

---

**Aus dem Institut für Radiologische Diagnostik  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf  
Direktor: Professor Dr. med. U. Mödder**

---

**Ergebnisse der Computertomographie-Angiographie in  
der präoperativen Notfalldiagnostik spontaner  
operationspflichtiger Hirnmassenblutungen**

**Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin**

**Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf**

**vorgelegt von**

**Jörg-Peter Klötzer  
2005**

**„Als Inauguraldissertation  
gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“**

**Gez.: Univ.-Prof. Dr. med. dent. Wolfgang H.-M. Raab  
Dekan**

**Referent: Prof. Dr. Kuhn  
Koreferent: Prof. Dr. Fürst**

## Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>1</b>
	1. Nichttraumatische intrazerebrale Blutung.....	1
	Formen und Ursachen intrazerebraler Blutungen .....	1
	2. Technik der Spiralcomputertomographie.....	7
	Grundprinzip der CT-Angiographie (CTA) .....	7
	3. Computergestützte Bildverarbeitung und Analyse der erfassten Rohdaten.....	8
	Multiplanare Reformation (MPR).....	8
	Maximum Intensitätsprojektion (MIP).....	8
	3-Dimensionale Oberflächenrekonstruktion (SSD) .....	9
	4. Problemstellung und Zielsetzung .....	10
<b>II.</b>	<b>Spezieller Teil</b> .....	<b>11</b>
	Patienten und Methode .....	11
	1. Patienten .....	11
	2. Untersuchungstechnik .....	12
	3. Bildbearbeitung .....	13
	4. Auswertung .....	15
	5. Statistische Methoden .....	15
<b>III.</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>17</b>
	Lokalisation der Blutungen im CT.....	17
	1. Intraoperativer Befund .....	17
	2. Histologischer Befund.....	18
	3. Befunde der CT-Angiographie.....	19
	4. Befunde der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA).....	22
	5. Befunde der CT-Angiographie im Vergleich zum Operationsbefund .....	22
	6. Befunde der CT-Angiographie im Vergleich zum histologischen Befund .....	28
	7. Zusammenfassung der diagnostischen Kenngrößen der CT-Angiographie Befunde bezogen auf den histologischen Befund.....	35
	8. Befunde der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) im Vergleich zum Operationsbefund .....	36
	9. Zusammenfassung der diagnostischen Kenngrößen der DSA Befunde bezogen auf den Operationsbefund .....	40
	10. Graduierung der CT-Angiographie Befunde für die Diagnose „Angiom“ .....	41
<b>IV.</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>49</b>
	1. Einleitung .....	49
	2. Erkrankungen, diagnostische Möglichkeiten und Grenzen.....	49
	Erkrankungen .....	49
	Diagnostische Methoden .....	52
	3. Sensitivität und Spezifität von CT und MRT beim Blutungsnachweis .....	54
	Eigene Ergebnisse .....	55
	CTA versus Operationsbefund .....	55
	CTA versus histologischer Befund .....	57
	DSA versus Operationsbefund .....	58
	4. Diagnostische Ausbeute .....	58
	5. Graduierung.....	60
<b>V.</b>	<b>Schlussfolgerung</b> .....	<b>62</b>
<b>VI.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>64</b>

<b>VII.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>65</b>
<b>VIII.</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>72</b>
<b>IX.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>74</b>
<b>X.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>76</b>
<b>XI.</b>	<b>Danksagungen.....</b>	<b>77</b>
<b>XII.</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>78</b>

# I. Einführung

## 1. Nichttraumatische intrazerebrale Blutung

Als intrazerebrale Blutung (im folgenden ICB benannt) bezeichnet man Blutungen in das Hirngewebe oder die Liquorräume aufgrund unterschiedlichster Grunderkrankungen.

Gemeinsam ist allen Formen eine mehr oder minder ausgeprägte Klinik mit unterschiedlicher neurologischer Symptomatik. Diese reicht von Übelkeit, Schwindel, akut einsetzenden Kopfschmerzen, Krampfanfällen, neurologischen Herdsymptomen bis hin zu Bewusstseinsstörungen und Koma.

Die intrazerebralen Blutungen werden formal zu den Durchblutungsstörungen des Gehirns gerechnet. Das gemeinsame Leitsymptom ist das Auftreten zentraler neurologischer Ausfälle. Dieses Leitsymptom wird auch als Schlaganfall (engl. Stroke) bezeichnet. In bis zu 15 % der Schlaganfälle liegt als Ursache des Symptoms Schlaganfall eine intrazerebrale Blutung vor. Die übrigen 85% der Ischämien verteilen sich auf ein weit gefächertes Ursachenspektrum. [27, 34]

Der Einsatz bildgebender Verfahren zielt auf den Nachweis oder den Ausschluss einer intrazerebralen Blutung und die Feststellung einer durch Mangelperfusion bedingten Schädigung des Hirnparenchyms.

## Formen und Ursachen intrazerebraler Blutungen

### a) Blutungsformen

Bei den intrazerebralen Blutungen gibt es zwei grundsätzliche Blutungsformen:

#### 1. Diapedeseblutung

Die **Diapedeseblutung** ist eine diffuse, meist punktförmige oder kleinfleckige Blutung, die auf dem Blutdurchtritt durch eine histologisch unauffällige Kapillarwand beruht. Ultrastrukturell kommt es jedoch durch Hypoxie, Entzündung oder allergisch-toxische Prozesse zu einer Schädigung der Endotheldecke, die häufig mit einer unvollständigen Abdichtung der Blutgefäße durch das Gerinnungssystem einhergeht. Alle diese Prozesse, die zusätzlich mit einer Verlangsamung des Blutstromes einhergehen, können deshalb zu einer Diapedeseblutung führen.

## 2. Rhexisblutung

Zu einer **Rhexisblutung** kommt es, wenn die Gefäßwand der auf sie einwirkenden Kraft nicht mehr standhält und einreißt.

Schädigungen der Gefäßwand können ausgelöst werden durch Entzündung, Sklerose, abnormes Gefäßwachstum (z.B. kavernoöses Hämangiom) und äußere Gewalt. [47]

### b) Blutungsursachen

Zu den **Ursachen** spontaner intrazerebraler Blutungen zählen:

1. hypertone Massenblutung
2. Gefäßfehlbildungen
  - arteriovenöse Malformationen ( AVM )
  - durale AVM
  - piaale AVM
  - Kavernom
  - kapilläre Teleangiektasie
  - angeborenes venöses Angiom (developmental venous anomaly, DVA)
3. Hirnarterienaneurysmen (führen meistens zu Subarachnoidalblutungen)
4. Amyloidvaskulopathie
5. Koagulopathie
6. Komplikation bei Antikoagulantientherapie (z.B. Cumarinderivate)
7. Hirntumor und Hirnmetastase
8. Sinusvenenthrombose (SVT)
9. Drogenmissbrauch (Alkohol, Kokain, Amphetamin)

Häufigkeit und Verteilung der unter Punkt 1-9 genannten Ursachen zeigen Unterschiede in den einzelnen Altersgruppen.

Die hypertone Massenblutung stellt mit einem Gipfel in der 5-6 Lebensdekade die häufigste Ursache der ICB dar. [42]

Bei Patienten unter dem vierzigsten Lebensjahr dominieren die zerebralen Gefäßmißbildungen. Bei Patienten höheren Lebensalters kommt als Blutungsursache die zerebrale Amyloidvaskulopathie hinzu.

Die Anzahl der jährlichen Neuerkrankungen (Inzidenz) beginnt bei Männern mit 9 von 100 000 und bei Frauen mit 11 von 100 000 in der jüngsten Altersgruppe von 25–34 Jahren und zeigt einen steilen Anstieg auf 1005 von 100 000 für Männer und auf 799 von 100 000 für Frauen in der Gruppe der 65–74-jährigen. Nach dem 74. Lebensjahr nimmt der Anteil der Frauen überproportional zu, was mit der statistisch höheren Lebenserwartung der Frauen zusammenhängt. [17]

### c) Blutungslokalisierung

Die Lokalisation der Blutung wird durch die Blutungsursache bestimmt.

Am häufigsten sind Blutungen im Bereich der Capsula interna (70 %) und der Stammganglien, z.B. im Putamen, im Nucleus caudatus oder Thalamus als Folge einer hypertonen Massenblutung.

Pathophysiologisch liegt eine Rhexisblutung der Arteriae lentico-striatae (perforierende Äste der Arteria cerebri media) vor.

Bei den Lobärblutungen sind der Temporallappen, der Okzipitallappen und der Frontallappen betroffen.

Tritt eine Einblutung in das Ventrikelsystem auf (Abb. 1), ist dies prognostisch ungünstig.

Der Einbruch in den vierten Ventrikel endet häufig innerhalb 24 Stunden letal. [35]

Das Kleinhirn ist in circa 10 % der Fälle von einer hypertensiven Massenblutung betroffen mit besonders hohem Einklemmungspotential und der Folge z.B. eines Verschlusshydrozephalus.



Abb.1: Native Computertomographie einer Massenblutung mit Ventrikeleinbruch.

In der direkten Zuordnung von Lokalisation und Ursache sieht die Verteilung wie folgt aus [42]:

- I. Hypertensive Massenblutung - typischerweise in den Basalganglien (40 %) lokalisiert. Weitere Lokalisationen sind das subkortikale Marklager (25 %), der Thalamus (20 %), das Zerebellum (10 %) und der Pons (5 %).
- II. Blutung bei Amyloidangiopathie – Lobärblutungen, treten meist parietal und okzipital, seltener temporal auf.
- III. Blutung unter Antikoagulationstherapie – meist im subkortikalen Marklager
- IV. Blutung bei Sinusvenenthrombose (SVT) – subdurale oder intrazerebrale Blutungen sind möglich. Bei Verschluss des Sinus sagitalis superior treten häufig bilaterale Blutungen im subkortikalen Marklager auf.
- V. Tumorblutung – entweder Blutung durch maligne Primärtumoren ( z.B. Glioblastome und Oligodendrogliome ) oder Metastasen verschiedener Primärtumoren z.B. maligne Melanome, Bronchial-, Nieren-, Mamma-, Schilddrüsen- oder Chorionkarzinome. Die Metastasenblutungen sind häufig subkortikal angesiedelt; die primären Hirntumoren bluten meist in die Tiefe.
- VI. Blutung bei Gefäßmißbildungen – Blutungen bei parenchymalen arteriovenösen Malformationen sind meist lobär (63 %) lokalisiert, seltener subarachnoidal (32 %) oder intraventrikulär (6 %).
- VII. Blutung bei Kavernomen – Lokalisation nach Vorkommen; meist Hirnstamm oder lobär.
- VIII. Blutung bei angeborenen venösen Angiomen – Developmental venous anomaly (DVA) sind bevorzugt im Frontal- oder Kleinhirn lokalisiert.
- IX. Subarachnoidalblutung ( SAB ) - bei der SAB kommt es zu einem Bluteintritt zwischen die weichen Hirnhäute, d.h. Arachnoidea und Pia mater. In 20 % der Fälle tritt zusätzlich eine intraparenchymale und seltener eine traumatisch bedingte epidurale Blutung auf. Reine parenchymale oder epidurale Blutungen sind selten. Die häufigste Ursache ist ein rupturiertes Aneurysma, gefolgt von der arteriovenösen Malformation. Ferner kommen als Ursachen in Frage: Angiome, hypertensive Zerebralarteriosklerose, Antikoagulationstherapie, Blutkrankheiten (Leukose, Thrombopathie) und verschiedene Tumoren.

#### **d) Bildgebende Diagnostik**

Zur Diagnostik von intrazerebralen Blutungen stehen prinzipiell mehrere Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Die entscheidende Frage an die bildgebende Diagnostik bei Patienten mit akut auftretender neurologischer Symptomatik ist die primäre Unterscheidung einer zerebralen Ischämie von einer intrazerebralen Blutung oder einer Subarachnoidalblutung. Erst danach kann es zur Festlegung der weiteren Therapie oder Diagnostik kommen.

#### **I. Computertomographie (CT)**

##### **1. Native CT**

##### **2. Kontrastmittelunterstützte CT**

##### **3. CT-Angiographie (CTA)**

#### **II. Magnetresonanztomographie (MRT)**

#### **III. Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)**

#### **I. Computertomographie (CT)**

##### **1. Native CT**

Die **native Computertomographie** ist die häufigste primär durchgeführte Schnittbilduntersuchung. Sie gibt verlässlich Auskunft über intrakranielle Blutungen bzw. erbringt den Nachweis einer intrakraniellen Blutung. Mit diesem Verfahren können ischämische Frühzeichen allerdings erst nach 6 Stunden dargestellt werden. Die regionale Verfügbarkeit der CT in Praxen oder Kliniken sprechen für die Erstanwendung dieses Verfahrens.

##### **2. Kontrastmittelunterstützte CT**

Durch Kontrastmittelanreicherung im Computertomogramm können pathologische Veränderungen vor allem Tumore und Abszesse deutlich sichtbar gemacht werden. Hirntumore ab 1-2 cm Durchmesser werden in mehr als 90% der Fälle durch Enhancement nachgewiesen. Größere Angiome lassen sich im Computertomogramm nach Kontrastmittelgabe fast immer darstellen. Dagegen entziehen sich nicht rupturierte Aneurysmen häufig dem kontrastmittelangereicherten CT- Nachweis.

### 3. CT-Angiographie

Zusätzlich steht die **Computertomographie-Angiographie** als minimal invasive Untersuchungstechnik zur Verfügung, bei der durch geeignete Nachverarbeitungen nach intravenöser Kontrastmittelgabe Gefäßbilder berechnet werden können.

## II. Magnetresonanztomographie

Die **Magnetresonanztomographie** ist verlässlicher bei chronischen und subakuten Blutungen, hat jedoch in den letzten Jahren auch bei akuten Ereignissen durch Benutzung geeigneter MR-Sequenzen aufgeholt. Ein sicherer Infarktnachweis gelingt bei Wahl einer geeigneten Diffusionsrichtung bereits in der Frühphase.

Auch der Blutungsnachweis in der perakuten Phase wurde durch die Einführung sogenannter FLAIR- Sequenzen ermöglicht. Als Nachteil sind jedoch die geringere Verbreitung moderner MRT- Geräte, der größere Zeitaufwand und das aufwendigere Monitoring zu nennen. [42, 8]

Die **Magnetresonanztomographie-Angiographie (MRA)** gehört wie die CTA zu den minimal invasiven Verfahren und kann nach intravenöser Kontrastmittelgabe Gefäß-Bilder errechnen. Unter dem Begriff MRA sind unterschiedliche Techniken zusammengefasst. Es gibt die kontrastmittelfreien Untersuchungstechniken time-of-flight-Angiographie (TOF-MRA) und die Phasenkontrast-Angiographie (PC-MRA).

Als Techniken mit Kontrastmittelunterstützung kommt die Kontrast Enhancement-Magnetresonanztomographie (CE-MRA) zum Einsatz.

Die MRA findet Anwendung in der präoperativen Diagnostik von Stenosen der supraaortalen Gefäße und in der nicht invasiven Abklärung zerebraler Gefäßmalformationen wie Aneurysmen und Angiomen.

## III. Digitale Subtraktionsangiographie

Die **Angiographieverfahren** dienen der Suche der Blutungsquelle bzw. ihrer Darstellung. Hierbei kommt der **digitalen Subtraktionsangiographie** als Sonderform der selektiven Katheterangiographie eine besondere Bedeutung zu. Das Prinzip der Subtraktionsangiographie besteht im Vergleich zweier Röntgenaufnahmen des gleichen Objektes in identischer Lage. Die Veränderung des Objektes (meist nach Kontrastmittelgabe) zwischen den beiden verschiedenen Aufnahmen bzw. Aufnahmezeitpunkten wird als Differenz dargestellt.

Dieses Verfahren gilt heute als Goldstandard an dem sich Alternativen messen müssen.

Jedoch ist diese Methode mit einem vielfach höheren Zeitaufkommen verbunden, hat ein höheres Risiko wegen der Invasivität des Verfahrens und die regionale Verfügbarkeit ist deutlich geringer.

## **2. Technik der Spiralcomputertomographie**

### **Grundprinzip der CT-Angiographie (CTA)**

Die apparativen Voraussetzungen der Spiralcomputertomographie mit ihren Möglichkeiten einer lückenlosen Erfassung des Untersuchungsvolumens während einer kurzen Scanzeit (z.B. Atempause) als auch die verbesserte Bildbearbeitungssoftware eröffneten die Möglichkeit der Darstellung von Gefäßen und Organen im Spiral-CT nach Gabe von Kontrastmittel.

Im Gegensatz zur konventionellen Arteriographie wird bei der CTA das Kontrastmittel intravenös appliziert, weshalb in diesem Fall von einer minimal invasiven Untersuchungstechnik gesprochen wird. [12, 41]

Die Hauptschwierigkeit besteht darin, die Kontrastmittelinjektion der zu erwartenden Kreislaufzeit anzupassen. Kommerziell erhältliche Bolustracking-Systeme optimieren das Bolus-Timing.

Nach Optimierung des Zeitfensters lässt sich eine Unterscheidung in eine Füllungsphase der Arterien oder Venen selektiv darstellen. Sind diese Voruntersuchungen und Einstellungen abgeschlossen, kommt es zur Applikation des Kontrastmittels durch einen automatischen Kontrastmittelinjektor und zur Durchführen der eigentlichen CT-Angiographie.

