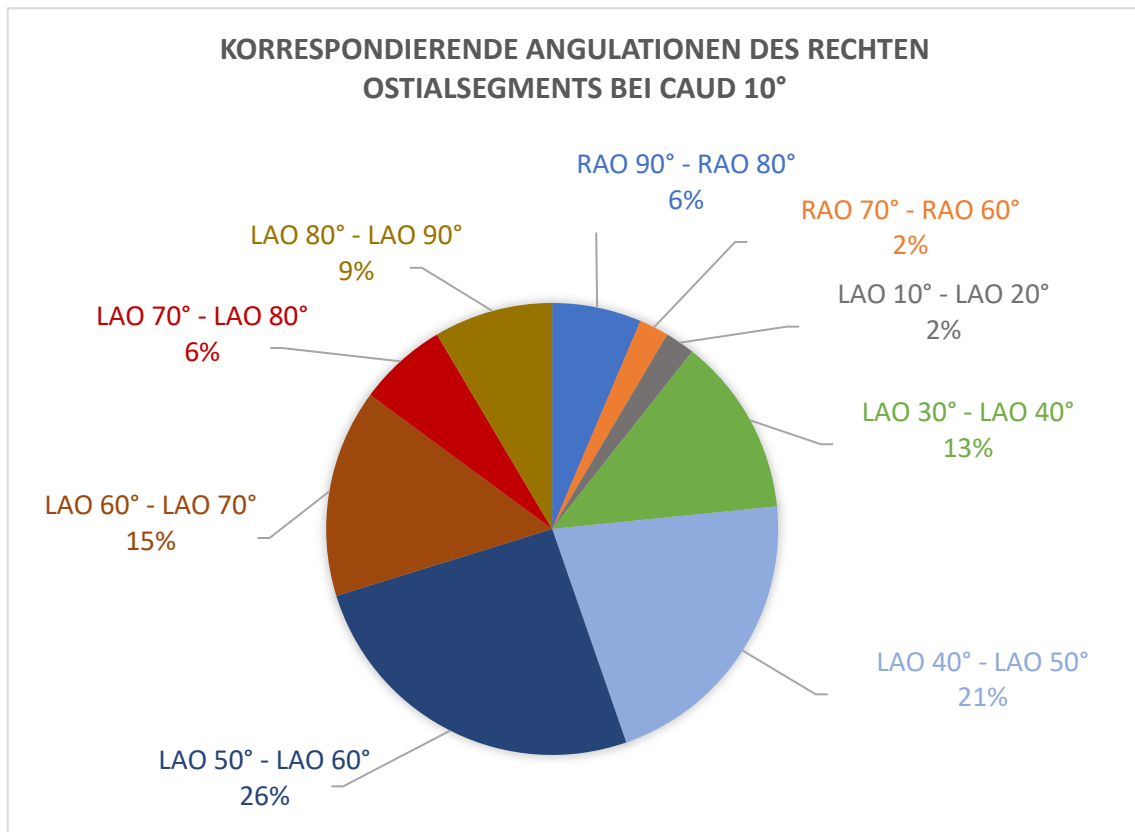


Abbildung 21: Anzahl der Fälle bei caudal 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CAUD 10° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 44°.

CAUDAL/CRANIAL 0°:

- Bei 0° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

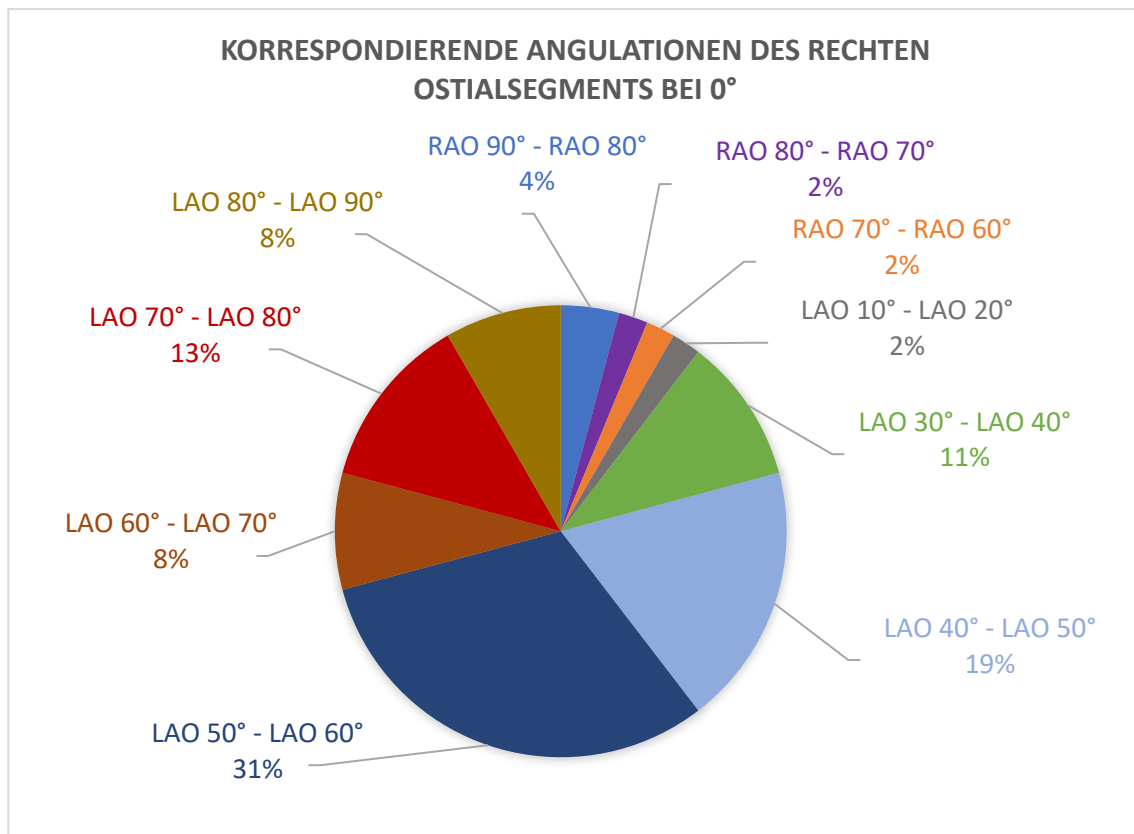


Abbildung 22: Anzahl der Fälle bei 0° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei 0° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 45°.

CRANIAL 10°:

- Bei CRAN 10° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

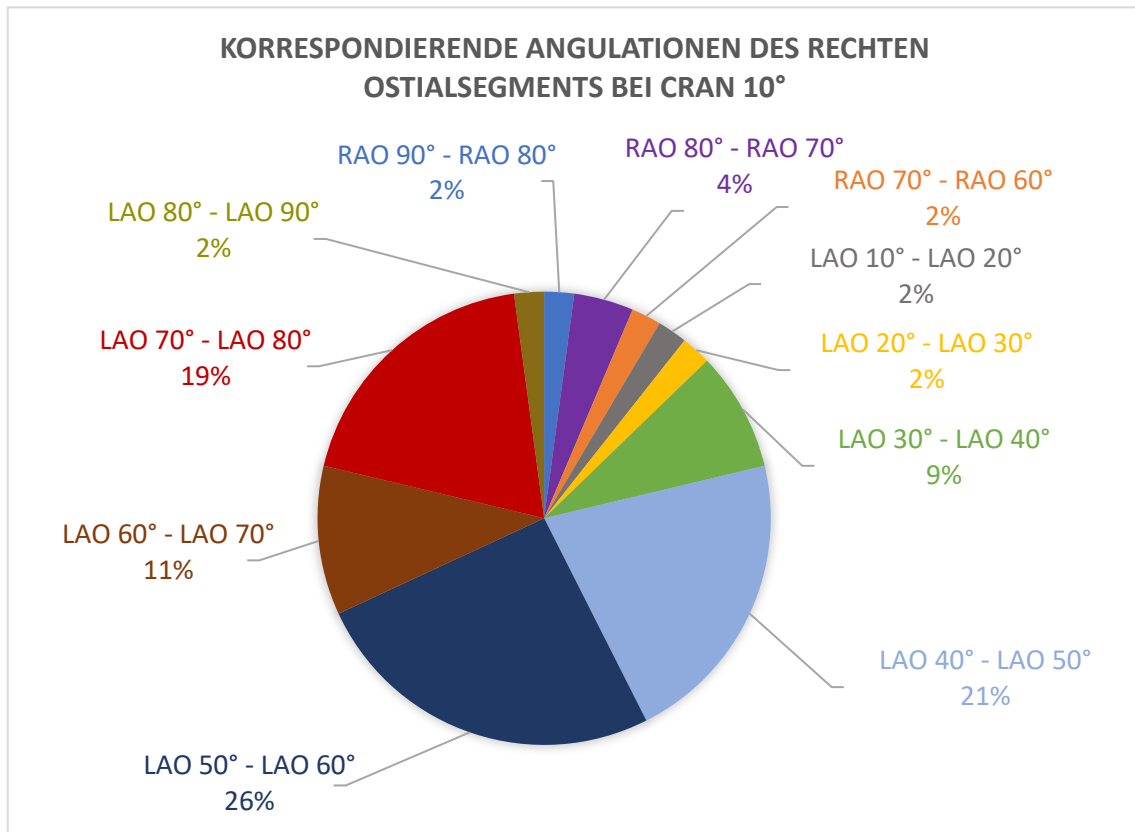


Abbildung 23: Anzahl der Fälle bei cranial 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 10° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 44°.



## CRANIAL 20°:

- Bei CRAN 20° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

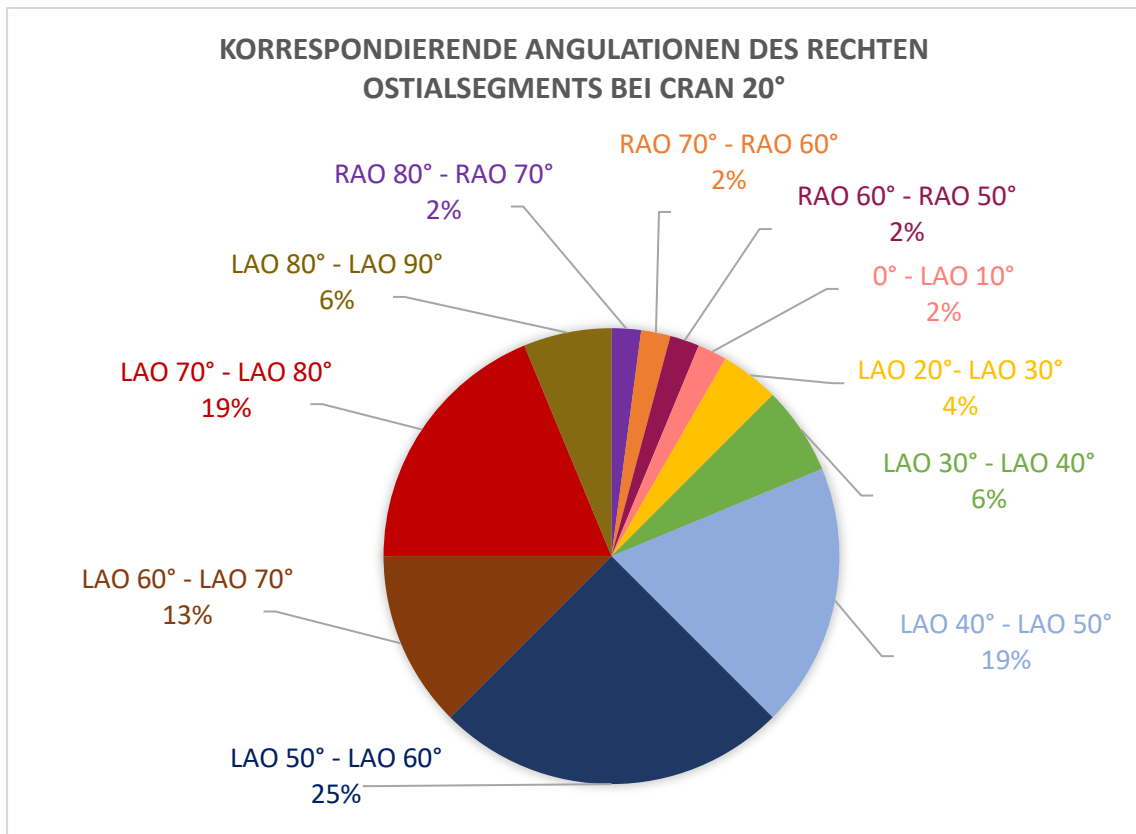


Abbildung 24: Anzahl der Fälle bei cranial 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 20° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 49°.

### CRANIAL 30°:

- Bei CRAN 30° wurden folgende Ergebnisse in Bezug auf den prozentualen Anteil und die korrespondierenden Angulationen des rechten ostialen Gefäßabschnitts ermittelt:

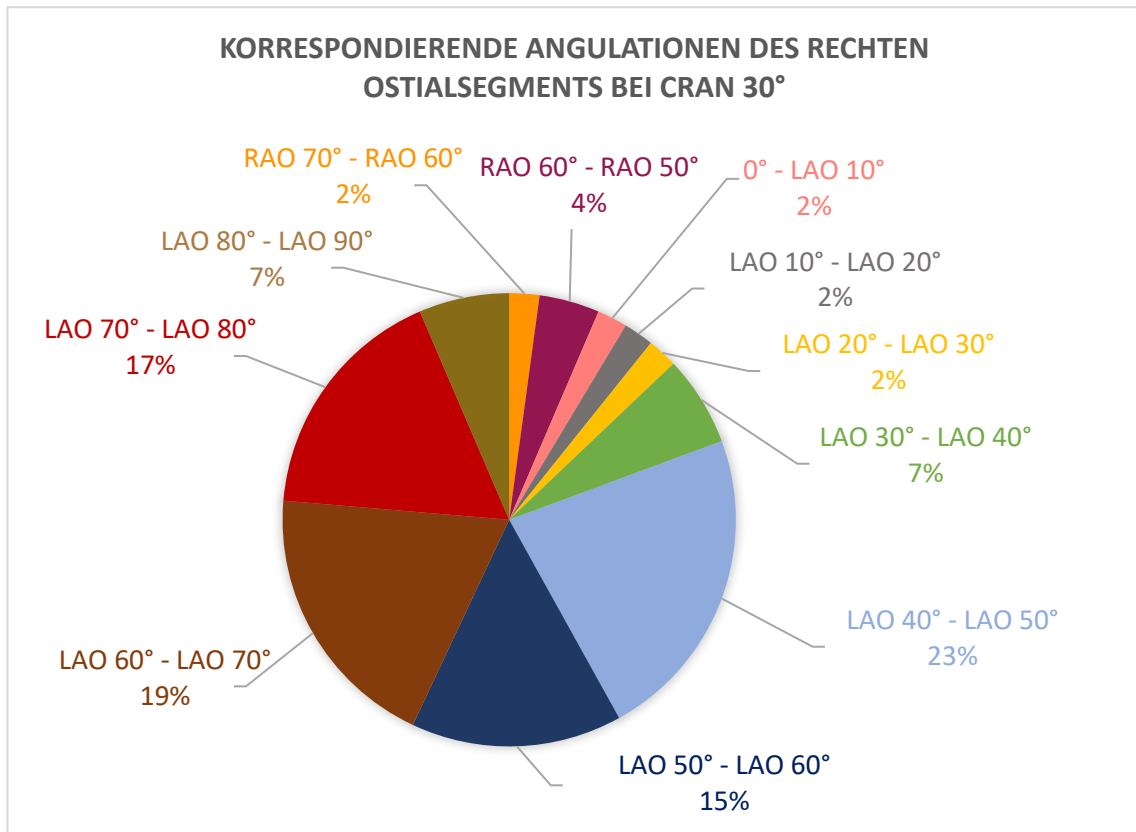


Abbildung 25: Anzahl der Fälle bei cranial 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO

- Der berechnete arithmetische Mittelwert bei CRAN 30° liegender Angulationen des rechten ostialen Segments befand sich bei LAO 49°.

3.6 Vergleich der korrespondierenden Angulationen von caudal 30° bis cranial 30° mit Standard-Projektionen.

3.6.1 LCA

*Tabelle 12 zeigt die ermittelten LAO/RAO-Werte des LCA-Ostiums mithilfe von Mittelwert-LoP's in Abhängigkeit von caudal 30° bis cranial 30°. Die negativen Werte entsprechen RAO, die positiven Werte entsprechen LAO.*

Pat.Nr.	Korrespondierende LAO/RAO- Werte des linken Ostialsegments bei:						
	CAUD 30°	CAUD 20°	CAUD 10°	0°	CRAN 10°	CRAN 20°	CRAN 30°
001	64,9°	46°	33°	21,9°	9,5°	-4,3°	-22°
002	61,9°	37,2°	20,8°	7,1°	-7°	-23,5°	-45,1°
003	1,5°	-2,5°	-5,8°	-9°	-12,4°	-15,8°	-19,7°
004	60°	53,4°	47,9°	42,7°	37,7°	32,2°	25,5°
005	46,9°	40,3°	34,9°	29,5°	24,1°	18,5°	12°
006	86,8°	63°	51°	41°	30,6°	19°	5,5°
007	22°	16°	11°	6,2°	1,8°	-3,5°	-9,4°
008	40,4°	33,8°	27,5°	21,5°	15,5°	9°	0,4°
009	19,2°	15,6°	12,3°	8,8°	5,1°	1,3°	-3,5°
010	50,3°	48,2°	46,4°	44,7°	43,8°	40,8°	38°
011	66°	54,8°	45,2°	37°	29,1°	19,5°	8,8°
012	28,9°	26,6°	24,7°	22,7°	20,6°	18,2°	15,8°
013	30,9°	27°	23,6°	20,3°	17°	14,5°	9,8°
014	61°	52,2°	45°	38,2°	32°	25,2°	17,5°
015	25,7°	24,4°	23,2°	21,9°	20,5°	18,6°	17°
016	36,5°	35,3°	34,4°	33,2°	32°	30,8°	29,2°
017	22,6°	23,6°	24,7°	25,6°	26,7°	27,8°	29°
018	16,6°	12°	7,6°	3,8°	-0,5°	-5°	-10,4°
019	42,2°	38°	34,5°	31°	27,2°	23,2°	18,8°
020	62,1°	43°	30°	17,5°	5,4°	-8,4°	-26,5°

021	29,8°	23,8°	19,2°	15,7°	12,5°	8,9°	5°
022	36,5°	30,8°	25,9°	21,1°	17,6°	11,9°	6,3°
023	16,4°	6°	-2,6°	-10,4°	-18,7°	-27,6°	-38,2°
024	45,6°	38,2°	32,1°	26°	20°	14,5°	5,8°
025	18,6°	10°	3,3°	-3,3°	-10°	-17°	-24,9°
026	63,8°	50,7°	30°	39,5°	20,5°	10,8°	-3°
027	49,5°	44,8°	40,6°	36,9°	32,2°	29,6°	26°
028	21°	23,3°	25,6°	27,8°	30,1°	32,6°	35,2°
029	13,8°	12,9°	12°	11°	9,9°	8,8°	7,5°
030	24,1°	6°	-7°	-18,3°	-30°	-33,5°	-61°
031	42,2°	35°	28,9°	23,1°	17,5°	11,5°	4,5°
032	15,2°	12,7°	10,1°	7,9°	5,8°	3,4°	1,1°
033	-----	-----	78,8°	55,5°	33,5°	2°/ 20°	-----
035	72°	64,6°	58°	52°	45,8°	39,4°	31,8°
036	56,3°	49,3°	44,8°	38,2°	33°	27,3°	20,8°
037	38,2°	23,2°	11°	0,5°	-10°	-21,9°	-37°
038	23,5°	21,2°	19,2°	17,3°	15,7°	14°	12°
039	30,2°	27°	24,4°	21,8°	18,8°	15,6°	12°
040	19°	17°	15,4°	13,8°	12°	10°	7,5°
041	41,7°	37,8°	34,5°	31,2°	27,8°	24°	20°
042	47,9°	46°	44,7°	43,2°	41,3°	39,5°	37,3°
043	47°	38,3°	31°	24,7°	18,2°	11,2°	2,4°
044	49,6°	46°	43°	39,9°	36,8°	33,8°	30,1°
045	50,8°	44,4°	39°	34,1°	29,2°	24°	18°
046	37,4°	30,6°	24,8°	19,1°	13,6°	8,4°	0,4°
047	59°	56,5°	54,2°	52°	49,5°	47°	44,3°
048	-----	-----	-----	77,5°	52,5°/ -74°	14,5°/ -40°	-----
049	43°	35°	28,5°	22,8°	16°	8,5°	0,4°

050	15°	18,3°	21,5°	24°	26,5°	29,2°	32,5°
051	21,8°	19,5°	17,8°	16,2°	14,9°	13,2°	11,6°
052	-6°	-1,3°	2,8°	6,1°	9,8°	13,8°	18°
053	13,1°	8,4°	4,5°	0,8°	-3°	-6,3°	-10,2°
Mittelwert	LAO38°	LAO31°	LAO27°	LAO24°	LAO16°	LAO11°	LAO6°

Für eine optimale Darstellung des Ostiums und des Hauptstammes der linken Koronararterie werden in der Literatur folgende Standardprojektionen<sup>5,6,21,30-34</sup> empfohlen:

- LAO 40° - 60°, CAUD 10° - 30°
- 0°, CAUD 10° - 30°
- LAO 30° - 60°, CRAN 20° - 30°
- Alternativ: AP; RAO 5° - 15°; RAO 30°; LAO 30° - 60°

Orientierend an den oben genannten kaudalen und kranialen Werten der empfohlenen Standardprojektionen ergaben sich nach der Berechnung aller von CAUD 30° bis CRAN 30° korrespondierender Angulationswerte des ostialen Segments der linken Herzkranzarterie folgende Ergebnisse:

- Bei CAUD 10° - 30° betrug der Mittelwert LAO 32°
- Bei CRAN 20° - 30° betrug der Mittelwert LAO 9°
- Bei 0° betrug der Mittelwert LAO 24°

Die mit Hilfe von Mittelwert-LoPs ermittelten Angulationen zur optimalen und somit „unverkürzten“ Darstellung der ostialen Segmente der linken Herzkranzarterie wurden mit in der Literatur empfohlenen Standardprojektionen verglichen.

Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

- In 14 von 50 Fällen (28% aller Ostien) befanden sich die Angulationen im Bereich von LAO 40° - 60°, CAUD 10° - 30°
- In keinem der insgesamt 52 Fälle befanden sich die Angulationen im Bereich von 0°, CAUD 10° - 30°.
- In 17 von 52 Fällen (33% aller Ostien) befanden sich die Angulationen im Bereich von LAO 30°- 60°, CRAN/CAUD 0°.
- In 2 von 52 Fällen (4% aller Ostien) befanden sich die Angulationen im Bereich von RAO 5° - 15°, CRAN/CAUD 0°
- In 8 von 52 Fällen (15% aller Ostien) befanden sich die Angulationen im Bereich von LAO 30°- 60°, CRAN 20° - 30°.
- In keinem der insgesamt 52 Fälle befanden sich die Angulationen im Bereich von RAO 30.
- In 2 von 52 Fällen (4% aller Ostien) befanden sich die Angulationen im Bereich von AP.

### 3.6.2 RCA

*Tabelle 13 zeigt die ermittelten LAO/RAO-Werte des RCA-Ostiums mithilfe von Mittelwert-LoP's in Abhängigkeit von caudal 30° bis cranial 30°. Die negativen Werte entsprechen RAO, die positiven Werte entsprechen LAO.*

Pat.Nr	Korrespondierende LAO/RAO- Werte des rechten Ostialsegments bei:						
	CAUD 30°	CAUD 20°	CAUD 10°	0°	CRAN 10°	CRAN 20°	CRAN 30°
001	62,4°	58°	54,2°	50,6°	46,8°	43°	38,6°
002	44,3°	40,4°	37,1°	34,1°	31°	27,4°	23,2°
004	35,1°	40,8°	45,5°	50°	54,4°	59°	64,7°
005	33,4°	34,5°	35,5°	36,5°	37,6°	38,8°	40,2°

006	-----	-----	-87,3°	-83°	-79°	-74,5°/ 88°	-70°/ 83,5°
007	43,7°	46,8°	49,6°	52,2°	54,6°	57,2°	60°
008	49,4°	53°	56,1°	59,2°	62,4°	65,6°	69,2°
009	50°	43,9°	38,4°	33,2°	27,9°	22,4°	15,8°
010	74,6°	66,6°	59,6°	53,2°	46,8°	40°	31,9°
011	62,7°	65,6°	68,4°	71°	73,4°	75,6°	78°
012	-71,5°	-76°	-80°	-83,8°	-87°	-----	-----
013	36,6°	42,4°	47,2°	51,8°	56,4°	61,3°	67°
014	45,2°	48,4°	51,2°	53,7°	56,1°	57,6°	61,8°
015	84,7°	82,1°	79,6°	77,6°	75,6°	73,6°	71,4°
017	80,2°	77°	74,2°	71,5°	68,5°	65,4°	62,1°
018	33,3°	37,5°	41,2°	44,5°	47,7°	51,4°	55,6°
019	79,4°	74,1°	69,3°	65°	60,7°	55,8°	50,3°
020	48,8°	47,6°	46,7°	46,1°	45°	44,2°	43,3°
021	75,1°	68,4°	61,9°	55,6°	49°	41,9°	33,8°
022	64,6°	67,3°	69,5°	71,3°	72,9°	74,2°	75,7°
023	53,8°	51,8°	49,7°	47,8°	46°	44,2°	42,3°
024	53,4°	58,3°	62,9°	67,2°	71,6°	76,2°	81,4°
025	69,1°	71°	72,6°	74°	74,3°	76,7°	78,2°
026	69,1°	70,6°	71,9°	73°	74°	75°	76°
027	45,4°	47,7°	50,2°	52,7°	55,4°	58°	60,8°
028	-----	-----	-84°	-78°	-72°	-66°/ 89,5°	82°/-59°
029	66,1°	67,1°	68,2°	69,5°	70,6°	72°	73,4°
030	40,8°	42,2°	43,4°	44,5°	45,6°	46,8°	48,1°
031	66,2°	62,8°	59,7°	56,8°	54,2°	51,3°	47,8°
032	52,2°	53,2°	54,3°	55,4°	56,4°	57,2°	58,7°
033	81,7°	83,3°	84,8°	86,2°	87,5°	89°	-----

034	62,2°	63°	63,8°	64,6°	65,3°	66,1°	66,9°
035	-----	89°	85,7°	82,4°	79°	75,6°	71,9°
036	-----	-----	86,6°	82°	77°	72°	65,8°
037	-69,4°	-67°	-65,2°	-63,5°	-61,5°	-59°	-56,9°
038	51,2°	49,1°	47,4°	46°	44,3°	42,8°	41°
039	47,6°	46,4°	45,2°	44,2°	43,1°	42°	40,6°
040	19,6°	17,1°	14,9°	12,8°	10,5°	8°	5,2°
041	24,3°	27,7°	30,9°	33,8°	36,6°	39,6°	43,4°
042	76,2°	81,2°	85,1°	88,8°	-----	-----	-----
043	25,9°	29°	31,7°	34,1°	36,4°	39°	42,1°
044	21,6°	30,8°	38,5°	45,5°	52,6°	60,4°	69,5°
045	47,3°	49,4°	51,4°	53°	54,7°	56,2°	58°
046	37°	40,9°	44,3°	47,5°	50,8°	54,2°	57,9°
047	47,2°	49,2°	51°	52,5°	53,9°	55,4°	56,8°
048	38,8°	46°	52°	57,5°	63,2°	69,4°	76,6°
049	60,4°	58,4°	56,6°	55,1°	53,6°	51,8°	49,8°
054	55,4°	53,6°	51,8°	50°	48,2°	46,4°	44,7°
Mittelwert:	LAO47°	LAO49°	LAO44°	LAO45°	LAO44°	LAO49°	LAO48°

In der Literatur wird eine Darstellung des Ostiums und des proximalen Segmentes der rechten Koronararterie bei LAO 30° - 60° empfohlen.<sup>5,6,20,30-34</sup> Der Mittelwert aller LAO - Angulationswerte lag in den von uns untersuchten Fällen bei LAO 45°. In 29 von 48 Fällen (60% aller Ostien) befanden sich die Werte zwischen LAO 30° - 60°. Alternativ wird noch eine Darstellung bei LAO 45°, CAUD 30° empfohlen.<sup>34</sup> Diese Projektion ist zwar dem ermittelten Mittelwert von LAO 47° nahe, dennoch lagen nur 19% der Ostien im Bereich zwischen LAO 40° und 50°.



## 4 Diskussion

Bei einer diagnostischen Herzkatheteruntersuchung ist eine Darstellung der Herzkranzgefäße in mehreren Projektionen wichtig, um Stenosen adäquat graduieren zu können.<sup>24</sup> Bei Auswahl nicht adäquater Projektionen kann es zu einer Fehleinschätzung der dargestellten Gefäßabschnitte kommen kann.<sup>7</sup>

Eine Möglichkeit zur Beurteilung der koronaren Läsionen bieten zum Beispiel die FFR-Messung (fraktionelle Flussreserve), iwFR-Messung (instant wave-Free Ratio), IVUS (intravaskulärer Ultraschall) oder OCT (optische Kohärenztomographie). Alle diese Verfahren erzielen gute Ergebnisse, weisen trotzdem einige Limitationen auf.<sup>35-38</sup>

Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung von Koronarstenosen bietet die Computertomographie. Neue Gerätegenerationen ermöglichen präzisere Aufnahmen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung.<sup>11</sup> Die CT-Koronarangiographie ermöglicht eine gute Darstellung der Koronargefäße, insbesondere der Ostiumanatomie in Bezug zur Aortenwand.<sup>11,38-41</sup> Rubinshtein et al. untersuchten mithilfe CCTA 23 Fälle mit ostialer Stent-Implantation und fanden eine hohe Prävalenz von geografischer Stent-Fehlpositionierung (in 87% der Fälle), welche durch die konventionelle Angiographie nicht erkannt wurde.

Dishmon et al. und Rubinshtein et al. haben beide zeigen können, dass eine genaue Positionierung eines Stents von großer Bedeutung ist.<sup>22,23</sup> Denn eine Fehlplatzierung kann dazu führen, dass die Stentstreben nicht der Gefäßwand anliegen und somit eine Angriffsfläche für eine mögliche Thrombose mit der Folge einer Restenose bieten oder den Zugang des Drahts und Katheters zur Koronararterie im Falle einer erneuten Koronarangiographie blockieren.<sup>21,24,42</sup> Besonders ostiale Läsionen der rechten Herzkranzarterie sind nach einer Intervention von einer höheren Restenoserate betroffen.<sup>25</sup>

Da die interventionelle Behandlung der ostialen Läsionen komplex ist, sind weitere Hilfsmethoden notwendig. So könnte es sinnvoll sein, als Vorbereitung auf die Intervention ein CT durchzuführen, um die optimalen Projektionen unter Berücksichtigung der individuellen Anatomie der koronaren Ostien zu bestimmen. Die

Methode basiert auf der Berechnung der Line of Perpendicularity. Bisher wurde sie nur in der präprozeduralen Vorbereitung für einen TAVI – Eingriff angewendet.<sup>12,16–19</sup> Die LoP bestimmt zu LAO- (left anterior oblique) bzw. RAO- (right anterior oblique) Ansichten korrespondierende kraniale oder kaudale Angulationen und erlaubt somit eine orthogonale Projektion der Aortenannulus-Ebene zur optimalen Prothesenimplantation.<sup>12–16, 19</sup>

Unsere Studie umfasst 54 Patienten, bei denen sowohl eine Herzkatheteruntersuchung als auch ein Kardio-CT durchgeführt wurden. Im Rahmen der Studie sollte geklärt werden, mit welcher diagnostischen Wertigkeit sich die ostiumnahen Gefäßabschnitte der beiden Herzkranzgefäße in der diagnostischen Koronarangiographie darstellen lassen. Dafür wurden die Kardio-CT und Herzkatheterfilme der Patienten evaluiert. Mithilfe der CT-basierten Bestimmung der Line of Perpendicularity konnten die optimalen Angulationen der ostiumnahen Gefäßabschnitte bestimmt sowie geprüft werden, ob die während der diagnostischen Koronarangiographie gewählten Projektionen tatsächlich das Ostium orthogonal trafen und auf der LoP lagen. Zusätzlich wurde untersucht, ob die Projektionsauswahl interventionell erfahrener Kardiologen zu einer orthogonalen Darstellung der ostialen Segmente der beiden Herzkranzarterien führte. Außerdem wurde verglichen, ob die in der Literatur empfohlenen und in dem klinischen Alltag angewendeten Standardprojektionen eine optimale Darstellung der ostialen Segmente ermöglichen.

Die auf der LoP-basierte Methode konnte zeigen, dass in dem untersuchten Kollektiv das Ostium der linken Kranzarterie in 81% der Fälle angiographisch unverkürzt dargestellt wurde. Im Vergleich dazu wurde das Ostium der rechten Herzkranzarterie nur in 44% der Fälle unverkürzt dargestellt. Solch eine große Diskrepanz zwischen den beiden Kranzarterien kann damit erklärt werden, dass bei der Untersuchung der RCA typischerweise viel weniger Aufnahmen gemacht werden als bei der Darstellung der LCA. In der Literatur werden für die Darstellung der RCA nur drei Projektionen empfohlen, wohingegen für die Darstellung der linken Koronararterie 6 Standardprojektionen empfohlen werden.<sup>20</sup> Die verschiedenen Projektionen mit unterschiedlichen Angulationen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, eine optimale

Projektion des ostialen Segments zu treffen. Unsere Studie hat gezeigt, dass bei der LCA in 29% der Fälle mehrere während der Herzkatheteruntersuchung ausgewählte Projektionswinkel auf der LoP lagen. Im Vergleich stimmte dies nur für 13% der Fälle für die RCA.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich insgesamt 60% (29 von 48 Fällen) der Mittelwert-LoPs des rechten Ostialsegments  $\geq$  LAO 50° befanden, wie in Abbildung 26 zu sehen. Nur bei 19% (9 von 48 Fällen) lagen die Mittelwert-LoPs zwischen LAO 40° und LAO 50°.

