

## Im Bildlabor der Neurochirurgie

### Ein interdisziplinärer bildgeführter Fallbericht

*Robert E., 33-jähriger Patient, wurde vor zwei Wochen nach einem akuten Krampfanfall in der Rettungsstelle vorgestellt. Er berichtete von neu aufgetretenen Kribbelparästhesien und einem Sensibilitätsverlust im rechten Bein. Dazu eine transiente Parese im rechten Arm, die sich innerhalb weniger Stunden vollständig zurückbildete. Bei der körperlichen Untersuchung fiel zusätzlich eine leichtgradige Parese der Fußmuskulatur rechts auf. Sonstige neurologische Untersuchung unauffällig. Patient normoton. Medikamentenanamnese leer. Zum Blutungsausschluss wurde ein natives CT gemacht: dringender Verdacht auf eine intrakranielle Raumforderung, keine Blutung. Zur weiteren Abklärung erfolgte ein MRT: Dort zeigt sich eine Kontrastmittel aufnehmende Läsion im Bereich des linken primär motorischen Kortex von etwa 2,5 x 2 cm sowie eine relativ ausgedehnte subkortikale Infiltrationszone. Keine raumfordernde Wirkung. Am ehesten vereinbar mit einem astrozytären Tumor.*

Im medizinischen Alltag gibt es oftmals wenig Raum für eine tiefgreifende Bildkritik, da die Antworten, die Bilder geben sollen, häufig vorstrukturiert sind. Aus einer geistes- und sozialwissenschaftlichen Perspektive hingegen stand die klinische Handlungsmacht medizinischer Bilder lange nicht im Fokus der Analysen, sondern deren ästhetische Charakteristika sowie die sozialen Kontexte ihrer Herstellung und Zirkulation.<sup>1</sup> Bildgebende Verfahren gestalten zunehmend die Therapie und fungieren dort als zentrale Schnittstelle zwischen Arzt\_Ärztin und Patient\_in. Bildkompetent müssen etwa Neurochirurg\_innen folglich nicht mehr nur als Diagnostizierende und während der Planungsphase sein, vielmehr müssen sie ebenso über ein anwendungsorientiertes Bildwissen bei therapeutischen Interventionen verfügen.

<sup>1</sup> Vgl. etwa Alač 2011; Burri 2008; Joyce 2008.

Viele Patient\_innen werden im Verlauf ihrer Behandlung von einer komplexen Bildkette begleitet, deren einzelne Elemente nicht nur in einer bestimmten zeitlichen Abfolge entstehen, sondern auch technisch aufeinander aufbauen und vielfach miteinander fusioniert werden. Eine typische Fallgeschichte in der Neuroonkologie beginnt mit einer unspezifischen, möglichst viele Differenzialdiagnosen abdeckenden Überblicks- bzw. Ausschlussdiagnostik: Der behandelnde Arzt oder die behandelnde Ärztin möchte akute, potenziell lebensbedrohliche Zustände (wie etwa eine intrazerebrale Blutung oder eine Infektion der Hirnhäute) ausschließen und bei Verdacht auf eine Tumorerkrankung über die entscheidenden Informationen verfügen (Größe, Lage). Das »klassische« erste Bild einer solchen Kette liefert häufig die Computertomografie (CT), die ubiquitär verfügbar und mit einem geringen Zeitaufwand verbunden ist. Ihre Nachteile liegen primär in der Strahlenbelastung der Patient\_innen sowie in der niedrigen Auflösung der Weichteilkontraste. In vielen neurochirurgischen Fällen unverzichtbar ist daher ein anderes Bildgebungsverfahren,<sup>2</sup> das Hirnstrukturen mit hoher Kontrastauflösung darstellen kann.