Die Auswertung und Bearbeitung erfolgt im Anschluss an die eigentliche Untersuchung des Patienten. Für die Visualisierung der erhobenen Daten stehen prinzipiell mehrere Konstruktionsverfahren zur Verfügung; jedoch hat sich neben der multiplanaren Reformation hauptsächlich die Maximumintensitätsprojektion (MIP) im Routineeinsatz bewährt. Die Nachbearbeitung der Daten kann im Verhältnis zu den relativ kurzen Untersuchungszeiten zwar etwas zeitaufwendiger sein, kann aber ohne weitere Anwesenheit des Patienten durchgeführt werden.

### **3. Computergestützte Bildverarbeitung und Analyse der erfassten Rohdaten**

Bei allen 2-D und 3-D Bildverarbeitungsverfahren können die mit den CT erfassten Einzelschichten zu einem Datenvolumen zusammengefasst und weiterverarbeitet werden. Das Datenvolumen wird in Volumenelemente (Voxel) eingeteilt, wobei der Voxelquerschnitt (axiale Ebene) dem eines Bildpunktes (Pixel) entspricht und die Höhe des Voxels durch den Schichtabstand definiert ist.

#### **Multiplanare Reformation (MPR)**

Bei der MPR werden aus dem Stapel axialer Bilder sekundär Schnitte in beliebigen Richtungen berechnet. Die Schnittführung wird an einem geeigneten Referenzbild interaktiv am Monitor eingezeichnet. Die beste Bildqualität erreicht man in Schnitten, die sich in ihrer Richtung wenig von der axialen Ebene unterscheiden. Zur Anwendung kommt die MPR, wenn pathologische Strukturen durch mehrere Schichten verfolgt werden müssen.

#### **Maximum Intensitätsprojektion (MIP)**

Die Projektion ist eine Volumendarstellung, bei der das zu untersuchende Volumen (VOI = volume of interest) aus dem CT- Bilddatensatz ausgewählt werden muss.

Hierzu können bestimmte Strukturen aus den interessierenden Bereichen eingeschränkt oder ganze Organsysteme und zusätzlich auch überlagernde knöcherne Strukturen ausgeschlossen werden.

Ein Bild entsteht nun durch Projektion der Volumina in eine Betrachtungsebene mit Darstellung der maximalen CT- Werte (MIP) in Blickrichtung.

Bei dieser Technik wird der Kontrast von kleinen, kontrastreichen Strukturen in Bezug auf ihre Umgebung optimiert und dadurch vielfach erst sichtbar gemacht.

Haupteinsatzgebiet der MIP im Rahmen des Einsatzes der CT ist die CT-Angiographie.

Bei der CT-Angiographie müssen im Gegensatz zur MR-Angiographie aufgrund möglicher Überlappungseffekte einige Organsysteme (z.B. knöcherne Anteile) mit höheren Dichtewerten (Hounsfield-Einheiten, HE) aus dem Datensatz entfernt werden, um die Darstellung der Gefäße zu gewährleisten.

Vorteil bei der CT-Angiographie ist, dass kontrastreiche Gefäße von z.B. einer Kalkplaque unterschieden werden können, solange sie unterschiedliche Dichtewerte haben.

Auch kleinere Gefäße bis zu einem Millimeter Durchmesser sind darstellbar, solange sie einen höheren Dichtewert als die Umgebung haben. Der Kontrast und somit die Möglichkeit, kleinste Gefäße zu erkennen, hängt sowohl vom Dichtewert des Gefäßes als auch von der Differenz zum Bildhintergrund und von der möglichen Ortsauflösung (Matrix) der CT-Scanner ab.

[12, 24]

Optimale Bedingungen sind also ein hoher intravasaler Kontrast, möglichst kleine Teilvolumeneffekte bei geringstmöglicher Schichtdicke und ein möglichst geringer Dichtewert (HE) des Hintergrundes.

### **3-Dimensionale Oberflächenrekonstruktion (SSD)**

Mit der 3-D Oberflächenrekonstruktion werden dreidimensionale Darstellungen einer interessierenden Struktur innerhalb eines erfassten Datenvolumens möglich.

Das „Objekt von Interesse“ muss zunächst definiert werden. Eine einfache Möglichkeit dieser sogenannten Segmentation (Trennung von Objekt und Hintergrund) ist die Wahl eines CT-Wert-Intervalls, z.B. alle Voxels mit einem Schwellenwert  $> 150$  Hounsfield-Einheiten (HE). Ein dreidimensionales Bild entsteht dadurch, dass das Objekt von einer virtuellen Lichtquelle beleuchtet und die Intensität des in der Betrachtungsebene gestreuten Lichtes berechnet und dargestellt wird.

Hauptsächlich angewendet wird die 3-Dimensionale Oberflächenkonstruktion in der Skelettdiagnostik und in der CTA wegen der guten Darstellung der Lagebeziehung von komplexen Strukturen zueinander.

#### **4. Problemstellung und Zielsetzung**

Patienten mit einer akut auftretenden neurologischen Symptomatik werden in der Regel nach einer Notfallversorgung z.B. durch den Notarzt vor Ort umgehend einer Diagnostik des Kopfes zugeführt.

Der Einsatz bildgebender Verfahren zielt auf den Nachweis bzw. den Ausschluss einer intrakraniellen Blutung und den Nachweis bzw. den Ausschluss einer durch Mangelperfusion bedingten Schädigung des Hirnparenchyms.

Hierbei kommt der nativen CT-Untersuchung des Schädels wegen ihrer Verfügbarkeit in Kliniken und Praxen eine führende Stellung zu.

Beim Vorliegen einer intrakraniellen Blutung können Aussagen über die Größe und Lokalisation der Blutung wie auch über die raumfordernde Wirkung gemacht werden.

Das Verteilungsmuster des Blutes lässt allenfalls Vermutungen über die Blutungsursache zu. Goldstandard für die Klärung der Blutungsursache ist nach wie vor die Angiographie. Für den Fall, dass eine operative Entlastung der Blutung ohne Zeitverzug für den Patienten erforderlich wird und in der lebensbedrohlichen Situation eine Angiographie nicht mehr durchgeführt werden kann, bietet sich in Ergänzung zur nativen Computertomographie die Durchführung einer CT-Angiographie an.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, den diagnostischen Stellenwert der CT-Angiographie bei der Abklärung spontaner intrazerebraler Blutungen an Hand eines ausgewählten Patientengutes zu ermitteln.

## II. Spezieller Teil

### Patienten und Methode

#### 1. Patienten

Im Zeitraum von 1996 – 2000 wurde bei 61 Patienten (32 Männer, 29 Frauen) im Alter von 19 bis 89 Jahren mit operationspflichtiger nichttraumatischer intrazerebraler Massenblutung im Anschluss an das Nativ-CT eine CT-Angiographie (CTA) zur Suche der Blutungsquelle durchgeführt. 36 Patienten waren zum Zeitpunkt der Untersuchung intubiert und beatmet. Einschlusskriterien für die CT-Angiographie waren das Vorliegen einer spontanen, nichttraumatischen Hirnmassenblutung und eine aus neurochirurgischer Sicht absolut oder relativ dringliche Operationsindikation.

Kriterien für die Operationsindikation waren das Ausmaß der Blutung, das Alter und der Gesamtzustand des Patienten.

Ausschlusskriterien für die CTA waren ein Schädel-Hirn-Trauma als Blutungsursache sowie eine relevante Blutung in den Subarachnoidalraum.

Die durchschnittliche Zeit zur Planung und Durchführung einer CT-Angiographie im Anschluss an die native CT-Untersuchung betrug 5 Minuten, ohne dass der Patient hierzu auf einen anderen Tisch gelagert werden musste. Der Datentransfer mit der anschließenden Auswertung und Nachbearbeitung erfolgte ohne den Patienten und dauerte im Durchschnitt 30 Minuten. Die Untersuchungen wurden in der Notfallsituation von einem mit der Technik und Beurteilung der CT-Angiographie vertrauten Arzt durchgeführt und gemeinsam mit einem von 4 erfahrenen Oberärzten befundet.

Bei 13 Patienten mit nur relativ dringlichen Operationsindikationen wurde in Ergänzung zur CT-Angiographie eine selektive digitale Subtraktionsangiographie der Hirngefäße durchgeführt. Zwischen CT-Angiographie und DSA verstrich durchschnittlich eine Stunde für Transport und Vorbereitung des Patienten im Röntgeninstitut.

## 2. Untersuchungstechnik

Für die CT-Untersuchungen einschließlich der CTA kam ein Doppel-Detektor-Computertomograph (CT-Twin; ehemals Elcint, jetzt Philips; Abb.2) zum Einsatz. Zunächst wurde von allen Patienten eine native CT-Untersuchung des Schädels durchgeführt. Bei Nachweis einer intrazerebralen Massenblutung und Indikationsstellung zur OP durch den anwesenden Neurochirurgen wurde ohne Zeitverzug die CT-Angiographie eingeleitet. Hierzu wurden dem Patienten 120 ml eines nichtionischen Kontrastmittels (Accupaque 300, Nycomed) über eine Cubitalvene appliziert. Die Flowrate betrug 2 ml/sec. Der Scan wurde 25 Sekunden nach Applikation (Delay) gestartet. Bei Kenntnis oder Vermutung einer kardialen Vorerkrankung wurde das Delay um 15 Sekunden verlängert. Die Untersuchung des Patienten erfolgte in caudokranieler Richtung vom Foramen magnum bis zum Kortex ohne eine Kippung der Gantry. Die hierbei gewählte Schichtdicke betrug effektiv 1,3 mm bei einem Pitchfaktor von 1 und einem Rekonstruktionsintervall (Inkrement) von 0,7 mm. Der Röhrenstrom betrug 120 kV bei 260 mAs. Die anschließend erzeugten Bilder wurden mit einem Weichteilfilter mit nur geringer Randkantenbetonung (30 % Enhancement) und einer Matrix von 340 x 340 hergestellt.



Abb. 2 Doppel-Detektor-Computertomograph (CT Twin)

### 3. Bildbearbeitung

Die Weiterbearbeitung des Volumendatensatzes erfolgte an einer speziellen Auswerteeinheit (Omnipro<sup>®</sup>, Indy-Workstation, Silicon Graphics Inc., Mt.View; Abb. 3).

Zur Gefäßdarstellung wurde in allen Fällen eine Maximum-Intensity-Projektion (MIP) erzeugt. Die Entfernung der knöchernen Strukturen erfolgte überwiegend mit einem halbautomatischen Algorithmus.

Die Software markiert auf der Basis eines intern vorgegebenen Schwellenwertes alle Strukturen mit darüber liegender Dichte. Durch eine visuell geleitete, mausgesteuerte Wahl einer geeigneten Fenstereinstellung wird die optimale Dichteschwelle zur Trennung von Knochen und kontrastierten Gefäßen festgelegt. Die so aufgebaute Knochenmaske lässt sich in einem nächsten Schritt entfernen. Verbleibende Knochenstrukturen in Problemzonen, wie der Sellaregion oder in der hinteren Schädelgrube entlang des Clivus können in einer zusätzlichen manuellen Nachbearbeitung durch Umfahren in jeder Einzelschicht ausgeschlossen werden. Aus der vollständiger Eliminierung der Knochenstrukturen resultiert ein dreidimensionaler Volumendatensatz, der die kontrastierten Gefäße als höchste Dichtewerte enthält.

Neben der MIP-Rekonstruktion ermöglicht die Software weitere Darstellungsweisen. So können entlang eines Gefäßes in der MIP irreguläre multiplanare Reformationen (Mastercut<sup>®</sup>) angefertigt und davon orthograde Aufsichten des gesamten Verlaufs erzeugt werden (Mastercut-sectional<sup>®</sup>). Außerdem kann jeder Punkt der MIP der entsprechenden axialen Ausgangsschicht zugeordnet werden (Related slice<sup>®</sup>).

Mit diesen Zusatzfunktionen lassen sich Artefakte sicher von reellen Befunden unterscheiden und topographische Beziehungen zwischen Blutgefäßen, Blutungen, Hämatomen und umgebenden Weichteilen/ knöchernen Strukturen beurteilen.

Die durchschnittlich benötigte Zeit für den Datentransfer und die Nachbearbeitung betrug 30 Minuten.



Abb. 3 Omnipro®, Indy-Workstation, Silicon Graphics Inc., Mt.View.

## 4. Auswertung

Gegenstand der Auswertung dieser Studie war:

- a. ein Vergleich der Befunde der CT-Angiographie mit den intraoperativen Befunden
- b. ein Vergleich der Befunde der digitalen Subtraktionsangiographie mit den intraoperativen Befunden
- c. eine spezielle Evaluierung der CT-Angiographie nach sicheren Befundkriterien für die Diagnose eines Angioms
- d. ein Vergleich der Befunde der CT-Angiographie mit den histologischen Befunden

Hierzu wurden die im Tag- oder Bereitschaftsdienst erstellten Diagnosen der positiven und falsch negativen CT-Angiogramme in einer retrospektiven Analyse durch zwei Untersucher im Konsensusverfahren erneut analysiert, befundet und gegebenenfalls die vorliegenden Rohdaten nachbearbeitet.

Hierbei wurden spezifische Befundkriterien für die Diagnose Angiom erfasst und nach ihrer Wertigkeit graduiert.

## 5. Statistische Methoden

Die diagnostische Genauigkeit der CT-Angiographie wurde anhand des Vierfelderschemas in Tab. 1 charakterisiert.

Hiervon ausgehend wurden die nachfolgenden **diagnostischen Kenngrößen** bestimmt:

- **Spezifität** : richtig-negative Befunde der CT-Angiographie in Prozent aller histologischen bzw. operativen negativen Befunde
- **Sensitivität** : richtig-positive Befunde der CT-Angiographie in Prozent aller histologischen bzw. operativen positiven Fälle
- **positiver und negativer prädiktiver Wert** (Vorhersagewahrscheinlichkeit): Prozentsatz der richtig positiven bzw. negativen Befunde der CT-Angiographie von allen positiven bzw. negativen CT-Angiographie-Befunden.
- **falsch positive Befundrate** : Anteil der falsch positiven CT-Angiographie-Befunde unter allen histologischen/ operativen negativen Befunden
- **falsch negative Befundrate** : Anteil der falsch negativen CT-Angiographie-Befunde unter allen histologischen bzw. operativen positiven Befunden

	<b>Histologischer/operativer Befund</b>	
<b>CT-Angiographie Befund</b>	positiv	negativ
positiv	a	b
negativ	c	d

Tab. 1 : Vierfelderschema zur Definition diagnostischer Fehler bzw. der Genauigkeit einer Untersuchungsmethode; a – d bezeichnen die beobachteten Häufigkeiten

**Sensitivität:**  $a : ( a + c )$

**Spezifität:**  $d : ( b + d )$

**Positiver Vorhersagewert:**  $a : ( a + b )$

**Negativer Vorhersagewert:**  $d : ( c + d )$

**Falsch positiv:**  $b : ( b + d )$

**Falsch negativ:**  $c : ( a + c )$

### III. Ergebnisse

#### Lokalisation der Blutungen im CT

Bei den 61 Patienten lagen in 46 Fällen supratentorielle Lobärblutungen vor. Bei den Lobärblutungen betraf das Hämatom teilweise mehrere Lappenregionen (Tab. 2). 16-mal waren die frontalen Hirnregionen, 20 bzw. 18-mal die parietalen und temporalen Hirnregionen betroffen. Die occipitale Region war mit 8 Fällen deutlich weniger häufig vertreten.

In 9 Fällen ging die Blutung von den Stammganglien aus, in 6 Fällen traten infratentorielle Blutungen auf (Tab. 2a-b).

Lokalisation	Anzahl n = 61
Lobärblutung	46
Stammganglienblutung	9
Infratentorielle Blutung	6

Tab. 2a Lokalisation operationspflichtiger spontaner intrazerebraler Blutung

Lokalisation Lobärblutung	Anzahl
frontal	16 *
parietal	20 *
temporal	18 *
occipital	8 *

Tab. 2b Verteilung der Lobärblutung

\* Bei den Lobärblutungen betraf das Hämatom teilweise mehrere Lappenregionen (Mehrfachnennungen)

#### 1. Intraoperativer Befund

Alle 61 Patienten der Studie wurden operiert.

Die Operationen wurden in der Mehrheit der Fälle von einem der Oberärzte der Klinik für Neurochirurgie des Klinikum Kassel unter der Leitung von Prof. Dr. Eggert (†) durchgeführt.

In unserer Studie wurde als Operationsmethode ausschließlich die offene chirurgische Dekompression unter direkter Sichtkontrolle angewendet. Die Methode der stereotaktischen Hämatomentlastung kam nicht zur Anwendung.

Nach der Trepanation über dem Ort der Blutung und der Eröffnung der Dura fand man nach Hämatomentlastung in 25 Fällen pathologische Gefäße (Angiome), in 2 Fällen Tumoren, in 4 Fällen Aneurysmen, in einem Fall einen Infarkt. In 29 Fällen konnte keine Blutungsquelle nachgewiesen werden. Die Verteilung der Häufigkeit der intraoperativ erhobenen Befunde ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Operationsbefund	Häufigkeit der intraoperativen Befunde (n = 61)
Angiom	25
Tumor	2
Aneurysma	4
Infarkt	1
Keine Blutungsquelle	29

Tab. 3 Verteilung und Häufigkeit der intraoperativ erhobenen Befunde

## 2. Histologischer Befund

Nach Präparation und Entfernung des Hämatoms und der Gefäße wurde Gewebe zur histologischen Aufarbeitung in die Abteilung für Neuropathologie, Prof. Dr. Mennel, Medizinisches Zentrum für Pathologie der Philipps-Universität Marburg, geschickt. Die histologische Aufarbeitung in 58 von 61 Fällen (Tab. 4) ergab 18 Arteriovenöse Malformationen, 3 Cavernome, 4 Infarkte, 2 Metastasen, 1 venöses Angiom, 1 Amyloidangiopathie und 1 Glioblastom. In 28 Fällen konnte histologisch keine Blutungsquelle nachgewiesen werden. In 3 Fällen wurde in der CT-Angiographie und durch die Operation die Diagnose Aneurysma gestellt. In diesen Fällen wurde auf eine histologische Aufarbeitung der Operationsevakuatate verzichtet.