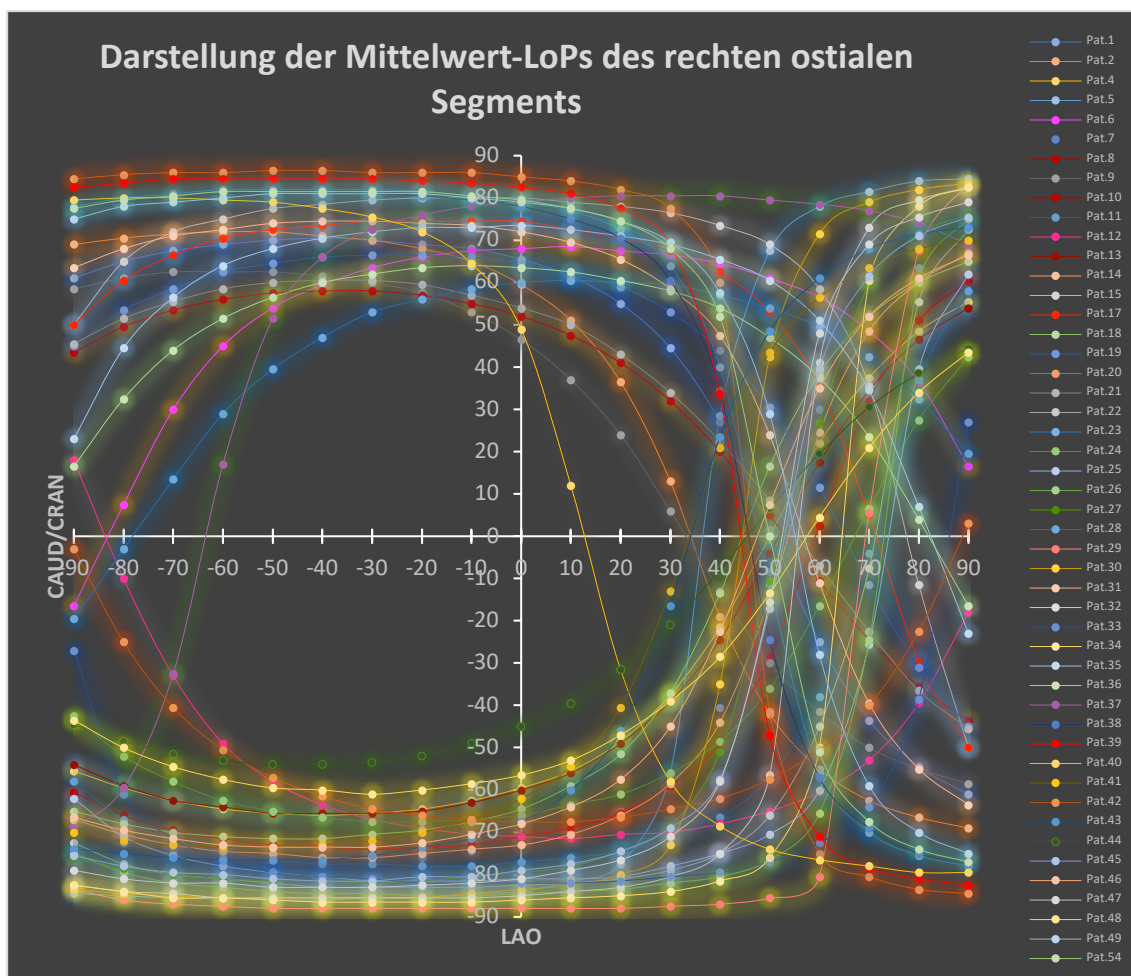


Abbildung 26: Darstellung aller Mittelwert-LoPs des rechten ostialen Koronarsegments

Die Evaluation der Koronarangiographie hat ergeben, dass in 37,5 von 52 Fällen (72%) bei der linken und bei 18,5 von 48 Fällen (39 %) bei der rechten Koronararterie eine optimale Projektion der ostialen Segmente gegeben war. Auf den ersten Blick scheint der Unterschied zwischen den beiden Methoden, also zwischen der visuellen

Einschätzung der interventionellen Kardiologen und der Line of Perpendicularity ziemlich gering zu sein. Der Unterschied zwischen der visuellen Einschätzung und der LoP lag bei 9% bei dem linken ostialen Segment und 5 % bei dem rechten ostialen Segment. Beide Methoden wurden unabhängig voneinander ausgewertet und verglichen. Da aber die visuelle Beurteilung von der Erfahrung der Untersucher abhängt, wurde ein direkter Vergleich beider Methoden angestrebt. Denn dieser erlaubte eine bessere Analyse auf die Auswertung der ostiumnahen Koronarsegmente durch interventionell erfahrene Kardiologen. Es hat sich gezeigt, dass in 46% der Fälle bei der linken Koronararterie die optimalen Projektionen von den Kardiologen nicht gewählt wurden, obwohl diese auf der Line of Perpendicularity lagen. Im Fall der rechten Koronararterie traf dies sogar in 55% der Fälle zu. Ähnliche Ergebnisse konnten Green et al. zeigen<sup>43</sup>. In dieser Studie wurden unter Verwendung eines 3D-Rekonstruktionsprogramms Modelle der Koronarbäume von 149 Patienten angefertigt mit dem Ziel, die möglichen Gefäßverkürzungen bei den ausgewählten Projektionen aufzudecken. Sie konnten zeigen, dass eine signifikante Anzahl von projektionsbedingten Gefäßverkürzungen von interventionell erfahrenen Kollegen nicht erkannt wurde.<sup>43</sup>

Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt die Anatomie der Koronarostien dar. Diese ist von Patient zu Patient variabel und erfordert deswegen eine individuelle Beurteilung. Dies wird durch die Erstellung der Line of Perpendicularity möglich. Die Bestimmung der LoP der ostiumnahen Abschnitte hat gezeigt, dass die interindividuelle Variationsbreite bei den Patienten sehr hoch ist. Die Variabilität der Anatomie kann mit der konventionellen Koronarangiographie häufig nicht ausreichend dargestellt werden.<sup>7</sup>

Die interindividuellen Unterschiede der komplexen Anatomie der Koronarostien führen dazu, dass auch die in der Literatur vorgeschlagenen Standardprojektionen die zu analysierenden Gefäßsegmente nicht optimal darstellen und somit eine verkürzte Darstellung der Gefäßabschnitte zur Konsequenz haben. In vielen Lehr- und Handbüchern werden optimale Projektionen der Herzkranzgefäße lediglich empfohlen, es existieren keine Richtlinien.<sup>5,6,20,30-34,44</sup> Unser Vergleich der mithilfe der LoP ermittelten Angulationen zeigt, dass die Standardprojektionen nur bei einem Teil der

Patienten eine optimale Darstellung der ostialen Koronarsegmente ermöglichen. Bei der Darstellung des linken Ostialsegments befanden sich 28% der Ostien (14 von 50 Fällen) im Bereich von LAO 40-60°, CAUD 10-30°; 33% (17 von 52 Fällen) im Bereich von LAO 30-60°; 15% (8 von 52 Fällen) im Bereich von LAO 30-60°, CRAN 20-30° und nur 4% (2 von 52 Fällen) AP. Die einzelnen Gruppen zeigten zwar eine schlechtere Abdeckung des gesuchten Segments, aber die Gesamtheit der Aufnahmen, welche während der Koronarangiographie gemacht wurden, konnten einen Ausgleich erzielen, sodass nur in 19 % (10 von 52 Fällen) keine optimale Darstellung des ostiumnahen Gefäßabschnitts erzielt wurde. Die empfohlenen Standardprojektionen für das rechte Ostialsegment<sup>5,6,20,30-34,44</sup> decken 60% der Ostien (29 von 48 Fällen) ab. Wenn man aber die gewählten LAO- Projektionen betrachtet, so stellt man fest, dass die meisten Projektionen, also in 75% (36 von 48) der Fälle, zwischen LAO 40° und 50° lagen. Sie entsprachen zwar den empfohlenen Standardprojektionen, allerdings befanden sich nur 19% (9 von 48 Fällen) der Ostialabschnitte zwischen diesen Angulationen, was auch die deutlich schlechtere Darstellung der RCA erklärt. Die meisten Standardprojektionen basieren auf den Erfahrungen im klinischen Alltag oder auf den Vorschlägen aus der Literatur.<sup>5,6,20,30-34,44</sup> Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Standardprojektionen nicht auf die individuelle Patientenanatomie eingehen.

Die Line of Perpendicularity ermöglicht nicht nur eine große Anzahl aller erdenklichen Angulationen für eine „unverkürzte“ Darstellung der gesuchten Abschnitte, sondern bietet auch prinzipiell eine Möglichkeit, die Projektionen in Hinblick auf ihre Strahlenexposition so auszuwählen, um so das Dosis-Flächen-Produkt zu minimieren. Die Studie von Kuon et al. hat gezeigt, dass die Strahlenbelastung bei Angulationen in Projektionen ab LAO 40° zunimmt, insbesondere bei der Anwendung der kranialen und kaudalen Angulationen, sowie ab RAO 60° für die kaudalen Angulationen. Aus diesen Gründen wurde vorgeschlagen, PA und RAO-Projektionen wenn möglich im klinischen Alltag zu bevorzugen.<sup>45</sup> Dies wäre durch die CT-basierte Ermittlung der LoP möglich, denn sie erlaubt die Wahl der Projektion mit der geringsten Strahlenbelastung, ohne dabei auf die optimale Darstellung zu verzichten.

Die Studie weist folgende Limitationen auf:

1. Retrospektive Studie

Aufgrund des Studiendesigns war es nicht möglich, die klinischen Auswirkungen zu überprüfen, die sich durch optimierte Projektionen der ostialen Gefäßabschnitte auf Basis von Kardio-CT und LoP ergeben könnten. Eine prospektive Studie mit einem größeren Patientenkollektiv wäre notwendig, um die Effekte auf die Interventionszeit, Strahlungsdosis, KM-Menge und mögliche Fehlpositionierungsraten bei PCI zu untersuchen.

2. Anzahl und Expertenstatus der interventionell erfahrenen Kardiologen.

Die Evaluation der Herzkatheter-Filme erfolgte nur durch zwei interventionell erfahrenen Kardiologen, welche trotz der angegebenen Mindestkriterien, (selbstständiges Durchführen von mindestens 5000 diagnostischen Koronarangiographien und mindestens 1500 PCI) unterschiedliche Erfahrung aufwiesen. Dies spiegelte sich in den jeweiligen Ergebnissen ihrer Auswertung wider. Insbesondere sah man einen Unterschied bei der Beurteilung der RCA. Durch die Bildung eines Mittelwerts wurde versucht, diesen interindividuellen Schwankungen bei der visuellen Beurteilung entgegenzuwirken, sodass ein repräsentativer Wert gebildet werden konnte.

3. Ostiale Gefäßabschnitte ohne Stenosen.

Bei den 54 Patienten lagen keine Stenosen in den ostialen Gefäßabschnitten vor. Dies mag dazu beigetragen haben, dass sich die Untersucher mit suboptimalen Projektionen zufriedengegeben und darauf verzichtet haben, die ostialen Gefäßabschnitte in optimaler Weise unverkürzt darzustellen.

4. Keine Auswertung von Herzkranzarterien mit atypischem Verlauf.

Es wurden 5 Fälle in dieser Studie aufgrund des atypischen Gefäßverlaufs aus der Wertung genommen. Dabei wiesen 4 Patienten bzw. ein Patient einen atypischen

Abgang der rechten bzw. der linken Herzkranzarterie auf. Bei 3 Patienten hatte die RCA den Ursprung aus dem links-koronaren Sinus, die atypische LCA hatte ihren Abgang aus dem rechts-koronaren Sinus. Bei einem Fall wiesen die LCA und RCA ein gemeinsames Ostium auf.

#### 4.1 Schlussfolgerungen

##### **1. Wie adäquat lassen sich die ostiumnahen Abschnitte der beiden Herzkranzgefäße in der diagnostischen Koronarangiographie darstellen?**

Bei 81% aller untersuchten Patienten wurde der ostiumnahe Abschnitt der linken Koronararterie unter Berücksichtigung von CT-Kriterien adäquat angiographisch dargestellt, wohingegen die Darstellung des Ostiums der rechten Koronararterie nur bei 44% der Patienten adäquat war.

##### **2. Liegen die im Herzkatheter gewählten Projektionen mit vermeintlich gut dargestellten Ostialsegmenten auch tatsächlich auf der Line of Perpendicularity?**

Die gewählten Projektionen lagen auf der LoP. Der Durchschnittsabweichungswinkel betrug bei der LCA 5°, bei der RCA 4°, und befand sich somit in dem definierten Bereich. Die gewählten Projektionen für das linke ostiale Segment lagen in 10 von 52 Fällen nicht auf der Line of Perpendicularity, wohingegen die ausgewählten Projektionen für die ostiale RCA bei 27 von 48 Fällen nicht auf der LoP lagen.

##### **3. Wie adäquat werden die ostialen Segmente von den interventionell erfahreneren Kardiologen beurteilt?**

Wenn man die vermeintlich als „unverkürzt“ klassifizierten Projektionen anhand der CT-Daten auf die Qualität der Ostiumdarstellung überprüfte, zeigte sich, dass die LCA-Projektionen in 46% und die RCA-Projektionen in 55% zwar auf der LoP lagen und damit

die Kriterien für eine optimale Darstellung erfüllten, jedoch durch die Kardiologen nicht als solche gewertet wurden.

Dies zeigt, dass es bei der Auswahl ostialer Projektionen zu Fehleinschätzung kommen kann, die zu einer Stent-Fehlpositionierung führen kann.<sup>22,23</sup>.

Die Bestimmung der Line of Perpendicularity könnte sicherlich dabei helfen, die geeigneten Projektionen während einer Herzkatheteruntersuchung auszuwählen und auf die interindividuellen Verhältnisse der Koronaranatomie beim Patienten einzugehen.

#### **4. Lassen sich die ostialen Koronarsegmente durch die in der Literatur empfohlenen Standardprojektionen adäquat darstellen?**

Die Erstellung der Line of Perpendicularity hat gezeigt, dass die Koronarostiumanatomie eine erhebliche interindividuelle Variationsbreite aufweist. Dies erklärt, dass die in der Literatur empfohlenen Standardprojektionen nur bei einem Teil der Patienten eine optimale Darstellung der ostialen Koronarsegmente ermöglichen. Die Bestimmung der Line of Perpendicularity kann die Wahl optimaler Projektionen unter Berücksichtigung der anatomischen Variationen deutlich erleichtern.

#### 4.2 Mögliche Zukunftsperspektiven

Die CT-basierte Berechnung der Line of Perpendicularity ist geeignet, um die Auswahl geeigneter Projektionen zu erleichtern und könnte so zur verbesserten Stent-Positionierung bei der Behandlung ostialer Koronarstenosen beitragen.



## 5 Zusammenfassung

### **Beurteilbarkeit ostialer Gefäßabschnitte in der diagnostischen Koronarangiographie – Ein Vergleich der Angiographie mit der Computertomographie.**

Im Rahmen dieser Studie haben wir untersucht, ob die bei der diagnostischen Koronarangiographie gewählten Projektionen eine adäquate Darstellung der ostialen Gefäßabschnitte ermöglichen. Hierzu wurde im Rahmen einer retrospektiven Studie ein Patientenkollektiv von 54 Probanden eingeschlossen, bei denen sowohl ein Kardio-CT als auch eine diagnostische Herzkatheteruntersuchung durchgeführt worden war. Mithilfe des Kardio-CTs wurde die Line of Perpendicularity (LoP) der ostialen Koronargefäßabschnitte der LCA und der RCA ermittelt. Hieraus können die optimalen Angulationen für die angiographische Darstellung der ostialen Gefäßabschnitte abgeleitet werden. Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob die während der diagnostischen Koronarangiographie gewählten Projektionen auf dieser LoP (mit einer Divergenz von  $\pm 10^\circ$ ) lagen. Zusätzlich haben wir untersucht, ob interventionell erfahrenen Kardiologen in der Lage sind, die Koronarangiographie im Hinblick auf die Qualität der Darstellung des Ostiums zu beurteilen. Ferner wurde verglichen, ob die in der Literatur empfohlenen Standardprojektionen eine optimale Darstellung der ostialen Segmente erlauben.

Bei 81% aller Patienten wurde der ostiumnahe Abschnitt der linken Koronararterie unverkürzt dargestellt, wohingegen die Darstellung der rechten Koronararterie nur bei 44% der Patienten adäquat war.

Der Vergleich der LoP zeigte, dass es große interindividuelle Unterschiede der Koronarostiumanatomie gibt. Daraus kann abgeleitet werden, dass mit sog. „Standardprojektionen“ nur bei einem Teil der Patienten eine optimale und somit unverkürzte Darstellung der ostialen Koronarsegmente möglich wird. Bei einem beträchtlichen Anteil der Patienten muss man diese Projektionen variieren, um das Ostium bestmöglich darzustellen.

Eine CT-basierte Bestimmung der Line of Perpendicularity kann dazu beitragen, die geeigneten Projektionen während einer Herzkatheteruntersuchung einzustellen und so die interindividuellen Verhältnisse der Koronaranatomie zu berücksichtigen. Welchen klinischen Stellenwert die Methode hat, sollte in einer prospektiven Folgestudie untersucht werden.

**Schlussfolgerung: Vor einer Herzkatheteruntersuchung werden zunehmend häufiger Kardio-CTs durchgeführt. In diesen Fällen sollten die Informationen des CTs zur Planung des invasiven Eingriffs genutzt werden. So kann die auf Basis des CTs ermittelte LoP der Koronarostien dazu beitragen, dass diese Gefäßabschnitte bei der Koronarangiographie unverkürzt dargestellt werden. Bei Vorliegen einer ostialen Stenose kann die PCI in optimaler Projektion und mit bestmöglichem Ergebnis durchgeführt werden.**

## 6 Literaturverzeichnis

1. *Health at a Glance: Europe 2018 (Summary in Maltese)*. (2018).  
doi:10.1787/f222b050-mt
2. Gößwald, A., Schienkiewitz, A., Nowossadeck, E. & Busch, M. A. Prävalenz von Herzinfarkt und koronarer Herzkrankheit bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland: Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforsch. - Gesundheitsschutz* **56**, 650–655 (2013).
3. Knuuti, J. *et al.* 2019 ESC guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur. Heart J.* **41**, 407–477 (2020).
4. Bundesärztekammer (BÄK) & Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Nationale VersorgungsLeitlinie Chronische KHK – Langfassung (2. Auflage). (2013).
5. Hamm, C. W. *et al.* Diagnostische herzkatheteruntersuchung. *Clin. Res. Cardiol.* **97**, 475–512 (2008).
6. Bonzel, T. & Hamm, C. W. *Leitfaden Herzkatheter. Papier* (2009).  
doi:10.1007/978-3-7985-1881-0
7. Topol, E. J. & Nissen, S. E. Our Preoccupation With Coronary Luminology. *Circulation* **92**, 2333–2342 (1995).
8. Sun, Z., Lin, C. H., Davidson, R., Dong, C. & Liao, Y. Diagnostic value of 64-slice CT angiography in coronary artery disease: A systematic review. *Eur. J. Radiol.* **67**, 78–84 (2008).
9. Knuuti, J. *et al.* The performance of non-invasive tests to rule-in and rule-out significant coronary artery stenosis in patients with stable angina: a meta-analysis focused on post-test disease probability. *Eur. Heart J.* **39**, 3322–3330 (2018).

10. Budoff, M. J. *et al.* Diagnostic Performance of 64-Multidetector Row Coronary Computed Tomographic Angiography for Evaluation of Coronary Artery Stenosis in Individuals Without Known Coronary Artery Disease. Results From the Prospective Multicenter ACCURACY (Assessment by Coro. *J. Am. Coll. Cardiol.* **52**, 1724–1732 (2008).
11. Alkadhi, H., Leschka, S., Marincek, B., Flohr, T. *Praxisbuch Herz-CT.* (Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2009). doi:10.1007/978-3-540-88957-1
12. Holzamer, A. *et al.* Multislice computed tomography-based prediction of the implantation plane in transcatheter aortic valve implantation: Determination of the line of perpendicularity and the implanter's views. *Eur. J. Cardio-thoracic Surg.* **48**, 879–886 (2015).
13. Delgado, V. *et al.* Transcatheter aortic valve implantation: Role of multi-detector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *Eur. Heart J.* **31**, 1114–1123 (2010).
14. Blanke, P., Schoepf, U. J. & Leipsic, J. A. CT in Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Radiology* **269**, 650–669 (2013).
15. Binder, R. K. *et al.* The impact of integration of a multidetector computed tomography annulus area sizing algorithm on outcomes of transcatheter aortic valve replacement: A prospective, multicenter, controlled trial. *J. Am. Coll. Cardiol.* **62**, 431–438 (2013).
16. Samim, M. *et al.* Automated 3D analysis of pre-procedural MDCT to predict annulus plane angulation and C-arm positioning: Benefit on procedural outcome in patients referred for TAVR. *JACC Cardiovasc. Imaging* **6**, 238–248 (2013).
17. Gurvitch, R. *et al.* Multislice Computed Tomography for Prediction of Optimal Angiographic Deployment Projections During Transcatheter Aortic Valve Implantation. *JACC Cardiovasc. Interv.* **3**, 1157–1165 (2010).
18. Veulemans, V. *et al.* Optimal C-arm angulation during transcatheter aortic valve replacement: Accuracy of a rotational C-arm computed tomography based three dimensional heart model. *World J. Cardiol.* **8**, 606 (2016).

19. Tzikas, A., Schultz, C., Van Mieghem, N. M., De Jaegere, P. P. T. & Serruys, P. W. Optimal projection estimation for transcatheter aortic valve implantation based on contrast-aortography: Validation of a prototype software. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* **76**, 602–607 (2010).
20. Lapp, H. *Das Herzkatheterbuch*. (Thieme Verlagsgruppe, 2019). doi:10.1055/b-006-160381
21. Jaffe, R., Halon, D. A., Shiran, A. & Rubinshtein, R. Percutaneous treatment of aorto-ostial coronary lesions: Current challenges and future directions. *Int. J. Cardiol.* **186**, 61–66 (2015).
22. Rubinshtein, R. *et al.* Geographic miss with aorto-ostial coronary stent implantation: Insights from high-resolution coronary computed tomography angiography. *EuroIntervention* **11**, 301–307 (2015).
23. Dishmon, D. A., Elhaddi, A., Packard, K., Gupta, V. & Fischell, T. A. High incidence of inaccurate stent placement in the treatment of coronary aorto-ostial disease. *J. Invasive Cardiol.* **23**, 322–326 (2011).
24. Aviram, G. *et al.* Coronary ostium - Straight tube or funnel-shaped? A computerized tomographic coronary angiography study. *Acute Card. Care* **8**, 224–228 (2006).
25. Ko, E. *et al.* Sirolimus-eluting stent implantation for ostial right coronary artery lesions: Five-year outcomes from the j-Cypher registry. *Cardiovasc. Interv. Ther.* **29**, 200–208 (2014).
26. Gabriel, P. Experimentelle Studie zum Vergleich der Bildqualität von axialen Schnittbildern und multiplanaren Reformationen der Computertomographie anhand von Wirbelkörperpräparaten. (2009).
27. Hilgers, Ralf-Dieter; Schreiber, Viktor; Bauer, P. *Einführung in die Medizinische Statistik*. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007). doi:<https://doi.org/10.1007/978-3-540-33944-1>

28. Lau, D. *Algebra und Diskrete Mathematik 1*. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011). doi:10.1007/978-3-642-19443-6
29. Fischer, G. *Lineare Algebra*. (Springer Spektrum, 2014). doi:10.1007/978-3-658-03945-5
30. Hess, Otto Martin; Simon, R. W. R. *Herzkatheter*. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2000). doi:10.1007/978-3-642-56967-8
31. Di Mario, C. & Sutaria, N. Coronary angiography in the angioplasty era: Projections with a meaning. *Heart* **91**, 968–976 (2005).
32. *The Interventional Cardiology Training Manual*. (Springer, Cham, 2018). doi:https://doi.org/10.1007/978-3-319-71635-0
33. Levine, G. N. *Cardiology Secrets E-Book*. (Elsevier Health Sciences, 2017).
34. Kacharava, Andro G.; Clements, Stephen D.; Zafari, A. M. *Pocket Guide to Diagnostic Cardiac Catheterization*. (Cardiotext Publishing, 2015).
35. Räber, L. *et al.* Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: Guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *EuroIntervention* **14**, 656–677 (2018).
36. Koganti, S., Kotecha, T. & Rakhit, R. D. Choice of intracoronary imaging: When to use intravascular ultrasound or optical coherence tomography. *Interv. Cardiol. Rev.* **11**, 11–16 (2016).
37. Wöhrle, J. & Markovic, S. Perkutane koronare Intervention ostialer Läsionen. *Herz* **41**, 579–584 (2016).
38. Pesenti-Rossi, D. *et al.* Coronary aorto-ostial stenosis analysed by multislice computed tomography: A new tool for percutaneous coronary intervention? *EuroIntervention* **6**, 717–721 (2011).
39. Leber, A. W. *et al.* Accuracy of 64-slice computed tomography to classify and quantify plaque volumes in the proximal coronary system: A comparative study using intravascular ultrasound. *J. Am. Coll. Cardiol.* **47**, 672–677 (2006).

40. Alkadhi, H. *et al.* Dual-source computed tomography coronary angiography: Influence of obesity, calcium load, and heart rate on diagnostic accuracy. *Eur. Heart J.* **29**, 766–776 (2008).
41. Brodoefel, H. *et al.* Dual-source CT: Effect of heart rate, heart rate variability, and calcification on image quality and diagnostic accuracy. *Radiology* **247**, 346–355 (2008).
42. Taniwaki, M. *et al.* Mechanisms of very late drug-eluting stent thrombosis assessed by optical coherence tomography. *Circulation* **133**, 650–660 (2016).
43. Green, N. E. *et al.* Angiographic views used for percutaneous coronary interventions: A three-dimensional analysis of physician-determined vs. computer-generated views. *Catheter. Cardiovasc. Interv.* **64**, 451–459 (2005).
44. Gibson, C. M. *et al.* Angiographic methods to assess human coronary angiogenesis. *Am. Heart J.* **137**, 169–179 (1999).
45. Kuon, E. *et al.* Identification of less-irradiating tube angulations in invasive cardiology. *J. Am. Coll. Cardiol.* **44**, 1420–1428 (2004).

## APPENDIX

### I Abkürzungsverzeichnis

AP = anterior-posterior

CAUD = caudal

CCTA = Cardio CT Angiographie

CRAN = cranial

CT = Computertomographie

ESC = European society of cardiology

FFR = fraktionelle Flussreserve

HK = Herzkatheteruntersuchung

IVUS = Intravaskulärer Ultraschall

iwFR = instantaneous wave-free ratio

KHK = Koronare Herzkrankheit

KM = Kontrastmittel

LAO = left anterior oblique

LCA = left coronary artery

LoP = Line of Perpendicularity

MPR= multiplanare Reformation

OCT = optical coherence tomography

PCI = perkutane coronare Intervention

RAO = right anterior oblique

RCA = right coronary artery

TAVI = transcatheter aortic valve implantation



## II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einstellung des rechten ostialen Gefäßabschnittes mithilfe multiplanarer Reformation (MPR) der Herz-CT Aufnahmen.....	- 6 -
Abbildung 2: Im Koordinatensystem dargestellte LoPs der ostialen Segmente der RCA und LCA von RAO 90° bis LAO 90° mit entsprechenden CT-Schnitten.....	- 7 -
Abbildung 3: Patient 002, Darstellung der Herzkatheter-Projektionen im Koordinatensystem.....	- 8 -
Abbildung 4: Die LoPs des rechten und linken ostialen Segments bestimmt von Untersucher 1 (blaue Kurve für LCA, gelbe Kurve für RCA) und Untersucher 2 (rote Kurve für LCA, braune Kurve für RCA) sowie die berechneten Mittelwert-LoPs (graue Kurve für LCA, grüne Kurve für RCA). Die während der Koronarangiographie gewählten Herzkatheter-Angulationen (violett für LCA, orange für RCA) sind im gleichen Koordinatensystem eingezeichnet.....	- 10 -
Abbildung 5: Darstellung der Mittelwert - LoPs des linken ostialen Segments im kartesischen Koordinatensystem.....	- 16 -
Abbildung 6: Visuelle Beurteilung der ostialen Segmente der LCA.....	- 24 -
Abbildung 7: Visuelle Beurteilung der ostialen RCA-Segmente.....	- 25 -
Abbildung 8: Vergleich zwischen den beiden Methoden bei der linken Herzkranzarterie.....	- 26 -
Abbildung 9: Vergleich der beiden Methoden bei der rechten Herzkranzarterie .....	- 27 -
Abbildung 10: Auswertung der als „unverkürzt“ eingestuften HK-Projektionen im Vergleich mit der LoP des linken Ostialsegments.....	- 28 -
Abbildung 11: Auswertung der als „unverkürzt“ eingestuften HK-Projektionen im Vergleich mit der LoP des rechten Ostialsegments.....	- 29 -

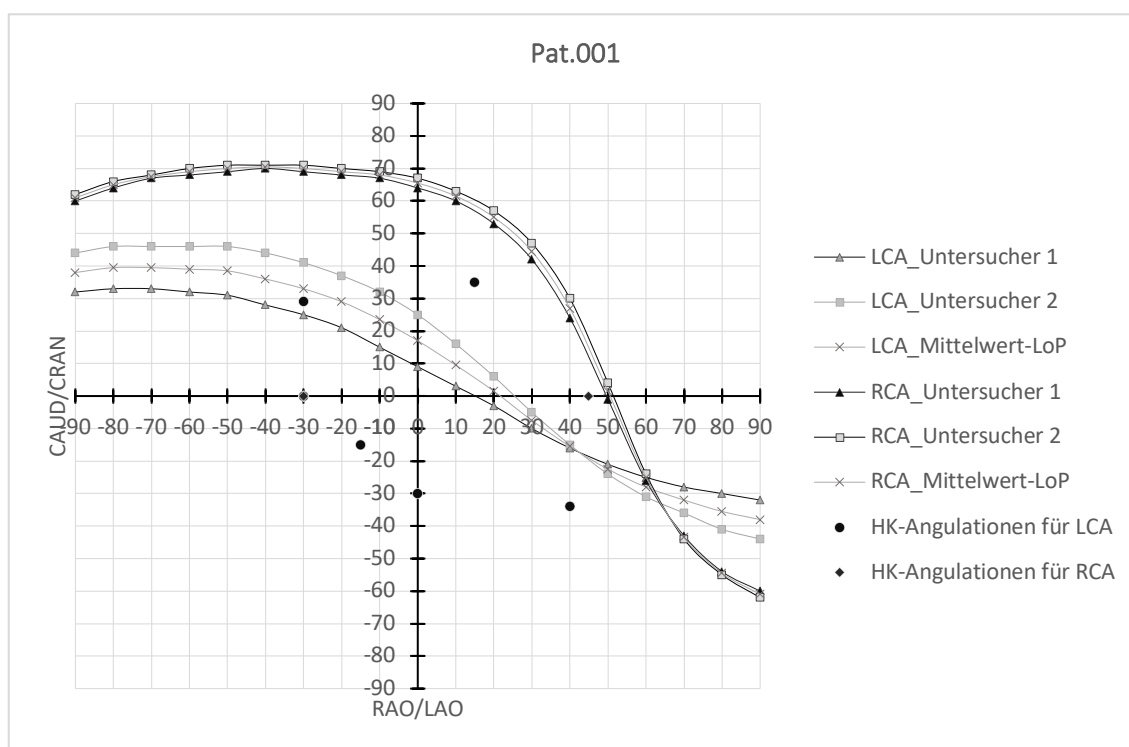
Abbildung 12: Anzahl der Fälle bei caudal 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 31 -
Abbildung 13: Anzahl der Fälle bei caudal 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 32 -
Abbildung 14: Anzahl der Fälle bei caudal 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 33 -
Abbildung 15: Anzahl der Fälle bei 0° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 34 -
Abbildung 16: Anzahl der Fälle bei cranial 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 35 -
Abbildung 17: Anzahl der Fälle bei cranial 20° in Abhängigkeit von LAO/RA.....	- 36 -
Abbildung 18: Anzahl der Fälle bei cranial 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 37 -
Abbildung 19: Anzahl der Fälle bei caudal 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 39 -
Abbildung 20: Anzahl der Fälle bei caudal 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 40 -
Abbildung 21: Anzahl der Fälle bei caudal 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 41 -
Abbildung 22: Anzahl der Fälle bei 0° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 42 -
Abbildung 23: Anzahl der Fälle bei cranial 10° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 43 -
Abbildung 24: Anzahl der Fälle bei cranial 20° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 44 -
Abbildung 25: Anzahl der Fälle bei cranial 30° in Abhängigkeit von LAO/RAO.....	- 45 -
Abbildung 26: Darstellung aller Mittelwert-LoPs des rechten ostialen Koronarsegments.....	- 54 -