Moderne radiologische Bildgebungsverfahren wie die Magnetresonanztomografie (MRT) erzeugen in komplexen Prozessen Visualisierungen des inneren Patient\_innenkörpers. Diese sind grundlegend für diagnostische Entscheidungen und therapeutische Planungen, da sie präoperativ häufig den alleinigen Zugang zu einer fraglichen Pathologie bieten.<sup>3</sup>

Detailreiche MRT-Visualisierungen sind vor allem in der neurochirurgischen Therapie von besonderer Bedeutung (Abb. 1). Die hier gezeigten Magnetresonanztomografien stehen exemplarisch für eine ganze Serie von Schnittbildrekonstruktionen in den drei Körperebenen axial, sagittal und koronar. Eine solche multiplanare Rekonstruktion wird computergrafisch aus Messwerten rekonstruiert, die mithilfe eines MRT-Scanners gewonnen wurden. Neurochirurg\_innen scrollen mittels Softwareanwendungen durch verschiedene Schnittbildserien, um die Lage und Größe eines Tumors abschätzen zu können.

Das diagnostische Potenzial von MRT-Visualisierungen ergibt sich bei genauerer Betrachtung nicht allein aus ihrer bildhaften Darstellung, sondern auch aus den digitalen Berechnungs- und Prozessierungsschritten, die auf verschiedenen Ebenen Relationen zwischen Patient\_in, Bild und diagnostisch-chirurgischem Blick konstituieren. Die Frage nach dem diagnostischen Wert graustufiger Schnittbilder in Zeiten mehrdimensionaler und farbiger Modellierungen muss somit nicht nur an die Oberfläche des Bildes gerichtet werden.

Der grundlegende Visualisierungsprozess der Magnetresonanztomografie ordnet Messwerten ästhetische Merkmale in Form von Graustufen zu. So verweist die bildhafte Darstellung immer auch auf eine physikalisch-indexikalische Relation zum Patient\_innenkörper. Eine solche Zuordnung von Mess- zu Grauwerten basiert neben technischen auch auf ästhetischen Konventionen und Traditionen. Die Möglichkeit, die Messwerte als Zahlenmatrix auszudrucken und daraus eine diagnostische Aussage zu treffen, wurde bereits in der klinischen Frühphase der Magnet-

---

2 Vgl. ausführlicher Bruzzone et al. 2012.

3 Vgl. Beaulieu 2002.

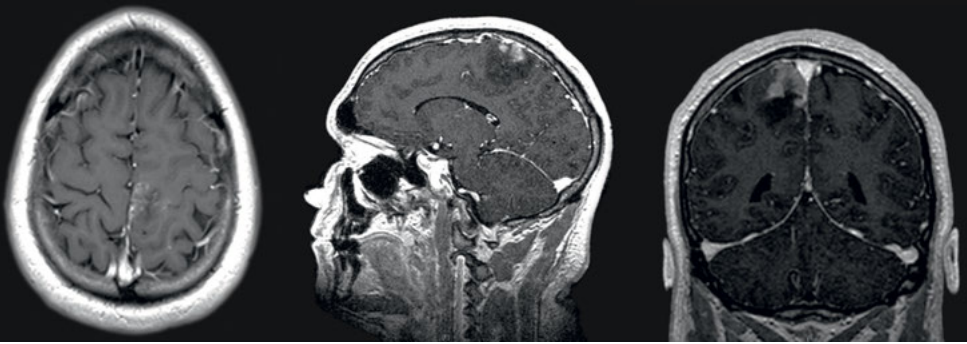


Abb. 1: Präoperatives MRT-Bild des Gehirns in drei Ebenen (T1 nach Kontrastmittelgabe). Zum besseren Verständnis der Bildkette wurden die axiale und koronare Darstellung gespiegelt (im Bild links = am Patienten links).

resonanztomografie verworfen.<sup>4</sup> Zu dominant waren kollektive Wahrnehmungsstrategien einer röntgenologischen Bildästhetik bereits in klinischen Kontexten verankert.