Histologischer Befund	Anzahl der Fälle n = 58
Arteriovenöse Malformation	18
Cavernom	3
Infarkt	4
Metastase	2
Venöses Angiom	1
Amyloidangiopathie	1
Glioblastom	1
Keine Blutungsursache	28

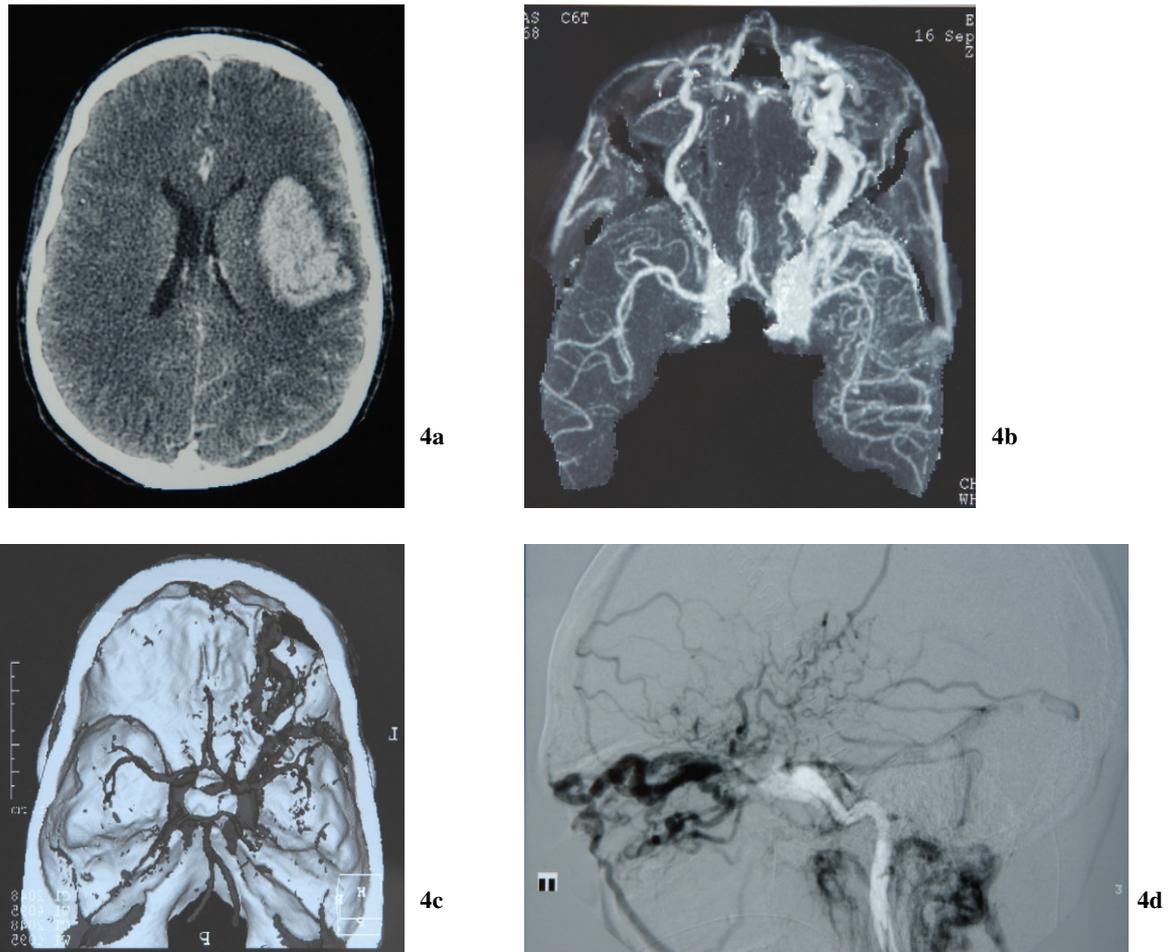
Tab. 4 Verteilung und Häufigkeit der histologischen Befunde

### 3. Befunde der CT-Angiographie

Insgesamt wurde bei 61 Patienten eine CT Angiographie durchgeführt. 15-mal wurde nach der CT-Angiographie ein Angiom als Blutungsursache angenommen. Bei annähernd vollständig erhaltenen Gefäßstrukturen legte sich der untersuchende Radiologe einmal auf eine Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel (Abb. 4) und 6-mal auf eine parenchymale AVM fest. Die übrigen 8 CT-Angiographien wiesen Fragmente pathologischer Gefäße oder Kontrastmittelaustritte auf, die zu der Diagnose „Verdacht auf Angiom“ führte. Bei drei CT-Angiographien wurden Aneurysmen als Blutungsursache nachgewiesen, davon zwei Aneurysmen der A. cerebri media (Abb. 5 a-d) und ein Aneurysma der A. pericallosa. 43 CT-Angiographien waren in Bezug auf eine Blutungsursache unauffällig. Die Befunde im Einzelnen sind in Tabelle 5 aufgeführt.

CT-Angiographie	Anzahl
Angiom	15
Aneurysma	3
Unauffälliger Befund	43

Tab. 5 Verteilung und Häufigkeit der CT- Angiographie Befunde



**Abb. 4: Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel**

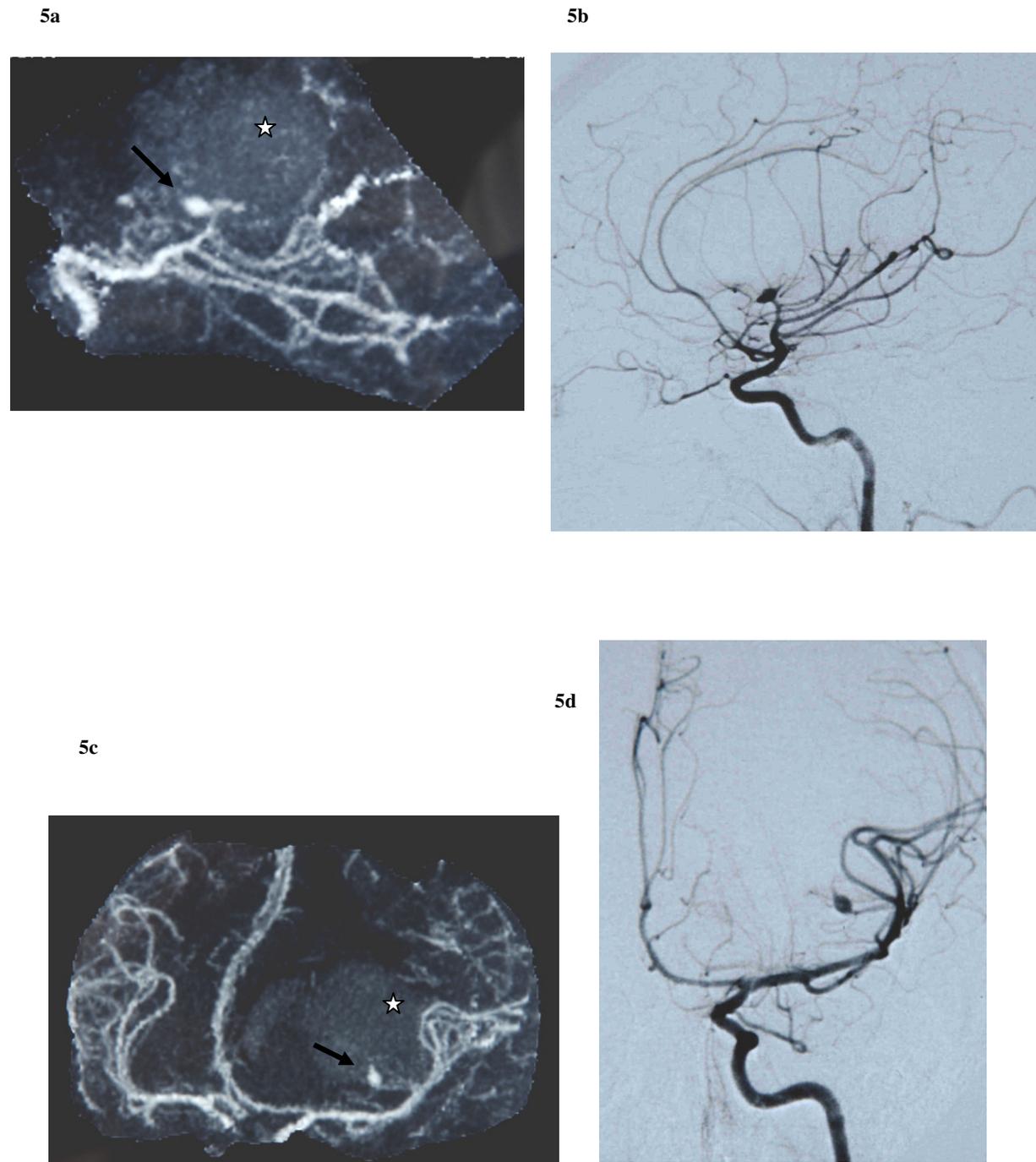
Hier sind die unterschiedlichen Möglichkeiten der Bildgebung, einzelne Schichtaufnahmen, MIP Rekonstruktion, 3D Rekonstruktion und DSA, dargestellt:

4a: links temporale Lobärblutung im Quell-Bild der CTA;

4b: Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel in der MIP Darstellung;

4c: dreidimensionale Rekonstruktion der Schädelbasis mit deutlich hypertrophierten temporobasalen und orbitalen Venen;

4d: DSA Darstellung des Befundes.



**Abb. 5 Aneurysma: Korrespondierende Befunde von CT-Angiographie und DSA bei einem Patienten. In Abbildung 5a haben wir das MIP-Bild im seitlichen Strahlengang. Hinter dem Aneurysma (Pfeil) sieht man noch das Hämatom (Stern) durchschimmern.**

**Rechtstemporale Lobärblutung mit Ventrikeleinbruch. Gute Korrelation der Befunde von CTA (5a und c) mit den Standardprojektionen der DSA (5b und d). Als Blutungsursache wurde ein mykotisches peripheres Aneurysma der A.cerebri media nachgewiesen.**

#### 4. Befunde der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA)

Bei 13 Patienten war der klinische Zustand der Patienten ausreichend stabil, so dass in Ergänzung zur CT-Angiographie eine selektive digitale Subtraktionsangiographie der Hirngefäße durchgeführt wurde. Bei 4 Patienten wurde in der DSA wie in der CT-Angiographie eine parenchymale arteriovenöse Malformation nachgewiesen. Die zuführende Arterie und die drainierende Vene konnten im Gegensatz zur CT-Angiographie in der DSA in allen 4 Fällen eindeutig identifiziert werden.

Bei 2 Patienten wurde ein mit der CT-Angiographie nachgewiesenes Aneurysma in der DSA bestätigt und ein Zweitaneurysma ausgeschlossen.

Eine in der CT-Angiographie diagnostizierte Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel konnte mit der digitalen Subtraktionsangiographie bestätigt werden (Abb. 4a-d).

Befunde der DSA	Anzahl (n = 13)
AVM	4
Aneurysma	2
Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel	1
Unauffällige Befunde	6

Tab. 6 Verteilung und Häufigkeit der DSA-Befunde

In keiner der 13 durchgeführten DSA gab es ein abweichendes Ergebnis zum Befund der CTA.

#### 5. Befunde der CT-Angiographie im Vergleich zum Operationsbefund

Bei allen 61 Patienten mit vorliegender CT-Angiographie wurde im Anschluss eine Operation durchgeführt.

Von 15 in der CTA festgestellten Angiomen wurden 14 Angiome intraoperativ als Blutungsursache bestätigt. Die in der CTA diagnostizierten Aneurysmen bestätigten sich ebenfalls im Operationsbefund. Bei 43 Patienten wurde in der CTA keine Blutungsquelle nachgewiesen, dies bestätigte sich nur in 29 Fällen. In 11 Fällen konnte intraoperativ ein Angiom, in einem Fall ein Infarkt und in 2 Fällen ein Tumor diagnostiziert werden.

Die Befunde im Einzelnen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Operationsbefunde n=61	Befunde der CT-Angiographie n=61			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
25 Angiome	14 Angiome	1 V.a. Angiom	0	11 unauffällig
3 Aneurysmen	3 Aneurysmen	0	0	0
1 Infarkt	0	0	0	1 unauffällig
2 Tumore	0	0	0	2 unauffällig
Keine Blutungsquelle (Hämatom) n=30	0	0	29 unauffällig	0

Tab. 7 Ergebnisse der CT-Angiographie im Vergleich zum Operationsbefund

### **Diagnostische Kenngrößen für den Nachweis der Blutungsursachen (Gesamtbetrachtung):**

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf die Operationsbefunde aller untersuchten Patienten.

Spezifität: 0,96

Sensitivität: 0,55

Positiver Vorhersagewert: 0,94

Negativer Vorhersagewert: 0,67

Falsch positive Befundrate: 0,03

Falsch negative Befundrate: 0,45

Des Weiteren wurden die diagnostischen Kenngrößen für die Einzeldiagnosen errechnet und am Ende dieser Berechnung der allgemeinen gesamten Blutungsursachen in einer zusammenfassenden Tabelle gegenübergestellt.

**Angiom**

Operationsbefunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
Angiome 25	14	1	0	11
Hämatome 30	0	0	29	0

**Tab. 8 CT-Angiographie bezogen auf Operationsbefund Angiom**

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den Operationsbefund Angiom:

Spezifität: 0,97

Sensitivität: 0,56

Positiver Vorhersagewert: 0,93

Negativer Vorhersagewert: 0,73

Falsch positive Befundrate: 0,03

Falsch negative Befundrate: 0,44

## Aneurysma

Operationsbefunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
Aneurysmen 4	3 Aneurysmen	0	0	0
Hämatome 30	0	0	29	0

**Tab. 9 CT-Angiographie bezogen auf Operationsbefund Aneurysma**

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den Operationsbefund Aneurysma:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 1,00

Positiver Vorhersagewert: 1,00

Negativer Vorhersagewert: 1,00

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 0,00

## Infarkt

Operationsbefunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
Infarkt 1	0	0	0	1 unauffällig
Hämatome 30	0	0	29	0

**Tab.10 CT-Angiographie bezogen auf den Operationsbefund Infarkt**

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den Operationsbefund Infarkt:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,001

Negativer Vorhersagewert: 0,97

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Tumor

Operationsbefunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
Tumore 2	0	0	0	2 unauffällig
Hämatome 30	0	0	29	0

Tab.11 CT-Angiographie bezogen auf den Operationsbefund Tumor

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den Operationsbefund Tumor:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,94

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Keine Blutungsquelle

In 30 Fällen wurde in der CT-Angiographie ein Hämatom ohne Blutungsursache diagnostiziert. Dies wurde bei den bisherigen Berechnungen als richtig negativ bewertet. Bei der Berechnung der Spezifität und Sensitivität eines Hämatoms ohne Blutungsursache müssen nun diese 30 Befunde der CT-Angiographie als richtig positiv eingestuft werden. Die befundeten 31 Blutungsquellen werden in Relation gesetzt.

Operationsbefunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
Hämatome 30	29	0	0	0
Blutungsquelle 31	0	14	17	1

Tab. 12 CT-Angiographie bezogen auf den Operationsbefund keine Blutungsquelle

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den Befund keine Blutungsquelle:

Spezifität: 0,55

Sensitivität: 0,96

Positiver Vorhersagewert: 0,67

Negativer Vorhersagewert: 0,94

Falsch positive Befundrate: 0,45

Falsch negative Befundrate: 0,03

Die Zusammenfassung der diagnostischen Kenngrößen der CT-Angiographie-Befunde bezogen auf den Operationsbefund sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Operationsbefund	CT-Angiographie					
	Spezifität	Sensitivität	Positiver Vorhersagewert	Negativer Vorhersagewert	Falsch positiver Befundrate	Falsch negative Befundrate
Blutungsursache gesamt	0,96	0,55	0,94	0,67	0,03	0,45
Angiom	0,97	0,56	0,93	0,73	0,03	0,44
Aneurysma	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Infarkt	1,00	0,00	0,00	0,97	0,00	1,00
Tumor	1,00	0,00	0,00	0,94	0,00	1,00
Keine Blutungsquelle (Hämatom)	0,55	0,96	0,67	0,94	0,45	0,03

Tab. 13 Zusammenfassung der CT- Angiographie-Befunde bezogen auf den Operationsbefund

## 6. Befunde der CT-Angiographie im Vergleich zum histologischen Befund

In 58 von 61 Fällen wurde nach operativer Entfernung das Gewebe zur histologischen Aufarbeitung in die Abteilung für Neuropathologie, Prof. Mennel, Medizinisches Zentrum für Pathologie der Phillips-Universität Marburg, geschickt. In drei Fällen mit der Diagnose Aneurysma war eine histologische Aufarbeitung nicht notwendig.