### III Tabellenverzeichnis

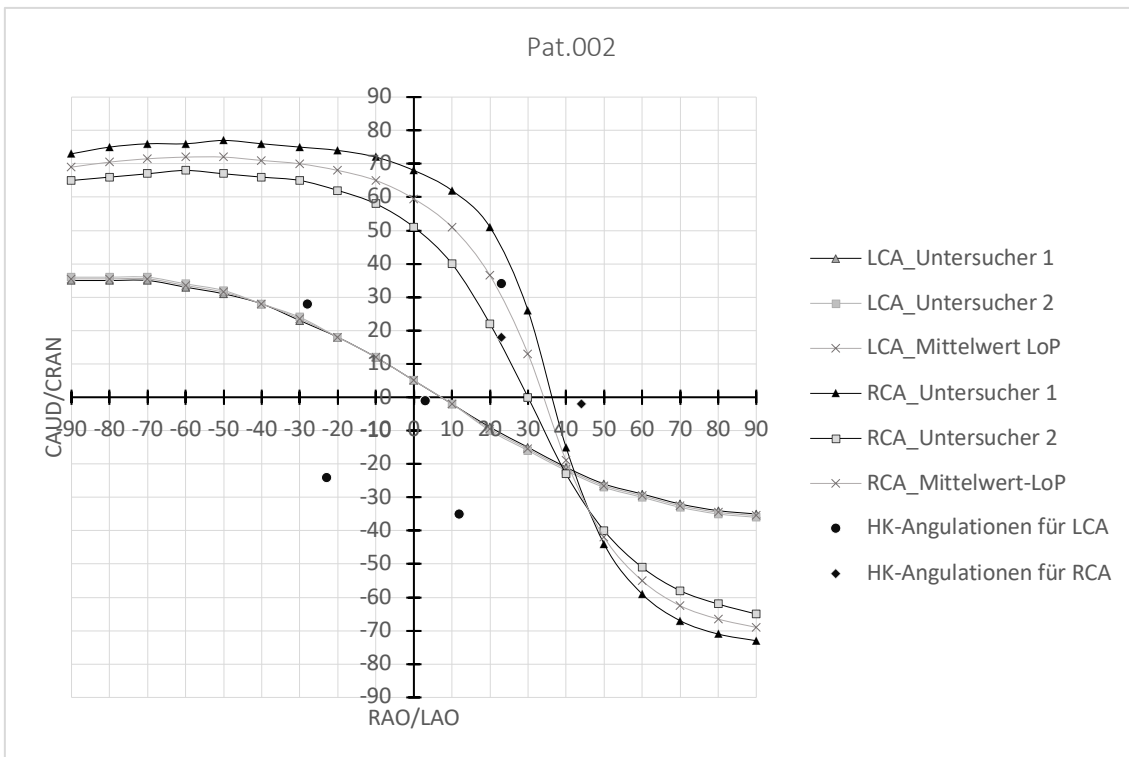
Tabelle 1: von LAO 90° bis RAO 90° ermittelte korrespondierende Angulationen des linken ostialen Koronarabschnittes, sowie die errechnete Mittelwert-LoP.....	-11-
Tabelle 2: in der Literatur empfohlene Projektionen für das linke Ostium und den Hauptstamm.....	-21-
Tabelle 3: in der Literatur empfohlene Projektionen für das rechte Ostium und die proximale RCA.....	-22-
Tabelle 4: Abweichungsabstände aller Herzkatheterprojektionen der LCA auf „LoP“ liegend (+/-10°).....	-25-
Tabelle 5: Abweichungsabstände aller Herzkatheterprojektionen der RCA auf LoP liegend (+/-10°).....	-26-
Tabelle 6: Beurteilung der gewählten angiographischen Projektionen im Hinblick auf die Verkürzung des LCA Ostiums durch zwei interventionelle Kardiologen .....	-27-
Tabelle 7: Beurteilung der gewählten angiographischen Projektionen im Hinblick auf die Verkürzung des RCA Ostiums durch zwei interventionelle Kardiologen.....	-28-
Tabelle 8: Anzahl der ausgewerteten Fälle bzw. Patienten durch interventionell erfahrene Kardiologen.....	-31-
Tabelle 9: Anzahl der ausgewerteten Fälle bzw. Patienten durch interventionell erfahrene Kardiologen.....	-32-
Tabelle 10: Anzahl der Fälle von caudal 30° bis cranial 30° in Abhängigkeit von RAO bzw. LAO.....	-34-
Tabelle 11: Anzahl der Fälle von caudal 30° bis cranial 30° in Abhängigkeit von RAO bzw. LAO.....	-42-
Tabelle 12: ermittelte LAO/RAO-Werte des LCA-Ostiums mithilfe von Mittelwert-LoP's in Abhängigkeit von caudal 30° bis cranial 30°. Die negativen Werte entsprechen RAO, die positiven Werte entsprechen LAO .....	-52-
Tabelle 13: ermittelte LAO/RAO-Werte des RCA-Ostiums mithilfe von Mittelwert-LoP's in Abhängigkeit von caudal 30° bis cranial 30°. Die negativen Werte entsprechen RAO, die positiven Werte entsprechen LAO.....	-55-

## IV Anhang

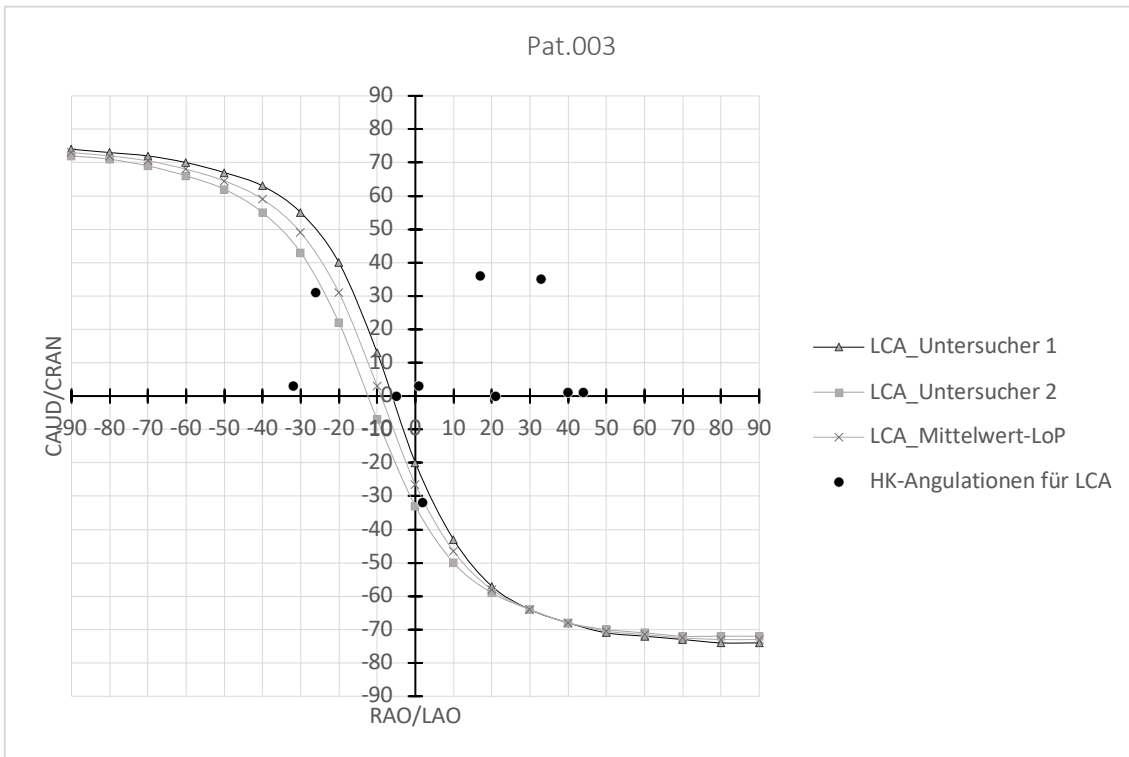
		Patient 001				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-32	-60	-44	-62	-38	-61
80	-30	-54	-41	-55	-35,5	-54,5
70	-28	-43	-36	-44	-32	-43,5
60	-25	-26	-31	-24	-28	-25
50	-21	-1	-24	4	-22,5	1,5
40	-16	24	-15	30	-15,5	27
30	-10	42	-5	47	-7,5	44,5
20	-3	53	6	57	1,5	55
10	3	60	16	63	9,5	61,5
0	9	64	25	67	17	65,5
-10	15	67	32	69	23,5	68
-20	21	68	37	70	29	69
-30	25	69	41	71	33	70
-40	28	70	44	71	36	70,5
-50	31	69	46	71	38,5	70
-60	32	68	46	70	39	69
-70	33	67	46	68	39,5	67,5
-80	33	64	46	66	39,5	65
-90	32	60	44	62	38	61



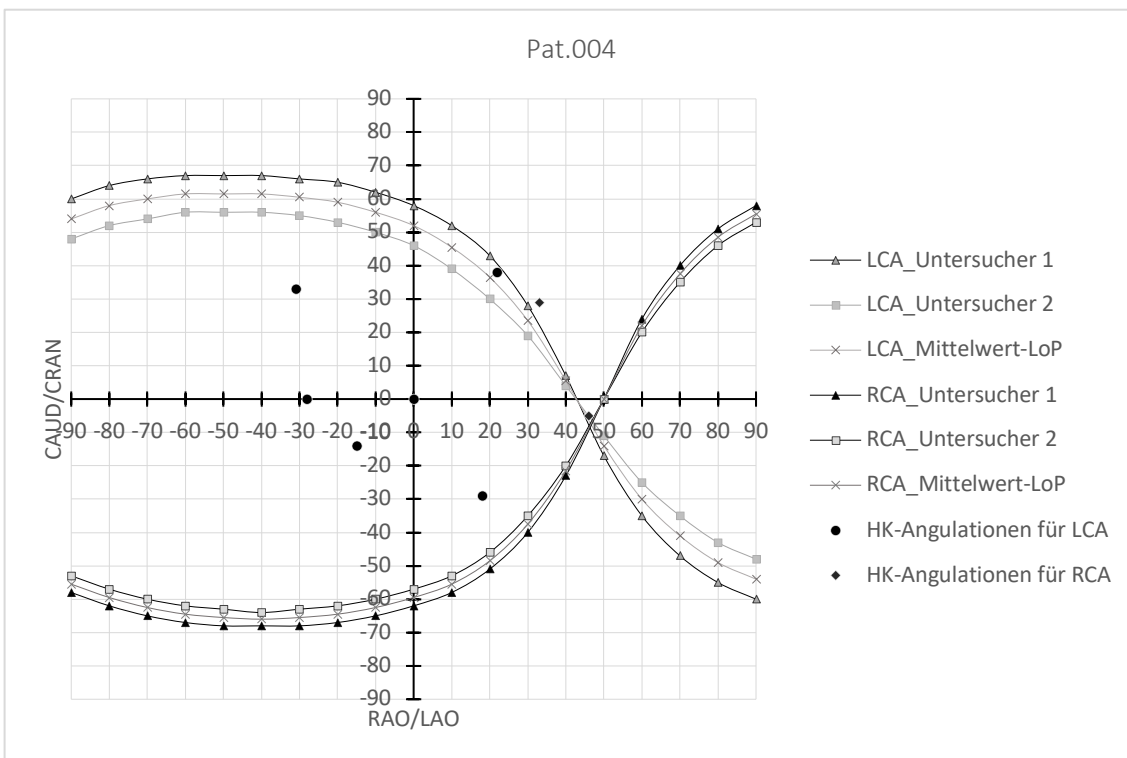
		Patient 002				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-35	-73	-36	-65	-35,5	-69
80	-34	-71	-35	-62	-34,5	-66,5
70	-32	-67	-33	-58	-32,5	-62,5
60	-29	-59	-30	-51	-29,5	-55
50	-26	-44	-27	-40	-26,5	-42
40	-21	-15	-22	-23	-21,5	-19
30	-15	26	-16	0	-15,5	13
20	-9	51	-10	22	-9,5	36,5
10	-2	62	-2	40	-2	51
0	5	68	5	51	5	59,5
-10	12	72	12	58	12	65
-20	18	74	18	62	18	68
-30	23	75	24	65	23,5	70
-40	28	76	28	66	28	71
-50	31	77	32	67	31,5	72
-60	33	76	34	68	33,5	72
-70	35	76	36	67	35,5	71,5
-80	35	75	36	66	35,5	70,5
-90	35	73	36	65	35,5	69



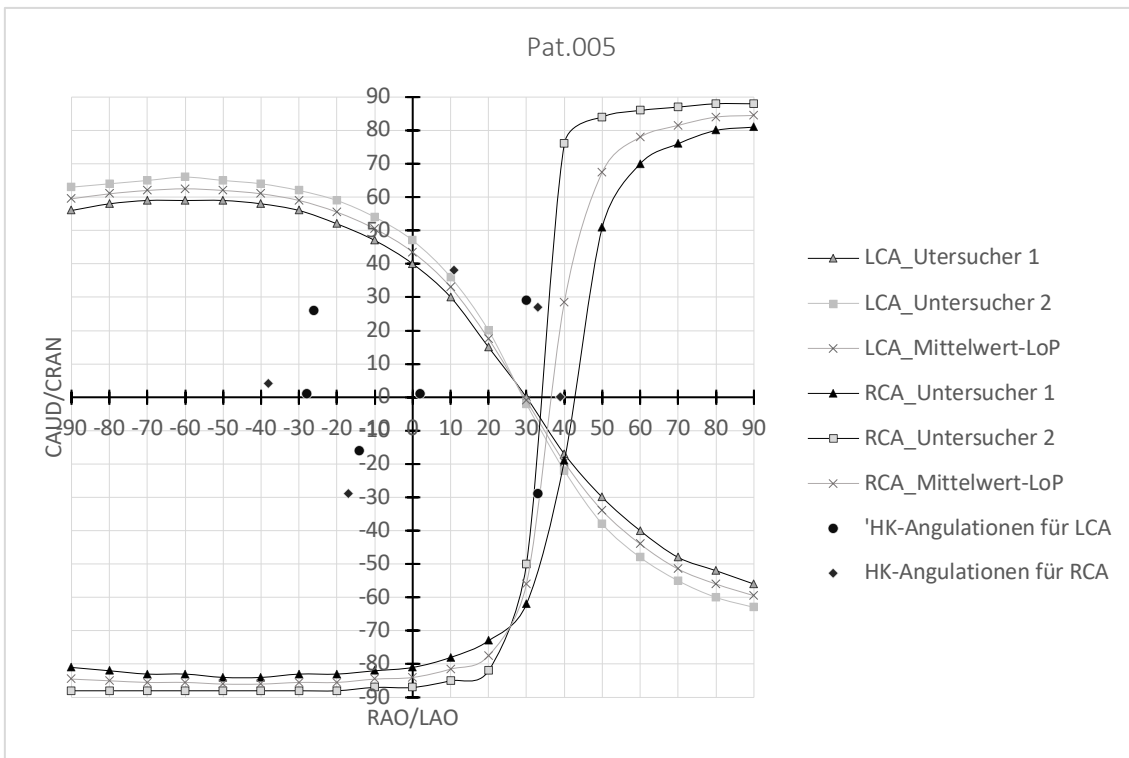
		Patient 003				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-74	85	-72	86	-73	85,5
80	-74	83	-72	84	-73	83,5
70	-73	78	-72	68	-72,5	73
60	-72	51	-71	-77	-71,5	-13
50	-71	-64	-70	-85	-70,5	-74,5
40	-68	-80	-68	-87	-68	-83,5
30	-64	-83	-64	-88	-64	-85,5
20	-57	-85	-59	-88	-58	-86,5
10	-43	-86	-50	-88	-46,5	-87
0	-20	-86	-33	-88	-26,5	-87
-10	13	-87	-7	-89	3	-88
-20	40	-87	22	-89	31	-88
-30	55	-87	43	-89	49	-88
-40	63	-87	55	-88	59	-87,5
-50	67	-87	62	-88	64,5	-87,5
-60	70	-87	66	-88	68	-87,5
-70	72	-86	69	-88	70,5	-87
-80	73	-86	71	-87	72	-86,5
-90	74	-85	72	-86	73	-85,5



Patient 004						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-60	58	-48	53	-54	55,5
80	-55	51	-43	46	-49	48,5
70	-47	40	-35	35	-41	37,5
60	-35	24	-25	20	-30	22
50	-17	0	-11	0	-14	0
40	7	-23	4	-20	5,5	-21,5
30	28	-40	19	-35	23,5	-37,5
20	43	-51	30	-46	36,5	-48,5
10	52	-58	39	-53	45,5	-55,5
0	58	-62	46	-57	52	-59,5
-10	62	-65	50	-60	56	-62,5
-20	65	-67	53	-62	59	-64,5
-30	66	-68	55	-63	60,5	-65,5
-40	67	-68	56	-64	61,5	-66
-50	67	-68	56	-63	61,5	-65,5
-60	67	-67	56	-62	61,5	-64,5
-70	66	-65	54	-60	60	-62,5
-80	64	-62	52	-57	58	-59,5
-90	60	-58	48	-53	54	-55,5

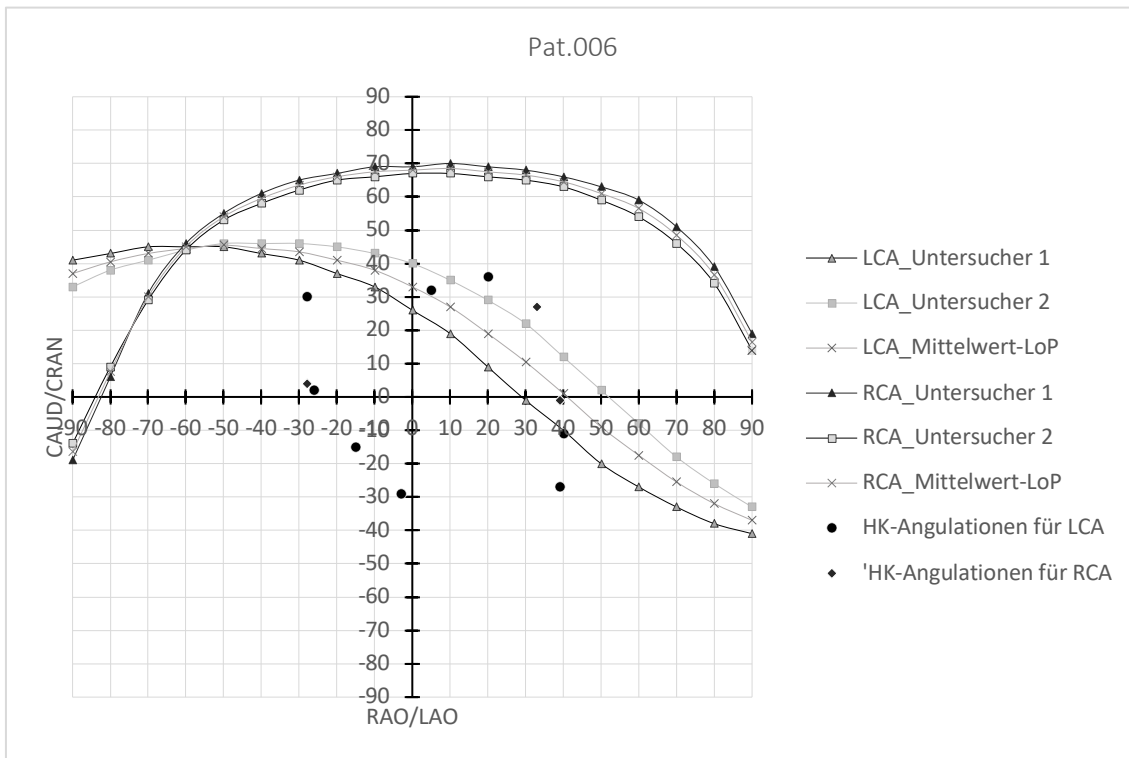


		Patient 005				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-56	81	-63	88	-59,5	84,5
80	-52	80	-60	88	-56	84
70	-48	76	-55	87	-51,5	81,5
60	-40	70	-48	86	-44	78
50	-30	51	-38	84	-34	67,5
40	-17	-19	-22	76	-19,5	28,5
30	0	-62	-2	-50	-1	-56
20	15	-73	20	-82	17,5	-77,5
10	30	-78	36	-85	33	-81,5
0	40	-81	47	-87	43,5	-84
-10	47	-82	54	-87	50,5	-84,5
-20	52	-83	59	-88	55,5	-85,5
-30	56	-83	62	-88	59	-85,5
-40	58	-84	64	-88	61	-86
-50	59	-84	65	-88	62	-86
-60	59	-83	66	-88	62,5	-85,5
-70	59	-83	65	-88	62	-85,5
-80	58	-82	64	-88	61	-85
-90	56	-81	63	-88	59,5	-84,5

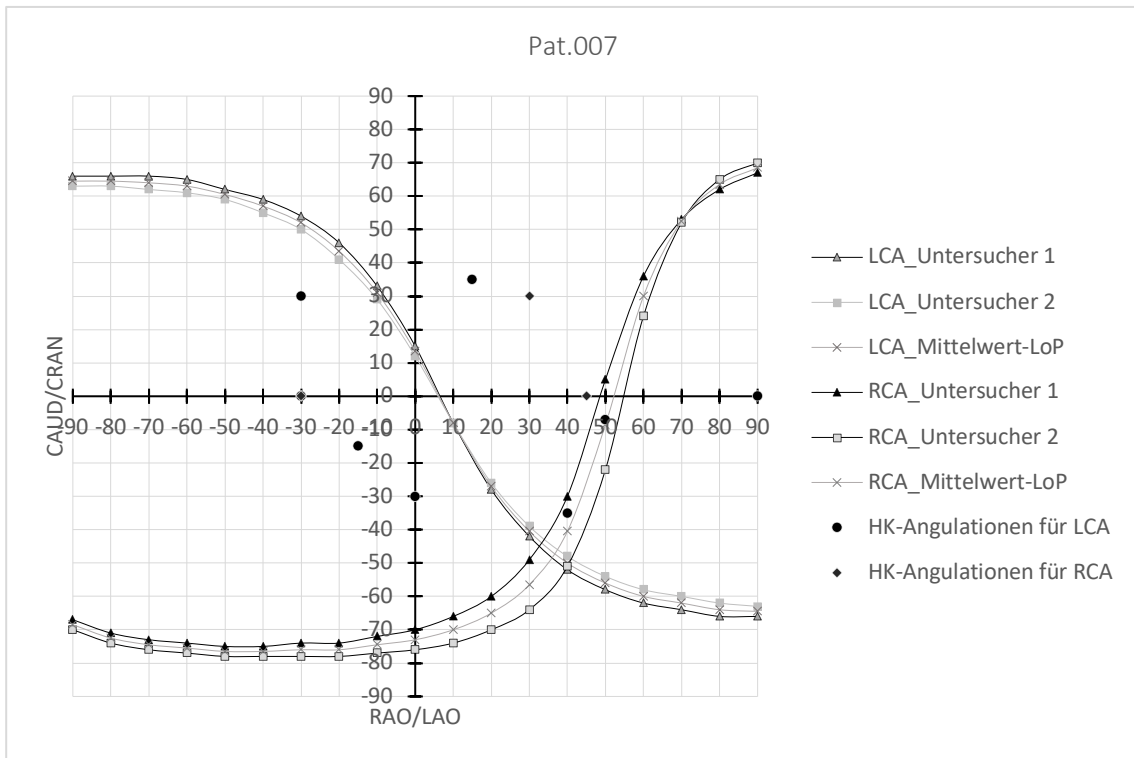




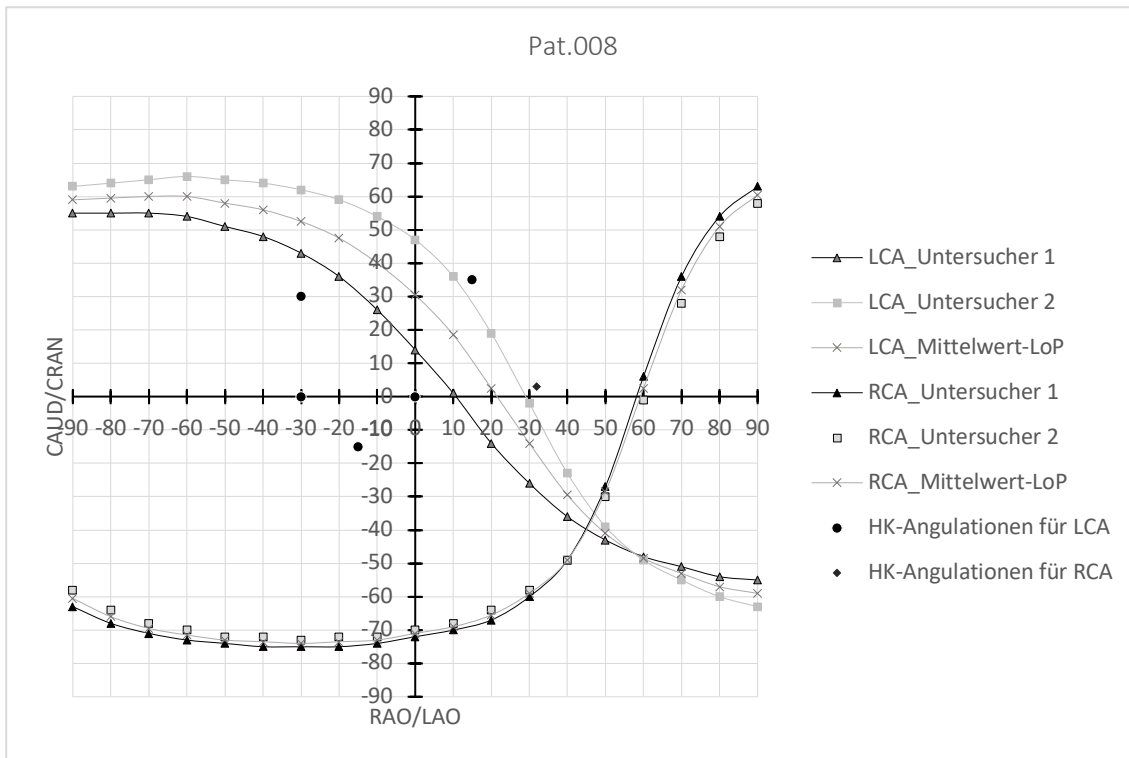
		Patient 006				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-41	19	-33	14	-37	16,5
80	-38	39	-26	34	-32	36,5
70	-33	51	-18	46	-25,5	48,5
60	-27	59	-8	54	-17,5	56,5
50	-20	63	2	59	-9	61
40	-10	66	12	63	1	64,5
30	-1	68	22	65	10,5	66,5
20	9	69	29	66	19	67,5
10	19	70	35	67	27	68,5
0	26	69	40	67	33	68
-10	33	69	43	66	38	67,5
-20	37	67	45	65	41	66
-30	41	65	46	62	43,5	63,5
-40	43	61	46	58	44,5	59,5
-50	45	55	46	53	45,5	54
-60	45	46	44	44	44,5	45
-70	45	31	41	29	43	30
-80	43	6	38	9	40,5	7,5
-90	41	-19	33	-14	37	-16,5



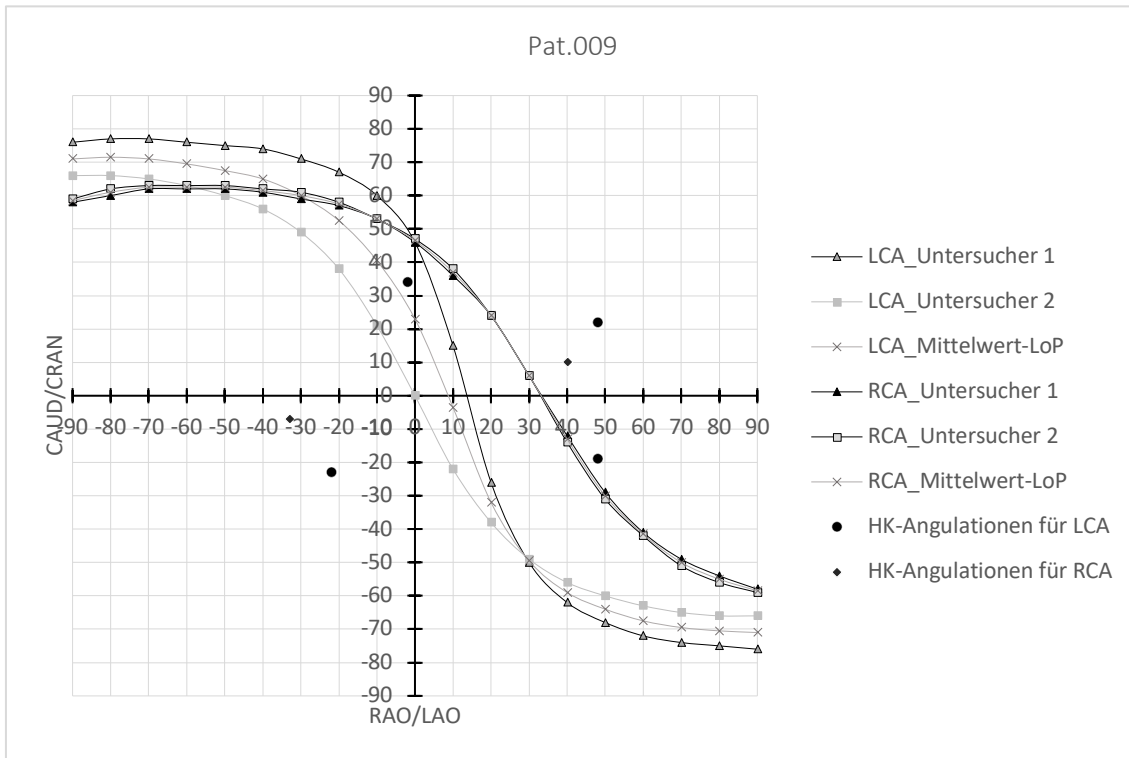
Patient 007						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-66	67	-63	70	-64,5	68,5
80	-66	62	-62	65	-64	63,5
70	-64	53	-60	52	-62	52,5
60	-62	36	-58	24	-60	30
50	-58	5	-54	-22	-56	-8,5
40	-52	-30	-48	-51	-50	-40,5
30	-42	-49	-39	-64	-40,5	-56,5
20	-28	-60	-26	-70	-27	-65
10	-8	-66	-8	-74	-8	-70
0	15	-70	12	-76	13,5	-73
-10	33	-72	29	-77	31	-74,5
-20	46	-74	41	-78	43,5	-76
-30	54	-74	50	-78	52	-76
-40	59	-75	55	-78	57	-76,5
-50	62	-75	59	-78	60,5	-76,5
-60	65	-74	61	-77	63	-75,5
-70	66	-73	62	-76	64	-74,5
-80	66	-71	63	-74	64,5	-72,5
-90	66	-67	63	-70	64,5	-68,5



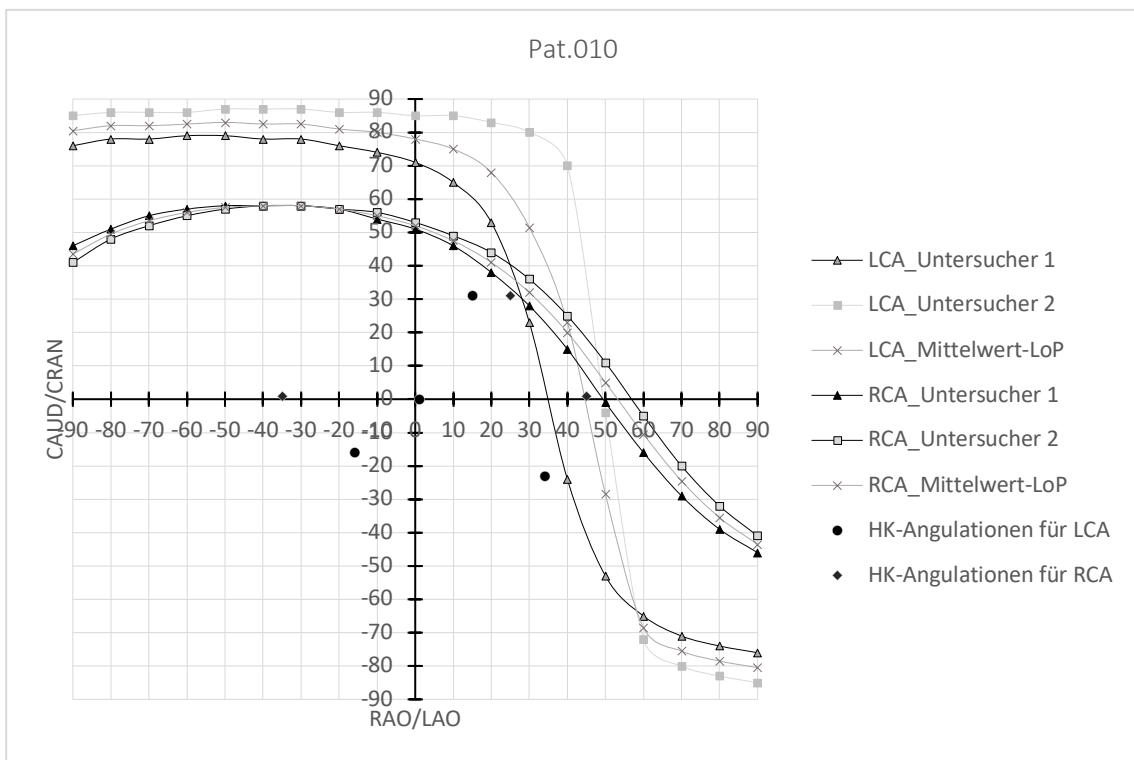
Patient 008						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-55	63	-63	58	-59	60,5
80	-54	54	-60	48	-57	51
70	-51	36	-55	28	-53	32
60	-48	6	-49	-1	-48,5	2,5
50	-43	-27	-39	-30	-41	-28,5
40	-36	-49	-23	-49	-29,5	-49
30	-26	-60	-2	-58	-14	-59
20	-14	-67	19	-64	2,5	-65,5
10	1	-70	36	-68	18,5	-69
0	14	-72	47	-70	30,5	-71
-10	26	-74	54	-72	40	-73
-20	36	-75	59	-72	47,5	-73,5
-30	43	-75	62	-73	52,5	-74
-40	48	-75	64	-72	56	-73,5
-50	51	-74	65	-72	58	-73
-60	54	-73	66	-70	60	-71,5
-70	55	-71	65	-68	60	-69,5
-80	55	-68	64	-64	59,5	-66
-90	55	-63	63	-58	59	-60,5