Die Graustufenästhetik konstituiert epistemische Potenziale, die über das Bild hinaus auf gestalttheoretische Perspektiven und physiologische Aspekte der Bildwahrnehmung verweisen.<sup>5</sup> Insbesondere Radiolog\_innen sind geübte ›Grauseher‹, da bereits ihre Ausbildung an graustufigen Röntgenbildern, CT- und MRT-Visualisierungen ausgerichtet ist.<sup>6</sup> Daher ist es nicht nur eine Frage der individuellen Präferenz, ob MRT-Daten als mehrdimensionale, farbige Darstellungen visualisiert werden, sondern auch der kollektiven Aushandlung. Obgleich MRT-Visualisierungen keine Summationsbilder sind, erfordert ihre Analyse ein geübtes Gestalterkennen von Organen und Weichteilstrukturen.<sup>7</sup> Graustufen arbeiten diesem zu, da Kontraste und Details differenzierter wahrgenommen werden können.

Im vorliegenden Fall wird auf Grundlage von MRT-Schnittbildern des Gehirns die Lage eines fraglichen Tumors aus drei Perspektiven beurteilt, mental verräumlicht und der mögliche operative Zugangsweg abgeschätzt. Graustufige Schnittbildserien gelangen jedoch an ihre diagnostischen Grenzen, wo es um Fragen nach den Auswirkungen eines Tumors auf funktionstragende Areale im Gehirn geht. Daher wurden im eingangs skizzierten Fall weitere Verfahren zur Bestimmung von Tumorgrenzen und funktionellen Arealen eingesetzt.

4 Die Soziologin Kelly Joyce hat die Entwicklung der MRT und ihrer nuklearmedizinischen Anwendung aufgearbeitet. Sie stellt fest, dass die numerischen Darstellungen von MRT-Messdaten aufgrund etablierter Bild- und Wahrnehmungskonventionen an die visuellen Präferenzen von Radiologen angepasst wurden. »[T]he practice of printing out both the array of numbers and anatomical pictures ceased soon after NMR technology was placed in radiology units. Instead of representing NMR data as both numbers and images, the data was now solely presented in image form. Developers of MRI recall how radiologists' emphasis on pictures shaped decisions about representation practices.« Joyce 2006.

5 Siehe Hennig 2006, 9; Lynch/Edgerton 1988, 193.

6 Siehe Dommann 1999, 121ff.; Dünkel 2008, 137ff., sowie dies. 2010, 375.

7 Siehe Buschhaus 2011, 24; Prasad 2005, 299f.

Verschiedene MRT-Sequenzen, das heißt spezielle Messprotokolle für bestimmte Fragestellungen, erlauben unterschiedliche Detailansichten zur Unterscheidung von gesundem und krankhaftem Gewebe und produzieren komplementäre Bilder ein- und desselben Gehirns. In der T<sub>1</sub>-Sequenz wird neben der Lage und Größe eines Tumors seine Kontrastmittelaufnahme beurteilt – dies ist ein wichtiger erster Hinweis auf seine Bösartigkeit, da bei malignen Tumoren die Blut-Hirn-Schranke gestört ist und sie eher Kontrastmittel anreichern. Die Ausdehnung von hirneigenen Tumoren wird hingegen häufig in der FLAIR (Fluid-Attenuated Inversion Recovery)-Sequenz abgeschätzt, in der das Signal der Hirnflüssigkeit (Liquor) unterdrückt wird und so subtilere Veränderungen in der Flüssigkeitsverteilung bzw. Zelldichte im Gewebe sichtbar werden. Im vorliegenden Fall weist die erhöhte Signalintensität im Bereich des Tumors darauf hin, dass der primäre motorische Kortex stärker involviert sein könnte als zunächst anhand der anderen MRT-Sequenzen angenommen (Abb. 2). Durch die tumorbedingte Veränderung der Hirnanatomie ist der funktionelle Bezug zur Motorik allerdings auf Grundlage der bisherigen Bilder nicht sicher beurteilbar. Die navigierte transkranielle Magnetstimulation (nTMS; schmerzlose Reizung des Gehirns mittels Magnetwellen) ermöglicht eine individuelle Kartierung der motorischen Hirnrinde auf Basis der bereits vorhandenen MRT-Bilder: Fokussierte, durch die Schädelkalotte applizierte elektromagnetische Impulse führen zu einer elektrischen Reizung der Hirnrinde – werden motorische Areale stimuliert, wird dies über an den Muskeln von Armen und Beinen angebrachte Klebeelektroden registriert und der Stimulationspunkt mittels der Navigation den MRT-Koordinaten zugeordnet.<sup>8</sup> Entscheidend sind dabei fundiertes anatomisches Orientierungsvermögen und entsprechende operative Erfahrung, da die ganze Untersuchung anhand einer verhältnismäßig grob aufgelösten, aus MRT-Daten rekonstruierten Oberflächenkarte vorgenommen wird. Im vorliegenden Fall markieren die nTMS-Stimulationen gut nachvollziehbar den Verlauf einer Hirnwindung (Abb. 3); in Zusammenschau mit der FLAIR-Bildgebung wird die Infiltration des Motorkortex deutlich, die sich klinisch bei der Erstvorstellung des Patienten bereits angedeutet hatte. Die morphologische Bildkette wurde mithin erfolgreich um eine funktionelle Dimension erweitert.