Die Befunde sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Histologische Befunde n =58	Befunde der CT-Angiographie n =58			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
18 AVM	3 AVM	6 Angiome	0	9 unauffällig
3 Cavernome	0	1 Infarkt	0	2 unauffällig
1 Venöses Angiom	0	0	0	1 unauffällig
2 Metastasen	0	1AVM	0	1 unauffällig
1 Glioblastom	0	0	0	1 unauffällig
1 Amyloidangiopathie	0	0	0	1 unauffällig
4 Infarkte	0	0	0	4 unauffällig
28 Hämatome	0	4 Angiome 1 CSC- Fistel	23 unauffällig	

Tab. 14 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund

Die auf die oben angeführte Tabelle errechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund sind im Weiteren genannt:

Spezifität: 0,64

Sensitivität: 0,14

Positiver Vorhersagewert: 0,19

Negativer Vorhersagewert: 0,30

Falsch positive Befundrate: 0,36

Falsch negative Befundrate: 0,86

In den folgenden Tabellen werden die diagnostischen Kenngrößen für die einzelnen Befunde berechnet:

### Arteriovenöse Malformation

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
18 AVM	3 AVM 0	6 Angiome	0	9 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab.15 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund AVM

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund AVM:

Spezifität: 0,68

Sensitivität: 0,25

Positiver Vorhersagewert: 0,21

Negativer Vorhersagewert: 0,72

Falsch positive Befundrate: 0,32

Falsch negative Befundrate: 0,75

## Cavernom

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
3 Cavernome	0	1 Infarkt	0	2 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab. 16 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Cavernom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Cavernom:

Spezifität: 0,82

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,96

Falsch positive Befundrate: 0,18

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Venöses Angiom

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
1 Venöses Angiom	0	0	0	1 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab. 17 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Venöses Angiom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Venöses Angiom:

Spezifität: 0,82

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,96

Falsch positive Befundrate: 0,18

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Metastase

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
2 Metastasen	0	1AVM	0	1 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

**Tab. 18 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Metastase**

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Metastase:

Spezifität: 0,79

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,96

Falsch positive Befundrate: 0,21

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Glioblastom

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
1 Glioblastom	0	0	0	1 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab. 19 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Glioblastom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Glioblastom:

Spezifität: 0,82

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,96

Falsch positive Befundrate: 0,18

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Amyloidangiopathie

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
1 Amyloidangiopathie	0	0	0	1 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab. 20 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Amyloidangiopathie

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Amyloidangiopathie:

Spezifität: 0,82

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,96

Falsch positive Befundrate: 0,18

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Infarkt

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
4 Infarkte	0	0	0	4 unauffällig
28 Hämatome	0	5	23	0

Tab. 21 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Infarkt

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Infarkt:

Spezifität: 0,82

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,85

Falsch positive Befundrate: 0,18

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Hämatom

In 28 Fällen wurde in der CT-Angiographie 23-mal ein Hämatom ohne Blutungsursache als richtig negativ bewertet, in 5 Fällen wurde in der CT-Angiographie eine falsch positive Befundung (4 Angiome, 1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel ) vorgenommen.

Bei der Berechnung der Spezifität und Sensitivität eines Hämatoms ohne Blutungsursache müssen nun diese 23 Befunde der CT-Angiographie als richtig positiv eingestuft werden. Die befundeten 30 Blutungsquellen werden in Relation gesetzt. Das bedeutet positive und negative Werte kehren sich um.

Histologische Befunde	Befunde der CT-Angiographie			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
28 Hämatome	23 unauffällig	0	0	4 Angiome 1 CSC-Fistel
30 Blutungsquellen	0	19	3	8

Tab. 22 CT-Angiographie bezogen auf den histologischen Befund Hämatom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der CT-Angiographie beziehen sich auf den histologischen Befund Hämatom:

Spezifität: 0,14

Sensitivität: 0,64

Positiver Vorhersagewert: 0,55

Negativer Vorhersagewert: 0,19

Falsch positive Befundrate: 0,86

Falsch negative Befundrate: 0,36

### 7. Zusammenfassung der diagnostischen Kenngrößen der CT-Angiographie Befunde bezogen auf den histologischen Befund

Histologischer Befund	CT-Angiographie					
	Spezifität	Sensitivität	Positiver Vorhersagewert	Negativer Vorhersagewert	Falsch positiver Befundrate	Falsch negative Befundrate
<b>Blutungsursache gesamt</b>	<b>0,64</b>	<b>0,14</b>	<b>0,19</b>	<b>0,30</b>	<b>0,36</b>	<b>0,86</b>
AVM	0,68	0,25	0,21	0,72	0,34	0,75
Cavernom	0,79	0,00	0,00	0,92	0,20	1,00
Venöses Angiom	0,82	0,00	0,00	0,96	0,18	1,00
Metastase	0,79	0,00	0,00	0,96	0,21	1,00
Glioblastom	0,82	0,00	0,00	0,96	0,18	1,00
Amyloidangiopathie	0,82	0,00	0,00	0,96	0,18	1,00
Infarkt	0,82	0,00	0,00	0,85	0,18	1,00
Hämatom	0,14	0,64	0,55	0,19	0,86	0,36

Tab. 23 Zusammenfassung

## 8. Befunde der Digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) im Vergleich zum Operationsbefund

In 13 Fällen konnte nach der CT-Angiographie zusätzlich eine selektive digitale Subtraktionsangiographie durchgeführt werden. In keinem der 13 Fälle der DSA kam es zu einem abweichenden Ergebnis zum Befund der CTA.

Obwohl beide Verfahren, sowohl die CT-Angiographie als auch die DSA in der präoperativen Diagnostik in 6 Fällen einen unauffälligen Befund erhoben haben, wurde bei diesen 6 Patienten intraoperativ zwei Angiome, drei Hämatome und ein Tumor nachgewiesen.

In 4 Fällen wurde in der DSA ein Angiom mit der zuführenden Arterie und der drainierenden Vene eindeutig identifiziert; diese Befunde konnten intraoperativ bestätigt werden. Bei zwei Patienten konnte das in der DSA diagnostizierte Aneurysma und bei einem Patienten die Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel intraoperativ nachgewiesen werden.

Die Befunde im Einzelnen sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Operationsbefunde n=13	Befunde der DSA n=13			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
6 Angiome	4 Angiome	0	0	2 unauffällig
2 Aneurysma	2 Aneurysma	0	0	0
3 Hämatome	0	0	3 unauffällig	0
1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel	1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel	0	0	0
1 Tumor	0	0	0	1 unauffällig

Tab. 24 DSA bezogen auf den Operationsbefund

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Operationsbefund aller untersuchten Patienten:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 0,70

Positiver Vorhersagewert: 1,00

Negativer Vorhersagewert: 0,50

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 0,30

In den folgenden Tabellen werden die diagnostischen Kenngrößen für die einzelnen Befunde nach den oben verwendeten Formeln berechnet:

### Angiom

Operationsbefunde	Befunde der DSA			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
6 Angiome	4 Angiome	0	0	2 unauffällig
3 Hämatome	0	0	3 unauffällig	0

Tab. 25 DSA bezogen auf den Operationsbefund Angiom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Operationsbefund Angiom:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 0,67

Positiver Vorhersagewert: 1,00

Negativer Vorhersagewert: 0,60

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 0,33

### Aneurysma

Operationsbefunde	Befunde der DSA			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
2 Aneurysma	2 Aneurysma	0	0	0
3 Hämatome	0	0	3 unauffällig	0

Tab. 26 DSA bezogen auf den Operationsbefund Aneurysma

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Operationsbefund Aneurysma:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 1,00

Positiver Vorhersagewert: 1,00

Negativer Vorhersagewert: 1,00

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 0,00

### Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel

Operationsbefunde	Befunde der DSA			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel	1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel	0	0	0
3 Hämatome	0	0	3 unauffällig	0

Tab. 27 DSA bezogen auf den Operationsbefund Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Operationsbefund Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 1,00

Positiver Vorhersagewert: 1,00

Negativer Vorhersagewert: 1,00

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 0,00

## Tumor

Operationsbefunde	Befunde der DSA			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
1 Tumor	0	0	0	1 unauffällig
3 Hämatome	0	0	3 unauffällig	0

Tab. 28 DSA bezogen auf den Operationsbefund Tumor

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Operationsbefund Tumor:

Spezifität: 1,00

Sensitivität: 0,00

Positiver Vorhersagewert: 0,00

Negativer Vorhersagewert: 0,75

Falsch positive Befundrate: 0,00

Falsch negative Befundrate: 1,00

## Hämatom

In 3 Fällen wurde in der DSA ein Hämatom ohne Blutungsursache diagnostiziert. Dies wurde bei den bisherigen Berechnungen als richtig negativ bewertet.

Bei der Berechnung der Spezifität und Sensitivität eines Hämatoms ohne Blutungsursache müssen nun diese 3 Befunde der DSA als richtig positiv eingestuft werden. Die befundeten 10 Blutungsquellen werden in Relation gesetzt. Das bedeutet, positive und negative Werte kehren sich um.

Operationsbefunde	Befunde der DSA			
	Richtig positiv	Falsch positiv	Richtig negativ	Falsch negativ
3 Hämatome	3 unauffällig	0	0	0
10 Blutungsquellen	0	3	7	0

Tab. 29 DSA bezogen auf den Befund Hämatom

Die folgenden berechneten statistischen Kenngrößen der DSA beziehen sich auf den Befund Hämatom:

Spezifität: 0,70

Sensitivität: 1,00

Positiver Vorhersagewert: 0,50

Negativer Vorhersagewert: 1,00

Falsch positive Befundrate: 0,30

Falsch negative Befundrate: 0,00

### 9. Zusammenfassung der diagnostischen Kenngrößen der DSA Befunde bezogen auf den Operationsbefund

Operationsbefund	DSA					
	Spezifität	Sensitivität	Positiver Vorhersagewert	Negativer Vorhersagewert	Falsch positive Befundrate	Falsch negative Befundrate
Alle Befunde	1,00	0,70	1,00	0,50	0,00	0,30
Angiom	1,00	0,67	1,00	0,60	0,00	0,33
Aneurysma	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Sinus-Cavernosus Fistel	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Tumor	1,00	0,00	0,00	0,75	0,00	1,00
Hämatom	0,70	1,00	0,50	1,00	0,30	0,00

Tab. 30 Zusammenfassung DSA versus Operationsbefund

## 10. Graduierung der CT-Angiographie Befunde für die Diagnose „Angiom“

Von den 25 Patienten mit dem Operationsbefund Angiome wurden die CT-Angiographien retrospektiv noch einmal ausgewertet und von 2 Untersuchern auf spezifische Kriterien für die Diagnose eines Angiomes beurteilt. Dabei wurden drei verschiedene pathologische Befundmuster festgestellt.

Diese waren:

- punktförmige Kontrastmittelansammlungen
- einzelne pathologische tubuläre Gefäßstrukturen
- komplexe pathologische Gefäßstrukturen

Die punktförmigen Kontrastmittelansammlungen waren sowohl im Hämatom ( $n = 2$ ), als auch am Rande des Hämatomes ( $n = 1$ ) nachweisbar. In der Auswertung der Einzelschichten ließ sich aber kein Gefäßbezug herstellen. In der Klassifizierung dieses Befundmusters wurde von uns der Grad 1 vergeben.

In 5 anderen Fällen fanden sich in topographischer Beziehung zum Hämatom Gefäßfragmente, die jedoch keine Beziehung zur normalen Gefäßanatomie aufwiesen. Diese Veränderungen wurden als Grad 2 klassifiziert.

In weiteren 7 Fällen konnte die CT-Angiographie komplexe pathologische Gefäßstrukturen nachweisen. In einem Fall konnten die gestauten Drainagevenen der Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel dargestellt werden. In den anderen Untersuchungen waren überwiegend die erweiterten und varikös veränderten Drainagevenen kontrastiert, so dass die Diagnose einer parenchymalen AV-Malformation sicher zu stellen war (Grad 3).

Die von uns gefundenen Veränderungen in der CT-Angiographie haben wir wie folgt graduiert und mit den Operationsbefunden korreliert:

- Grad 0: kein pathologischer Gefäßbefund
- Grad 1: punktförmige Kontrastmittelansammlung
- Grad 2: einzelne tubuläre pathologische Gefäßstrukturen
- Grad 3: komplexe pathologische Gefäßstrukturen

Die Befunde sind in Tab. 31 zusammengestellt:

Graduierung der CTA-Veränderungen				OP-Befund
Grad 0	Grad I	Grad II	Grad III	
n = 11				11 x Angiom
	n = 3			2 x Angiom; 1 x kein Angiom
		n = 5		5 x Angiom
			n = 7	7 x Angiom

**Tab. 31 Graduierung der CTA-Veränderungen bezogen auf den Operationsbefund**

Aus der Korrelation von CTA-Graduierung zum Operationsbefund konnten wir folgende Diagnosekriterien ableiten:

Ein unauffälliger Gefäßbefund (Grad 0) lässt keine sichere Diagnose zum Ausschluss eines Angioms als Blutungsursache zu.

Bei dem Nachweis von punktförmigen Kontrastmittelansammlungen im oder am Hämatom (Grad 1) ist ein Angiom möglich. Differentialdiagnostisch kommt aber auch ein noch aktiver Blutungsanteil anderer Genese in Betracht. In unserer Studie konnte nur in 2 der 3 so klassifizierten Untersuchungen intraoperativ ein Angiom gefunden werden.

**Beispiele einer Grad 1-Veränderung:**

**Beispiel einer Grad 1-Veränderung ohne intraoperative und histologische Bestätigung der Diagnose:**



Abb. 6a



Abb. 6b

**Abb. 6 Temporo-occipitale Lobärblutung: 6a-b Temporo-occipitale Lobärblutung mit Einbruch in das Ventrikelsystem. Punktförmige Kontrastmittelaustritte im Hämatom (6a). Auch in der MIP-Rekonstruktion (6b) der CT-Angiographie kein Nachweis von tubulären Gefäßstrukturen (Grad 1-Veränderung). Der radiologische Verdacht auf ein Angiom wurde operativ und histologisch nicht bestätigt.**

**Beispiele einer Grad 1-Veränderung mit intraoperativer und histologischer Bestätigung der Diagnose:**

**Beispiel 1:**

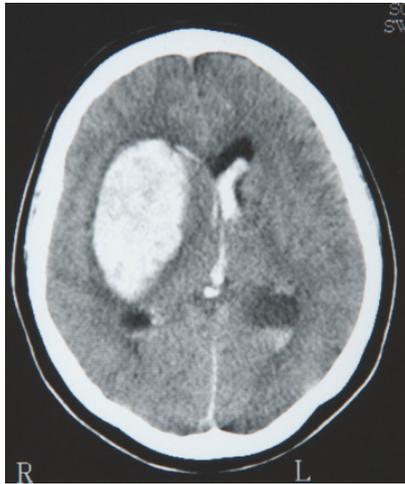


Abb.7a

Abb.7a Stammganglienblutung mit Ventrikeleinbruch im Nativ-CT

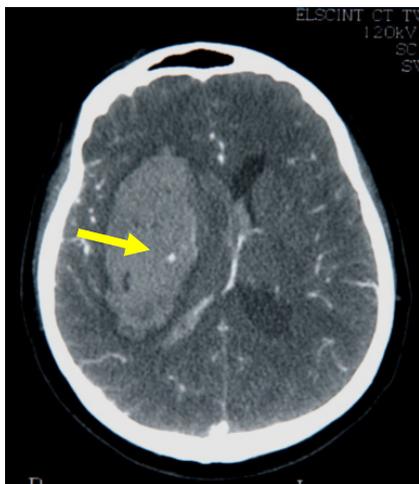
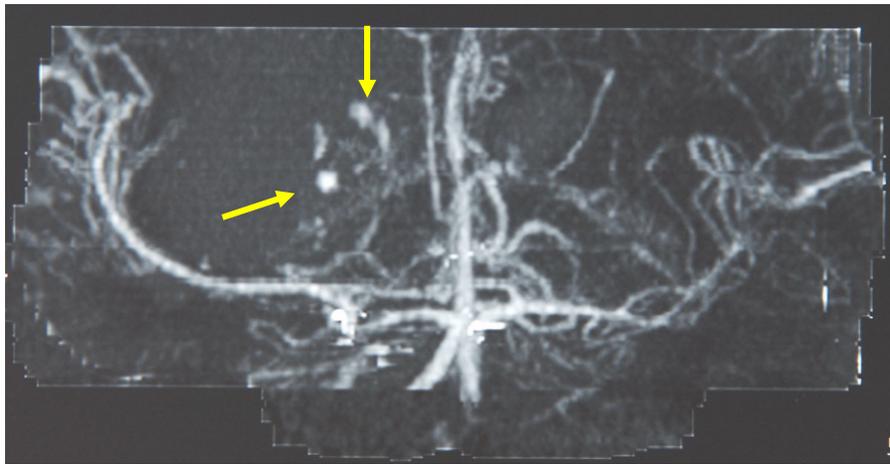


Abb. 7b

Abb. 7b Quellbild der CT-Angiographie mit punktförmigen Kontrastmittelaustritt innerhalb des Hämatoms. Intraoperativ fand man Angiomstrukturen und histologisch wurde eine AV-Malformation bestätigt.

## Beispiel 2:



5 Abb. 8a

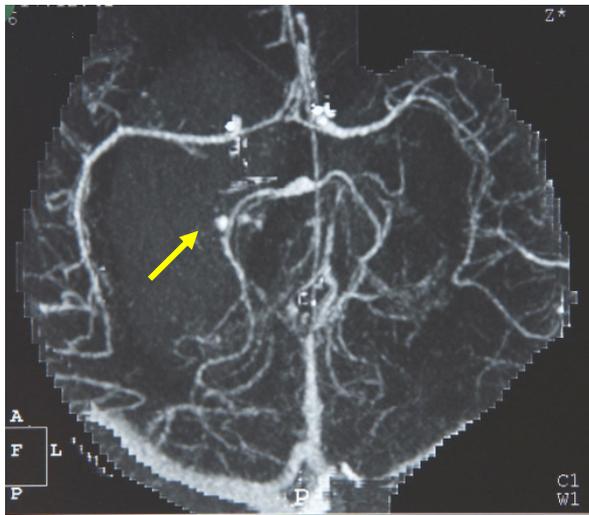


Abb.8b

Abb. 8 Angiom: 8a-b MIP-Rekonstruktion mit punktförmigen Kontrastmittelaustritten (Grad 1-Veränderung), Verdachtsdiagnose eines Angioms (8a, 8b); operativ und histologisch: AV-Malformation.