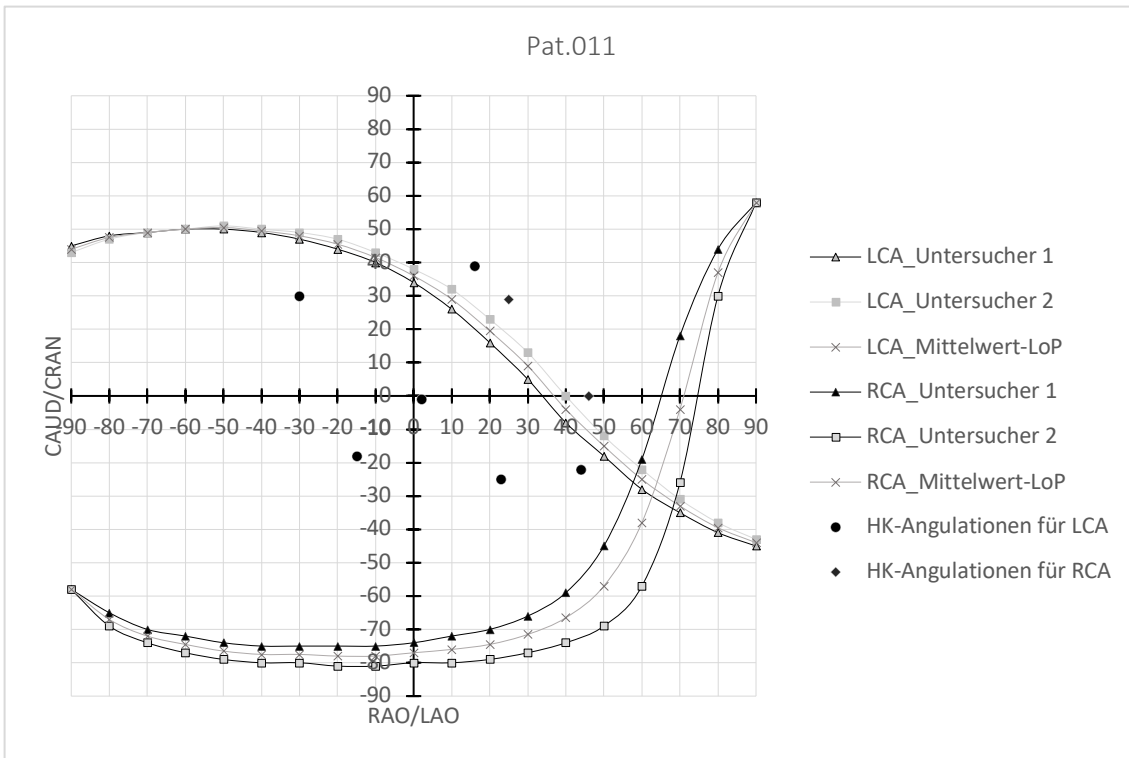
		Patient 009				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-76	-58	-66	-59	-71	-58,5
80	-75	-54	-66	-56	-70,5	-55
70	-74	-49	-65	-51	-69,5	-50
60	-72	-41	-63	-42	-67,5	-41,5
50	-68	-29	-60	-31	-64	-30
40	-62	-12	-56	-14	-59	-13
30	-50	6	-49	6	-49,5	6
20	-26	24	-38	24	-32	24
10	15	36	-22	38	-3,5	37
0	46	46	0	47	23	46,5
-10	60	53	21	53	40,5	53
-20	67	57	38	58	52,5	57,5
-30	71	59	49	61	60	60
-40	74	61	56	62	65	61,5
-50	75	62	60	63	67,5	62,5
-60	76	62	63	63	69,5	62,5
-70	77	62	65	63	71	62,5
-80	77	60	66	62	71,5	61
-90	76	58	66	59	71	58,5



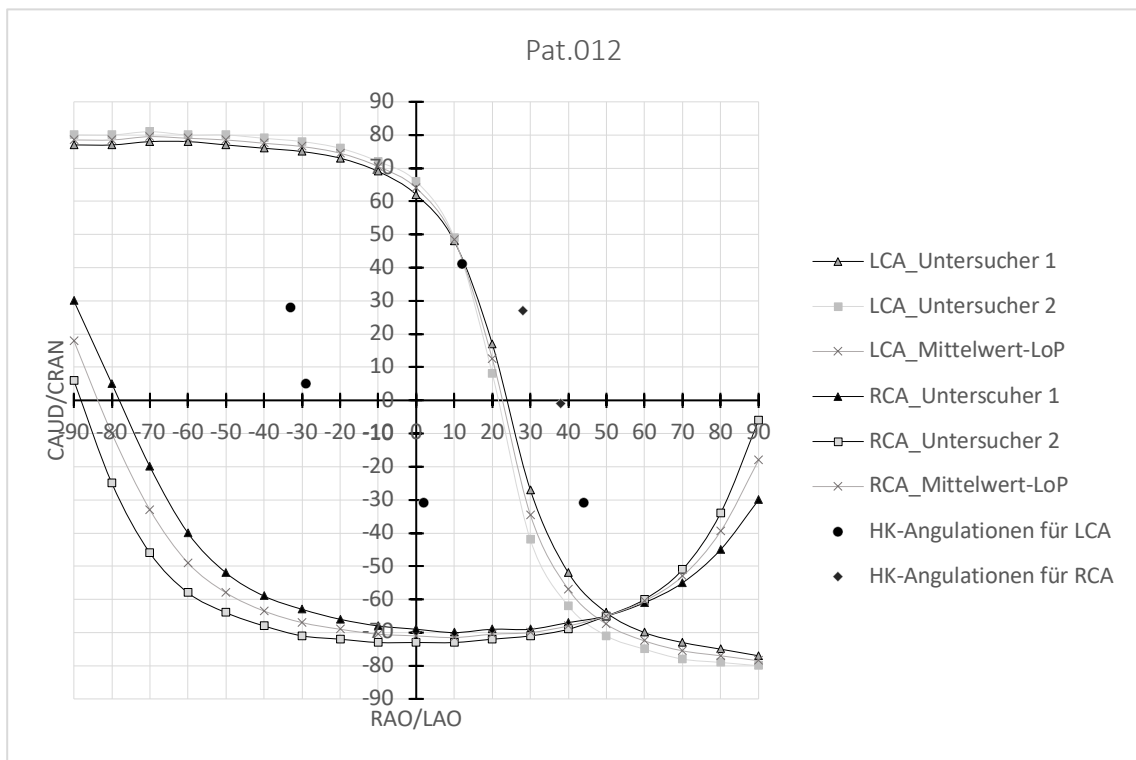
		Patient 010				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-76	-46	-85	-41	-80,5	-43,5
80	-74	-39	-83	-32	-78,5	-35,5
70	-71	-29	-80	-20	-75,5	-24,5
60	-65	-16	-72	-5	-68,5	-10,5
50	-53	-1	-4	11	-28,5	5
40	-24	15	70	25	23	20
30	23	28	80	36	51,5	32
20	53	38	83	44	68	41
10	65	46	85	49	75	47,5
0	71	51	85	53	78	52
-10	74	54	86	56	80	55
-20	76	57	86	57	81	57
-30	78	58	87	58	82,5	58
-40	78	58	87	58	82,5	58
-50	79	58	87	57	83	57,5
-60	79	57	86	55	82,5	56
-70	78	55	86	52	82	53,5
-80	78	51	86	48	82	49,5
-90	76	46	85	41	80,5	43,5



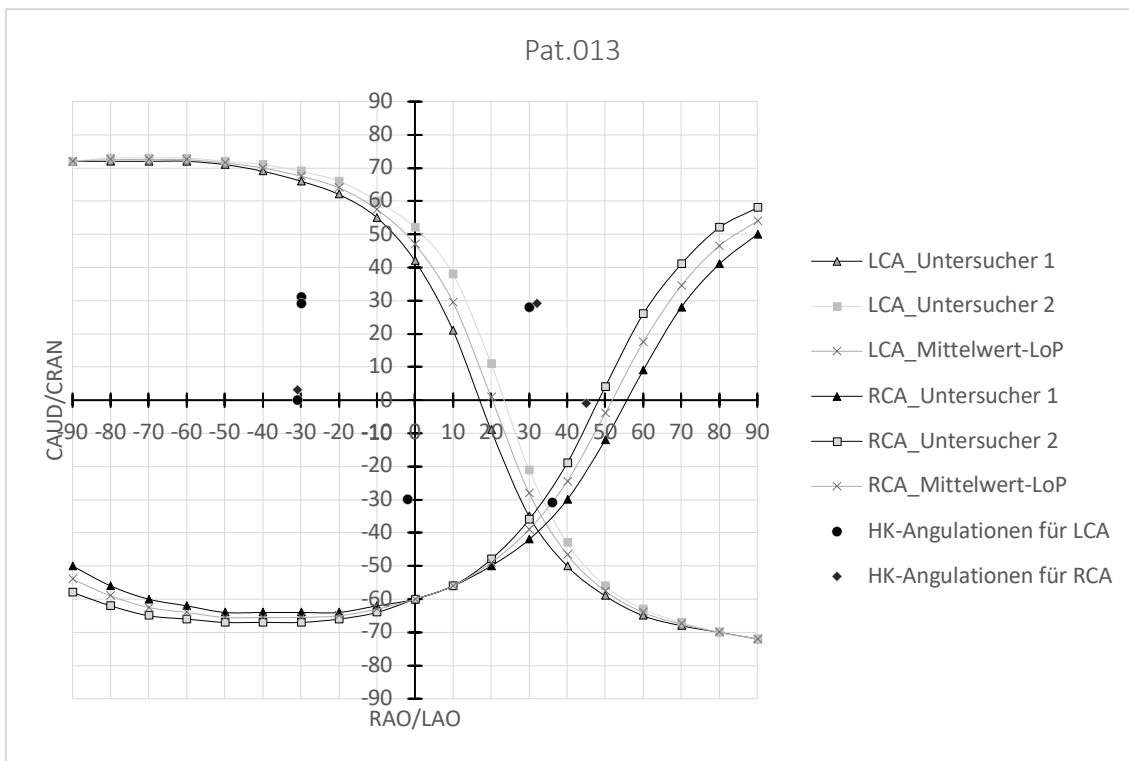
		Patient 011				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-45	58	-43	58	-44	58
80	-41	44	-38	30	-39,5	37
70	-35	18	-31	-26	-33	-4
60	-28	-19	-22	-57	-25	-38
50	-18	-45	-12	-69	-15	-57
40	-8	-59	0	-74	-4	-66,5
30	5	-66	13	-77	9	-71,5
20	16	-70	23	-79	19,5	-74,5
10	26	-72	32	-80	29	-76
0	34	-74	38	-80	36	-77
-10	40	-75	43	-81	41,5	-78
-20	44	-75	47	-81	45,5	-78
-30	47	-75	49	-80	48	-77,5
-40	49	-75	50	-80	49,5	-77,5
-50	50	-74	51	-79	50,5	-76,5
-60	50	-72	50	-77	50	-74,5
-70	49	-70	49	-74	49	-72
-80	48	-65	47	-69	47,5	-67
-90	45	-58	43	-58	44	-58



Patient 012						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-77	-30	-80	-6	-78,5	-18
80	-75	-45	-79	-34	-77	-39,5
70	-73	-55	-78	-51	-75,5	-53
60	-70	-61	-75	-60	-72,5	-60,5
50	-64	-65	-71	-65	-67,5	-65
40	-52	-67	-62	-69	-57	-68
30	-27	-69	-42	-71	-34,5	-70
20	17	-69	8	-72	12,5	-70,5
10	48	-70	49	-73	48,5	-71,5
0	62	-69	66	-73	64	-71
-10	69	-68	72	-73	70,5	-70,5
-20	73	-66	76	-72	74,5	-69
-30	75	-63	78	-71	76,5	-67
-40	76	-59	79	-68	77,5	-63,5
-50	77	-52	80	-64	78,5	-58
-60	78	-40	80	-58	79	-49
-70	78	-20	81	-46	79,5	-33
-80	77	5	80	-25	78,5	-10
-90	77	30	80	6	78,5	18

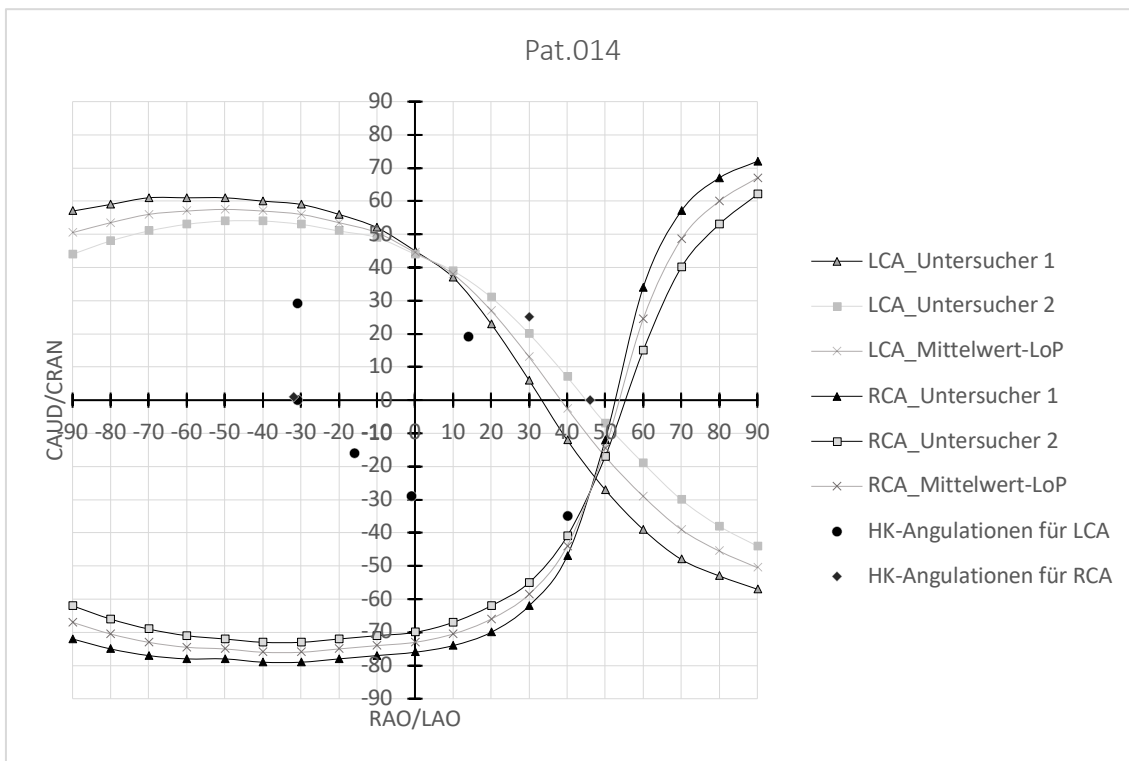


Patient 013						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-72	50	-72	58	-72	54
80	-70	41	-70	52	-70	46,5
70	-68	28	-67	41	-67,5	34,5
60	-65	9	-63	26	-64	17,5
50	-59	-12	-56	4	-57,5	-4
40	-50	-30	-43	-19	-46,5	-24,5
30	-35	-42	-21	-36	-28	-39
20	-9	-50	11	-48	1	-49
10	21	-56	38	-56	29,5	-56
0	42	-60	52	-60	47	-60
-10	55	-62	60	-64	57,5	-63
-20	62	-64	66	-66	64	-65
-30	66	-64	69	-67	67,5	-65,5
-40	69	-64	71	-67	70	-65,5
-50	71	-64	72	-67	71,5	-65,5
-60	72	-62	73	-66	72,5	-64
-70	72	-60	73	-65	72,5	-62,5
-80	72	-56	73	-62	72,5	-59
-90	72	-50	72	-58	72	-54

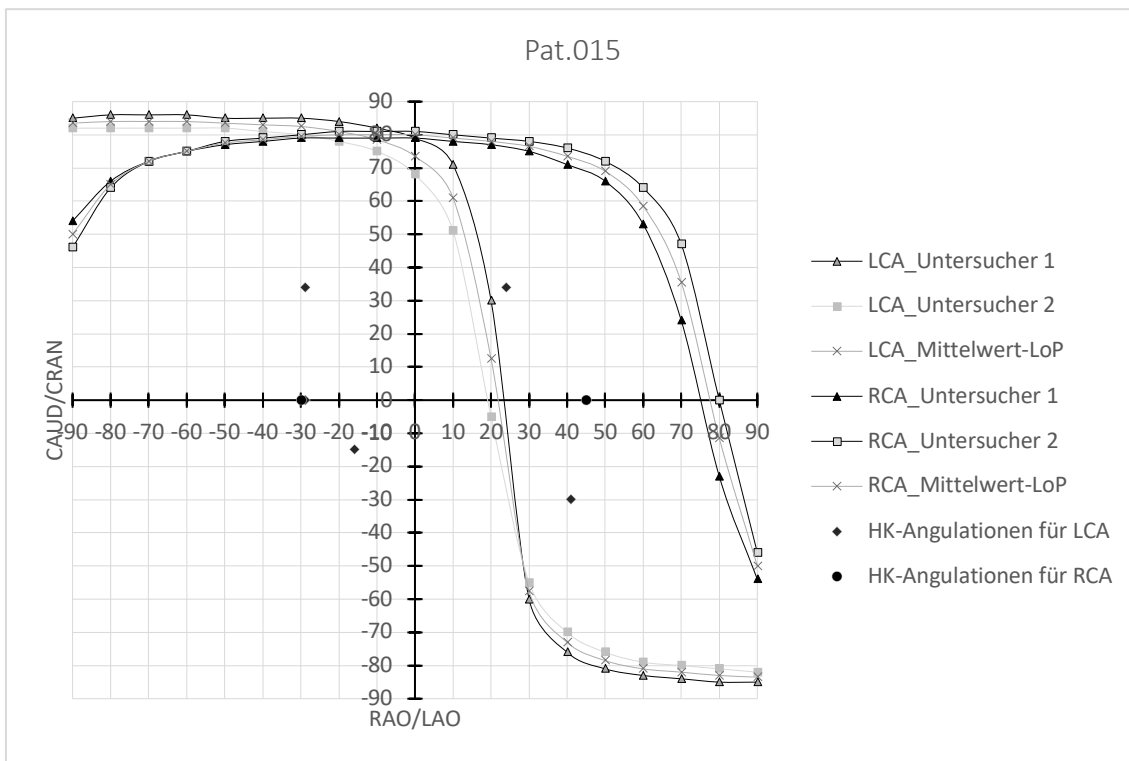




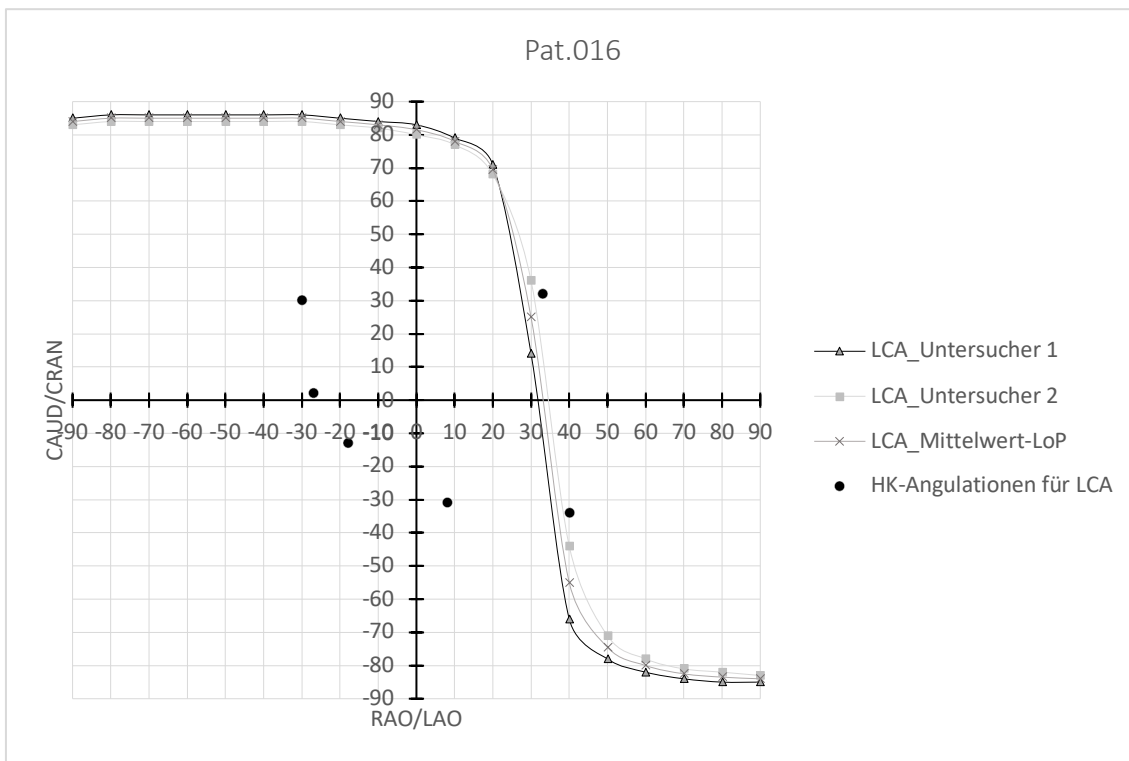
		Patient 014				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-57	72	-44	62	-50,5	67
80	-53	67	-38	53	-45,5	60
70	-48	57	-30	40	-39	48,5
60	-39	34	-19	15	-29	24,5
50	-27	-12	-7	-17	-17	-14,5
40	-12	-47	7	-41	-2,5	-44
30	6	-62	20	-55	13	-58,5
20	23	-70	31	-62	27	-66
10	37	-74	39	-67	38	-70,5
0	45	-76	44	-70	44,5	-73
-10	52	-77	49	-71	50,5	-74
-20	56	-78	51	-72	53,5	-75
-30	59	-79	53	-73	56	-76
-40	60	-79	54	-73	57	-76
-50	61	-78	54	-72	57,5	-75
-60	61	-78	53	-71	57	-74,5
-70	61	-77	51	-69	56	-73
-80	59	-75	48	-66	53,5	-70,5
-90	57	-72	44	-62	50,5	-67



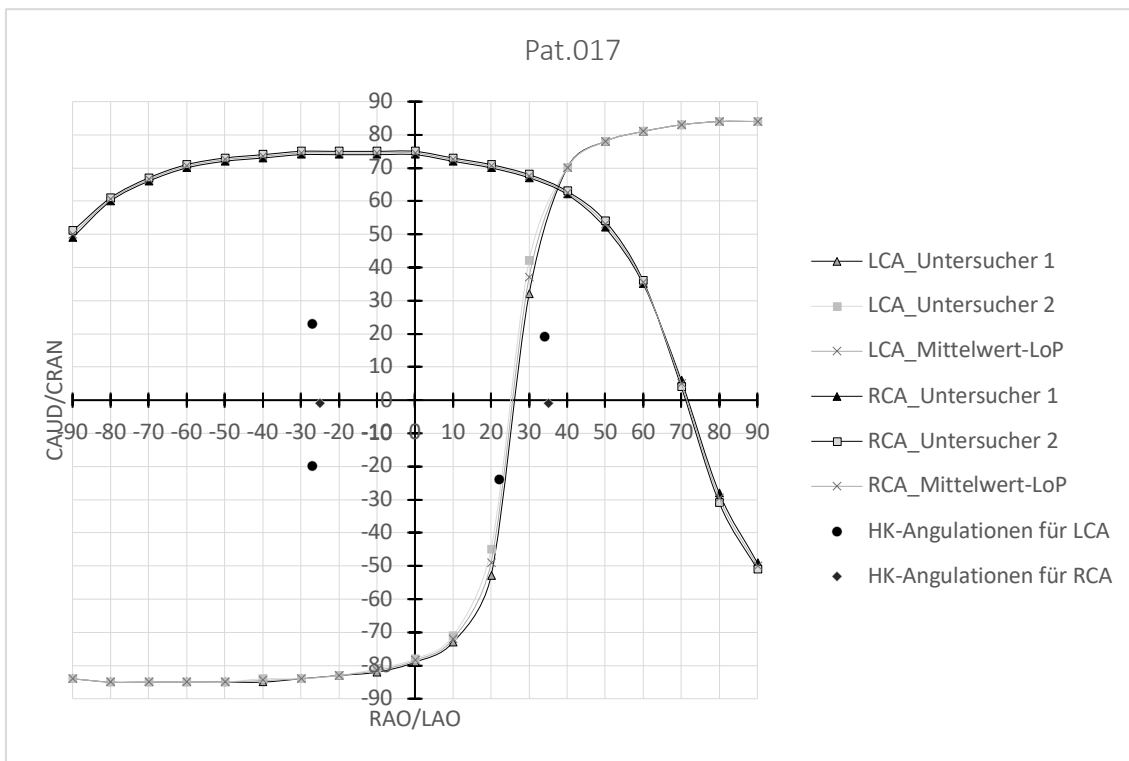
Patient 015						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-85	-54	-82	-46	-83,5	-50
80	-85	-23	-81	0	-83	-11,5
70	-84	24	-80	47	-82	35,5
60	-83	53	-79	64	-81	58,5
50	-81	66	-76	72	-78,5	69
40	-76	71	-70	76	-73	73,5
30	-60	75	-55	78	-57,5	76,5
20	30	77	-5	79	12,5	78
10	71	78	51	80	61	79
0	79	79	68	81	73,5	80
-10	82	79	75	81	78,5	80
-20	84	79	78	81	81	80
-30	85	79	80	80	82,5	79,5
-40	85	78	81	79	83	78,5
-50	85	77	82	78	83,5	77,5
-60	86	75	82	75	84	75
-70	86	72	82	72	84	72
-80	86	66	82	64	84	65
-90	85	54	82	46	83,5	50



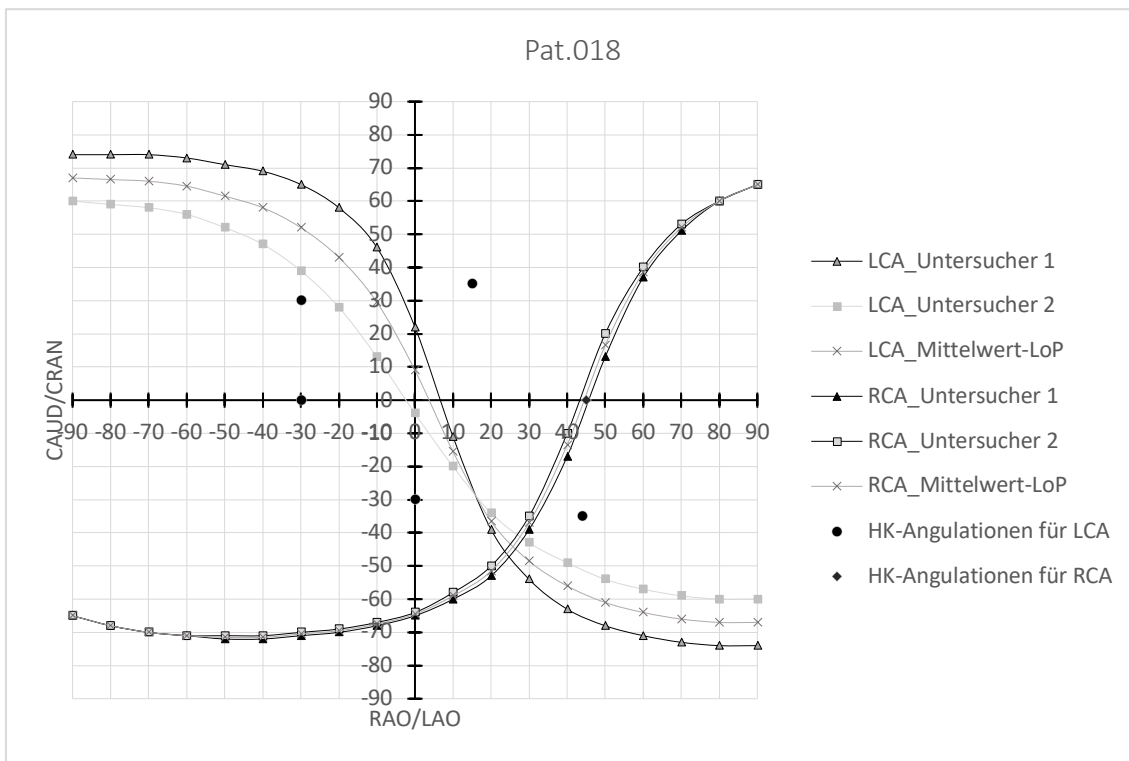
Patient 016						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-85		-83		-84	
80	-85		-82		-83,5	
70	-84		-81		-82,5	
60	-82		-78		-80	
50	-78		-71		-74,5	
40	-66		-44		-55	
30	14		36		25	
20	71		68		69,5	
10	79		77		78	
0	83		80		81,5	
-10	84		82		83	
-20	85		83		84	
-30	86		84		85	
-40	86		84		85	
-50	86		84		85	
-60	86		84		85	
-70	86		84		85	
-80	86		84		85	
-90	85		83		84	



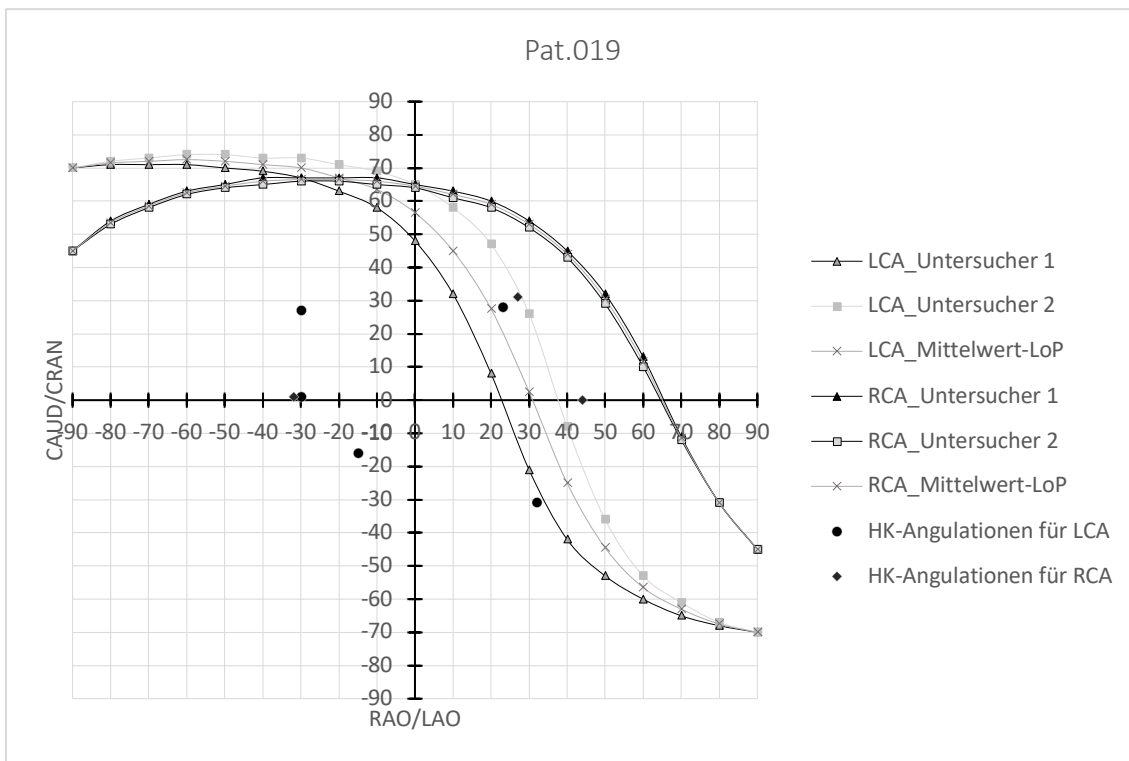
Patient 017						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	84	-49	84	-51	84	-50
80	84	-28	84	-31	84	-29,5
70	83	6	83	4	83	5
60	81	35	81	36	81	35,5
50	78	52	78	54	78	53
40	70	62	70	63	70	62,5
30	32	67	42	68	37	67,5
20	-53	70	-45	71	-49	70,5
10	-73	72	-71	73	-72	72,5
0	-79	74	-78	75	-78,5	74,5
-10	-82	74	-81	75	-81,5	74,5
-20	-83	74	-83	75	-83	74,5
-30	-84	74	-84	75	-84	74,5
-40	-85	73	-84	74	-84,5	73,5
-50	-85	72	-85	73	-85	72,5
-60	-85	70	-85	71	-85	70,5
-70	-85	66	-85	67	-85	66,5
-80	-85	60	-85	61	-85	60,5
-90	-84	49	-84	51	-84	50



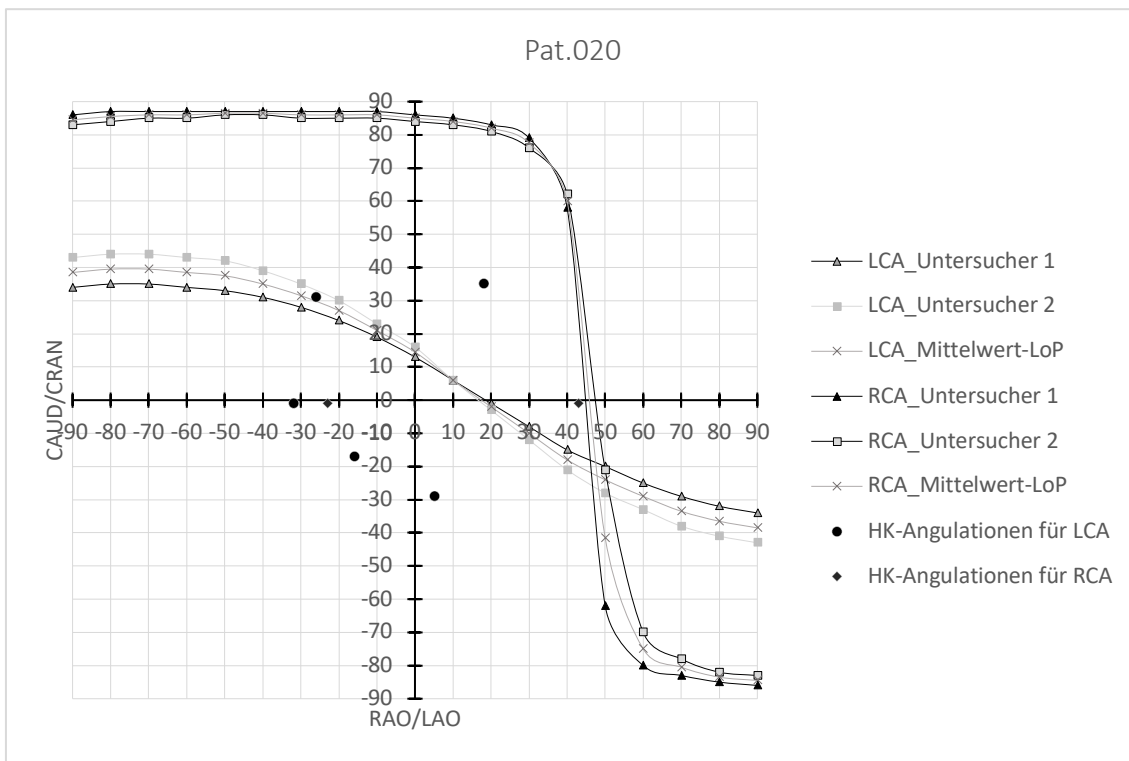
Patient 018						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-74	65	-60	65	-67	65
80	-74	60	-60	60	-67	60
70	-73	51	-59	53	-66	52
60	-71	37	-57	40	-64	38,5
50	-68	13	-54	20	-61	16,5
40	-63	-17	-49	-10	-56	-13,5
30	-54	-39	-43	-35	-48,5	-37
20	-39	-53	-34	-50	-36,5	-51,5
10	-11	-60	-20	-58	-15,5	-59
0	22	-65	-4	-64	9	-64,5
-10	46	-68	13	-67	29,5	-67,5
-20	58	-70	28	-69	43	-69,5
-30	65	-71	39	-70	52	-70,5
-40	69	-72	47	-71	58	-71,5
-50	71	-72	52	-71	61,5	-71,5
-60	73	-71	56	-71	64,5	-71
-70	74	-70	58	-70	66	-70
-80	74	-68	59	-68	66,5	-68
-90	74	-65	60	-65	67	-65