Derartige Visualisierungen stellen neben ihrer diagnostischen und therapeutischen Relevanz für die Einschätzung und Planung der Neurochirurg\_innen zugleich ein wichtiges Instrument für die Kommunikation mit den Patient\_innen dar. Im ärztlichen Aufklärungsgespräch, das standardisiert vor Therapiebeginn erfolgt, geht es neben den Risiken des Eingriffs auch um mögliche Folgekomplikationen (etwa motorische Funktionsdefizite) sowie eine prognostische Abschätzung auf Basis der bislang gewonnenen Erkenntnisse. Im dargestellten Patientenfall musste beispielsweise thematisiert werden, *dass* und *warum* der Tumor mit Blick auf die funktionellen Untersuchungsergebnisse nicht komplett entfernbar sein würde.

Für die Operationsplanung selbst ergaben sich Konsequenzen für den Zugang, das angestrebte Resektionsausmaß und den Bereich, in dem intraoperativ die Grenzen zwischen entfernbaren und nicht entfernbaren Tumoranteilen mittels navigierter, diesmal direkter elektrischer Stimu-

---

<sup>8</sup> Vgl. Picht 2014.

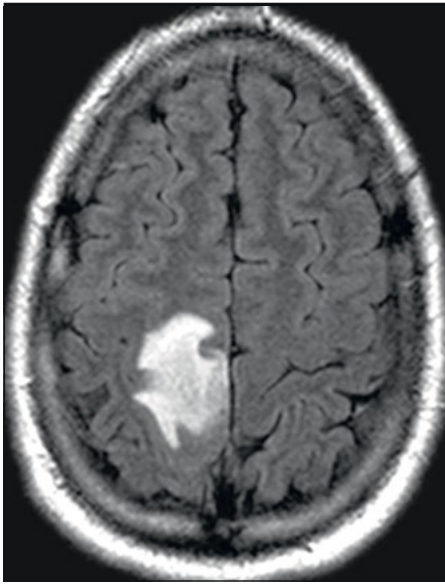


Abb. 2: Präoperatives MRT-FLAIR in axialer Schnittebene (gespiegelt). Das kortikale Tumorareal präsentiert sich in dieser Sequenz größer als in T1.

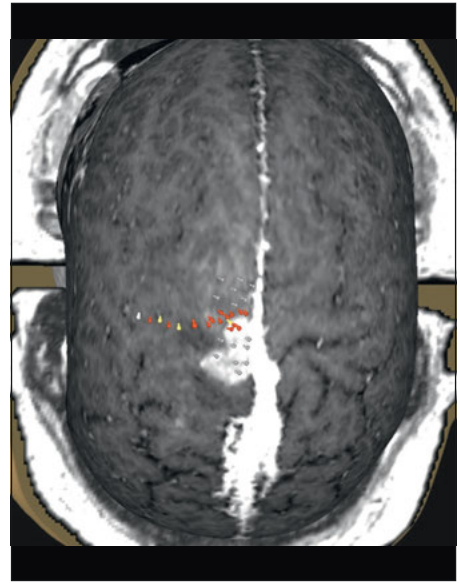


Abb. 3: Präoperativer nTMS-Screenshot in der Untersicht von kranial. Die farbkodierten Punkte zeigen die gemessene Intensität der stimulierten motorischen Reaktion (weiß = stark, gelb = mittel, rot = gering, grau = keine Reaktion).