Bei dem Nachweis von einzelnen tubulären pathologischen Gefäßstrukturen in Bezug zum Hämatom (Grad 2) ist ein Angiom als Blutungsursache wahrscheinlich. In allen von uns als Grad 2 klassifizierten Untersuchungen wurde intraoperativ ein Angiom als Blutungsursache nachgewiesen.

### Beispiel einer Grad 2-Veränderung

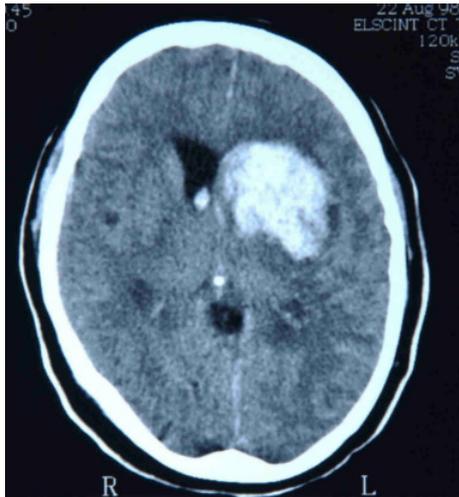


Abb. 9a

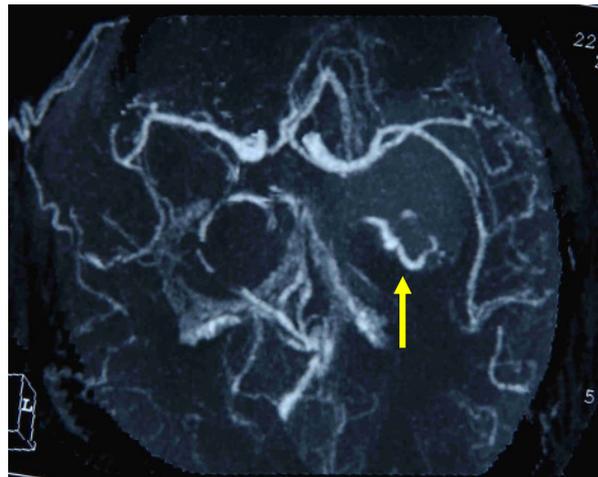


Abb.9b

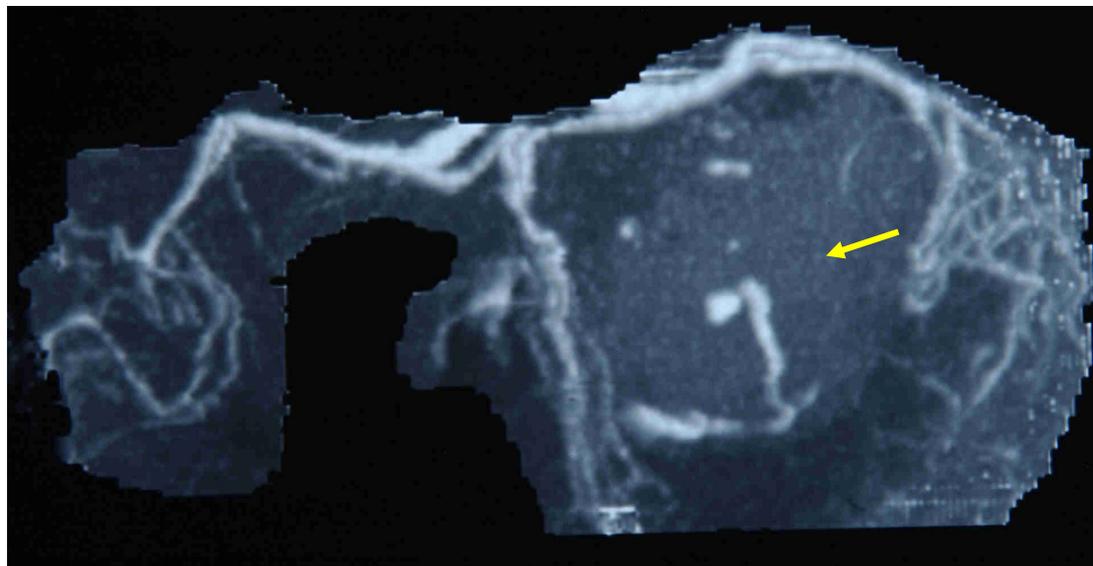


Abb. 9c

Abb. 9 a-c Stammganglienblutung mit Einbruch in das Ventrikelsystem (9a). Die MIP-Rekonstruktion der CT-Angiographie zeigt pathologische Gefäßfragmente am Rande des Hämatoms (Grad 2-Veränderung), welche zur Diagnose „Angiom“ führten (9b, 9c). Operativ und histologisch: AV-Malformation

Noch sicherer wird die Diagnose beim Nachweis erhaltener komplexer pathologischer Gefäßstrukturen (Grad 3). Bei diesen Veränderungen konnte sicher die Diagnose einer

parenchymalen AV-Malformation (n = 6) oder Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel (n =1) gestellt werden.

### Beispiele einer Grad 3-Veränderung:

#### Beispiel 1:

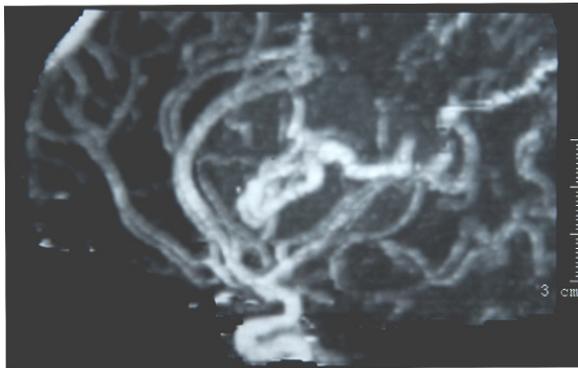


Abb. 10a

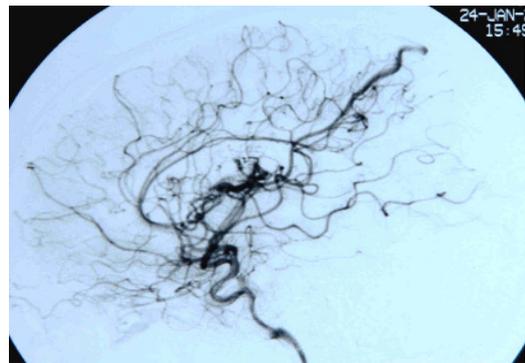


Abb. 10b

**Abb. 10** Angiom: 10a-b In der MIP-Rekonstruktion der CT-Angiographie (10a) Nachweis komplexer Angiomstrukturen (Grad 3-Veränderung).

Die selektive Katheterangiographie der A. carotis interna (seitliche Projektion) zeigt eine AV-Malformation mit arteriellem Zufluss aus der A. cerebri media, einem temporal gelegenen Nidus sowie einer frühen kortikalen Drainagevene (10b).

Operativ und histologisch: AVM

#### Beispiel 2:

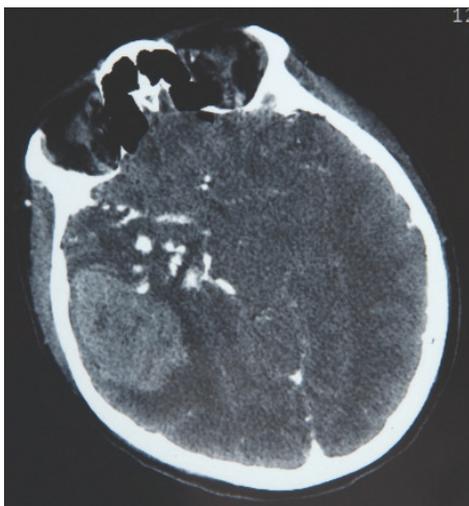


Abb. 11a

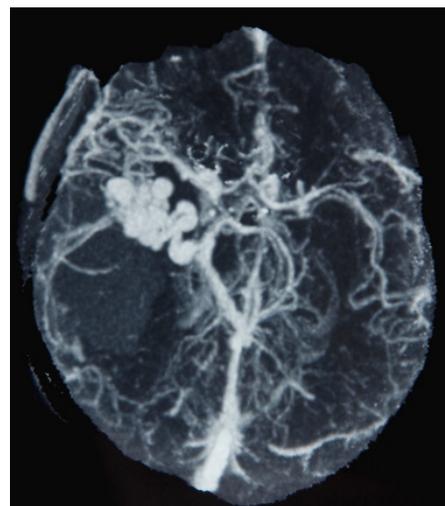


Abb. 11b

**Abb. 11** Blutung bei AVM: AVM mit Kontrastmittel, Grad 3-Befund (11 a), AVM in der MIP-Projektion, Grad 3 Befund (11 b), operativer Befund: AVM

## Beispiel 3:

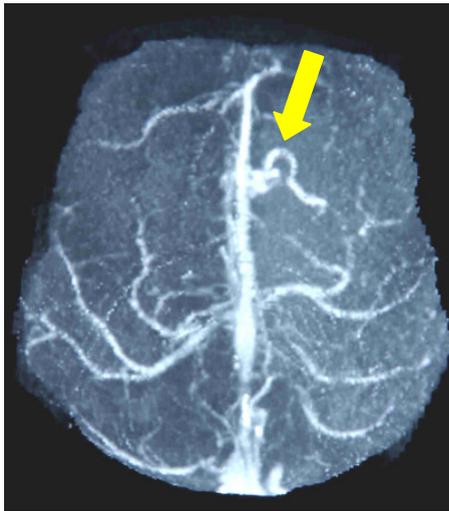


Abb. 12a

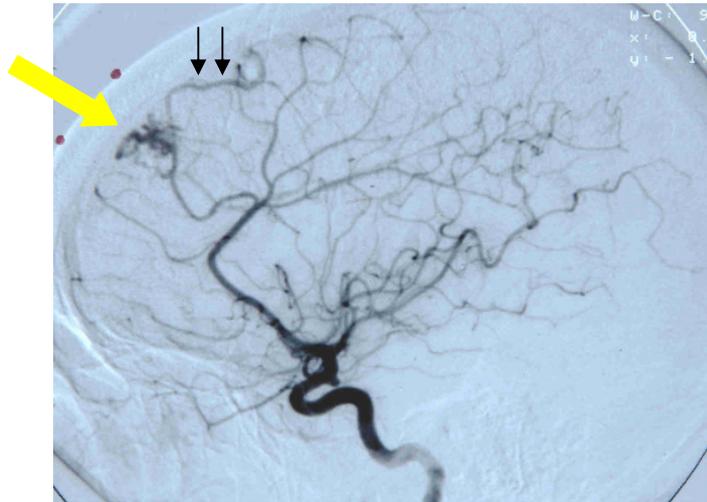


Abb. 12b

Abb. 12 AVM: 12a-b Korrelation der Befunde von CT-Angiographie und DSA. Eine kleine hochfrontale gelegene AVM als Ursache einer parietalen Lobärblutung konnte sowohl in der CT-Angiographie (12a) als auch in der DSA (12b) durch den Nachweis des Nidus und der pathologischen Brückenvene (Pfeil) erfolgen.

Die Diagnosekriterien sind in Tab. 32 zusammengefasst:

Graduierung	CTA-Befund	CTA-Diagnose
Grad 0	unauffälliger Gefäßbefund	Keine Blutungsquelle ( <b>unsicher</b> )
Grad 1	Punktförmige Kontrastmittelansammlungen	Angiom <b>möglich</b>
Grad 2	einzelne tubuläre Gefäßstrukturen	Angiom <b>wahrscheinlich</b>
Grad 3	Komplexe pathologische Gefäßstrukturen	Angiom <b>sicher</b>

Tab. 32 Zusammenfassung: Graduierung/ CTA-Befund/ CTA-Diagnose

## **IV. Diskussion**

### **1. Einleitung**

In der vorliegenden Studie sollte der Stellenwert der CT-Angiographie in der präoperativen Notfalldiagnostik der spontanen intrazerebralen Massenblutung untersucht werden. Zusätzlich wurde nach radiologischen Kriterien für das Vorliegen einer arteriovenösen Malformation als Blutungsursache gesucht.

Die intrazerebralen Blutungen werden in tief gelegene und lobäre Blutungen unterteilt. Die tief gelegenen Blutungen sind in 80 % der Fälle auf eine chronische arterielle Hypertonie zurückzuführen. Die Ursachen der Lobärhämatome sind nur in 30 – 40 % der Fälle durch eine arterielle Hypertonie begründet. Weitere Ursachen der Lobärhämatome sind verschiedene Gefäßmalformationen, hämorrhagische Diathesen, Tumoren, bei älteren Patienten die Amyloidangiopathien. Auch die Ruptur eines peripher gelegenen Aneurysmas kann zu einer reinen Lobärblutung führen. Aufgrund des breiten Ursachenspektrums der Lobärhämatome und der differenzierten therapeutischen Aspekte sind diese von besonderem diagnostischem Interesse. [36, 42]

### **2. Erkrankungen, diagnostische Möglichkeiten und Grenzen**

#### **Erkrankungen**

Die **zerebralen Gefäßmißbildungen**, zu denen die arteriovenösen Malformationen (piale und durale), Kavernome und venöse Angiome zählen, sind nach der Hypertonie die zweithäufigste Ursache nichttraumatischer intrakranieller Blutungen.

Lange Zeit konnten diese zerebralen Gefäßmißbildungen fast ausschließlich postmortal diagnostiziert werden. Erst mit dem Fortschritt der bildgebenden Diagnostik wie Angiographie, Computertomographie und Magnetresonanztomographie wurde die intravitale Diagnostik verbessert. [39, 6]

Bei jüngeren Patienten und Patienten ohne eine Hochdruckerkrankung muss differentialdiagnostisch immer eine Gefäßmißbildung als Blutungsursache ausgeschlossen werden. [37]

Die arteriovenöse Malformation als zerebrale Gefäßmißbildung hat eine Häufigkeit von 0,8-4,3 % nach Autopsiestudien. [20, 28]

Die Inzidenz einer Blutung aus der AVM beträgt 2–4 %/Jahr. Nach einem Blutungsereignis erhöht sich das Rezidivblutungsrisiko in den ersten Wochen um den Faktor 3–4 und bleibt für das Jahr nach der Blutung gering erhöht. [15]

Im Nativ-CT sind sie meist hyperdens, jedoch kann ein Teil auch hypo- oder isodens sein. Strangförmige und punkartige Verdichtungen sind verdächtig für das Vorliegen einer AVM. Nach Kontrastmittelgabe kann man die serpentinartig gewundenen Gefäße erkennen, und es können bis zu 95 % der AVM's über 1 cm Größe im Computertomogramm erkannt werden. [22]

Schwierigkeiten bereitet die Darstellung einer AVM im akuten Stadium der Blutung, da sie dort häufig durch die Blutung überlagert bzw. maskiert wird. [39]

Die **durale AVM**, eine direkte arteriovenöse Kurzschlussverbindung innerhalb der Dura, ist im Unterschied zur pialen AVM erworben. Sie kommt in 10-15 % der intrakraniellen AV-Gefäßmißbildungen vor. [42, 31]

Die Diagnose durale AVM kann nur angiographisch gestellt werden. In der CT- oder MRT-Untersuchung kann eine dilatierte Drainagevene erkennbar sein, eine Unterscheidung zwischen pialer und duraler AVM allein mit der Computertomographie oder Magnetresonanztomographie ist nicht möglich. [39, 42, 15]

8-15 % der intrakraniellen Gefäßmißbildungen sind Kavernome. Bis zu 90 % der Kavernome kommen in der familiären Form, 25 % in der sporadischen Form vor.

**Kavernome** sind livid-blaue, knotige mit weitleumigen blutgefüllten und endothel ausgekleideten Hohlräumen versehene Gebilde. [29, 44, 45]

Fast alle Kavernome zeigen Zeichen vorangegangener Mikroblutungen und Hämosiderinablagerungen sowie Verfärbungen des angrenzenden Gehirngewebes. Der Rand ist bestimmt von Verkalkungen und Gliosen.

Da es sich um low-flow Gefäße handelt, sind sie angiographisch so gut wie nie nachweisbar. Im CT erscheinen sie als inhomogene Rundherde mit wenig Kontrastanreicherung, wenn nicht sogar ganz durch eine Blutung maskiert. Die Darstellung hängt vom Ausmaß der Thrombose in einzelnen Hohlräumen sowie Einblutungen ab.

Im Nachweis der Kavernome hat die MRT-Untersuchung die höchste Sensitivität. [39, 42]

Das Signalverhalten wird durch die unterschiedlichen Abbaustufen des Blutes und den typischen Hämosiderinring sowie die unterschiedlichen Blutflußgeschwindigkeiten bestimmt. Vor allen auf T2\* gewichteten Gradientenechobildern lassen sich Kavernome besser erkennen. [11]

Häufig bestehen begleitend zum Kavernom noch weitere Gefäßmißbildungen, meist eine AVM oder ein venöses Angiom.