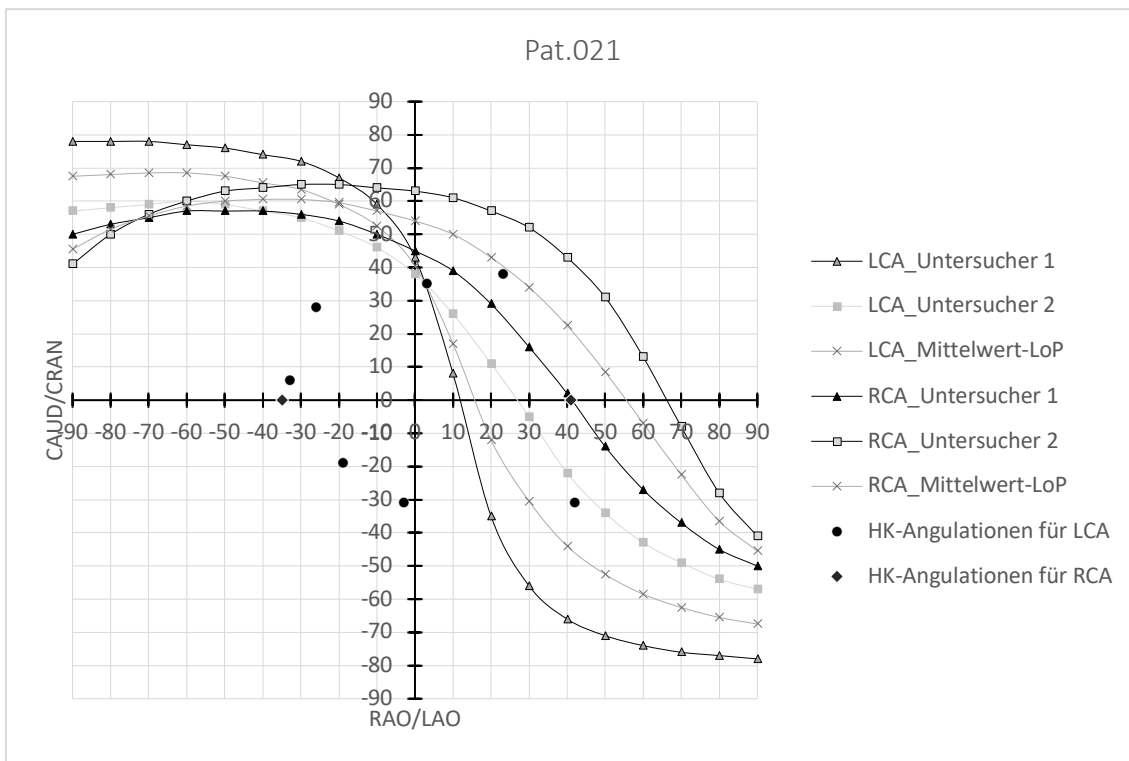
		Patient 019				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-70	-45	-70	-45	-70	-45
80	-68	-31	-67	-31	-67,5	-31
70	-65	-11	-61	-12	-63	-11,5
60	-60	13	-53	10	-56,5	11,5
50	-53	32	-36	29	-44,5	30,5
40	-42	45	-8	43	-25	44
30	-21	54	26	52	2,5	53
20	8	60	47	58	27,5	59
10	32	63	58	61	45	62
0	48	65	65	64	56,5	64,5
-10	58	67	69	65	63,5	66
-20	63	67	71	66	67	66,5
-30	67	67	73	66	70	66,5
-40	69	67	73	65	71	66
-50	70	65	74	64	72	64,5
-60	71	63	74	62	72,5	62,5
-70	71	59	73	58	72	58,5
-80	71	54	72	53	71,5	53,5
-90	70	45	70	45	70	45



		Patient 020				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-34	-86	-43	-83	-38,5	-84,5
80	-32	-85	-41	-82	-36,5	-83,5
70	-29	-83	-38	-78	-33,5	-80,5
60	-25	-80	-33	-70	-29	-75
50	-20	-62	-28	-21	-24	-41,5
40	-15	58	-21	62	-18	60
30	-8	79	-12	76	-10	77,5
20	-1	83	-3	81	-2	82
10	6	85	6	83	6	84
0	13	86	16	84	14,5	85
-10	19	87	23	85	21	86
-20	24	87	30	85	27	86
-30	28	87	35	85	31,5	86
-40	31	87	39	86	35	86,5
-50	33	87	42	86	37,5	86,5
-60	34	87	43	85	38,5	86
-70	35	87	44	85	39,5	86
-80	35	87	44	84	39,5	85,5
-90	34	86	43	83	38,5	84,5

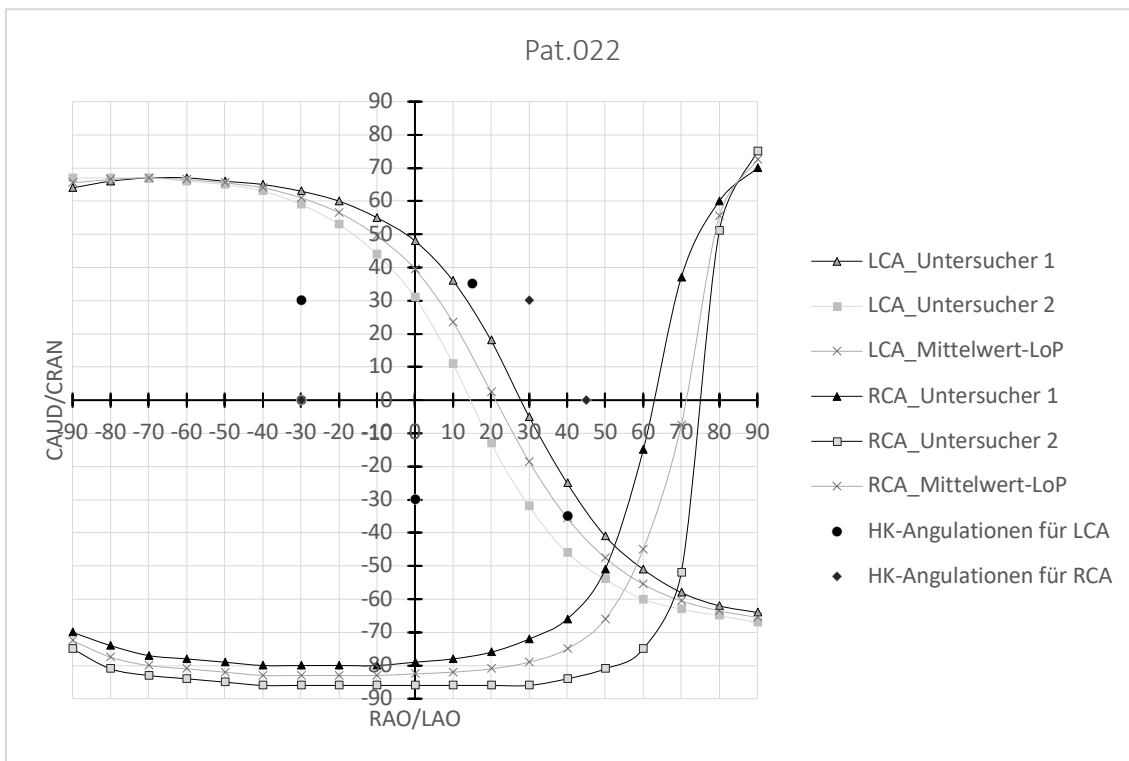


		Patient 021				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-78	-50	-57	-41	-67,5	-45,5
80	-77	-45	-54	-28	-65,5	-36,5
70	-76	-37	-49	-8	-62,5	-22,5
60	-74	-27	-43	13	-58,5	-7
50	-71	-14	-34	31	-52,5	8,5
40	-66	2	-22	43	-44	22,5
30	-56	16	-5	52	-30,5	34
20	-35	29	11	57	-12	43
10	8	39	26	61	17	50
0	43	45	38	63	40,5	54
-10	59	50	46	64	52,5	57
-20	67	54	51	65	59	59,5
-30	72	56	55	65	63,5	60,5
-40	74	57	57	64	65,5	60,5
-50	76	57	59	63	67,5	60
-60	77	57	60	60	68,5	58,5
-70	78	55	59	56	68,5	55,5
-80	78	53	58	50	68	51,5
-90	78	50	57	41	67,5	45,5

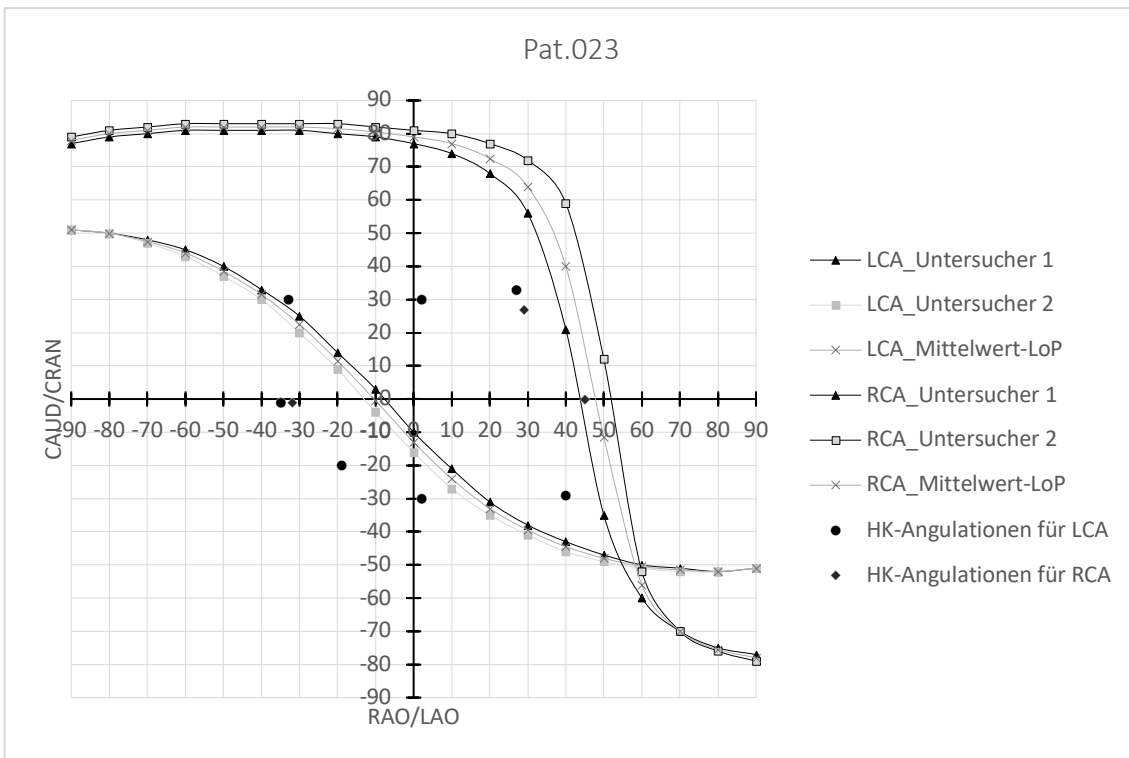




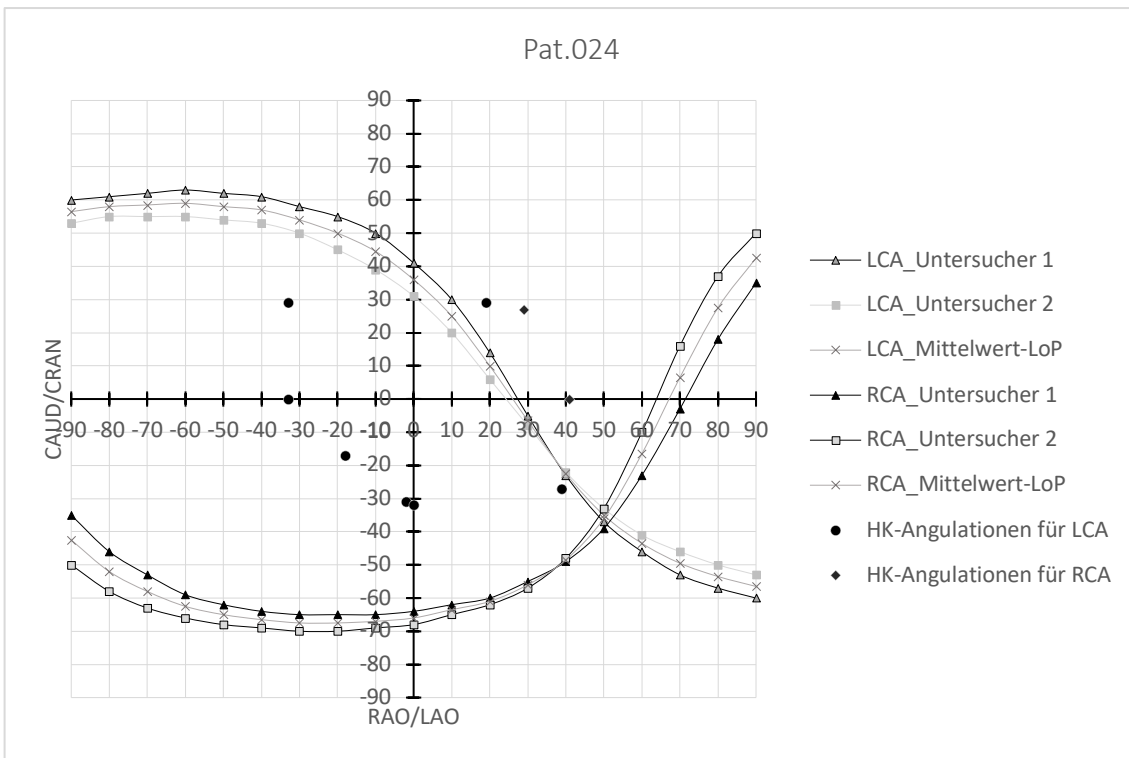
Patient 022						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-64	70	-67	75	-65,5	72,5
80	-62	60	-65	51	-63,5	55,5
70	-58	37	-63	-52	-60,5	-7,5
60	-51	-15	-60	-75	-55,5	-45
50	-41	-51	-54	-81	-47,5	-66
40	-25	-66	-46	-84	-35,5	-75
30	-5	-72	-32	-86	-18,5	-79
20	18	-76	-13	-86	2,5	-81
10	36	-78	11	-86	23,5	-82
0	48	-79	31	-86	39,5	-82,5
-10	55	-80	44	-86	49,5	-83
-20	60	-80	53	-86	56,5	-83
-30	63	-80	59	-86	61	-83
-40	65	-80	63	-86	64	-83
-50	66	-79	65	-85	65,5	-82
-60	67	-78	66	-84	66,5	-81
-70	67	-77	67	-83	67	-80
-80	66	-74	67	-81	66,5	-77,5
-90	64	-70	67	-75	65,5	-72,5



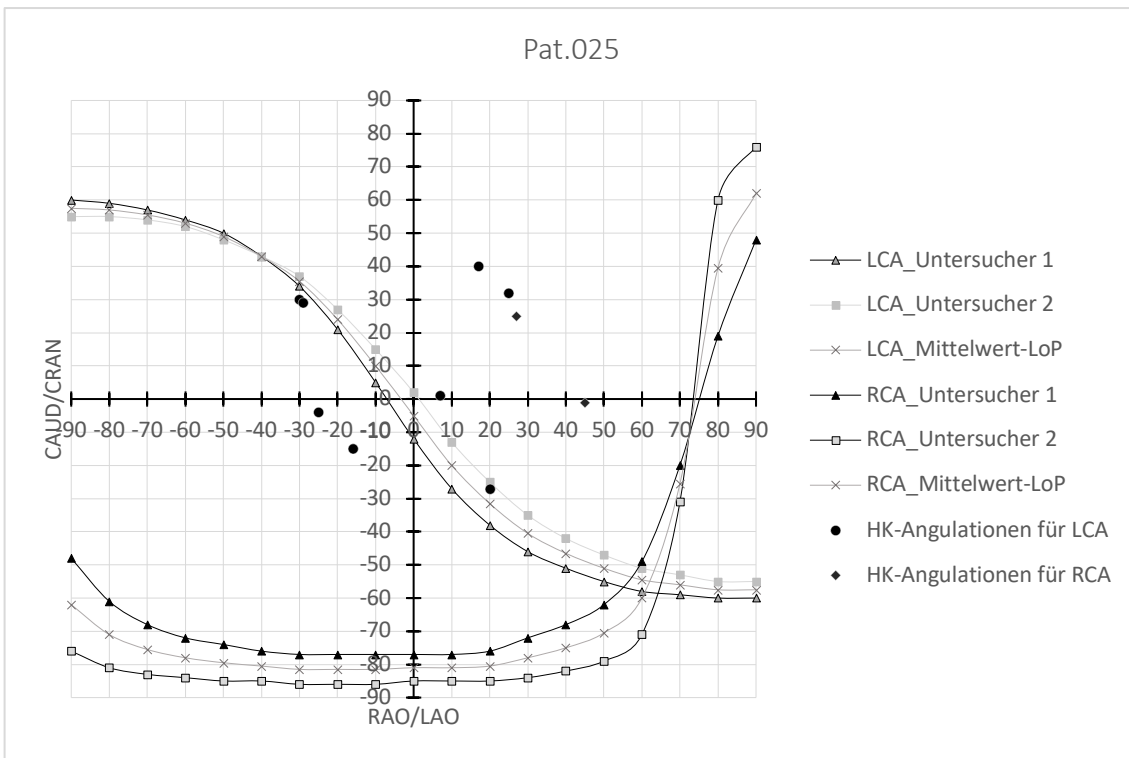
Patient 023						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-51	-77	-51	-79	-51	-78
80	-52	-75	-52	-76	-52	-75,5
70	-51	-70	-52	-70	-51,5	-70
60	-50	-60	-51	-52	-50,5	-56
50	-47	-35	-49	12	-48	-11,5
40	-43	21	-46	59	-44,5	40
30	-38	56	-41	72	-39,5	64
20	-31	68	-35	77	-33	72,5
10	-21	74	-27	80	-24	77
0	-10	77	-16	81	-13	79
-10	3	79	-4	82	-0,5	80,5
-20	14	80	9	83	11,5	81,5
-30	25	81	20	83	22,5	82
-40	33	81	30	83	31,5	82
-50	40	81	37	83	38,5	82
-60	45	81	43	83	44	82
-70	48	80	47	82	47,5	81
-80	50	79	50	81	50	80
-90	51	77	51	79	51	78



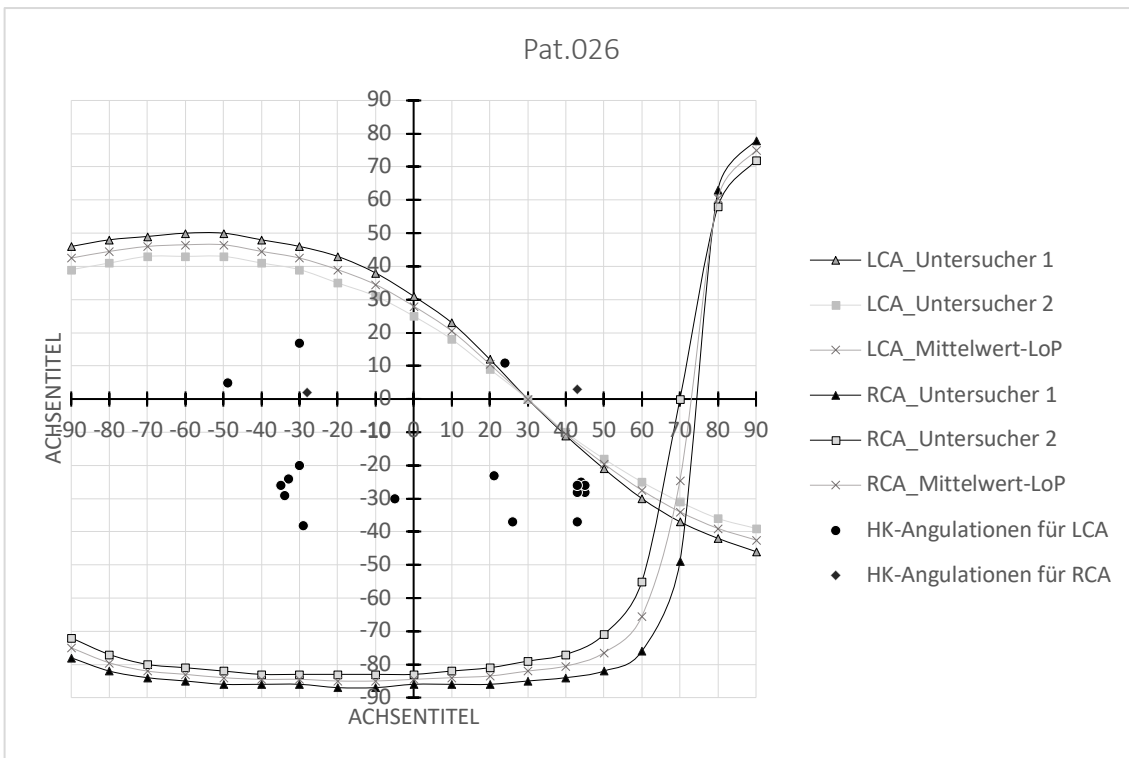
		Patient 024				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-60	35	-53	50	-56,5	42,5
80	-57	18	-50	37	-53,5	27,5
70	-53	-3	-46	16	-49,5	6,5
60	-46	-23	-41	-10	-43,5	-16,5
50	-37	-39	-33	-33	-35	-36
40	-23	-49	-22	-48	-22,5	-48,5
30	-5	-55	-8	-57	-6,5	-56
20	14	-60	6	-62	10	-61
10	30	-62	20	-65	25	-63,5
0	41	-64	31	-68	36	-66
-10	50	-65	39	-69	44,5	-67
-20	55	-65	45	-70	50	-67,5
-30	58	-65	50	-70	54	-67,5
-40	61	-64	53	-69	57	-66,5
-50	62	-62	54	-68	58	-65
-60	63	-59	55	-66	59	-62,5
-70	62	-53	55	-63	58,5	-58
-80	61	-46	55	-58	58	-52
-90	60	-35	53	-50	56,5	-42,5



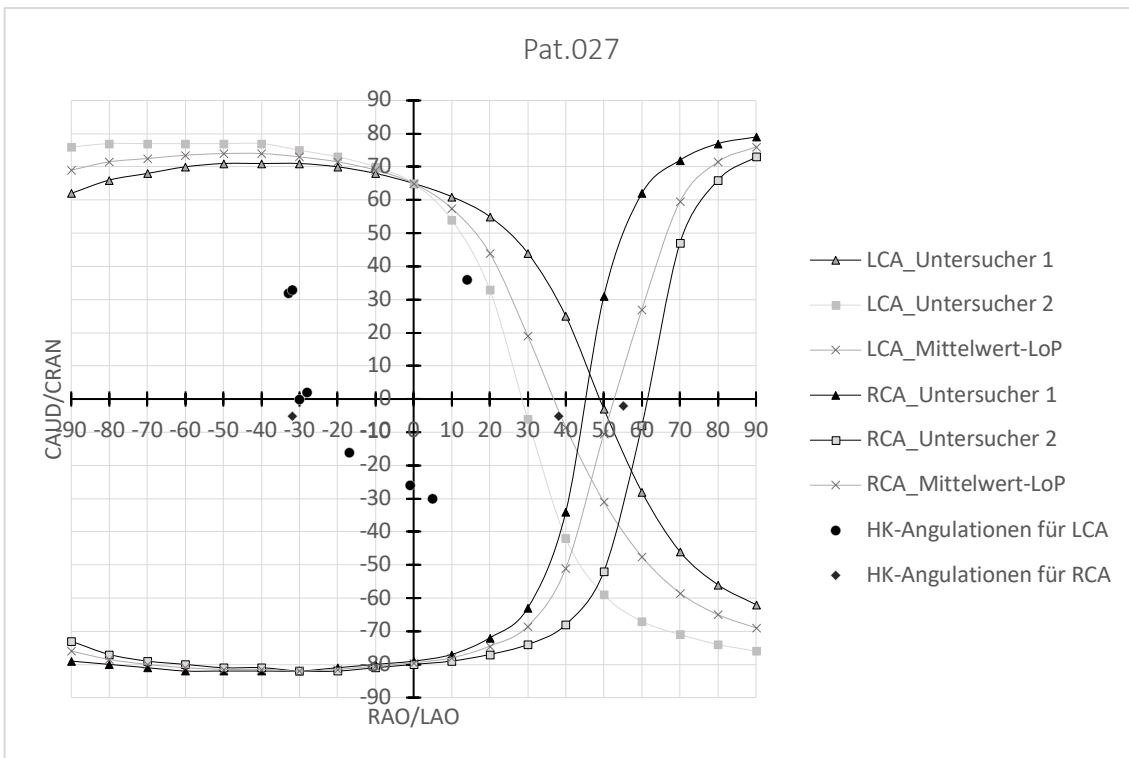
Patient 025						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-60	48	-55	76	-57,5	62
80	-60	19	-55	60	-57,5	39,5
70	-59	-20	-53	-31	-56	-25,5
60	-58	-49	-51	-71	-54,5	-60
50	-55	-62	-47	-79	-51	-70,5
40	-51	-68	-42	-82	-46,5	-75
30	-46	-72	-35	-84	-40,5	-78
20	-38	-76	-25	-85	-31,5	-80,5
10	-27	-77	-13	-85	-20	-81
0	-12	-77	2	-85	-5	-81
-10	5	-77	15	-86	10	-81,5
-20	21	-77	27	-86	24	-81,5
-30	34	-77	37	-86	35,5	-81,5
-40	43	-76	43	-85	43	-80,5
-50	50	-74	48	-85	49	-79,5
-60	54	-72	52	-84	53	-78
-70	57	-68	54	-83	55,5	-75,5
-80	59	-61	55	-81	57	-71
-90	60	-48	55	-76	57,5	-62



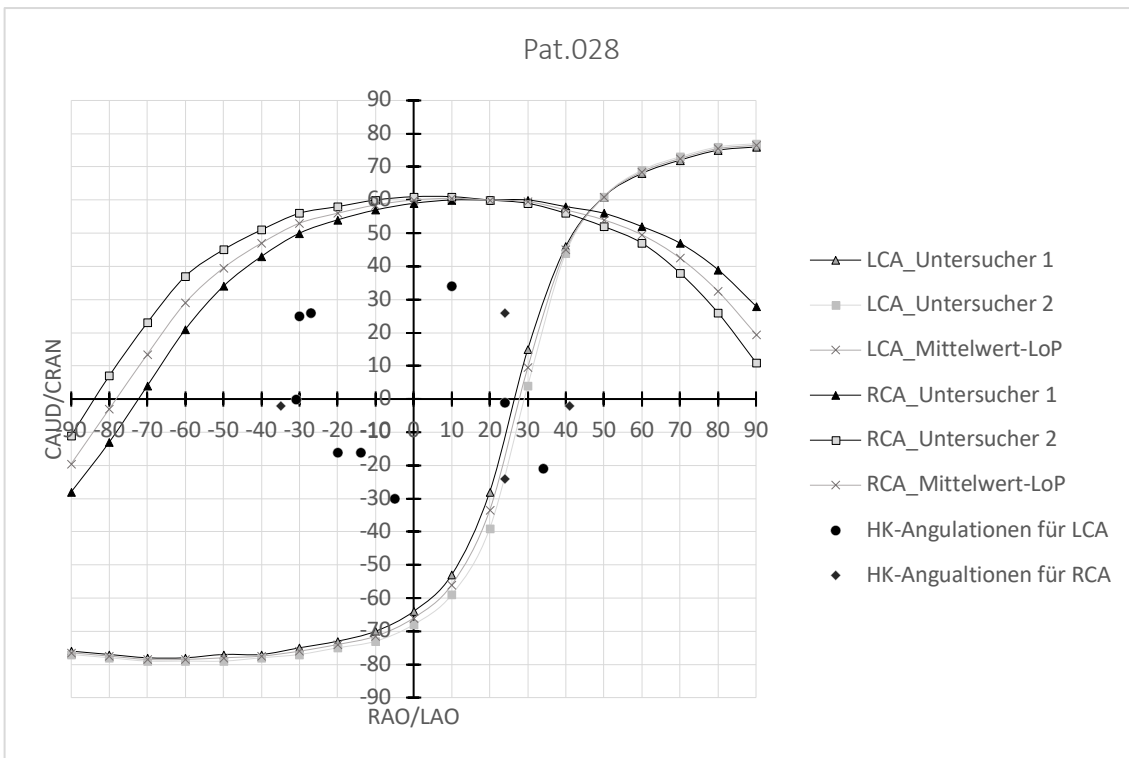
Patient 026						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-46	78	-39	72	-42,5	75
80	-42	63	-36	58	-39	60,5
70	-37	-49	-31	0	-34	-24,5
60	-30	-76	-25	-55	-27,5	-65,5
50	-21	-82	-18	-71	-19,5	-76,5
40	-11	-84	-10	-77	-10,5	-80,5
30	0	-85	0	-79	0	-82
20	12	-86	9	-81	10,5	-83,5
10	23	-86	18	-82	20,5	-84
0	31	-86	25	-83	28	-84,5
-10	38	-87	31	-83	34,5	-85
-20	43	-87	35	-83	39	-85
-30	46	-86	39	-83	42,5	-84,5
-40	48	-86	41	-83	44,5	-84,5
-50	50	-86	43	-82	46,5	-84
-60	50	-85	43	-81	46,5	-83
-70	49	-84	43	-80	46	-82
-80	48	-82	41	-77	44,5	-79,5
-90	46	-78	39	-72	42,5	-75



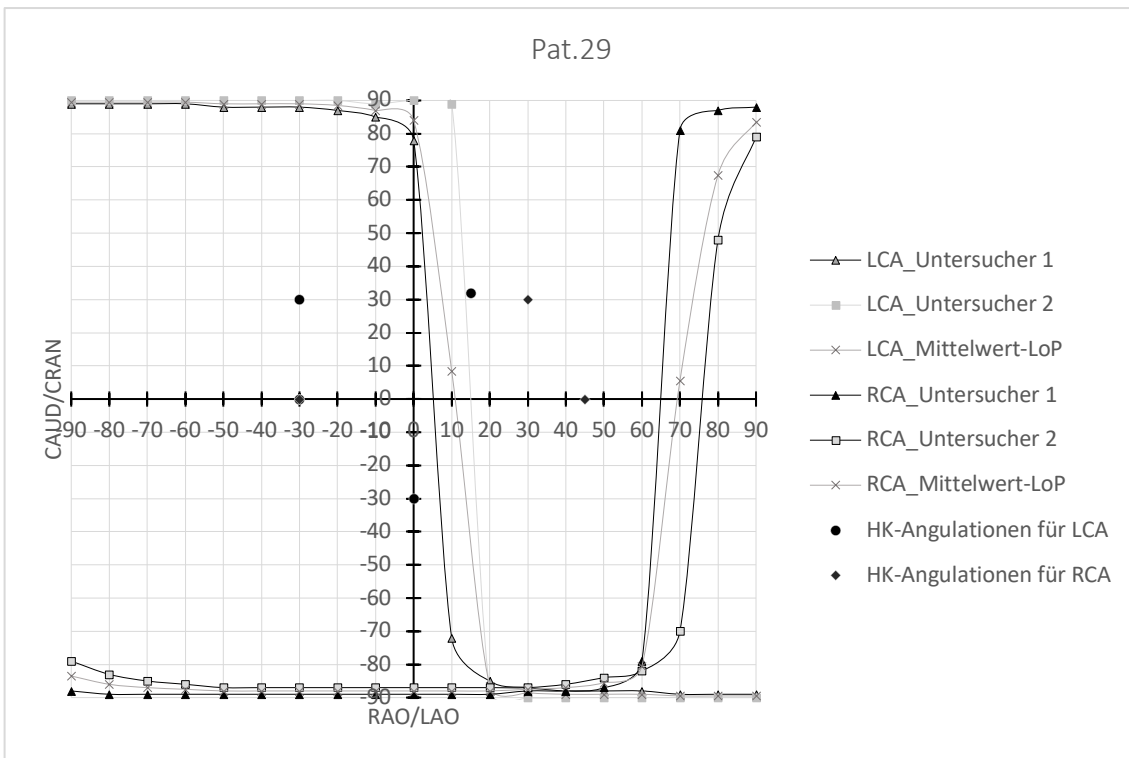
Patient 027						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-62	79	-76	73	-69	76
80	-56	77	-74	66	-65	71,5
70	-46	72	-71	47	-58,5	59,5
60	-28	62	-67	-8	-47,5	27
50	-3	31	-59	-52	-31	-10,5
40	25	-34	-42	-68	-8,5	-51
30	44	-63	-6	-74	19	-68,5
20	55	-72	33	-77	44	-74,5
10	61	-77	54	-79	57,5	-78
0	65	-79	65	-80	65	-79,5
-10	68	-80	70	-81	69	-80,5
-20	70	-81	73	-82	71,5	-81,5
-30	71	-82	75	-82	73	-82
-40	71	-82	77	-81	74	-81,5
-50	71	-82	77	-81	74	-81,5
-60	70	-82	77	-80	73,5	-81
-70	68	-81	77	-79	72,5	-80
-80	66	-80	77	-77	71,5	-78,5
-90	62	-79	76	-73	69	-76