Die **venösen Angiome**, auch als angeborene venöse Anomalien bezeichnet, sind medusenhauptförmig erweiterte Venolen, die in eine oder mehrere transzerebral verlaufende Sammelvenen drainieren. Meist ist das Nativ CT unauffällig, nur gelegentlich sieht man die transzerebrale Sammelvene als hyperdense Struktur. Nach Kontrastanhebung kann man die Sammelvene oder die erweiterten Venolen als Venenstern erkennen. In der MRT zeigen die sagittale und die koronaren Aufnahme konvergierende Venen die in transzerebrale Sammelvenen drainieren. Ist der Befund hier eindeutig zu erheben, kann auf eine Angiographie verzichtet werden. Ausnahme ist eine intrakranielle Blutung des Patienten. Hier muss zum Ausschluss weiterer Gefäßanomalien eine Angiographie durchgeführt werden. Es ist bekannt, dass tief gelegene venöse Angiome gehäuft mit anderen Gefäßmißbildungen einhergehen. Bis zu einem Drittel der Angiome gehen mit Kavernomen einher. [38]

Ein **Tumor als Blutungsursache** ist schwer zu diagnostizieren, weil er häufig durch die Blutung überlagert wird. Am sensitivsten gelingt der Nachweis im nativen MRT mit anschließender Kontrastmitteldarstellung. Kann in der CT-Angiographie ein Malignom nicht nachgewiesen werden, ist die Diagnose Tumor als Blutungsursache nur nach der histopathologischen Aufarbeitung des Operationsevakuates zu stellen.

Bei Patienten über 70 Jahre ist die **Amyloidangiopathie** in 12 % der Fälle Ursache der atypischen Blutung. [42]

Die Amyloidangiopathie als Blutungsursache kann bildgebend nicht diagnostiziert werden. Hierzu bedarf es einer histologischen Aufarbeitung des Operationsevakuates.

Bei der Blutung infolge einer **Sinusvenenthrombose** stellt die Computertomographie in Verbindung mit der CT-Angiographie die Basisdiagnostik dar. Bei der Sinusvenenthrombose kommt es zu stauungsbedingten, venösen kortikalen Infarkten. Andere Zeichen sind primär hyperdense Sinus oder Hirnvenen als „cord sign“ im nativen CT. Ein weiteres Zeichen ist nach intravenöser Kontrastmittelgabe eine hypodense Aussparung im Sinus, die durch den Thrombus bedingt ist und als „empty delta sign“ bezeichnet wird. In der CT-Angiographie kommt es zu einem hohen Dichteunterschied zwischen Thrombus und kontrastiertem Blut. [4, 18, 43]

## **Diagnostische Methoden**

Die zur Abklärung einer Blutungsursache zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden schließen die native Computertomographie, die native Magnetresonanztomographie, die konventionelle Angiographie (heute in digitaler Subtraktionsangiographietechnik) und die CT- bzw. MR-Angiographie ein. [6]

### **Computertomographie (CT)**

Die native Computertomographie ist als Erstuntersuchung bei neurologischer Symptomatik Mittel der Wahl, da mit ihr der sichere Blutungsnachweis bei akut aufgetretener Blutung gelingt. [10] Die Computertomographie ist weit verbreitet und nachts besser verfügbar [14, 30]. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Geschwindigkeit der Untersuchung und die geringe Störanfälligkeit bei monitorpflichtigen Patienten.

### **Magnetresonanztomographie (MRT)**

Durch den besseren Weichteilkontrast ist es mit der MRT besser möglich, Läsionen im Hirnparenchym nachzuweisen. Das betrifft insbesondere den Nachweis und die Lokalisation von Tumoren.

Bei der akuten Blutung hatte die MRT am Anfang Schwierigkeiten im Blutungsnachweis. Mit der Entwicklung neuerer Sequenzen, wie z.B. der FLAIR-Sequenz, ist die Sensitivität im Nachweis auch akuter Blutungen der CT-Untersuchung mindestens gleichwertig.

Bei alleiniger Verwendung der 2D-FLAIR-Sequenz besteht die Gefahr von Liquorflussartefakten, die die Blutung überlagern können. Außerdem können Flussartefakte als subarachnoidales Blut fehlinterpretiert werden. Aus diesem Grund sollte man zusätzlich Protonendichte-gewichtete oder 3D-FLAIR-Sequenzen verwenden. [2, 8, 57, 58, 59]

In einer neuen Arbeit von Küker über die rationale Diagnostik der spontanen intrazerebralen Blutung wird die durchzuführende bildgebende Untersuchung in Abhängigkeit zur Blutungslokalisation gesetzt. Die MRT-Untersuchung hat nach dieser Einteilung keinen Stellenwert in der akuten Phase (0-12 Stunden) der bildgebenden Diagnostik, sondern wird erst in der subakuten Phase (1-5 Tage) und in der chronischen Phase (3-6 Monate) eingesetzt. [21]

Berücksichtigt werden muss auch, dass die regionale Verfügbarkeit der MRT deutlich geringer ist als die der Computertomographie.

Bei agitierten und ängstlichen Patienten ist es schwer, eine Magnetresonanztomographie durchzuführen. Hier kann es zu Bewegungsartefakten in der Untersuchung kommen. Ist der Patient monitorpflichtig, kann es auch zu Störungen im Ablauf kommen. Patienten mit Herzschrittmacher sind von der MRT grundsätzlich ausgenommen.

Zur Darstellung eines Infarktes eignet sich die MRT besser als eine Computertomographie. [9, 43]

Die Aufnahmen sind kontrastreicher und unter Verwendung der T2\* gewichteten Gradienten-Echo-Sequenz können selbst kleinste, in der Vergangenheit abgelaufene, zerebrale Blutungen, mit hoher Sensitivität bildgebend nachgewiesen werden. Bei subakuten Blutungen ist hier eine höhere Sensitivität als in der Computertomographie gegeben. [7, 21].

Durch den technischen Fortschritt der Geräte gewinnt in letzter Zeit insbesondere die MRT-Untersuchung mit den neuen ultraschnellen Geräten mit echoplanarer Technik zunehmend an Bedeutung. Heute allgemein anerkannt ist zum Thema Schlaganfall der Vorteil der diffusionsgewichteten MRT – Aufnahmen (DWI). Insbesondere der Infarkt kann mit dieser Technik kontrastreicher dargestellt werden. Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, das infarktgefährdete, noch vitale Gewebe zu erkennen.

Der Gefäßverschluss lässt sich mit der **MR-Angiographie** darstellen [10, 19, 16]

### **Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)**

Die **selektive Katetherangiographie** der Hirngefäße (DSA) ist aufgrund der höchsten Ortsauflösung Goldstandard zur Darstellung der zerebralen Gefäße. Der arterielle Zufluss, der Nidus und die venöse Drainage eines Angiomes können mit der DSA am besten dargestellt werden. Nur mit dieser Methode können Aussagen über die Flussdynamik gemacht werden. Von anderen Methoden hebt sich die DSA aufgrund ihrer hohen Ortsauflösung sowie der Möglichkeit im gleichen Untersuchungsgang therapeutisch eingreifen zu können ab. Bei der Durchführung der DSA können Coiling von Aneurysmen und Embolisation von Angiomen durchgeführt werden.

Grundsätzlicher Nachteil dieser Methode ist aber die Invasivität mit den üblichen Risiken einer Angiographie. Hinzu kommen die speziellen Risiken einer supraaortalen Angiographie durch embolische Komplikationen, die in der Literatur mit 2,6 % angegeben werden. Mit steigendem Alter der Patienten und dem vermehrten Auftreten von Vorerkrankungen nimmt

das Risiko noch zu. [5, 24] Diese Komplikationsrate stammt aus einer Zeit, in der mit deutlich dickeren und gröberen Materialien (Katheter/Führungsdrähte) gearbeitet wurde. Aus neueren Erfahrungen ist die Komplikationsrate aufgrund verbesserter Arbeitsmaterialien eher niedriger anzusetzen.

Für die digitale Subtraktionsangiographie ist bekannt, dass sich kleinere arteriovenöse Malformationen nach einer Blutung der Darstellung in der angiographischen Untersuchung entziehen und erst durch die Aufarbeitung der Operationsevakuat nachgewiesen werden können. [54]

### **Computertomographie-Angiographie (CTA)**

Mit wachsendem technischen Fortschritt und Verbreitung apparativer Voraussetzungen kommen die rekonstruktiven Gefäßdarstellungen wie z.B. die **CT-Angiographie** vermehrt zum Einsatz.

Untersucht wurde bisher lediglich der Stellenwert bei akuten Subarachnoidalblutungen, zur Stenosequantifizierung bei arteriosklerotischen Veränderungen der Hirngefäße und bei der Sinusvenenthrombose. Hier ist der Wert der CT-Angiographie unbestritten und die Möglichkeiten und Grenzen der Methode sind gut untersucht. [49, 53]

Bislang existieren jedoch noch keine veröffentlichten Ergebnisse der CTA in Bezug auf die Ursachen der spontanen intrazerebralen Massenblutung.

### **3. Sensitivität und Spezifität von CT und MRT beim Blutungsnachweis**

Die Möglichkeiten und Grenzen der CTA bei akuten Subarachnoidalblutungen, bei stenoocclusiven Erkrankungen und bei der Sinusvenenthrombose sind bekannt. [18, 49, 53] Bei symptomatischen intrakraniellen Aneurysmen, die zu einer Subarachnoidalblutung geführt haben, werden in der Literatur nahezu einheitlich Angaben zur Sensitivität der CTA ab einer Größe von drei bis vier Millimetern von fast 100 % gemacht. Die Spezifität der CTA wird in diesen Fällen mit 77 % angegeben. [13, 40, 57]

Auch die Angaben über Sensitivität und Spezifität des MRT und der nativen CT-Untersuchung sind bekannt. Die Diagnose subakuter bis chronischer intrazerebraler Blutungen und subarachnoidaler Blutungen kann mit der Magnetresonanztomographie (MRT) detaillierter als mit der Computertomographie gestellt werden. Insbesondere petechiale

Blutungen, kleine Kontusionsherde und Residuen einer abgelaufenen intrakraniellen Blutung sind teilweise nur mit der MRT nachzuweisen. [57]

## **Eigene Ergebnisse**

In unserer Studie wurde die Computertomographie–Angiographie zum Nachweis der Blutungsursache bei einer nichttraumatischen intrazerebralen Massenblutung eingesetzt und der Stellenwert der CTA in der präoperativen Notfalldiagnostik untersucht.

Die Diagnosen der CTA wurden mit dem Operationsbefund und dem histologischen Befund verglichen. Durch diese direkte Korrelation konnten zum ersten Mal konkrete Aussagen über die Spezifität und Sensitivität der CTA gemacht werden. In den bisher vorliegenden Arbeiten zum Thema Wertigkeit der CTA wurden die Untersuchungsbefunde der CTA nur in Korrelation zu den gleichzeitig durchgeführten MRT- oder DSA-Untersuchungen gesetzt und nicht mit einem intraoperativen oder histologischen Befund verglichen. [30, 50, 60]

Neu an unserer Untersuchung ist die Tatsache, dass bei allen Patienten im Anschluss an die CTA eine Operation stattgefunden hat. In 13 Fällen wurde die Operationsindikation durch den Neurochirurgen grundsätzlich gestellt, aber mit aufgeschobener Dringlichkeit. In der Hoffnung auf genauere Aussagen durch die DSA bei diesen Patienten wurde zusätzlich eine DSA präoperativ durchgeführt. Bei allen anderen Patienten war die Indikation zur Operation so dringlich, dass man dieses Vorgehen nicht wählen konnte.

In 58 Fällen gibt es eine histologische Auswertung des Operationsevakuates. Wir haben somit die Möglichkeit, die Befunde der CTA mit den Ergebnissen der DSA, des Operationsbefundes und des histologischen Befundes vergleichen zu können.

## **CTA versus Operationsbefund**

Die Gesamtspezifität der CTA liegt bei nichttraumatischen intrazerebralen Massenblutungen für die der Blutung zugrunde liegenden Ursachen in unserer Arbeit bezogen auf den Operationsbefund bei 96 %. Dies bestätigt, dass die pathologischen Befunde der CTA sehr gut mit dem Operationsbefund korrelieren. Die Gesamtsensitivität der CTA bezogen auf den Operationsbefund beträgt 55 %.

Für die Diagnose Angiom liegt in unserer Studie die Spezifität bezogen auf den Operationsbefund bei 97 %, die Sensitivität bei 56 %.

Auffällig ist, dass die Spezifität mit 97 % sehr hoch ist, während die Sensitivität nur bei 56 % liegt. Das bedeutet, wenn wir für die Diagnose Angiom spezifische Zeichen (Grad 2, Grad 3

und eingeschränkt Grad1) in der CT-Angiographie erheben können, ist die Richtigkeit unserer Aussage kaum anzuzweifeln. Intraoperativ wird ein Angiom gefunden. Sind keine angiomspezifische Befunde in der CT-Angiographie vorhanden, dann muss der Untersucher immer noch mit einer 50 %-Wahrscheinlichkeit vom Vorliegen eines Angioms ausgehen.

Bei dem von uns untersuchten Gesamtkollektiv von 61 Patienten ist die Anzahl von 25 Angiomen die häufigste gestellte Diagnose. Die anderen Diagnosen Aneurysma, Infarkt und Tumor sind in ihrer Anzahl zu gering, um eine valide statistische Aussage treffen zu können. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der Gesamtspezifität und Gesamtsensitivität nahezu identisch mit den Ergebnissen der Spezifität und Sensitivität der Diagnose Angiom.

Bisher sind Untersuchungen in Bezug auf Spezifität und Sensitivität lediglich für die Diagnose Aneurysma veröffentlicht.

Preda et. al. hat an 26 Patienten mit Subarachnoidalblutung und Verdacht auf ein Aneurysma eine CTA und DSA mit anschließender Operation durchgeführt. In sieben Fällen konnte in der CTA wie auch in der DSA ein Aneurysma ausgeschlossen werden (richtig negativ), es gab keinen falsch negativen Fall. Dies entspricht einer Sensitivität für die Diagnose Aneurysma von 100 %. Die Spezifität liegt bei 77,8 %. [40]

Aneurysmen als seltene Ursache reiner Lobärhämatome können ab einer Größe von 3-4 mm in vielen Fällen mit der CT-Angiographie nachgewiesen werden. Die Spezifität liegt zwischen 87 % und 100 % und die Sensitivität zwischen 77 % und 97 %. [53]

In unserer Untersuchung konnte in einem Fall in der präoperativen Notfalldiagnostik ein Aneurysma nicht in der CT-Angiographie nachgewiesen werden. Mit 1 mm Größe war es sehr klein und unterhalb der als sicher geltenden Nachweisgröße. Außerdem war die Kontrastierung der Gefäße nicht optimal.

Bei diesem Patienten kam es 6 Stunden nach der Erstoperation mit Aneurysmaclipping zu einer operationspflichtigen Nachblutung. In dieser Zweitoperation wurde bei diesem Patienten zusätzlich eine kleine, tief gelegene AVM entfernt, so dass die eindeutige Blutungsursache nicht mit Sicherheit festgestellt werden konnte. Dieser Fall wurde in der Tabelle 7 zur Bestimmung der diagnostischen Kenngrößen nicht berücksichtigt.

Der niedrige Wert der Sensitivität von 55 % mit der CTA bestätigt die Erfahrungen aus der Katheterangiographie. Nach bisherigen Erkenntnissen können sich kleine arteriovenöse Malformationen nach der Blutung der angiographischen Darstellung entziehen. Auch andere

Blutungsursachen wie zum Beispiel Kavernome, kleine Tumoren, kleine Metastasen sowie die Amyloidangiopathie weisen meist ein negatives Angiogramm auf und können erst durch die histologische Aufarbeitung der Operationsevakuat diagnostiziert werden, so dass hohe Sensitivitätswerte nicht erwartet werden können. [54]

### **CTA versus histologischer Befund**

Die Werte der Spezifität und Sensitivität der CTA bezogen auf den histologischen Befund weichen von den Werten bezogen auf den operativen Befund deutlich ab. Die Spezifität der CTA beträgt 64 %, die Sensitivität liegt bei 14 %.

Zwischen dem intraoperativ erhobenen Befund und dem histologischen Ergebnis der Operationsevakuat gab es in 12 Fällen einen abweichenden histologischen Befund. In 6 Fällen wurde intraoperativ die Diagnose Angiom im Vergleich zur histologischen Aufarbeitung falsch positiv gestellt. In 5 dieser Fälle lautete die histologische Diagnose Hämatom und einmal Metastase. In den Operationsberichten werden pathologische Gefäßstrukturen beschrieben, die meist nach Hämatomausräumung zum Vorschein kommen. Um die Diskrepanz der Befunde zu klären, wurde noch einmal telefonische Rücksprache mit dem untersuchenden Neuropathologen gehalten. Er bestätigte, dass die erhobenen Diagnosen in keinem Fall zweideutig oder fraglich gewesen seien. Jedoch eine Garantie über die Repräsentativität des Gewebes nicht gegeben werden kann.

Unterscheidet sich die Diagnose des Neuropathologen bezogen auf den Befund Angiom von der Diagnose des Radiologen und des Neurochirurgen, so besteht die Möglichkeit, dass das dem Neuropathologen vorliegende Operationsevakuat keine angiomtypischen Gewebeteile enthält. Gerade in diesen Fällen ist vermutlich das eingesendete Untersuchungsmaterial nicht repräsentativ für den intraoperativ beschriebenen Befund.

Histologisch handelte es sich bei den in unserer Studie gefundenen Metastasen um ein Nierenzellkarzinom. Intraoperativ wird eine schwierige Präparation und deutlich verstärkte Blutungstendenz des Gewebes beschrieben.

In 5 Fällen, bei denen intraoperativ keine Blutungsquelle festgestellt wurde, stellte sich histologisch zweimal die Diagnose arteriovenöse Malformation, zweimal die Diagnose Infarkt und einmal die Diagnose Amyloidangiopathie heraus.

Bei den arteriovenösen Malformationen wurden laut Operationsbericht vermehrt Gefäße beschrieben, die jedoch nicht als angiomtypisch angesehen wurden. Bei den beiden Infarkt Diagnosen wurde laut Operationsbericht lediglich ein Hämatom entfernt ohne Hinweis auf

pathologische Gefäßstrukturen. Die Diagnose der Amyloidangiopathie kann nach einhelliger Meinung in der Literatur nur histologisch gestellt werden. [36]

### **DSA versus Operationsbefund**

Die Gesamtspezifität der DSA bezogen auf den Operationsbefund in unserer Studie liegt bei 100 %. Die Gesamtsensitivität der DSA beträgt 70 %. Unsere Werte können jedoch nicht mit Literaturergebnissen verglichen werden, da bei bisherigen DSA-Studien keine Korrelation zum Operationsbefund stattgefunden hat.

### **4. Diagnostische Ausbeute**

Da keine Ergebnisse der CTA mit operativer Korrelation zum Nachweis einer Blutungsursache veröffentlicht sind, können die Spezifität und die Sensitivität der CTA in unserer Studie nicht mit Ergebnissen in der Literatur verglichen werden.

Aus der älteren Literatur liegen Erfahrungen mit der Katheterangiographie vor, so dass wir unsere Ergebnisse der Studie mit den älteren Literaturangaben der DSA vergleichen müssen. Die Befunde der DSA sind ohne Korrelation zum Operations- oder histologischen Befund veröffentlicht. Es gibt wegen der unbekanntem Zahl falsch negativer Befunde keine Angaben zur Sensitivität. Die einzig zur Verfügung stehende Größe zum Vergleich der DSA mit der CTA ist die diagnostische Ausbeute. Die diagnostische Ausbeute ist die Anzahl pathologischer Befunde, die als Blutungsquelle in Betracht kommen. Hierbei kann die Zahl der falsch negativen Befunde nicht berücksichtigt werden, da ein falsch negativer wie ein falsch positiver diagnostischer Befund nicht durch einen intraoperativ erhobenen Befund bestätigt oder widerlegt werden kann.

Die diagnostische Ausbeute zum Nachweis einer Blutungsquelle bei spontaner Hirnmassenblutung durch die DSA wird mit 27 % bis 42 % in der Literatur angegeben. [14, 26, 51, 52]

Mit 29,5 % erreicht die CT-Angiographie in unserer Studie einen vergleichbaren Wert. Toffel et al. [51] hat eine Studie an 72 Patienten mit intrazerebraler Blutung durchgeführt. Alle 72 Patienten dieser Studie wurden mit einer Computertomographie, 61 Patienten zusätzlich mit einer Arteriographie untersucht. Das Alter der Patienten lag zwischen 15 und 45 Jahren.

In 55 Fällen konnte eine Blutungsursache festgestellt werden, dies entspricht einer diagnostischen Ausbeute von 76 %.

Die Hauptursache der intrazerebralen Blutung waren in 21 von 55 Fällen arteriovenöse Malformationen. Bei zwei von diesen 21 Patienten lag ein negatives Angiogramm vor. Zweithäufigste Ursache der intrazerebralen Blutungen waren hypertensive Blutungen in 11 von 55 Fällen. In 30 Fällen, in denen eine Arteriographie durchgeführt wurde, bestätigte sich die in der Computertomographie diagnostizierte Blutungsursache. Dies entspricht einer diagnostischen Ausbeute der Angiographie von 41,6 % für die arteriovenöse Malformation. Dies liegt im Bereich der bisher veröffentlichten Ergebnisse.

Oberflächlich betrachtet entsteht der Eindruck, dass in 55 von 72 Fällen durch die diagnostischen Methoden der Computertomographie und Arteriographie die Blutungsursache festgestellt werden konnte. Hierbei gilt jedoch zu berücksichtigen, dass zum einen die Patienten nicht operiert worden sind und zum anderen in 11 Fällen eine hypertensive Blutung als Ursache angenommen wurde. Diese unspezifische Diagnose der hypertensiven Blutung ist keine durch bildgebende Verfahren zu stellende Diagnose. In unserer Studie wurde bei einigen Patienten mit hypertensiver Blutung in der Operation ein Angiom als Blutungsursache festgestellt. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, dass auch bei hypertensiven Massenblutungen eine Gefäßmalformation als Blutungsursache vorliegen kann, die nicht durch bildgebende Verfahren, sondern letztlich erst durch eine Operation diagnostiziert wird.

In unserer Studie wurden Patienten im Alter von 19 bis 89 Jahren untersucht. Bekannt ist, dass mit steigendem Alter weitere Ursachen für die spontane intrazerebrale Massenblutung wie z.B. die Amyloidangiopathie in Betracht kommen.

Al-Jarallah et al. [1] haben eine retrospektive Analyse der medizinischen Daten und radiologischen Befunde an 68 Kindern mit nichttraumatischer intrazerebraler Blutung durchgeführt. Bei 36 Patienten lag der Befund einer Arteriographie zusätzlich zu den primär durchgeführten CT- oder MRT-Untersuchung vor. Hier wurde in 97,2 % eine Blutungsursache identifiziert. Im Gegensatz dazu wurde bei 32 Patienten ohne Arteriographie nur in 81,3 % eine Blutungsursache gefunden. Bei dieser Studie muss jedoch berücksichtigt werden, dass es sich um ein selektives Patientengut handelt. Bei Kindern mit nichttraumatischer intrazerebraler Blutung ist die Blutungsursache meistens ein Aneurysma oder eine arteriovenöse Malformation. Dies erklärt die hohe diagnostische Ausbeute von 97,2 %. Außerdem muss berücksichtigt werden, dass nur die Kinder angiographiert worden sind, bei denen in der Schnittbilddiagnostik die Diagnose sicher war.

Zusätzlich wurde in unserer Studie in 13 Fällen der DSA-Befund mit dem Operationsbefund verglichen. Von 6 unauffälligen DSA-Befunden wurden intraoperativ 3 Blutungsursachen, zwei Angiome und ein Tumor, nachgewiesen. In den 7 anderen Fällen entsprach die Diagnose der DSA dem intraoperativen Befund. Dies entspricht einer diagnostischen Ausbeute der DSA von 54 %. Die DSA hat aber im Vergleich zur CT-Angiographie keinen zur Blutungsursache relevanten zusätzlichen Befund entdeckt. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der CTA und der DSA in unserer Studie vergleichbar gut.

## 5. Graduierung

Bisher bestanden für die CTA keine ausreichenden Befundkriterien für die Diagnose "Angiom", so dass die Befundung stark von der persönlichen Erfahrung des Untersuchers abhing.

In der retrospektiven Analyse unserer Daten kann man einen Zusammenhang zwischen dem Befundmuster der dargestellten pathologischen Gefäßstrukturen und der Diagnosewahrscheinlichkeit der CTA für die Diagnose Angiom herstellen.

Die Diagnose eines Angioms mit der CT-Angiographie erfolgt durch den Nachweis eines atypischen Gefäßes, meist der Drainagevene, innerhalb oder unmittelbar neben dem Hämatom. Je mehr zusammenhängende Gefäßstrukturen erhalten und mit der CT-Angiographie nachgewiesen werden, desto zuverlässiger ist die Diagnose.

Dieser Zusammenhang wurde von uns in der Graduierung der CTA-Befunde ausgedrückt. Die Gradeinteilung 0 zeigt keinen pathologischen Gefäßbefund. Das CT-Angiogramm ist unauffällig, das schließt jedoch nicht das Vorliegen eines Angioms aus. Das ist an der von uns als niedrig nachgewiesenen Sensitivität ablesbar. Ursachen können fehlende Kontrastierung durch Gefäßspasmen oder Thromben sein.

Grad 1 mit punktförmiger Kontrastmittelansammlung ist ein unsicheres morphologisches Kriterium zur Diagnostik eines Angioms. Nach unserer Vermutung handelt es sich bei den punktförmigen Kontrastmittelaustritten um Extravasation des Kontrastmittels aus dem aktiven Blutungsanteil.

In unserer Studie wurden in 3 Fällen punktförmige Kontrastmittelansammlungen (Grad 1) in der CTA nachgewiesen. In 2 von diesen 3 Fällen bestätigte sich intraoperativ die Diagnose

Angiom. In dem einen Fall bestätigte sich der Befund nicht. Es ist der einzige falsch positive Befund im vorliegenden Untersuchungskollektiv.

Beim Vorliegen von Strukturmorphologien des Grades 2 mit einzelnen tubulären pathologischen Gefäßstrukturen und des Grades 3 mit komplexen pathologischen Gefäßstrukturen kann man sicher die Diagnose eines Angioms in der CT-Angiographie stellen. In unserer Studie korrelierte die Verdachtsdiagnose Angiom der CTA in 100 % mit dem Operationsbefund. Bei erhaltenen tubulären oder komplexen Gefäßstrukturen bestand eine vollständige Übereinstimmung mit dem Operationsbefund.

## V. Schlussfolgerung

Abschließend ist festzustellen, dass die Vorteile der CT-Angiographie in der Notfallsituation im geringen Zeitaufwand und der fehlenden Invasivität liegen. Lage und Größe der Blutung sind bereits auf den Querschnittsbildern eindeutig zu erkennen. Für die Planung und Durchführung der CT-Angiographie muss der Patient ca. 5 Minuten länger untersucht werden. Durchschnittlich 30 Minuten benötigt man für die Bildrekonstruktion, den Datentransfer und die MIP-Berechnung. In dieser Zeit kann bereits die Operationsvorbereitung erfolgen. Die CT-angiographische Diagnose „Angiom“ oder Aneurysma beeinflusst die konkrete Operationsplanung bezüglich Trepanationsort und-größe, Auswahl des Operationssiebes und einer eventuellen Bereitstellung von Blutkonserven. Genaue Aussagen über den arteriellen Zufluss, den Nidus und die venöse Drainage sind mit der CT-Angiographie nicht möglich. Für die Planung einer endovaskulären Therapie ist das Verfahren der CT-Angiographie daher ungeeignet. Hier bleibt die selektive DSA der Hirngefäße durch die Dokumentation der Flußdynamik unerlässlich. Voraussetzung für eine endovaskuläre Therapie sind genügend Zeit und ein interventionell erfahrener Neuroradiologe.

Unsere Arbeit hat gezeigt, dass bei Patienten mit einer atraumatischen Massenblutung, die aufgrund der Blutungslokalisierung, -größe und anderer Kriterien vom Neurochirurgen als dringliche Operationsindikation angesehen wurde, die CT-Angiographie im Anschluss an das Nativ-CT ihren Stellenwert hat. Durch die Korrelation mit den intraoperativen (und histologischen) Befunden kann gezeigt werden, dass die CTA eine hohe Spezifität besitzt, periphere Aneurysmen und größere Angiome als Blutungsursache nachzuweisen. Die niedrige Sensitivität der Methode hat allerdings zur Folge, dass der fehlende Nachweis eines Angioms ein Angiom als Blutungsursache nicht ausschließt.

Die CTA hat den Vorteil, schnell verfügbar und wenig invasiv zu sein.

Für die Notfalloperation kann die CTA dem Neurochirurgen für die Therapieplanung wichtige Informationen liefern, insbesondere dann, wenn man ein Angiom oder Angiomstrukturen nachweisen kann (Grad 2, Grad 3), denn die Größe und Lage des Angioms kann die Operationsplanung erheblich beeinflussen. Wir konnten zeigen, auch wenn nur geringe Fallzahlen zur Verfügung standen, dass für die Notfallfragestellung die CTA den Ergebnissen der DSA durchaus vergleichbare Ergebnisse liefert. Diese Aussage gilt nicht für eine endovaskuläre Therapieplanung (z.B. zur Embolisation eines Angioms), sondern nur für die Fragestellung der Operation eines Aneurysma oder eines Angioms.

Es gibt sichere und unsichere Zeichen in der CT-Angiographie für das Vorliegen eines Angioms. Sicher kann ein Angiom festgestellt werden, wenn einzelne tubuläre pathologische Gefäßstrukturen oder komplexe pathologische Gefäßstrukturen vorliegen. Dies entspricht einer Graduierung in Grad 2 oder Grad 3.

Unsicher oder unmöglich ist die Diagnose Angiom, wenn kein pathologischer Gefäßbefund oder nur punktförmige Kontrastmittelansammlungen vorhanden sind. Dies entspricht der Gradeinteilung 0 oder 1.

## **VI. Zusammenfassung**

### **Ergebnisse der Computertomographie-Angiographie in der präoperativen Notfalldiagnostik spontaner operationspflichtiger Hirnmassenblutungen**

Im Zeitraum von 1996 bis 2000 wurde am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Klinikums Kassel bei 61 Patienten (Alter 19 bis 89 Jahren) mit einer operationspflichtigen, nichttraumatischen Hirnmassenblutung im Anschluß an eine native Computertomographie eine CT-Angiographie zur Blutungsquellensuche durchgeführt. Es sollte der Stellenwert der CT-Angiographie in der präoperativen Notfalldiagnostik bei der nichttraumatischen Hirnmassenblutung untersucht werden.

Die Befunde der CT-Angiographie wurden mit dem intraoperativ erhobenen Befund und der histologischen Aufarbeitung der Operationspräparate verglichen.

Die CT-Angiogramme der Patienten mit operativ nachgewiesener Gefäßmalformation wurden retrospektiv nach spezifischen Befundkriterien analysiert.

Die CT-Angiographie konnte 3 Aneurysmen, 1 Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel und 13 arteriovenöse Malformationen präoperativ als Blutungsquelle richtig nachweisen.

In einem Fall bestätigte sich intraoperativ der Verdacht eines Angioms nicht.

Tubuläre oder komplexe pathologische Gefäßstrukturen in der CT-Angiographie zeigen eine sichere Korrelation mit den intraoperativen und histologischen Befunden eines arteriovenösen Angioms. Dagegen sind punktförmige Kontrastmittelansammlungen im Hämatom unsichere Kriterien.

Bleibt bei der operationspflichtigen Hirnmassenblutung keine Zeit, eine selektive Angiographie durchzuführen und lassen sich mit der CT-Angiographie ein größeres Angiom oder ein peripheres Aneurysma als Blutungsursache nachweisen, lassen sich diese Befunde nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie auch gewinnbringend für die Planung des operativen Vorgehens einsetzen.

## VII. Literaturverzeichnis

1. Al-Jarallah, A., Al-Rifai, M. T., Riela, A. T., Roach, E.S.; Nontraumatic brain hemorrhage in children: Etiology an presentation; J Child Neurol 2000; 15:284-289.
2. Bakshi, R., Kamran, S., Kinkel, P. R., Bates, V. E., Mechtler, L. L., Janardhan, V., Belani, S. L., Kinkel, W. R.; Fluid-attenuated inversion-recovery MR imaging in acute and subacute cerebral intraventricular hemorrhage, Am. J. Neuroradiol. 1999; 20: 629-636.
3. Caruso, R., Colonnese, C., Elefante, A., Innocenzi, G., Raguso, M., Gagliardi, F. M.; Use of spiral computerized angiography in patients with zerebral aneurysm. Our experience; Journal of neurosurgical sciences 2002, Vol. 46: 4-9.
4. Casey, S. O., Alberico, R. A., Patel, M., Jiminez, J. M., Ozsvath, R. R., Maguire, W. M., Taylor, M. L.; Zerebral CT venography, Radiology 1996, 198: 163-170.
5. Earnest, F. IV, Forbes, G., Sandok, B. A. et al.; Complications of zerebral angiography : prospectiv assesment of risk; AJ Roentgenol 1984, 142: 247-253.
6. Essig, M., Schoenberg, S. O.; Schlemmer, H.-P.; Metzner, R.; van Kaick, G.; Funktionelle Magnetresonanztomographie in der Neuroradiologie; Der Radiologe 2000, 40:849-857.
7. Ewen, K.; Moderne Bildgebung: Physik, Gerätetechnik, Bildbearbeitung und – kommunikation, Strahlenschutz, Qualitätskontrolle; 1998.
8. Fiebach, J. B., Harting, I.; Der klinische Einsatz der diffusionsgewichteten MRT am Gehirn; Radiologie up2date 2004, 3.
9. Fiebach J. B., Jansen O., Schellinger P. D., Knauth M., Hartmann M., Heiland S., Ryssel H., Pohlers O., Hacke W., Sartor K.: Comparison of CT with diffusion-weighted MRI in patients with hyperacute stroke; Neuroradiology 2001; 43: 628–632.

10. Fiebach, J. B., Schellinger, P. D.; Moderne Kernspintechiken beim Schlaganfall; Der Nervenarzt 2002; 2: 104-117.
11. Forsting, M.; Kavernome: Eine gefährliche Erkrankung?; Klin. Neuroradiol 2005; 15: 14-19.
12. Galanski, M., Prokop, M.; Ganzkörper-Computertomographie; 1998.
13. Gonzales-Darder, J. M., Pseudo-Martinez, J. V., Feliu-Tatay, R. A.; Microsurgical Management of Zerebral Aneurysms Based in CTAngiography with Three-Dimensional Reconstruction ( 3D-CTA ) and without Preoperativ Zerebral Angiography; Acta Neurochirurgica 2001, 7: 673-679.
14. Griffiths, P. D., Beveridge, C. J., Gholkar, A.; Angiographin non-traumatic brain haematome. An analysis of 100 cases; Acta Radiologica 1997, 38: 797-802.
15. Grzyska, U.; Hamburger Konzept bei zerebralen arteriovenöse Malformationen; Klin Neuroradiol 2004; 14:41-7.
16. Heiland, S.; Hartmann, M.; Sartor, K.; MR-Angiographie: Technische Grundlagen und Anwendungen in der Diagnostik neurologischer Erkrankungen; Fortschr Röntgenstr 2001; 173: 677-685.
17. Heinemann, L. A. J., Barth, W., Garbe, E., Willich, S. N., Kurze, K.; MONICA Team Germany; Forschungsgruppe MONICA Ostdeutschland; Nervenarzt 1998, 69; 12: 1091-1099.
18. Hünerbein, R., Reuter, P., Meyer, W., Kuhn, F. P.; CT- Angiographie des venösen Zerebralkreislaufs: anatomische Darstellbarkeit und Fehlerquellen in der Beurteilung; Fortschr. Röntgenstr. 1997; 167: 612-618.