Patient 028						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	76	28	77	11	76,5	19,5
80	75	39	76	26	75,5	32,5
70	72	47	73	38	72,5	42,5
60	68	52	69	47	68,5	49,5
50	61	56	61	52	61	54
40	46	58	44	56	45	57
30	15	60	4	59	9,5	59,5
20	-28	60	-39	60	-33,5	60
10	-53	60	-59	61	-56	60,5
0	-64	59	-68	61	-66	60
-10	-70	57	-73	60	-71,5	58,5
-20	-73	54	-75	58	-74	56
-30	-75	50	-77	56	-76	53
-40	-77	43	-78	51	-77,5	47
-50	-77	34	-79	45	-78	39,5
-60	-78	21	-79	37	-78,5	29
-70	-78	4	-79	23	-78,5	13,5
-80	-77	-13	-78	7	-77,5	-3
-90	-76	-28	-77	-11	-76,5	-19,5

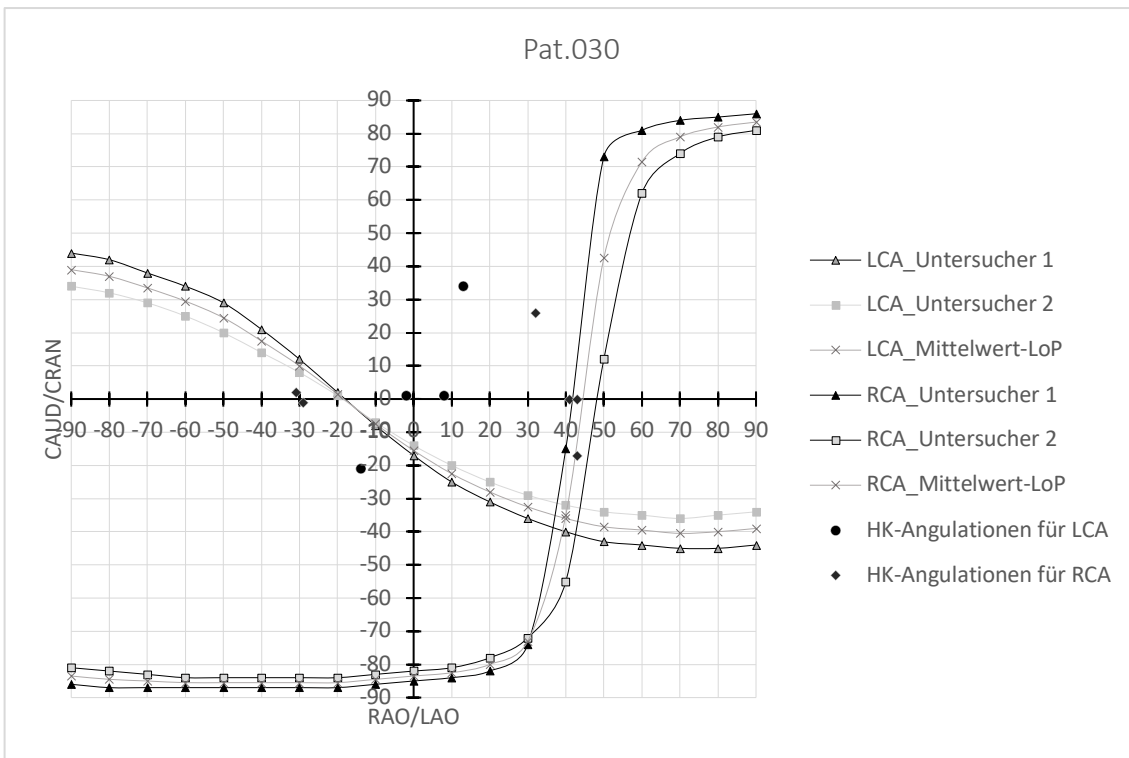


		Patient 029				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-89	88	-90	79	-89,5	83,5
80	-89	87	-90	48	-89,5	67,5
70	-89	81	-90	-70	-89,5	5,5
60	-88	-79	-90	-82	-89	-80,5
50	-88	-87	-90	-84	-89	-85,5
40	-88	-88	-90	-86	-89	-87
30	-87	-88	-90	-87	-88,5	-87,5
20	-85	-89	-88	-87	-86,5	-88
10	-72	-89	89	-87	8,5	-88
0	78	-89	90	-87	84	-88
-10	85	-89	89	-87	87	-88
-20	87	-89	90	-87	88,5	-88
-30	88	-89	90	-87	89	-88
-40	88	-89	90	-87	89	-88
-50	88	-89	90	-87	89	-88
-60	89	-89	90	-86	89,5	-87,5
-70	89	-89	90	-85	89,5	-87
-80	89	-89	90	-83	89,5	-86
-90	89	-88	90	-79	89,5	-83,5

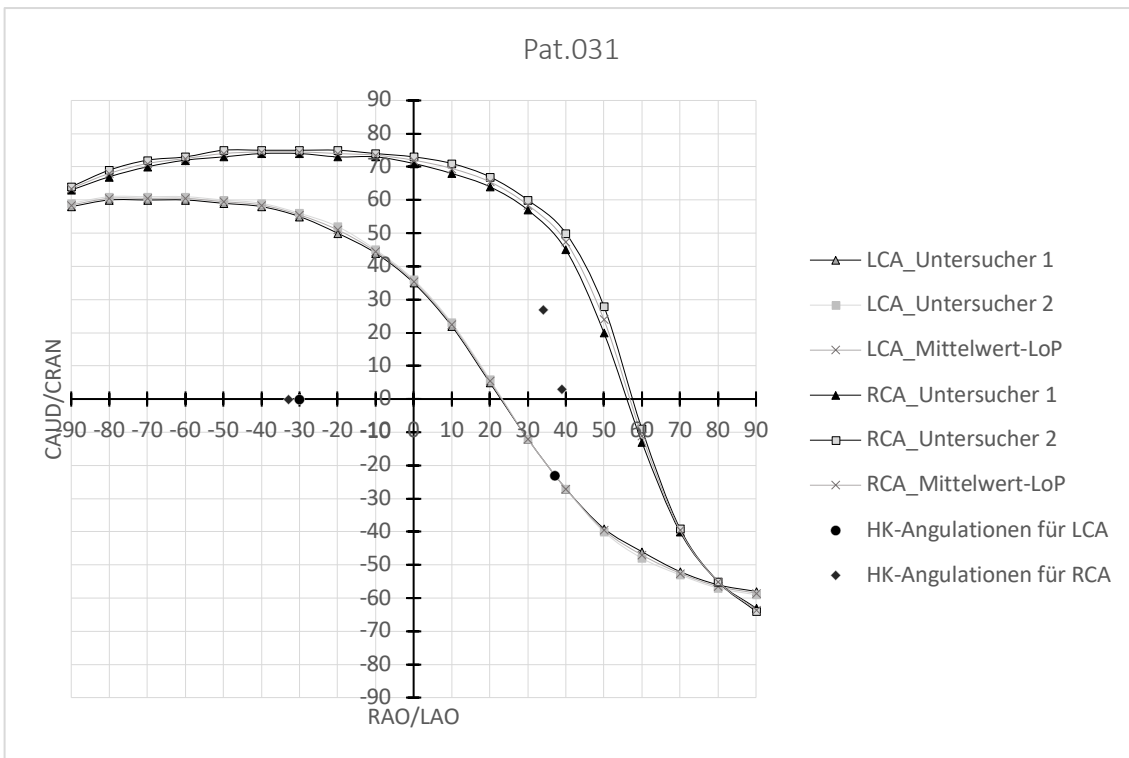




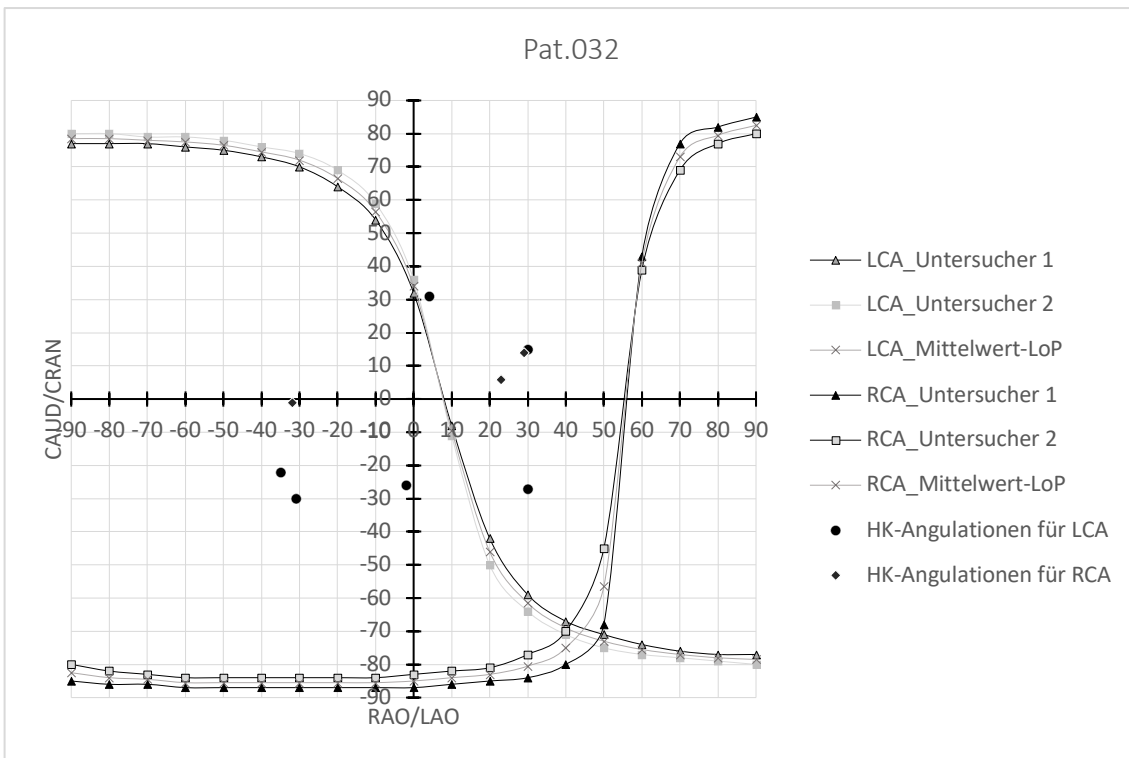
		Patient 030				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-44	86	-34	81	-39	83,5
80	-45	85	-35	79	-40	82
70	-45	84	-36	74	-40,5	79
60	-44	81	-35	62	-39,5	71,5
50	-43	73	-34	12	-38,5	42,5
40	-40	-15	-32	-55	-36	-35
30	-36	-74	-29	-72	-32,5	-73
20	-31	-82	-25	-78	-28	-80
10	-25	-84	-20	-81	-22,5	-82,5
0	-17	-85	-14	-82	-15,5	-83,5
-10	-8	-86	-7	-83	-7,5	-84,5
-20	2	-87	1	-84	1,5	-85,5
-30	12	-87	8	-84	10	-85,5
-40	21	-87	14	-84	17,5	-85,5
-50	29	-87	20	-84	24,5	-85,5
-60	34	-87	25	-84	29,5	-85,5
-70	38	-87	29	-83	33,5	-85
-80	42	-87	32	-82	37	-84,5
-90	44	-86	34	-81	39	-83,5



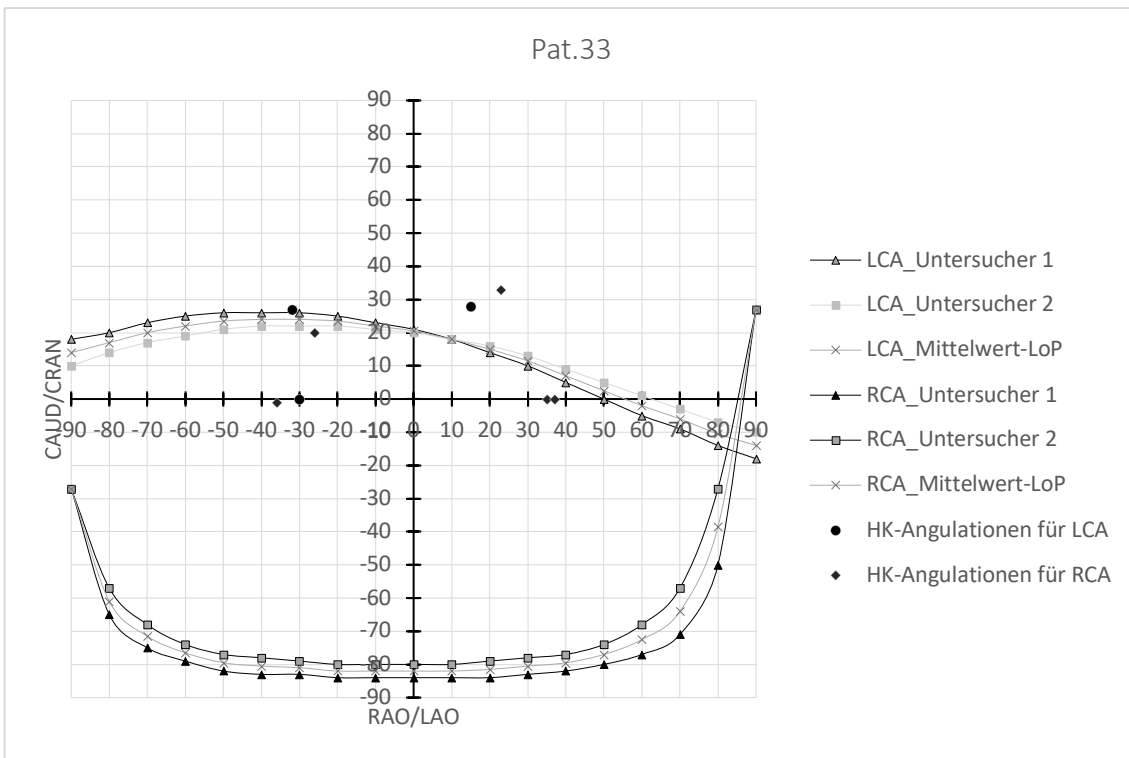
		Patient 031				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-58	-63	-59	-64	-58,5	-63,5
80	-56	-55	-57	-55	-56,5	-55
70	-52	-40	-53	-39	-52,5	-39,5
60	-46	-13	-48	-9	-47	-11
50	-39	20	-40	28	-39,5	24
40	-27	45	-27	50	-27	47,5
30	-12	57	-12	60	-12	58,5
20	5	64	6	67	5,5	65,5
10	22	68	23	71	22,5	69,5
0	35	71	36	73	35,5	72
-10	44	73	45	74	44,5	73,5
-20	50	73	52	75	51	74
-30	55	74	56	75	55,5	74,5
-40	58	74	59	75	58,5	74,5
-50	59	73	60	75	59,5	74
-60	60	72	61	73	60,5	72,5
-70	60	70	61	72	60,5	71
-80	60	67	61	69	60,5	68
-90	58	63	59	64	58,5	63,5



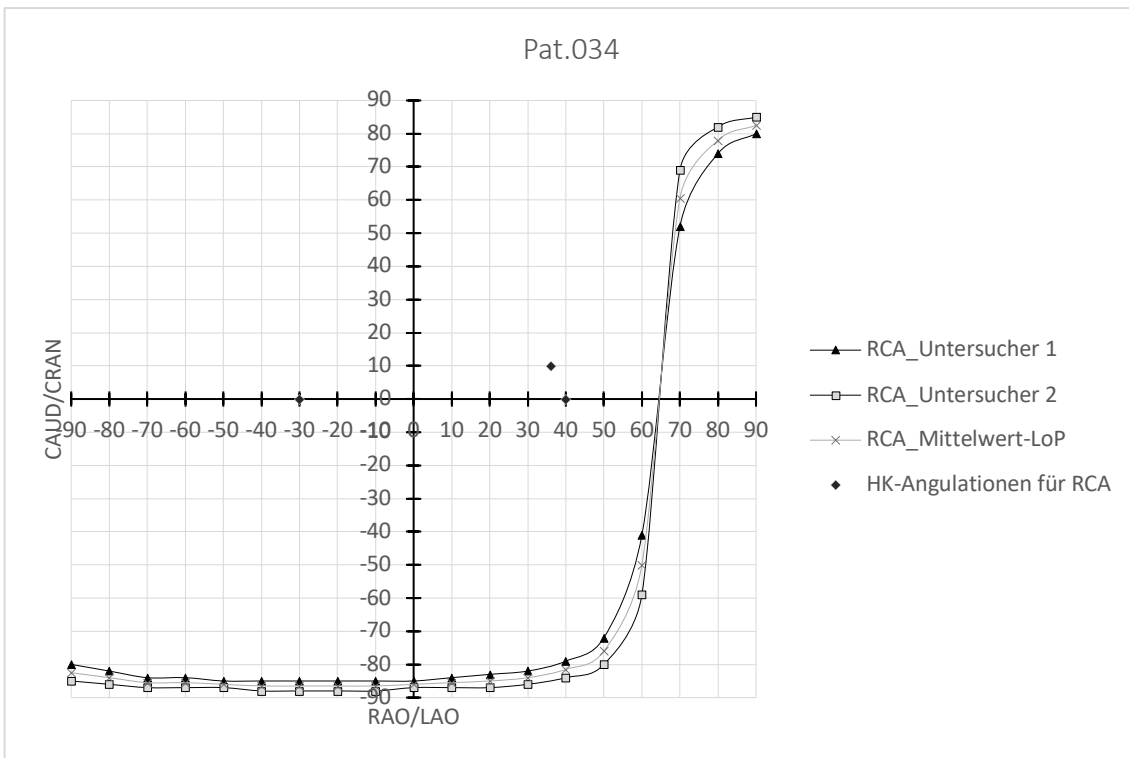
		Patient 032				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-77	85	-80	80	-78,5	82,5
80	-77	82	-79	77	-78	79,5
70	-76	77	-78	69	-77	73
60	-74	43	-77	39	-75,5	41
50	-71	-68	-75	-45	-73	-56,5
40	-67	-80	-71	-70	-69	-75
30	-59	-84	-64	-77	-61,5	-80,5
20	-42	-85	-50	-81	-46	-83
10	-8	-86	-11	-82	-9,5	-84
0	32	-87	36	-83	34	-85
-10	54	-87	59	-84	56,5	-85,5
-20	64	-87	69	-84	66,5	-85,5
-30	70	-87	74	-84	72	-85,5
-40	73	-87	76	-84	74,5	-85,5
-50	75	-87	78	-84	76,5	-85,5
-60	76	-87	79	-84	77,5	-85,5
-70	77	-86	79	-83	78	-84,5
-80	77	-86	80	-82	78,5	-84
-90	77	-85	80	-80	78,5	-82,5



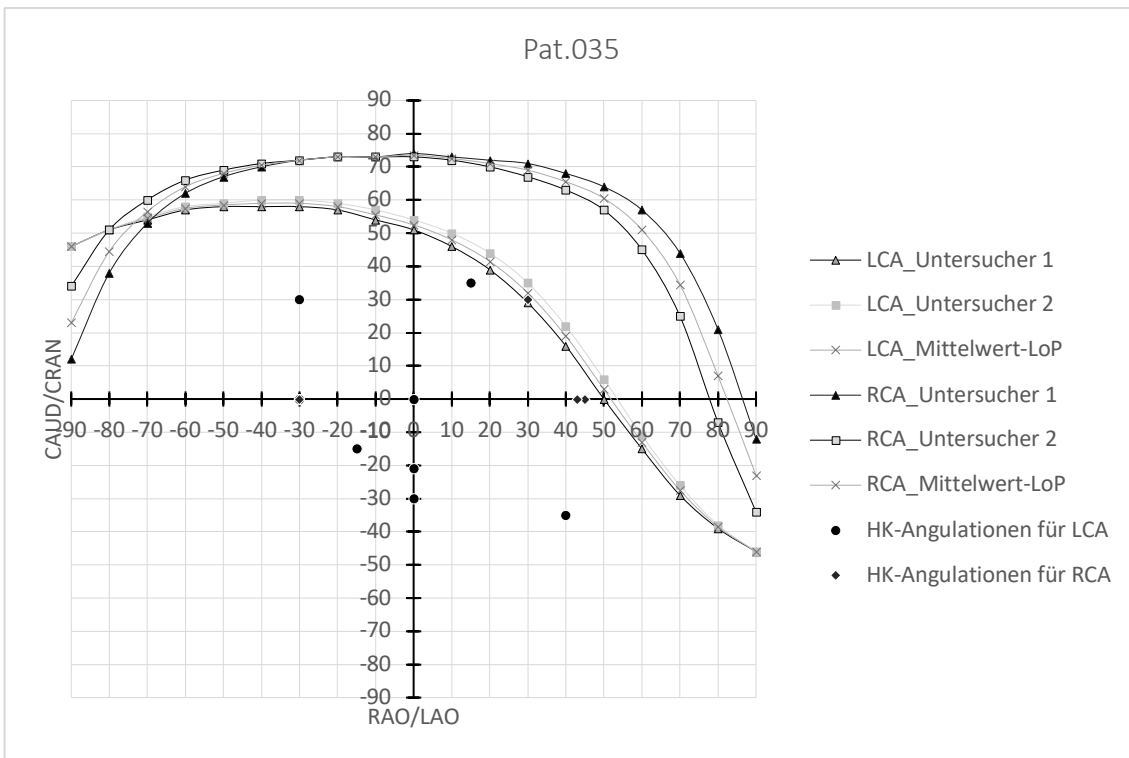
		Patient 033				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-18	27	-10	27	-14	27
80	-14	-50	-7	-27	-10,5	-38,5
70	-9	-71	-3	-57	-6	-64
60	-5	-77	1	-68	-2	-72,5
50	0	-80	5	-74	2,5	-77
40	5	-82	9	-77	7	-79,5
30	10	-83	13	-78	11,5	-80,5
20	14	-84	16	-79	15	-81,5
10	18	-84	18	-80	18	-82
0	21	-84	20	-80	20,5	-82
-10	23	-84	21	-80	22	-82
-20	25	-84	22	-80	23,5	-82
-30	26	-83	22	-79	24	-81
-40	26	-83	22	-78	24	-80,5
-50	26	-82	21	-77	23,5	-79,5
-60	25	-79	19	-74	22	-76,5
-70	23	-75	17	-68	20	-71,5
-80	20	-65	14	-57	17	-61
-90	18	-27	10	-27	14	-27



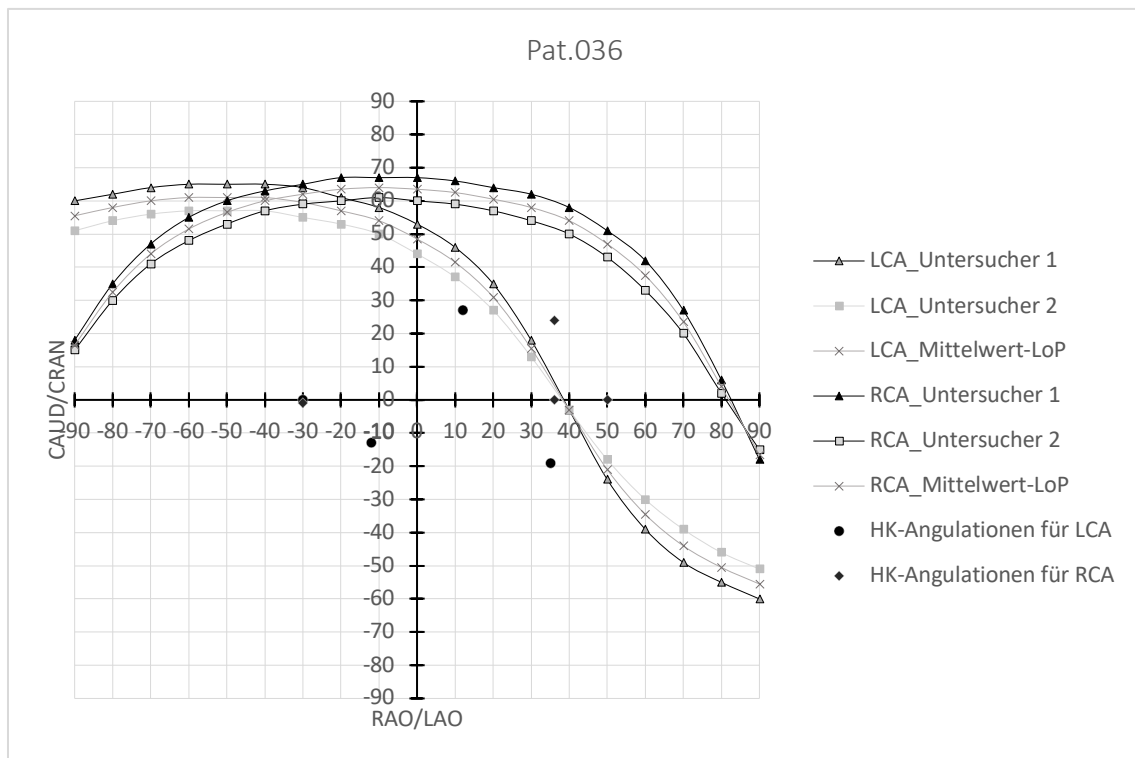
Patient 034						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90		80		85		82,5
80		74		82		78
70		52		69		60,5
60		-41		-59		-50
50		-72		-80		-76
40		-79		-84		-81,5
30		-82		-86		-84
20		-83		-87		-85
10		-84		-87		-85,5
0		-85		-87		-86
-10		-85		-88		-86,5
-20		-85		-88		-86,5
-30		-85		-88		-86,5
-40		-85		-88		-86,5
-50		-85		-87		-86
-60		-84		-87		-85,5
-70		-84		-87		-85,5
-80		-82		-86		-84
-90		-80		-85		-82,5



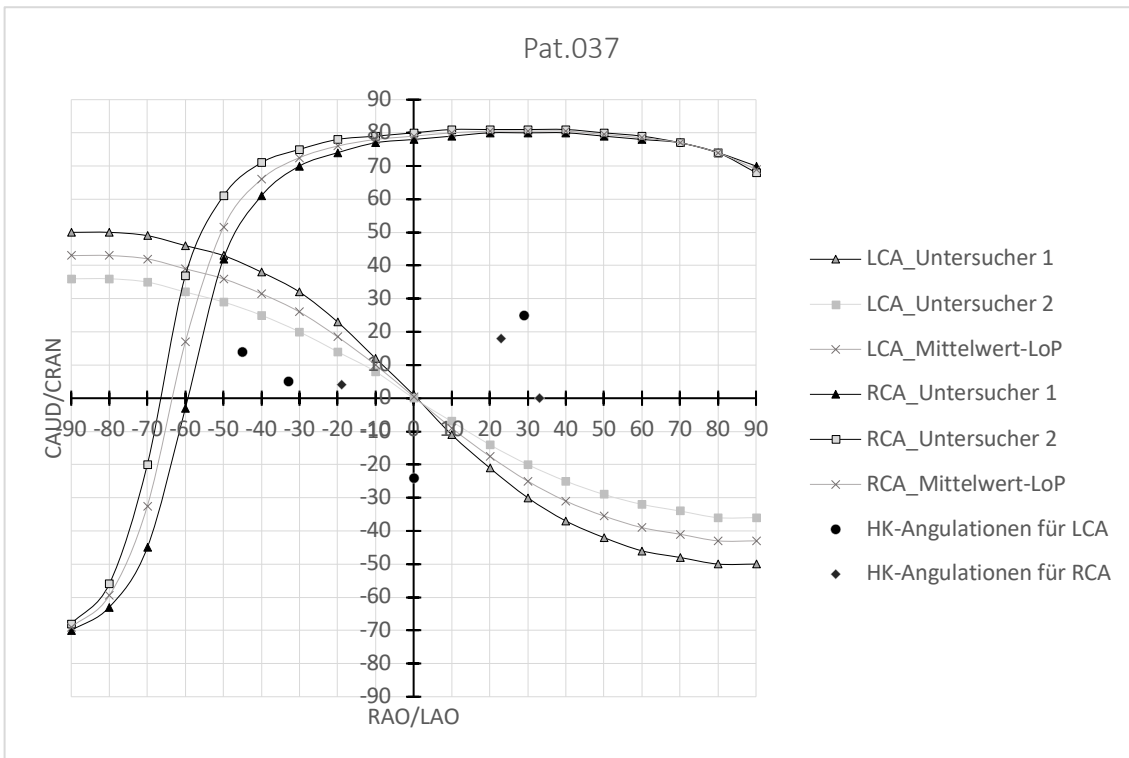
		Patient 035				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-46	-12	-46	-34	-46	-23
80	-39	21	-38	-7	-38,5	7
70	-29	44	-26	25	-27,5	34,5
60	-15	57	-11	45	-13	51
50	0	64	6	57	3	60,5
40	16	68	22	63	19	65,5
30	29	71	35	67	32	69
20	39	72	44	70	41,5	71
10	46	73	50	72	48	72,5
0	51	74	54	73	52,5	73,5
-10	54	73	57	73	55,5	73
-20	57	73	59	73	58	73
-30	58	72	60	72	59	72
-40	58	70	60	71	59	70,5
-50	58	67	59	69	58,5	68
-60	57	62	58	66	57,5	64
-70	54	53	55	60	54,5	56,5
-80	51	38	51	51	51	44,5
-90	46	12	46	34	46	23



		Patient 036				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-60	-18	-51	-15	-55,5	-16,5
80	-55	6	-46	2	-50,5	4
70	-49	27	-39	20	-44	23,5
60	-39	42	-30	33	-34,5	37,5
50	-24	51	-18	43	-21	47
40	-3	58	-3	50	-3	54
30	18	62	13	54	15,5	58
20	35	64	27	57	31	60,5
10	46	66	37	59	41,5	62,5
0	53	67	44	60	48,5	63,5
-10	58	67	50	61	54	64
-20	61	67	53	60	57	63,5
-30	64	65	55	59	59,5	62
-40	65	63	57	57	61	60
-50	65	60	57	53	61	56,5
-60	65	55	57	48	61	51,5
-70	64	47	56	41	60	44
-80	62	35	54	30	58	32,5
-90	60	18	51	15	55,5	16,5

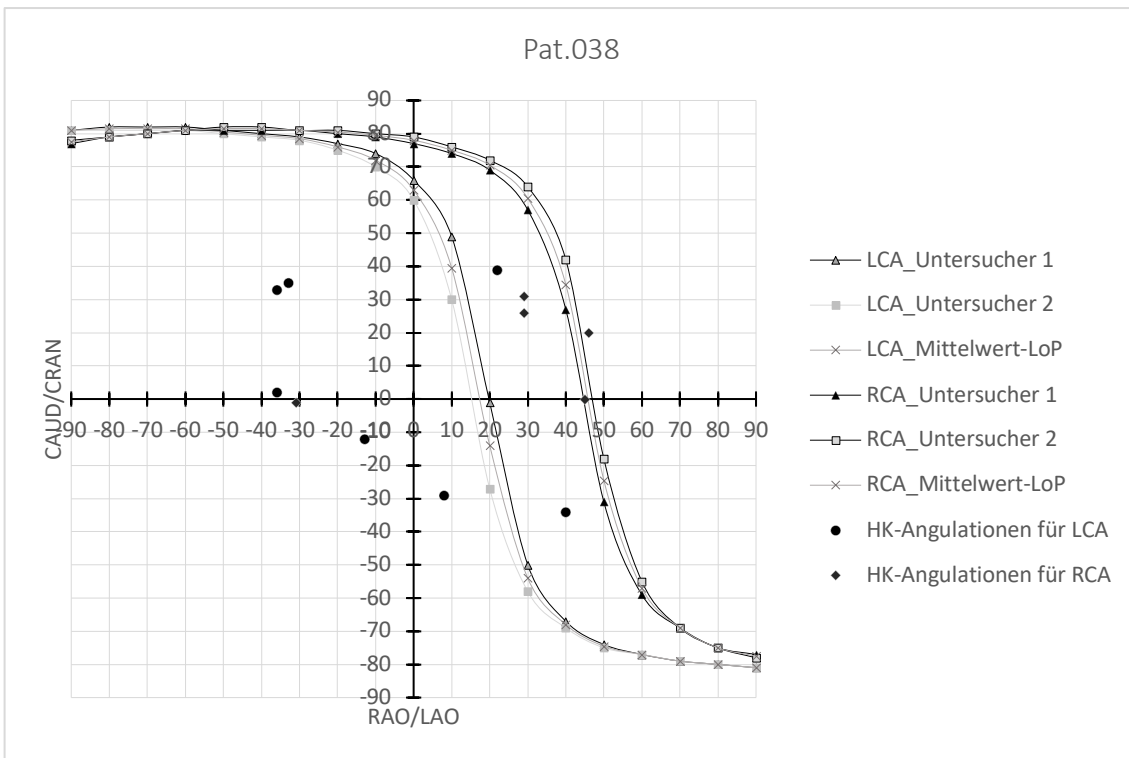


Patient 037						
	Untersucher 1	Untersucher 2	Mittelwert-LoP			
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-50	70	-36	68	-43	69
80	-50	74	-36	74	-43	74
70	-48	77	-34	77	-41	77
60	-46	78	-32	79	-39	78,5
50	-42	79	-29	80	-35,5	79,5
40	-37	80	-25	81	-31	80,5
30	-30	80	-20	81	-25	80,5
20	-21	80	-14	81	-17,5	80,5
10	-11	79	-7	81	-9	80
0	1	78	0	80	0,5	79
-10	12	77	8	79	10	78
-20	23	74	14	78	18,5	76
-30	32	70	20	75	26	72,5
-40	38	61	25	71	31,5	66
-50	43	42	29	61	36	51,5
-60	46	-3	32	37	39	17
-70	49	-45	35	-20	42	-32,5
-80	50	-63	36	-56	43	-59,5
-90	50	-70	36	-68	43	-69