19. Jansen, O., Schellinger, P. D., Fiebach, J. B., Sartor, K., Hacke, W.;  
Magnetresonanztomographie beim akuten Schlaganfall; Dtsch. Ärztebl 2002; 99:A  
1361-1370 Heft 20.
20. Jellinger, K.; Zur Ätiologie und Pathogenese der spontanen intrazerebralen Blutung;  
Therapiewoche 1972, 22: 1440-1449.
21. Küker, W.; Die rationale Diagnostik der spontanen intrazerebralen Blutung; Klin.  
Neuroradiol 2005; 15: 20-31.
22. Leblanc, R., Ethier, R., Little, J. R.; Computerized tomography findings in  
arteriovenous malformations of the brains; J. Neurosurg. 1979, 51: 765-772.
23. Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neuroradiologie, AWMF Leitlinien-  
Register; Nr. 047/004.
24. Liermann, D., Kirchner, J.; Angiographische Diagnostik und Therapie; 1997.
25. Lin, Chih-Lung., Howng, Shen-Long; Nontraumatic intrazerebral hemorrhage in  
young adult; Kaohsiung J Med Sci 1997,13: 237-242.
26. Loes, D. J., Smoker, W. R. K., Biller, J., Cornell, S. H.; Nontraumatic lobar  
intrazerebral hemorrhage: CT/ Angiographic Correlation; AJNR 1987; 8: 1027-1030.
27. Masuhr, K. F., Neumann, M.; Neurologie; 1996.
28. McCormik, W. F.; The pathology of vascular Malformations; J. of Neurosurg. 1966;  
24: 804-816.
29. McCormik, W. F., Hardmann, J. M., Boulter, T. R.; Vascular malformations of the  
brain with spezial reference to those occurring in the posterior fossa; J. of  
Neurosurg.1968; 28: 241-251.

30. Meyer, J. R., Gorey, M. T.; Differential diagnosis of nontraumatic intracranial hemorrhage; Neuroimaging clinics of north America; 1998; 8: 263-293.
31. Mironov, A.; Cranial Dural Arteriovenous Fistulas: Clinical Findings and Radiologic Diagnostics; Klin. Neuroradiol 2005; 15: 32-39.
32. Morgenstern, L. B., Frankowski, R. F., Shedden, P., Pasteur, W., Grotta, J. C.; Surgical treatment for intrazerebral hemorrhage (STICH): A single-center, randomised clinical trial; Neurology 1998; 51:1359-1363.
33. Nahser, H. C., Nau, H.-E., Reinhardt, V., Löhr, E.; Computertomographische Befunde und Verlaufskontrollen bei konservativ und operativ behandelten intrazerebralen Blutungen nicht traumatischer und nicht aneurysmatischer Genese; Radiologe 1980, 20: 122-129.
34. Netter, F. H.; Netters Neurologie; 2001.
35. Neumann, N.-U., von Albert, H.-H.; Das akute nichttraumatische intrazerebrale Haematom. Ergebnisse neurologischer Intensivbehandlung; Fortschritte der Medizin 1083, 101; 25: 1177 –1182.
36. Niedermayer, I.; Romeike, B. F. M.; Feiden, W; Spontane intrazerebrale Blutungen: Neuropathologische Aspekte; Der Radiologe 10 / 1999, 39: 821-827.
37. Nolte, K. B. ; Brass, L. M.; Fletterick Carol, F.; Intracranial hemorrhage associated with cocaine abuse: A prospective autopsy study; Neurology 1996, 46: 51291-1296.
38. Osborne, A., G.; Diagnostic Neuroradiology; Intracranial vascular Malformations 1994, 10:284-330.
39. Peresedov, V. V.; Strategy, Technology, and Technics of Surgical Treatment of Supratentorial Intrazerebral Hematomas; Computer aided surgery 1999; 4: 51-63.

40. Preda, L., Gaetani, P., Rodriguez y Baena, R., Di Maggio, E. M., La Fianza, A., Dore, R., Fulle, A., Solcia, M., Cecchini, A., Infuso, L., Campani, R.; Spiral CT angiography and surgical correlations in the evaluation of intracranial aneurysms; *European Radiology* 1998, 5: 739-749.
41. Prokop, M.; CT–Angiographie; Spiral–CT, 162-182.
42. Reith, W; Die spontane intrazerebrale Blutung aus klinisch-neuroradiologischer Sicht; *Der Radiologe* 10 / 1999, 39: 828-837.
43. Reith, W., Grunwald Quasar, I.; Diagnostik und Therapie der Sinus- und Venenthrombose; *Klin. Neuroradiol* 2005; 15: 40-49.
44. Rigamonti, D., Hadley, M. N., Drayer, B. P. et al.; Zerebral cavernous malformations Incidence and familial occurrence; *N. Engl. J. Med.* 1988, 319: 343-347.
45. Robinson, J. R., Awad, I. A., Little, J. R.; Natural history of cavernous angioma; *J. of Neurosurg.* 1991, 75: 709-714.
46. Schisano, G., Franco, A.; Primary non traumatic intracranial hemorrhage: 139 consecutive cases treated at an emergency regional hospital; *Journal of neurosurgical sciences* 1982, 26: 199-204.
47. Schlote, W.; Intrakranielle Blutungen , in Riede, U.-N., Schaefer., H.-E., Wehner H.; *Allgemeine und spezielle Pathologie*; 1989, 955-959.
48. Siebner, H. R., Graeflin von Einsiedel, H., Wilhelm T., Auer, C., Conrad, B.; Die „Haem,-Sequenz CT 2 - gerichtete Gradienten-Echo-Magnetresonanztomographie. Stellenwert in der Differentialdiagnose spontaner intrazerebraler Blutungen; *Nervenarzt* 1999; 70; 8: 714-722.
49. Skutta, B., Fürst, G., Eilers, J., Ferbert, A., Kuhn, F.-P.; Intracranial stenocclusive disease: double- detector helical CT angiography versus digital subtraction angiography; *Am J Neuroradiology* 1999, 20: 791-799.

50. Steinbrich, W., Gross-Fengels, W., Krestin G. P., Heindel, W., Schreier, G.; Intracranial hemorrhages in the magnetic resonance tomogram. Studies on sensitivity, on the development of hematomas and on the determination of the cause of the hemorrhage; *RöFo Fortschr., Geb. Röntgenstr., Neuen Bildgeb. Verfahren* 1990, 152: 534 – 543.
51. Toffel, G. J., Biller, J., Adams, H. P.; Nontraumatic intrazerebral hemorrhage in young adults; *Arch. Neurol.* 1987, 44: 483-487.
52. Toffol, G. J., Biller, J., Adams, H. P., Smoker, W. R.; The predicted value of arteriography in nontraumatic intrazerebral hemorrhage; *Stroke* 1986; 17: 881-883.
53. Vieco, P. T., Shuman, W. P., Alsofrom, G. F., Gross, C. E.; Detection of circle of willis aneurysms in patients with acute subarachnoid hemorrhage: A comparison of CT-angiography and digital subtraction angiography; *Amer J Roentgenol* 1995; 165: 425-430.
54. Wakai, S., Kumakura, N., Nagai, M.; Lobar intrazerebral hemorrhage. A clinical radiographic and pathological study of 29 consecutive operated cases with negative angiography; *J Neurosurg* 1992; 76: 231-238.
55. Weisberg, L. A., Stazio, A.; Nontraumatic frontal lobe hemorrhages: Clinical-computed tomographic correlations; *Neuroradiology* 1988, 30: 500-505.
56. Weisberg, L. A., Stazio, A., Shamsnia, M., Elliott, D.; Nontraumatic temporal subcortical hemorrhage, Clinical-computed tomographic analysis; *Neuroradiology* 1990, 32: 137-141.
57. Wiesmann, M., Brückmann, H.; Kernspintomographischer Nachweis der Subarachnoidalblutung; *Röfo Fortschr Geb Röntgenstr N* 2004; 176: 500-505.

58. Wiesmann, M., Mayer, T., Steiger, H. J.; Brückmann, H., Sensitivität von FLAIR-Sequenzen bei 1,5 T im Vergleich zur CT bei der akuten Subarachnoidalblutung; *Klin. Neuroradiolog.* 1999; 9:188.
59. Wiesmann, M., Mayer, T. E., Yousry, I., Medle, R., Hamann, G. F., Brückmann, H.; Detection of hyperacute subarachnoid hemorrhage of the brain by using magnetic resonance imaging; *J. Neurosurg* 2002; 96: 684-689.
60. Young, N., Dorsch, N. W. C., Kingston, R. J., Markson, G., McMahon, J.; Intracranial aneurysms: evaluation in 200 patients with spiral CT angiography; *European Radiology* 2001, 1: 123-130.

## VIII. Tabellenverzeichnis

- Tab. 1 Vierfelderschema zur Definition diagnostischer Fehler bzw. Genauigkeit
- Tab. 2a Lokalisation operationspflichtiger spontaner intrazerebraler Blutung
- Tab. 2b Verteilung der Lobärblutung
- Tab. 3 Verteilung und Häufigkeit der intraoperativ erhobenen Befunde
- Tab. 4 Verteilung und Häufigkeit der histologischen Befunde
- Tab. 5 Verteilung und Häufigkeit der CT-Angiographie-Befunde
- Tab. 6 Verteilung und Häufigkeit der DSA-Befunde
- Tab. 7 Ergebnisse der CT-Angiographie bezogen auf den Operationsbefund
- Tab. 8 CTA bezogen auf den Operationbefund Angiom
- Tab. 9 CTA bezogen auf den Operationbefund Aneurysma
- Tab. 10 CTA bezogen auf den Operationbefund Infarkt
- Tab. 11 CTA bezogen auf den Operationbefund Tumor
- Tab. 12 CTA bezogen auf den Befund keine Blutungsquelle
- Tab. 13 Zusammenfassung der CT-Angiographiebefunde bezogen auf den Operationsbefund
- Tab. 14 Zusammenfassung der CT-Angiographiebefunde bezogen auf den histologischen Befund
- Tab. 15 CTA bezogen auf den histologischen Befund AVM
- Tab. 16 CTA bezogen auf den histologischen Befund Cavernom
- Tab. 17 CTA bezogen auf den histologischen Befund Venöses Angiom
- Tab. 18 CTA bezogen auf den histologischen Befund Metastase
- Tab. 19 CTA bezogen auf den histologischen Befund Glioblastom
- Tab. 20 CTA bezogen auf den histologischen Befund Amyloidangiopathie
- Tab. 21 CTA bezogen auf den histologischen Befund Infarkt
- Tab. 22 CTA bezogen auf den histologischen Befund Hämatom
- Tab. 23 Zusammenfassung der Befunde
- Tab. 24 DSA bezogen auf den Operationsbefund
- Tab. 25 DSA bezogen auf den Operationsbefund Angiom
- Tab. 26 DSA bezogen auf den Operationsbefund Aneurysma
- Tab. 27 DSA bezogen auf den Operationsbefund Carotis-Sinus-cavernosus-Fistel
- Tab. 28 DSA bezogen auf den Operationsbefund Tumor
- Tab. 29 DSA bezogen auf den Befund Hämatom
- Tab. 30 Zusammenfassung DSA versus Operationsbefund

Tab. 31 Graduierungen der CTA-Veränderungen bezogen auf den Operationsbefund

Tab. 32 Zusammenfassung: Graduierung/ CTA-Befund/ CTA-Diagnose

## IX. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Native Computertomographie einer Massenblutung mit Ventrikel einbruch
Abb. 2	Doppel-Detektor-Computertomograph (CT-Twin)
Abb. 3	Omnipro®-Indy-Workstation, Silicon Graphics Inc., Mt.View
Abb. 4a-d	Carotis-Sinus-Caversosus-Fistel
Abb. 4a	Native Computertomographie
Abb. 4b	MIP-Rekonstruktion
Abb. 4c	Dreidimensionale Rekonstruktion
Abb. 4d	DSA
Abb. 5a-d	Aneurysma, rechtstemporale Lobärblutung mit Ventrikel einbruch
Abb. 5a/c	CTA
Abb.5b/d	DSA
Abb. 6a-b	Temporo-occipitale Lobärblutung
Abb. 6a	CTA mit Kontrastmittel
Abb. 6b	MIP-Rekonstruktion
Abb. 7a-b	Stammganglienblutung mit Ventrikel einbruch
Abb. 7a	Nativ-CT
Abb. 7b	CTA mit Kontrastmittel
Abb. 8a-b	Angiom
Abb. 8a	MIP-Rekonstruktion mit Grad 1-Veränderungen
Abb. 8b	MIP- Rekonstruktion mit Grad 1-Veränderungen
Abb. 9a-c	Stammganglienblutung
Abb. 9a	Nativ-CT
Abb. 9b	MIP-Rekonstruktion Grad 2-Veränderung
Abb. 9c	MIP-Rekonstruktion Grad 2-Veränderung
Abb. 10a-b	Angiom
Abb. 10a	MIP-Rekonstruktion Grad 3 Veränderungen
Abb. 10b	DSA
Abb. 11a-b	AVM
Abb. 11a	AVM mit Kontrastmittel
Abb. 11b	MIP-Rekonstruktion der CTA mit Grad 3-Veränderung
Abb. 12a-b	Korrelation der Befunde CTA und DSA bei einer AVM
Abb. 12a	AVM in der CTA

Abb. 12b            AVM in der DSA

## **X. Abkürzungsverzeichnis**

AVM	Arteriovenöse Malformation
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographie-Angiographie
CE-MRA	Kontrast Enhancement Magnetresonanztomographie
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
DVA	Developmental venous anomaly
HE	Hounsfield Einheiten
ICB	Intrakranielle Blutung
MIP	Maximum Intensitätsprojektion
MPR	Multiplanare Reformation
MRA	Magnetresonanztomographie-Angiographie
MRT	Magnetresonanztomographie
PC-MRA	Phasenkontrast Magnetresonanztomographie-Angiographie
SAB	Subarachnoidalblutung
SSD	Shaded surface display
SVT	Sinusvenenthrombose
TOF-MRA	Time-of-flight-Magnetresonanztomographie-Angiographie
VOI	Volume of interest

## **XI. Danksagungen**

Diese Arbeit wurde im Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Klinikums Kassel unter Mithilfe der Klinik für Neurochirurgie (Klinikum Kassel), sowie der Abteilung für Neuropathologie des Medizinischen Zentrums für Pathologie der Philipps-Universität Marburg durchgeführt.

Ich danke

Herrn Prof. Dr. F.-P. Kuhn für die Überlassung des Themas, sowie die freundliche und hilfreiche Unterstützung bei der Durchsicht der Arbeit,

Herrn Prof. Dr. Eggert (†) und seinen Mitarbeitern für die kooperative Zusammenarbeit und Unterstützung seiner Klinik,

Herrn Prof. Dr. H. D. Mennel für die histologische Aufarbeitung und Auswertung der Operationsevakuate,

Herrn Dr. R. Hünerbein für die ausgezeichnete und geduldige Betreuung während der gesamten Arbeit,

Herrn PD Dr. J. Wolf für die sprachliche Korrektur meiner Arbeit,

insbesondere meiner Frau für die unermüdliche Unterstützung,

meiner Familie.

## XII. Lebenslauf

<b>Name</b>	Jörg-Peter Klötzer  Geb. Datum: 10.06.1967 Geb. Ort: Wanne-Eickel Staatsangehörigkeit: deutsch Familienstand: verheiratet  Ehefrau: Sabine Klötzer , geb. Hartig , Tierärztin Kinder: Tochter Anna, geb. 23.07.95 Sohn Tom, geb. 25.01.98  Eltern: Karl-Heinz Klötzer (†) Christel Klötzer, geb. Rayer, Hausfrau
<b>Schulbildung</b>	1973 - 1977 Grundschule an der Königsstraße, Herne 2  1977 - 1986 Gymnasium Eickel, Herne 2
<b>Wehr-/ Ersatzdienst</b>	1986 - 1988 Zivildienst in der OP-Abteilung, Anna Hospital , Herne 2
<b>Studium</b>	1988 - 1997 Studium der Humanmedizin an der Justus-Liebig Universität in Gießen
<b>Beschäftigungsverhältnisse</b>	01.01.1998 - 30.06.99 Arzt im Praktikum, Stadtkrankenhaus Bad Arolsen, Chirurgische Abteilung  01.07.99 - 31.12.2001 Assistenzarzt, Stadtkrankenhaus Bad Arolsen, Chirurgische Abteilung  01.01.2002 - 31.03.2004 Assistenzarzt, Hessenklinik Stadtkrankenhaus Korbach, Chirurgische Abteilung  Seit dem 01.04.2004 GSG Consulting GmbH Herne , Beratungsunternehmen für Krankenhäuser
<b>Sonstiges</b>	Seit dem 08.10.2003 Facharzt für Chirurgie