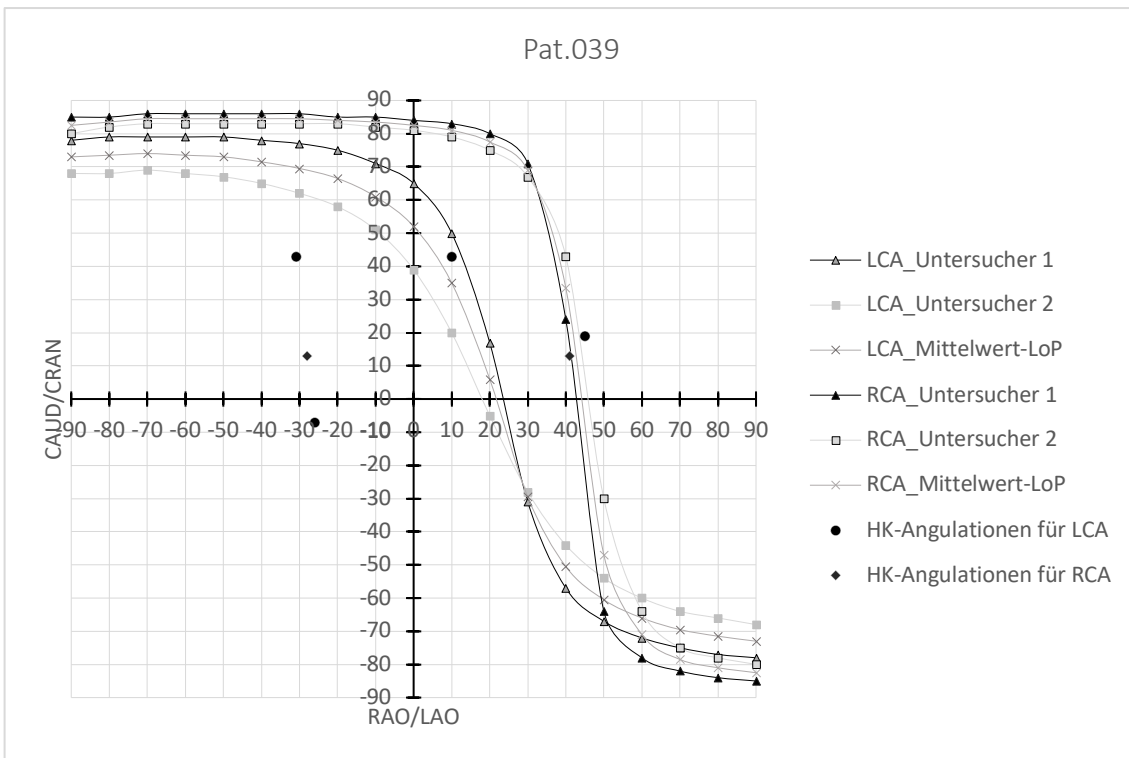




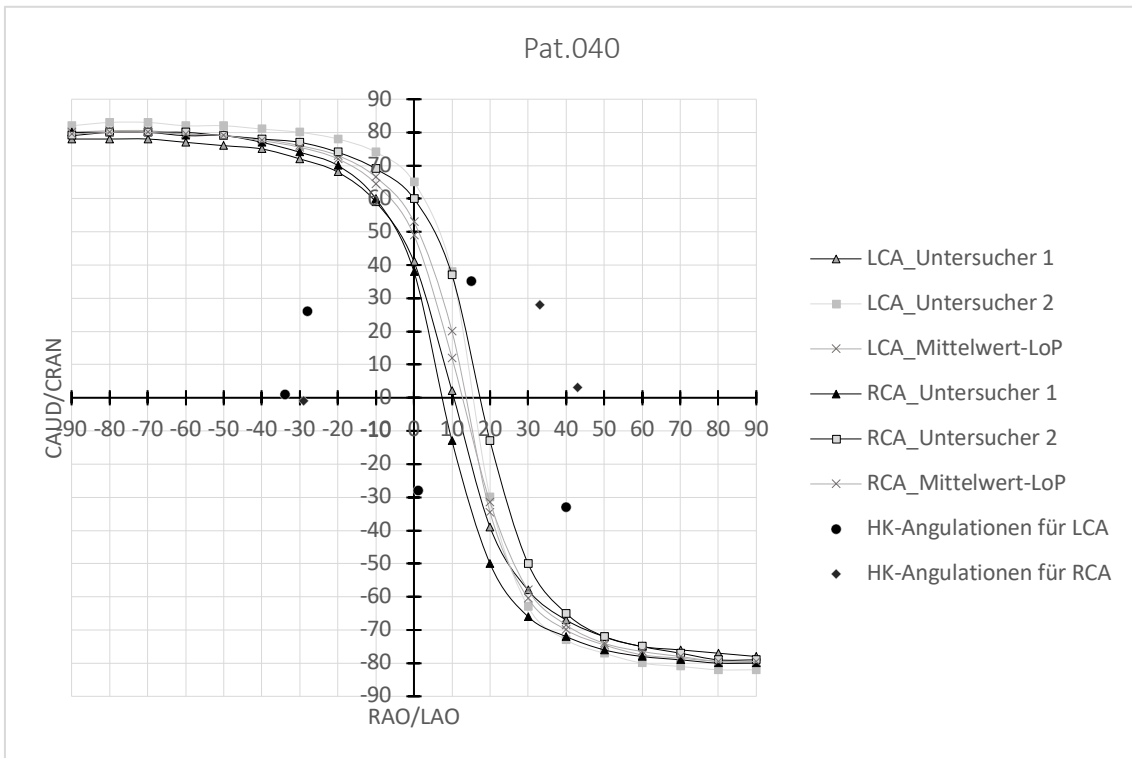
Patient 038						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-81	-77	-81	-78	-81	-77,5
80	-80	-75	-80	-75	-80	-75
70	-79	-69	-79	-69	-79	-69
60	-77	-59	-77	-55	-77	-57
50	-74	-31	-75	-18	-74,5	-24,5
40	-67	27	-69	42	-68	34,5
30	-50	57	-58	64	-54	60,5
20	-1	69	-27	72	-14	70,5
10	49	74	30	76	39,5	75
0	66	77	60	79	63	78
-10	74	79	70	80	72	79,5
-20	77	80	75	81	76	80,5
-30	79	81	78	81	78,5	81
-40	80	81	79	82	79,5	81,5
-50	81	81	80	82	80,5	81,5
-60	82	81	81	81	81,5	81
-70	82	80	81	80	81,5	80
-80	82	79	81	79	81,5	79
-90	81	77	81	78	81	77,5



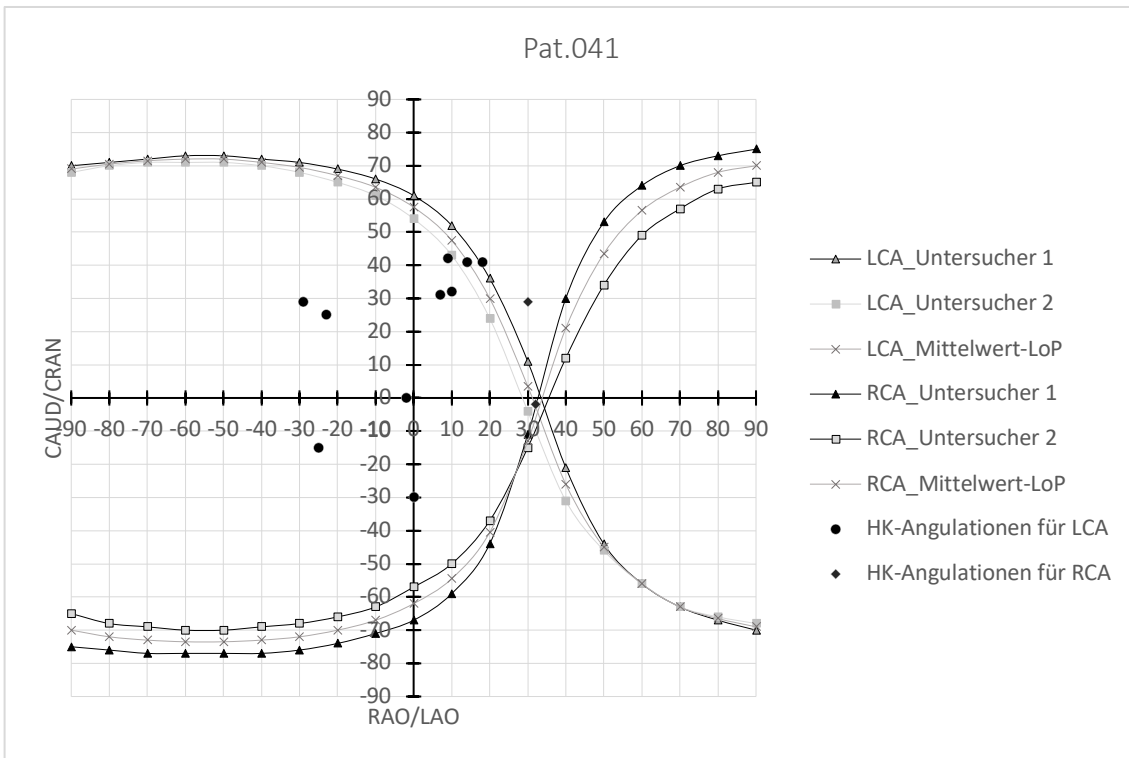
		Patient 039				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-78	-85	-68	-80	-73	-82,5
80	-77	-84	-66	-78	-71,5	-81
70	-75	-82	-64	-75	-69,5	-78,5
60	-72	-78	-60	-64	-66	-71
50	-67	-64	-54	-30	-60,5	-47
40	-57	24	-44	43	-50,5	33,5
30	-31	71	-28	67	-29,5	69
20	17	80	-5	75	6	77,5
10	50	83	20	79	35	81
0	65	84	39	81	52	82,5
-10	71	85	51	82	61	83,5
-20	75	85	58	83	66,5	84
-30	77	86	62	83	69,5	84,5
-40	78	86	65	83	71,5	84,5
-50	79	86	67	83	73	84,5
-60	79	86	68	83	73,5	84,5
-70	79	86	69	83	74	84,5
-80	79	85	68	82	73,5	83,5
-90	78	85	68	80	73	82,5



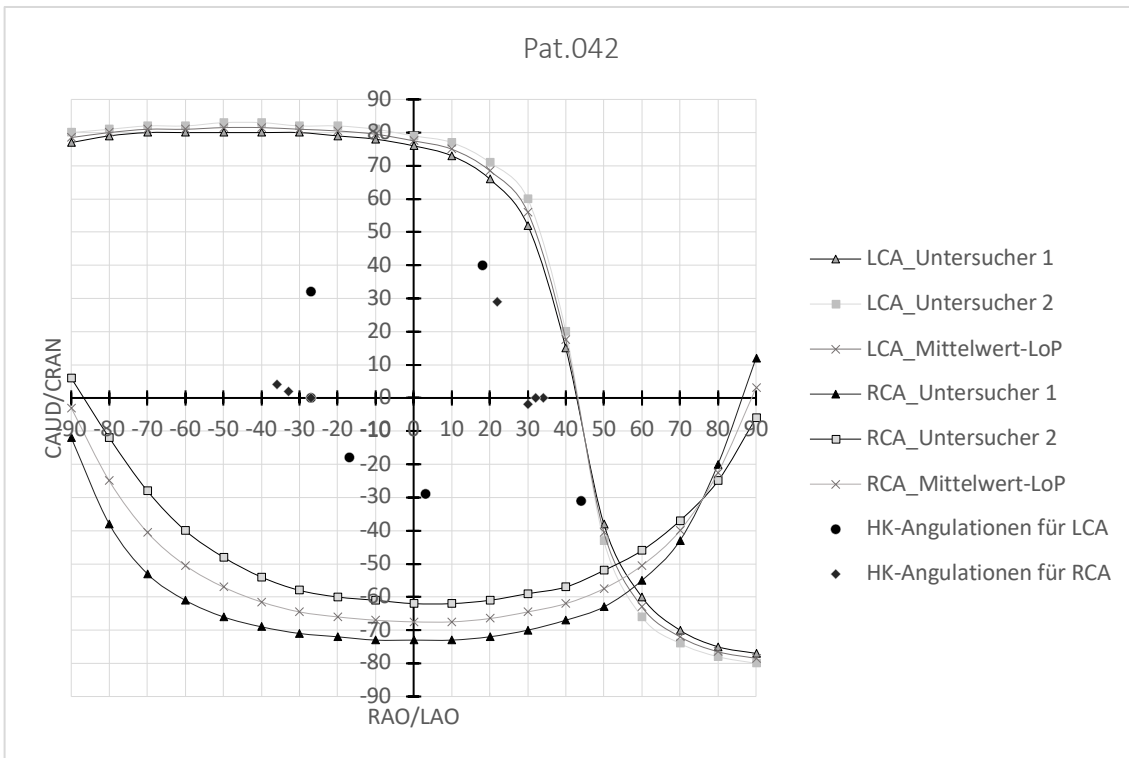
		Patient 040				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-78	-80	-82	-79	-80	-79,5
80	-77	-80	-82	-79	-79,5	-79,5
70	-76	-79	-81	-77	-78,5	-78
60	-75	-78	-80	-75	-77,5	-76,5
50	-72	-76	-77	-72	-74,5	-74
40	-67	-72	-73	-65	-70	-68,5
30	-58	-66	-63	-50	-60,5	-58
20	-39	-50	-30	-13	-34,5	-31,5
10	2	-13	38	37	20	12
0	41	38	65	60	53	49
-10	59	60	74	69	66,5	64,5
-20	68	70	78	74	73	72
-30	72	74	80	77	76	75,5
-40	75	77	81	78	78	77,5
-50	76	79	82	79	79	79
-60	77	79	82	80	79,5	79,5
-70	78	80	83	80	80,5	80
-80	78	80	83	80	80,5	80
-90	78	80	82	79	80	79,5



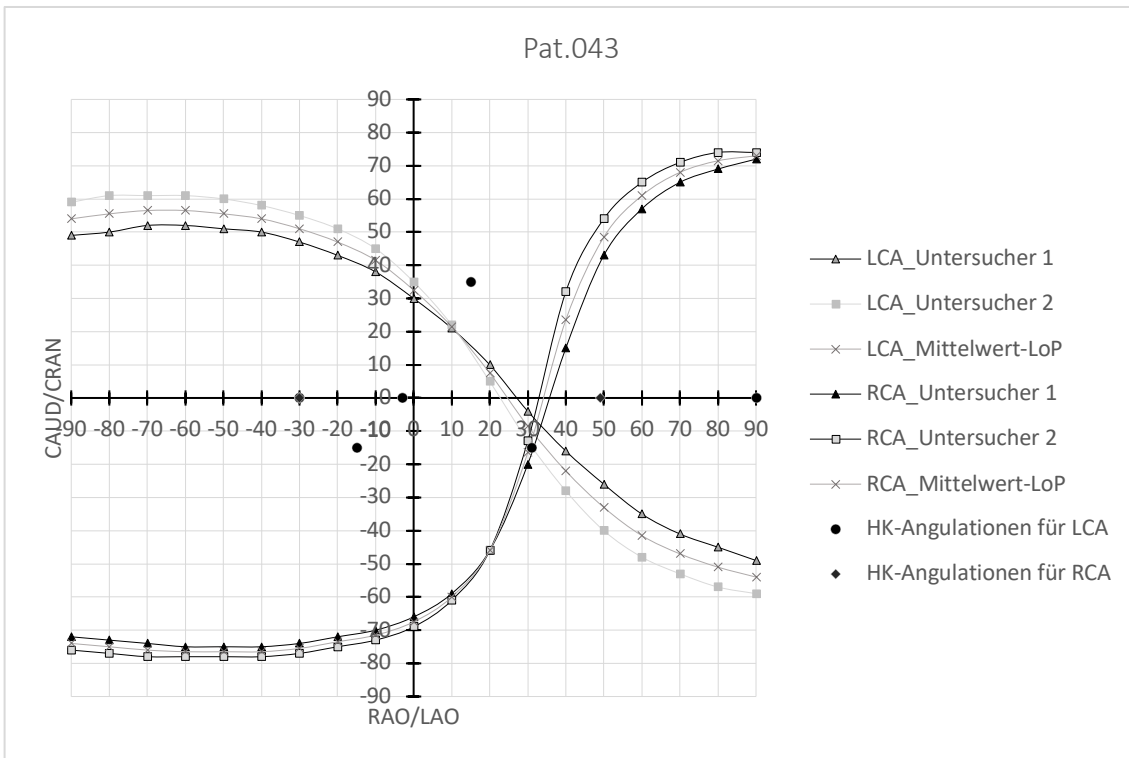
		Patient 041				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-70	75	-68	65	-69	70
80	-67	73	-66	63	-66,5	68
70	-63	70	-63	57	-63	63,5
60	-56	64	-56	49	-56	56,5
50	-44	53	-46	34	-45	43,5
40	-21	30	-31	12	-26	21
30	11	-11	-4	-15	3,5	-13
20	36	-44	24	-37	30	-40,5
10	52	-59	43	-50	47,5	-54,5
0	61	-67	54	-57	57,5	-62
-10	66	-71	61	-63	63,5	-67
-20	69	-74	65	-66	67	-70
-30	71	-76	68	-68	69,5	-72
-40	72	-77	70	-69	71	-73
-50	73	-77	71	-70	72	-73,5
-60	73	-77	71	-70	72	-73,5
-70	72	-77	71	-69	71,5	-73
-80	71	-76	70	-68	70,5	-72
-90	70	-75	68	-65	69	-70



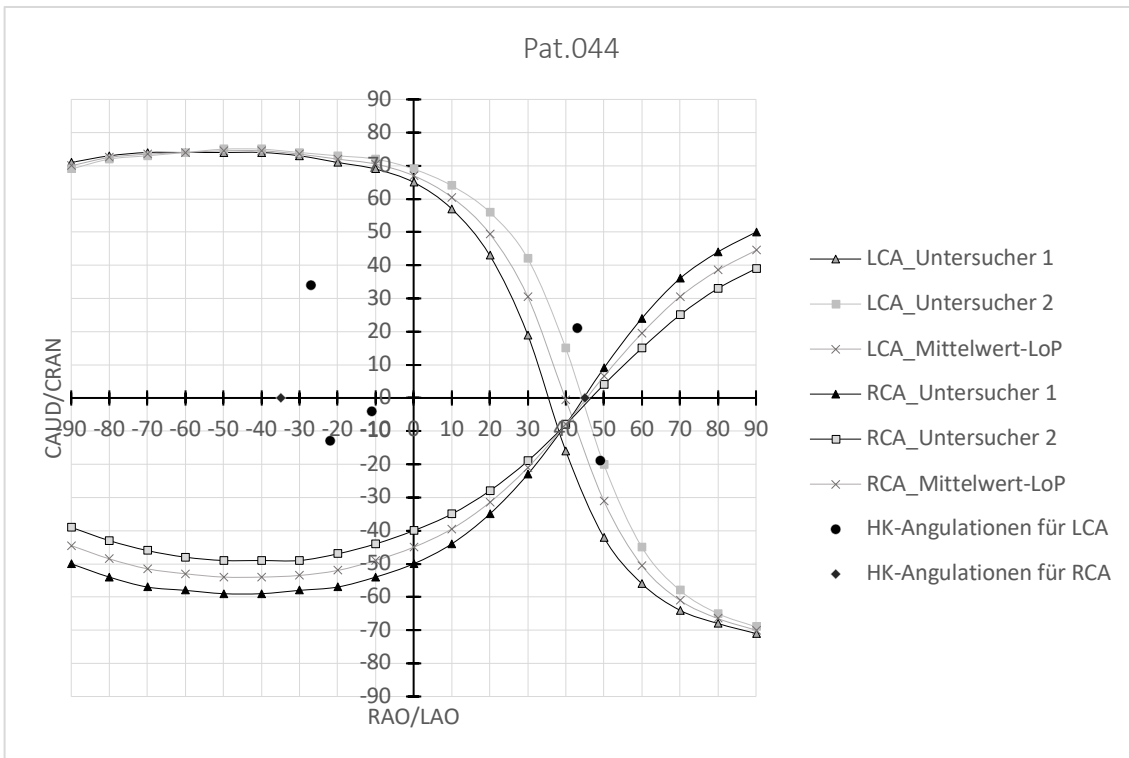
		Patient 042				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-77	12	-80	-6	-78,5	3
80	-75	-20	-78	-25	-76,5	-22,5
70	-70	-43	-74	-37	-72	-40
60	-60	-55	-66	-46	-63	-50,5
50	-38	-63	-43	-52	-40,5	-57,5
40	15	-67	20	-57	17,5	-62
30	52	-70	60	-59	56	-64,5
20	66	-72	71	-61	68,5	-66,5
10	73	-73	77	-62	75	-67,5
0	76	-73	79	-62	77,5	-67,5
-10	78	-73	81	-61	79,5	-67
-20	79	-72	82	-60	80,5	-66
-30	80	-71	82	-58	81	-64,5
-40	80	-69	83	-54	81,5	-61,5
-50	80	-66	83	-48	81,5	-57
-60	80	-61	82	-40	81	-50,5
-70	80	-53	82	-28	81	-40,5
-80	79	-38	81	-12	80	-25
-90	77	-12	80	6	78,5	-3



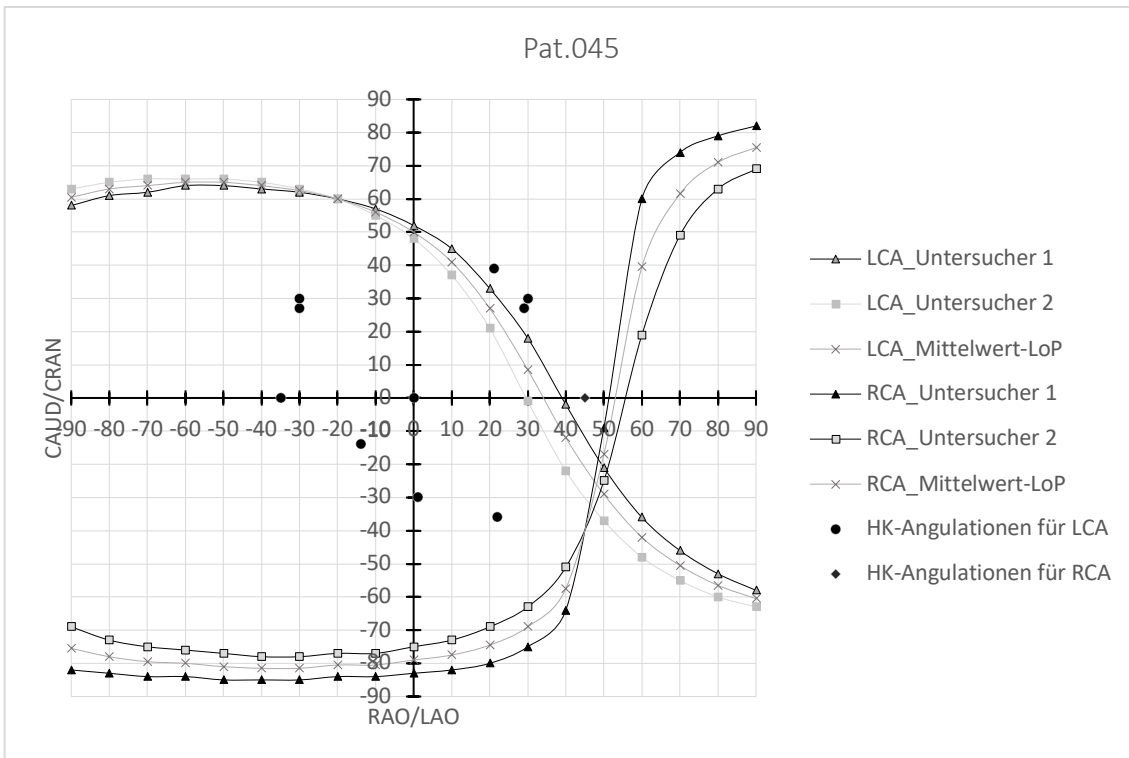
Patient 043						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-49	72	-59	74	-54	73
80	-45	69	-57	74	-51	71,5
70	-41	65	-53	71	-47	68
60	-35	57	-48	65	-41,5	61
50	-26	43	-40	54	-33	48,5
40	-16	15	-28	32	-22	23,5
30	-4	-20	-13	-13	-8,5	-16,5
20	10	-46	5	-46	7,5	-46
10	21	-59	22	-61	21,5	-60
0	30	-66	35	-69	32,5	-67,5
-10	38	-70	45	-73	41,5	-71,5
-20	43	-72	51	-75	47	-73,5
-30	47	-74	55	-77	51	-75,5
-40	50	-75	58	-78	54	-76,5
-50	51	-75	60	-78	55,5	-76,5
-60	52	-75	61	-78	56,5	-76,5
-70	52	-74	61	-78	56,5	-76
-80	50	-73	61	-77	55,5	-75
-90	49	-72	59	-76	54	-74



Patient 044						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-71	50	-69	39	-70	44,5
80	-68	44	-65	33	-66,5	38,5
70	-64	36	-58	25	-61	30,5
60	-56	24	-45	15	-50,5	19,5
50	-42	9	-20	4	-31	6,5
40	-16	-8	15	-8	-0,5	-8
30	19	-23	42	-19	30,5	-21
20	43	-35	56	-28	49,5	-31,5
10	57	-44	64	-35	60,5	-39,5
0	65	-50	69	-40	67	-45
-10	69	-54	72	-44	70,5	-49
-20	71	-57	73	-47	72	-52
-30	73	-58	74	-49	73,5	-53,5
-40	74	-59	75	-49	74,5	-54
-50	74	-59	75	-49	74,5	-54
-60	74	-58	74	-48	74	-53
-70	74	-57	73	-46	73,5	-51,5
-80	73	-54	72	-43	72,5	-48,5
-90	71	-50	69	-39	70	-44,5

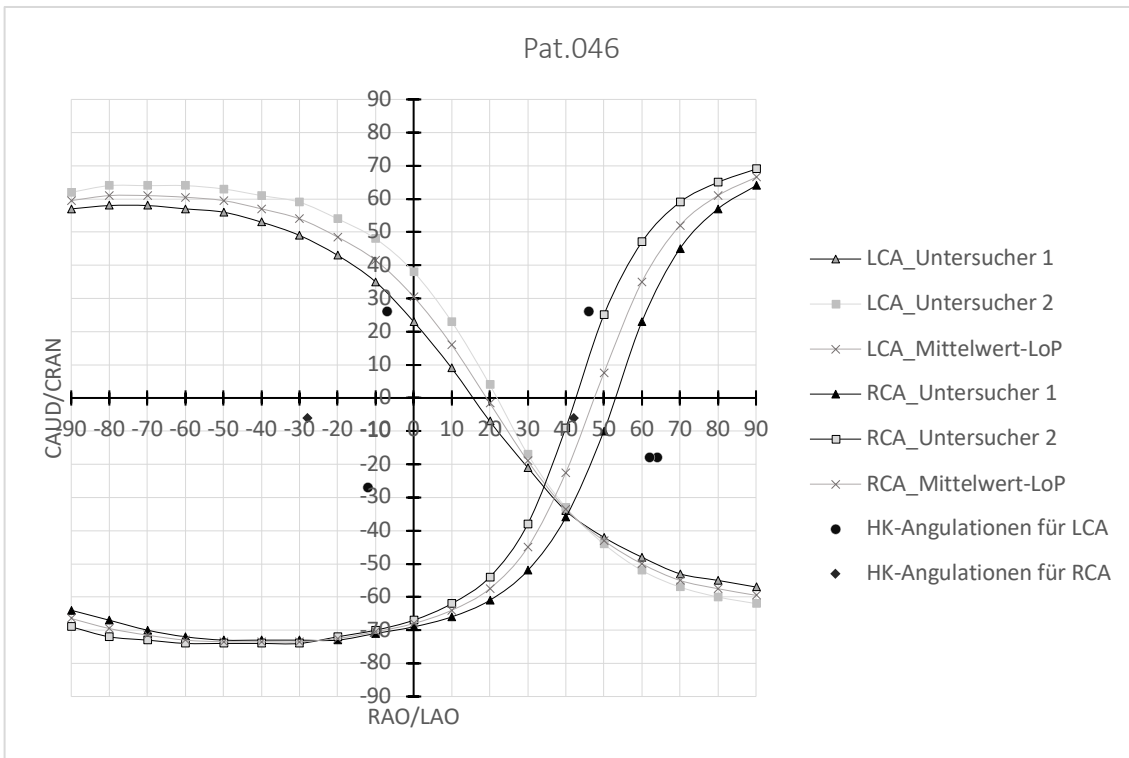


		Patient 045				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-58	82	-63	69	-60,5	75,5
80	-53	79	-60	63	-56,5	71
70	-46	74	-55	49	-50,5	61,5
60	-36	60	-48	19	-42	39,5
50	-21	-9	-37	-25	-29	-17
40	-2	-64	-22	-51	-12	-57,5
30	18	-75	-1	-63	8,5	-69
20	33	-80	21	-69	27	-74,5
10	45	-82	37	-73	41	-77,5
0	52	-83	48	-75	50	-79
-10	57	-84	55	-77	56	-80,5
-20	60	-84	60	-77	60	-80,5
-30	62	-85	63	-78	62,5	-81,5
-40	63	-85	65	-78	64	-81,5
-50	64	-85	66	-77	65	-81
-60	64	-84	66	-76	65	-80
-70	62	-84	66	-75	64	-79,5
-80	61	-83	65	-73	63	-78
-90	58	-82	63	-69	60,5	-75,5

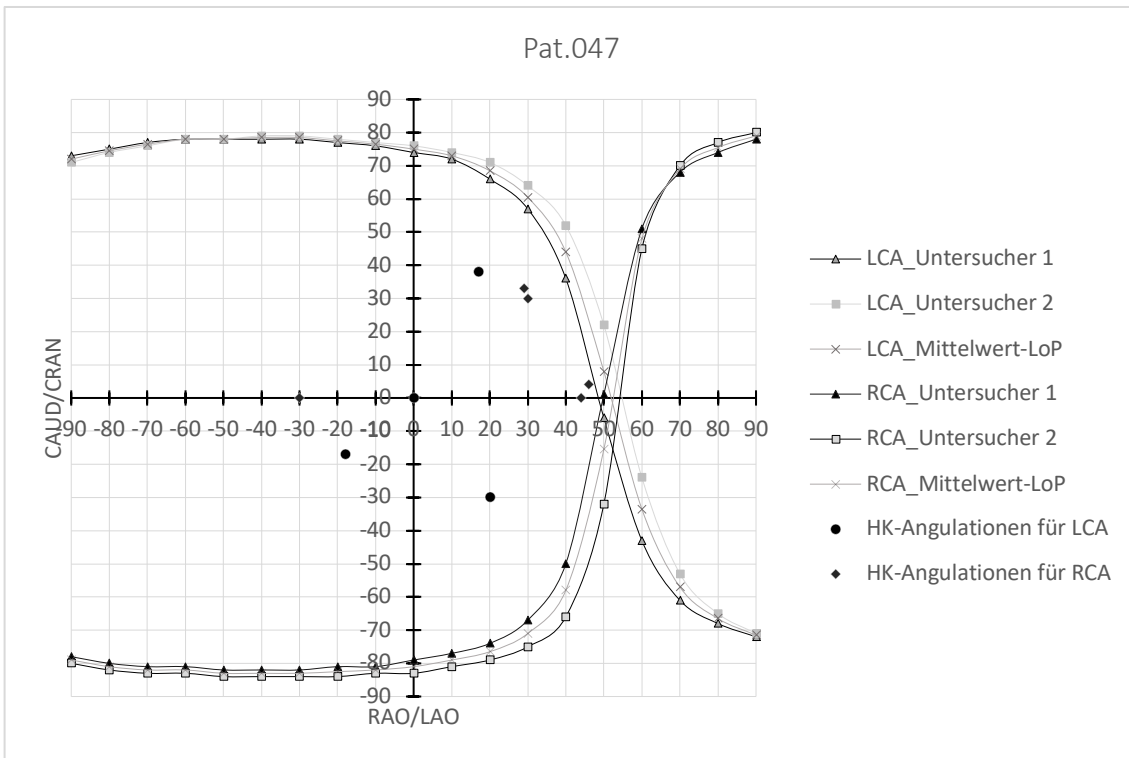




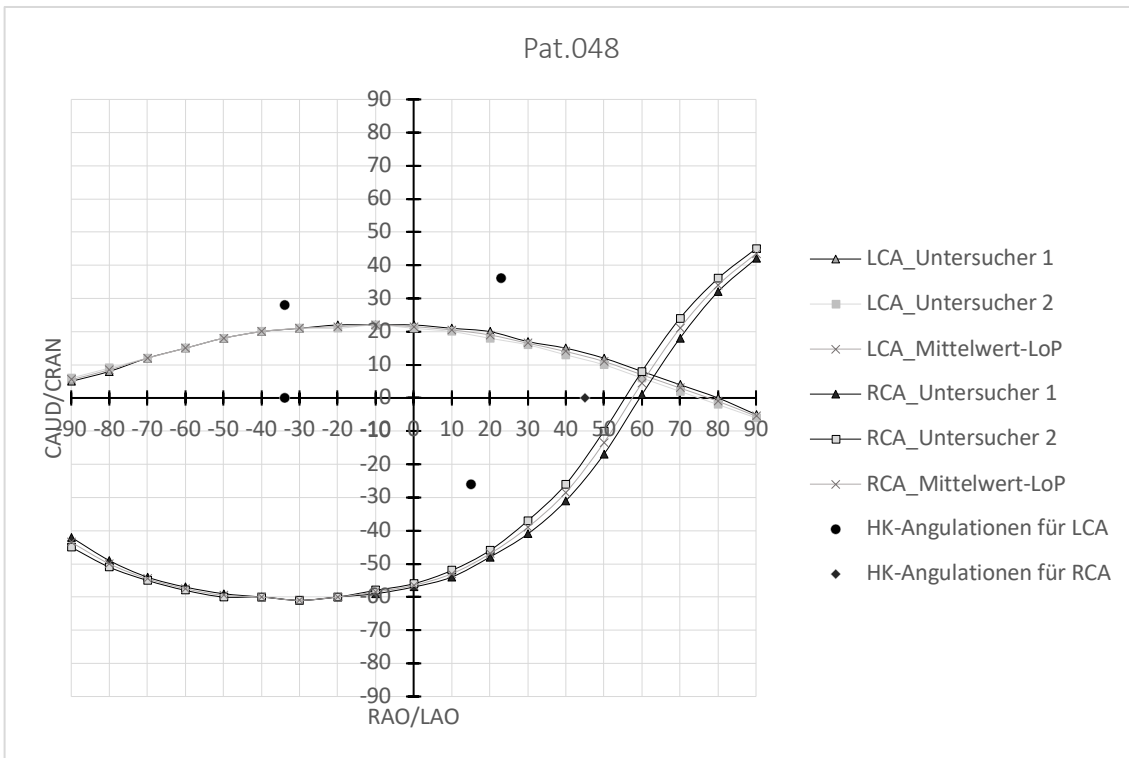
Patient 046						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-57	64	-62	69	-59,5	66,5
80	-55	57	-60	65	-57,5	61
70	-53	45	-57	59	-55	52
60	-48	23	-52	47	-50	35
50	-42	-10	-44	25	-43	7,5
40	-34	-36	-33	-9	-33,5	-22,5
30	-21	-52	-17	-38	-19	-45
20	-7	-61	4	-54	-1,5	-57,5
10	9	-66	23	-62	16	-64
0	23	-69	38	-67	30,5	-68
-10	35	-71	48	-70	41,5	-70,5
-20	43	-73	54	-72	48,5	-72,5
-30	49	-73	59	-74	54	-73,5
-40	53	-73	61	-74	57	-73,5
-50	56	-73	63	-74	59,5	-73,5
-60	57	-72	64	-74	60,5	-73
-70	58	-70	64	-73	61	-71,5
-80	58	-67	64	-72	61	-69,5
-90	57	-64	62	-69	59,5	-66,5



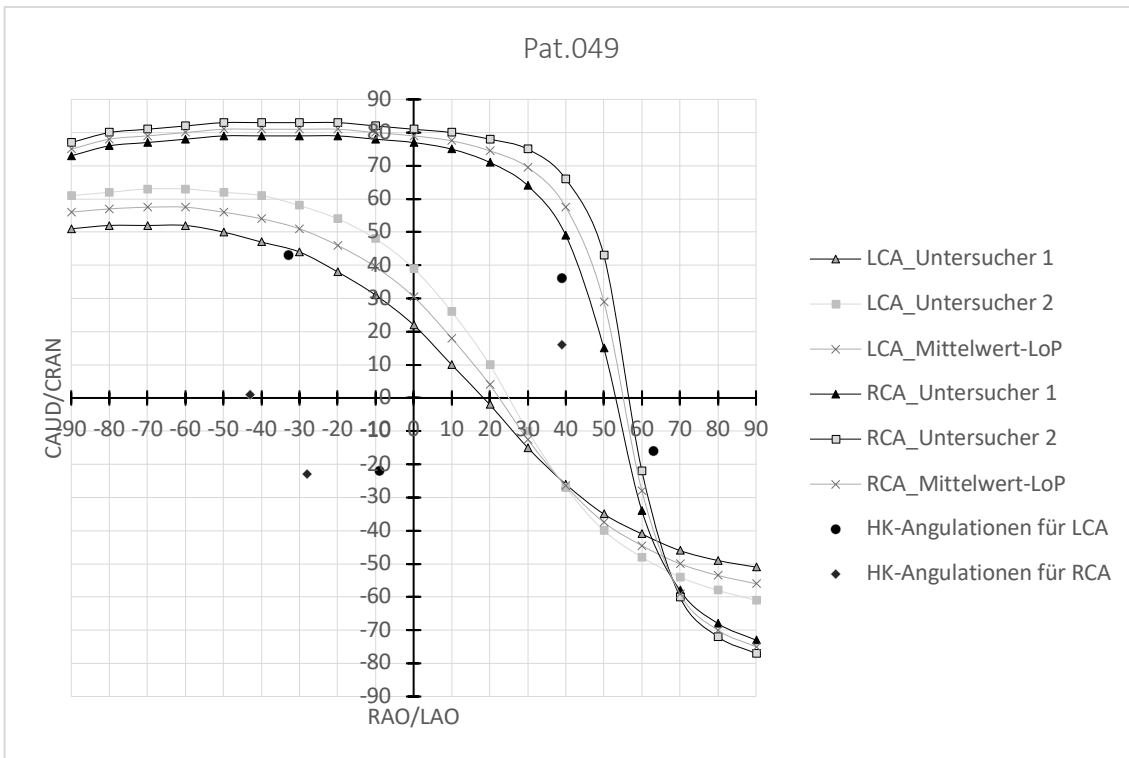
Patient 047						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-72	78	-71	80	-71,5	79
80	-68	74	-65	77	-66,5	75,5
70	-61	68	-53	70	-57	69
60	-43	51	-24	45	-33,5	48
50	-6	1	22	-32	8	-15,5
40	36	-50	52	-66	44	-58
30	57	-67	64	-75	60,5	-71
20	66	-74	71	-79	68,5	-76,5
10	72	-77	74	-81	73	-79
0	74	-79	76	-83	75	-81
-10	76	-81	77	-83	76,5	-82
-20	77	-81	78	-84	77,5	-82,5
-30	78	-82	79	-84	78,5	-83
-40	78	-82	79	-84	78,5	-83
-50	78	-82	78	-84	78	-83
-60	78	-81	78	-83	78	-82
-70	77	-81	76	-83	76,5	-82
-80	75	-80	74	-82	74,5	-81
-90	73	-78	71	-80	72	-79



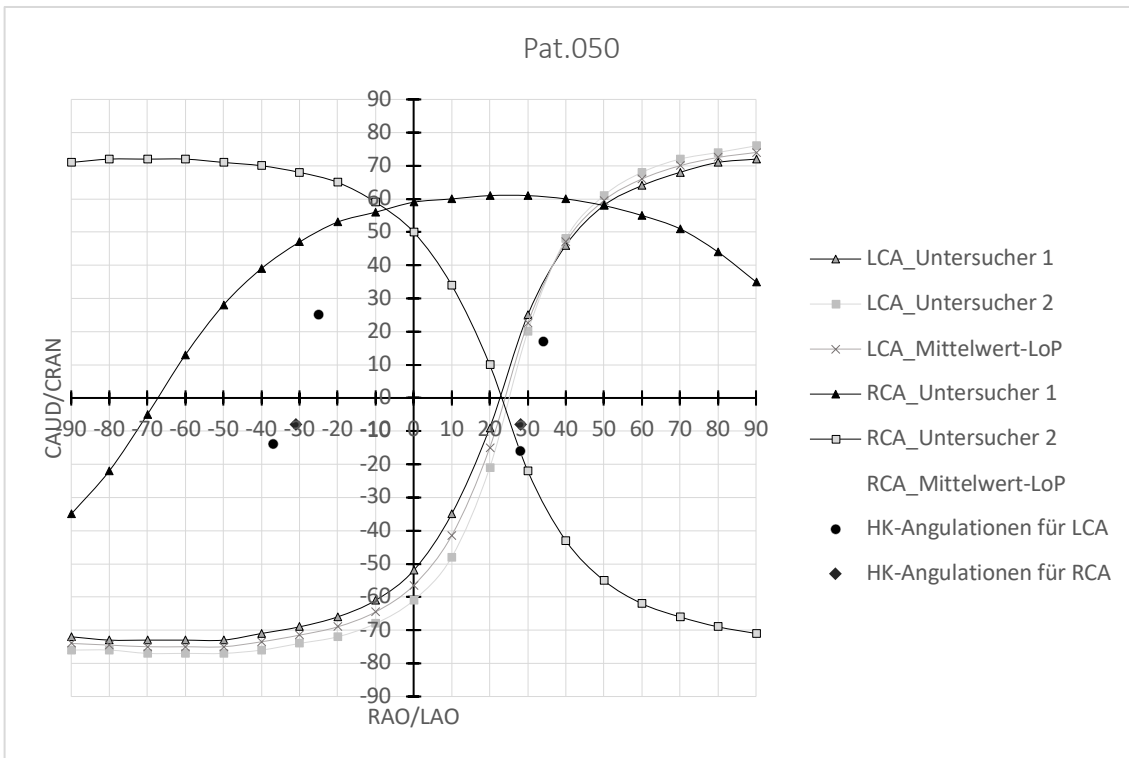
Patient 048						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-5	42	-6	45	-5,5	43,5
80	0	32	-2	36	-1	34
70	4	18	2	24	3	21
60	8	1	6	8	7	4,5
50	12	-17	10	-10	11	-13,5
40	15	-31	13	-26	14	-28,5
30	17	-41	16	-37	16,5	-39
20	20	-48	18	-46	19	-47
10	21	-54	20	-52	20,5	-53
0	22	-57	21	-56	21,5	-56,5
-10	22	-59	22	-58	22	-58,5
-20	22	-60	21	-60	21,5	-60
-30	21	-61	21	-61	21	-61
-40	20	-60	20	-60	20	-60
-50	18	-59	18	-60	18	-59,5
-60	15	-57	15	-58	15	-57,5
-70	12	-54	12	-55	12	-54,5
-80	8	-49	9	-51	8,5	-50
-90	5	-42	6	-45	5,5	-43,5



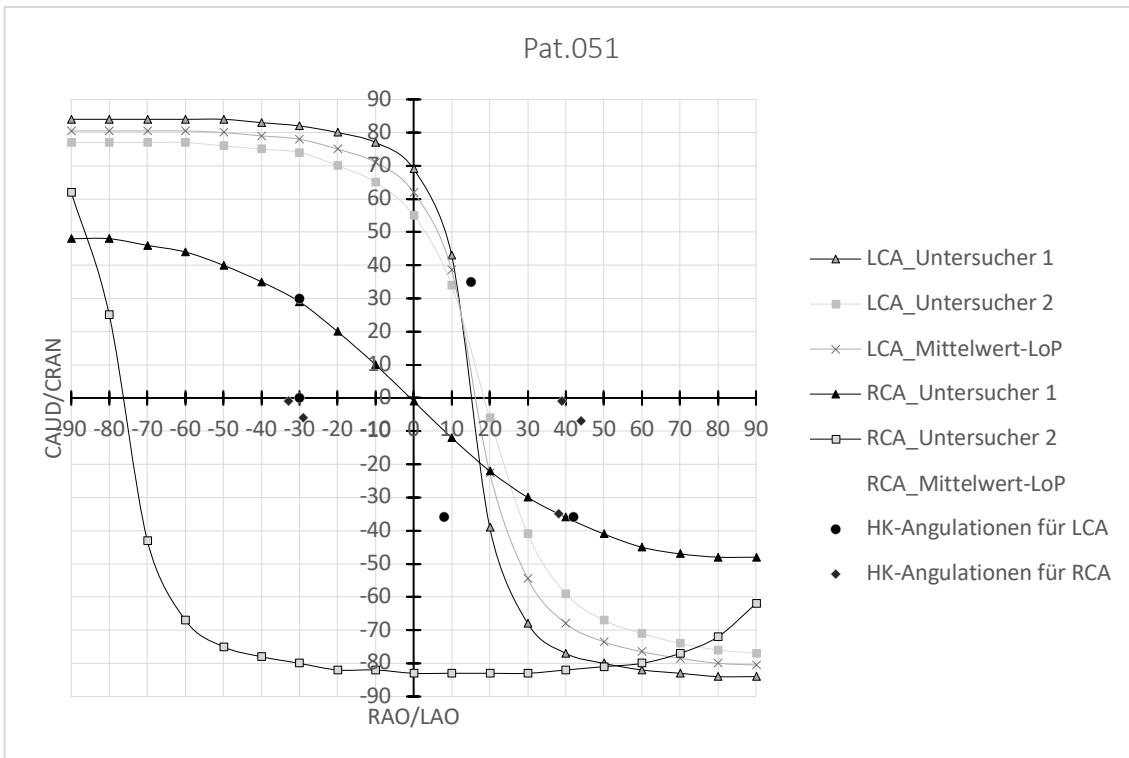
		Patient 049				
		Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-51	-73	-61	-77	-56	-75
80	-49	-68	-58	-72	-53,5	-70
70	-46	-58	-54	-60	-50	-59
60	-41	-34	-48	-22	-44,5	-28
50	-35	15	-40	43	-37,5	29
40	-26	49	-27	66	-26,5	57,5
30	-15	64	-10	75	-12,5	69,5
20	-2	71	10	78	4	74,5
10	10	75	26	80	18	77,5
0	22	77	39	81	30,5	79
-10	31	78	48	82	39,5	80
-20	38	79	54	83	46	81
-30	44	79	58	83	51	81
-40	47	79	61	83	54	81
-50	50	79	62	83	56	81
-60	52	78	63	82	57,5	80
-70	52	77	63	81	57,5	79
-80	52	76	62	80	57	78
-90	51	73	61	77	56	75



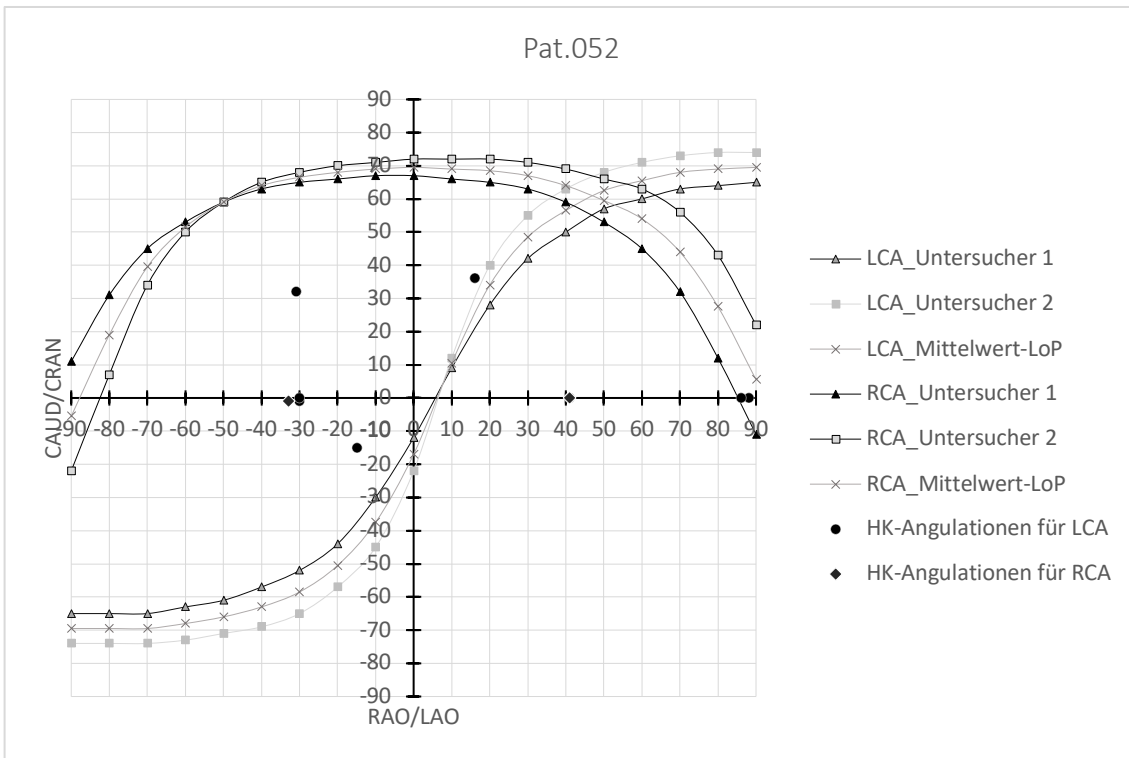
Patient 050 (atyp. RCA)						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	72	35	76	-71	74	-18
80	71	44	74	-69	72,5	-12,5
70	68	51	72	-66	70	-7,5
60	64	55	68	-62	66	-3,5
50	58	58	61	-55	59,5	1,5
40	46	60	48	-43	47	8,5
30	25	61	20	-22	22,5	19,5
20	-9	61	-21	10	-15	35,5
10	-35	60	-48	34	-41,5	47
0	-52	59	-61	50	-56,5	54,5
-10	-61	56	-68	59	-64,5	57,5
-20	-66	53	-72	65	-69	59
-30	-69	47	-74	68	-71,5	57,5
-40	-71	39	-76	70	-73,5	54,5
-50	-73	28	-77	71	-75	49,5
-60	-73	13	-77	72	-75	42,5
-70	-73	-5	-77	72	-75	33,5
-80	-73	-22	-76	72	-74,5	25
-90	-72	-35	-76	71	-74	18



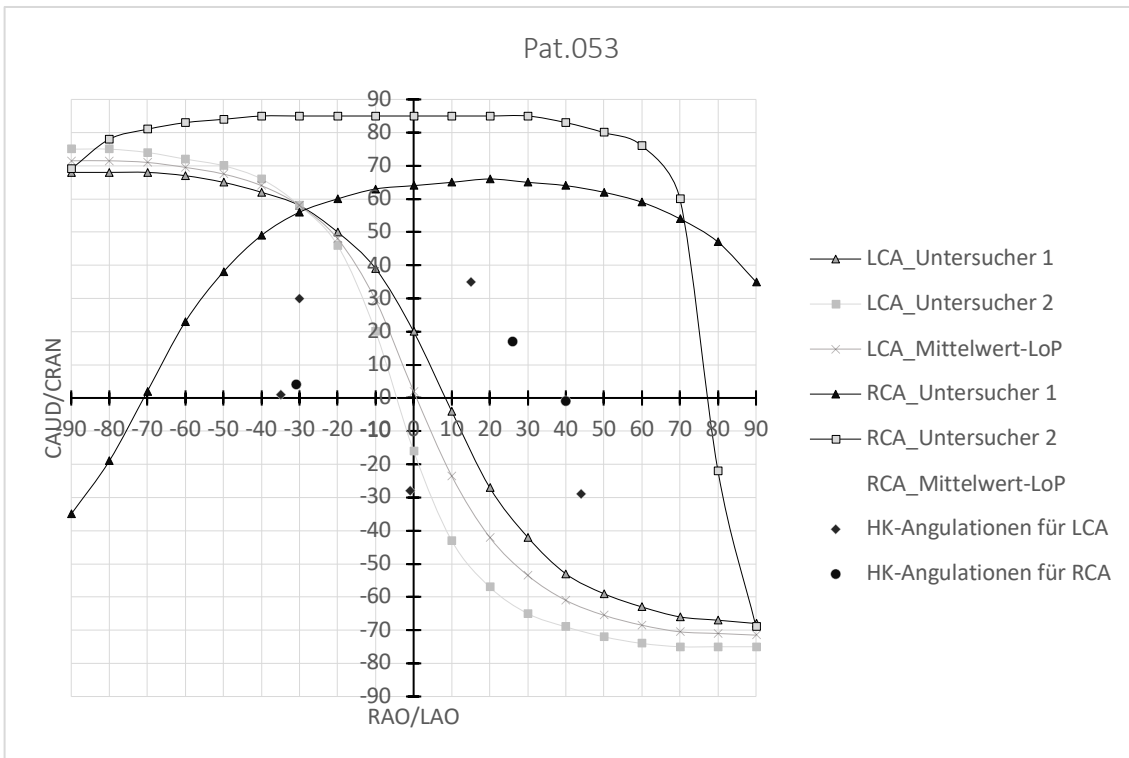
Patient 051 (atyp. RCA)						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-84	-48	-77	-62	-80,5	-55
80	-84	-48	-76	-72	-80	-60
70	-83	-47	-74	-77	-78,5	-62
60	-82	-45	-71	-80	-76,5	-62,5
50	-80	-41	-67	-81	-73,5	-61
40	-77	-36	-59	-82	-68	-59
30	-68	-30	-41	-83	-54,5	-56,5
20	-39	-22	-6	-83	-22,5	-52,5
10	43	-12	34	-83	38,5	-47,5
0	69	-1	55	-83	62	-42
-10	77	10	65	-82	71	-36
-20	80	20	70	-82	75	-31
-30	82	29	74	-80	78	-25,5
-40	83	35	75	-78	79	-21,5
-50	84	40	76	-75	80	-17,5
-60	84	44	77	-67	80,5	-11,5
-70	84	46	77	-43	80,5	1,5
-80	84	48	77	25	80,5	36,5
-90	84	48	77	62	80,5	55



Patient 052 (atyp. RCA)						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	65	-11	74	22	69,5	5,5
80	64	12	74	43	69	27,5
70	63	32	73	56	68	44
60	60	45	71	63	65,5	54
50	57	53	68	66	62,5	59,5
40	50	59	63	69	56,5	64
30	42	63	55	71	48,5	67
20	28	65	40	72	34	68,5
10	9	66	12	72	10,5	69
0	-12	67	-22	72	-17	69,5
-10	-30	67	-45	71	-37,5	69
-20	-44	66	-57	70	-50,5	68
-30	-52	65	-65	68	-58,5	66,5
-40	-57	63	-69	65	-63	64
-50	-61	59	-71	59	-66	59
-60	-63	53	-73	50	-68	51,5
-70	-65	45	-74	34	-69,5	39,5
-80	-65	31	-74	7	-69,5	19
-90	-65	11	-74	-22	-69,5	-5,5

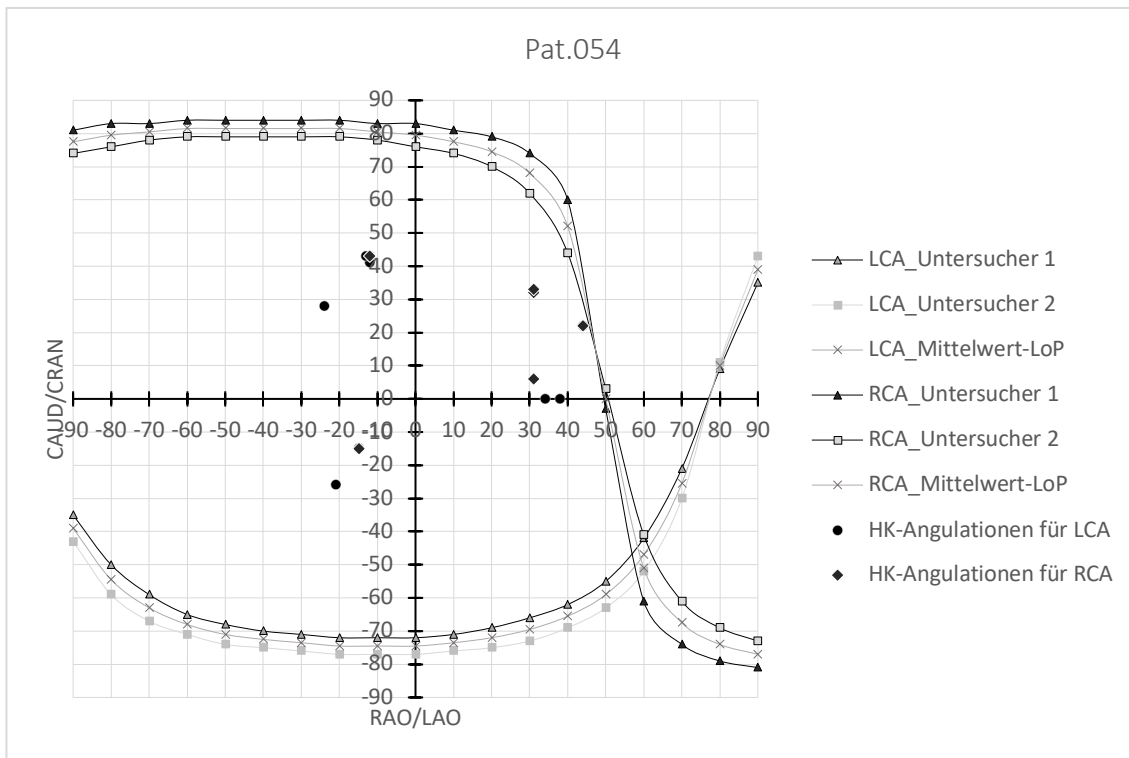


Patient 053 (atyp. RCA)						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	-68	35	-75	-69	-71,5	-17
80	-67	47	-75	-22	-71	12,5
70	-66	54	-75	60	-70,5	57
60	-63	59	-74	76	-68,5	67,5
50	-59	62	-72	80	-65,5	71
40	-53	64	-69	83	-61	73,5
30	-42	65	-65	85	-53,5	75
20	-27	66	-57	85	-42	75,5
10	-4	65	-43	85	-23,5	75
0	20	64	-16	85	2	74,5
-10	39	63	20	85	29,5	74
-20	50	60	46	85	48	72,5
-30	58	56	58	85	58	70,5
-40	62	49	66	85	64	67
-50	65	38	70	84	67,5	61
-60	67	23	72	83	69,5	53
-70	68	2	74	81	71	41,5
-80	68	-19	75	78	71,5	29,5
-90	68	-35	75	69	71,5	17





Patient 054 (atyp. LCA)						
	Untersucher 1		Untersucher 2		Mittelwert-LoP	
LAO/RAO	CAUD/CRAN					
	LCA	RCA	LCA	RCA	LCA	RCA
90	35	-81	43	-73	39	-77
80	9	-79	11	-69	10	-74
70	-21	-74	-30	-61	-25,5	-67,5
60	-42	-61	-52	-41	-47	-51
50	-55	-3	-63	3	-59	0
40	-62	60	-69	44	-65,5	52
30	-66	74	-73	62	-69,5	68
20	-69	79	-75	70	-72	74,5
10	-71	81	-76	74	-73,5	77,5
0	-72	83	-77	76	-74,5	79,5
-10	-72	83	-77	78	-74,5	80,5
-20	-72	84	-77	79	-74,5	81,5
-30	-71	84	-76	79	-73,5	81,5
-40	-70	84	-75	79	-72,5	81,5
-50	-68	84	-74	79	-71	81,5
-60	-65	84	-71	79	-68	81,5
-70	-59	83	-67	78	-63	80,5
-80	-50	83	-59	76	-54,5	79,5
-90	-35	81	-43	74	-39	77,5



## V Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich als erstes bei Herrn Professor Wolfram Voelker für die Möglichkeit, dieses interessante Thema im Rahmen meiner Dissertation zu bearbeiten, sowie für das entgegengebrachte Vertrauen und für die ausgezeichnete Betreuung.

Mein ganz besonderer Dank gilt Dr. med. Nils Petri, für die hervorragende Unterstützung und Betreuung bei der Umsetzung der gesamten Arbeit. Sein großes Engagement, seine konstruktiven Anregungen sowie seine fachliche Kompetenz waren stets eine Bereicherung und haben zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen.

Des Weiteren danke ich Dr. med. Tobias Gassenmaier für die Bereitstellung der Kardio-CT-Daten sowie Einweisung in die Bestimmung der Line of Perpendicularity.

Insbesondere für die Auswertung der insgesamt 707 Herzkatheterfilme gebührt ein außerordentlicher Dank an Frau Dr. med. Rima Merher.

Auch meiner Kommilitonin Nicola Treis möchte ich für die tatkräftige Mithilfe bei der Auswertung der CT-Aufnahmen danken.

Zu guter Letzt gilt ein besonderer Dank meinen Eltern, die mich auf meinem Weg durch das Studium stets begleitet und unterstützt haben.

## VII Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

Abstract for EuroPCR 2019 in Paris

### **Assessment of ostial coronary segments in routine coronary angiography? Are the routinely employed angiographic views adequate?**

#### **AIMS**

Coronary angiography is the gold standard for the diagnosis of coronary artery disease. For a complete angiographic assessment of the coronary tree, orthogonal views of each segment are required. A foreshortened view might lead to misjudgment of a lesion. The correct quantification of ostial lesions is especially challenging. The objective of this study was to evaluate whether the right and the left coronary ostium are adequately assessed during routine coronary angiography.

#### **METHODS AND RESULTS**

Coronary CTs and conventional coronary angiographies of 54 patients were analyzed, who underwent both procedures within a week. Based on the CT scan, the "Line of Perpendicularity" (LoP) of the left and right coronary ostium were determined. The LoP represents all projections resulting in an orthogonal view of the coronary segment of interest.

The angiographic views used during the cath procedure were plotted on the same coordinate system as the LoP (RAO/LAO = x-axis, cranial/caudal = y-axis). The angiographic assessment was defined as adequate, when the chosen angiographic views were on the LoP ( $\pm 10^\circ$  divergence).

Additionally, a visual assessment was performed by an experienced interventional cardiologist, who classified the chosen angiographic views of the ostial segments into 3 categories - "foreshortened", "slightly foreshortened" and "unforeshortened".

In 42 of 52 (81%) patients, the chosen angiographic views of the left coronary ostium were on the LoP, whereas this was the case for only 21 of 48 (44%) patients for the right coronary ostium.

The visual assessment classified the left and the right ostial segments as “unforeshortened” in 72% (LCA) and in 39% (RCA) of patients.

In comparison, there was a difference in the assessment of 5% of the left and of 9% of the right coronary ostium between these two methods.

## **CONCLUSIONS**

In 19% resp. 56% of patients no perpendicular projection of the right resp. left coronary ostium was performed during routine angiography. This misalignment was in many cases not recognized by an interventional cardiologist.

Additional effort should be made to choose unforeshortened angiographic views of the left and especially of the right ostium. In case a cardiac CT has been performed before the cath procedure, using the LoP can aid selection of adequate angiographic views.

# Assessment of ostial coronary segments in routine coronary angiography – Are the routinely employed angiographic views adequate?

Nils Perri<sup>1</sup>, Nina Capran<sup>1</sup>, Octavian Manuc<sup>1</sup>, Tobias Gassemaier<sup>2</sup>, Wolfram Voelker<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Internal Medicine 1, University Hospital Würzburg, Würzburg, Germany

<sup>2</sup> Department of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Würzburg, Würzburg, Germany

## Background:

- The correct quantification of ostial lesions is especially challenging
- A foreshortened view might lead to misjudgment of a lesion

- We evaluated whether the right and the left coronary ostia were adequately assessed during routine coronary angiography

## Methods:

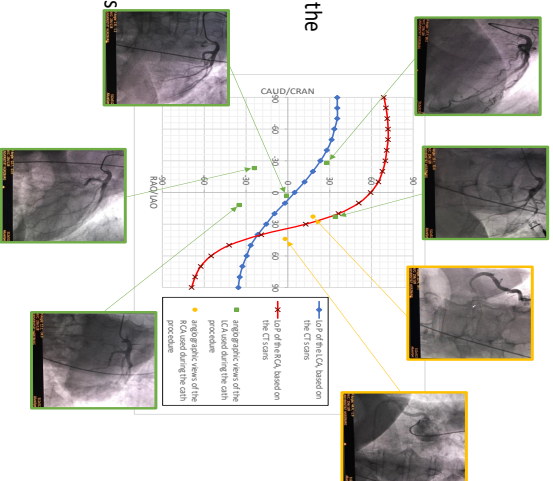
- Coronary CT and conventional coronary angiography of 54 patients were analysed

### Method 1:

- Based on the CT scan, the "Line of Perpendicularity" (LOP) of the both coronary ostia were determined

- The LOP represents all projections resulting in an orthogonal view of the coronary segment of interest

- The angiographic views used during the cath procedure were plotted on the same coordinate system as the LOP (RAO/LAO = X-axis, cranial/caudal = Y-axis)



### Method 2:

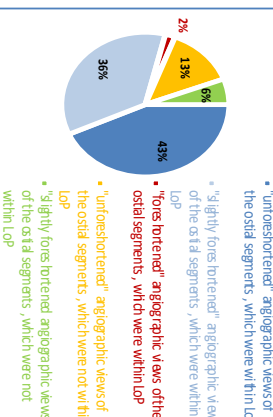
- A visual assessment was performed by an experienced interventional cardiologist, blinded to the CT-results

- The chosen angiographic views of the ostial segments were classified into 3 categories: "foreshortened", "slightly foreshortened" and "unforeshortened"

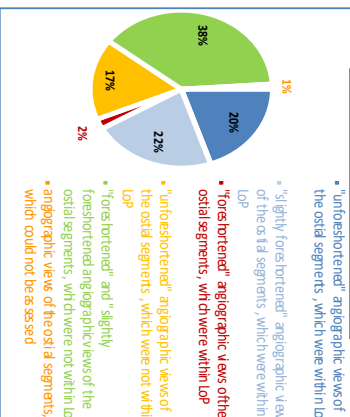
## Results:

- In 42 of 52 (81%) patients, the chosen angiographic views of the left coronary ostium were within the LOP ( $\pm 10^\circ$  deviation), whereas this was the case in only 21 of 48 (44%) patients for the right coronary ostium

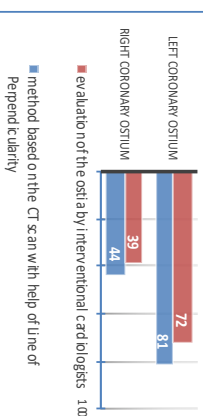
### Visual assessment of the left ostial segment



### Visual assessment of the right ostial segment



### Comparison of both methods



- 54% (22,5 of 42) of the angiographic views, which were on the LOP of the left ostial segment, were recognized as "unforeshortened" by an interventional cardiologist, whereas this was the case for only 45% (9,5 of 21) for the right ostial segment.

## Conclusion:

- In 19% resp. 56% of patients no perpendicular projection of the right resp. left coronary ostium was performed during routine angiography
- This misalignment was in many cases not recognized by an interventional cardiologist
- Additional effort should be made to choose unforeshortened angiographic views of the ostia
- In case when a cardiac CT has been performed before the cath procedure, using the LOP can aid selection of adequate angiographic views.