lation bestimmt werden mussten. Die MRT-Bilder des Patienten, die Faserbahndarstellung der weißen Hirnschubstanz – das sogenannte Fibertracking (Diffusion Tensor Imaging, DTI) – und die nTMS-Ergebnisse wurden für die OP-Planung und -Durchführung fusioniert und in einer speziellen Planungssoftware (*Brainlab iPlan Cranial 3.0*) weiterbearbeitet, um anschließend in eine Navigationssequenz für die Operation überführt zu werden.

Farblich entsprechend kodiert, sind im präoperativen Planungsbild der Tumor (rot), die Infiltrationszone (grün), die motorischen Stimulationspunkte (gelb) und davon ausgehend der Verlauf der Pyramidenbahn, der wichtigsten motorischen Bahn (blauviolett), zu sehen (Abb. 4). Aus den drei Schnittebenen lässt sich eine 3D-Simulation des Patientenkopfes rekonstruieren, in der die Abstände des Tumors zu relevanten Strukturen, die geschont werden müssen, besser beurteilbar sind. Die Grundlage für die gesamte Planungssequenz bildet erneut das MRT-Bild, das zu Beginn zur Diagnosefindung erstellt wurde, nun jedoch bereits eine Reihe von operationalen Metamorphosen durchlaufen hat und in zunehmendem Maße die morphologische Basis für den eigentlichen Eingriff darstellt – es wird zu einer dreidimensionalen Karte, in die alle anderen Informationen eingetragen werden können, und bildet auf diese Weise einen eigenen 3D-Planungs- und Navigationsraum.

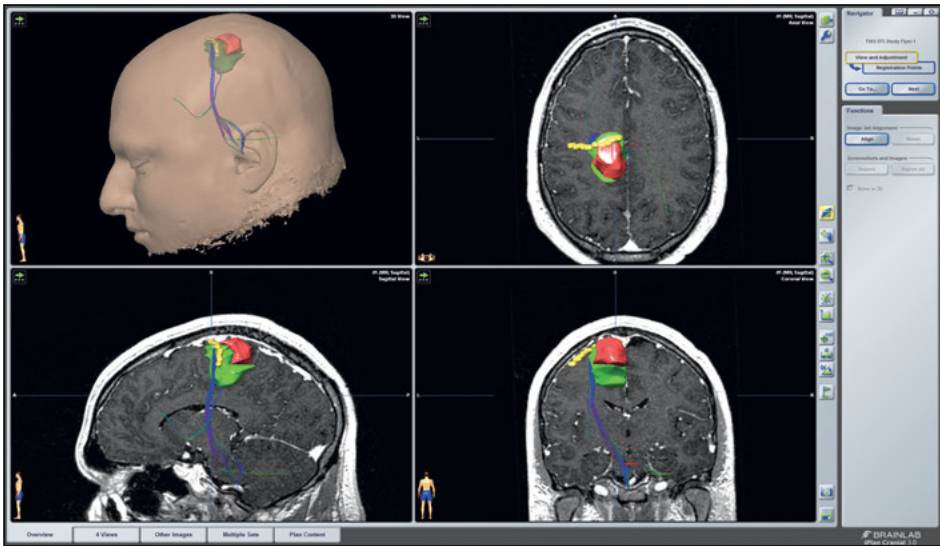


Abb. 4: Präoperative Operationsplanung in der Software *Brainlab iPlan Cranial 3.0*. Links oben der rotierbare dreidimensionale Planungskopf; im Uhrzeigersinn als axiale, koronare und sagittale Fusionsbild aus MRT-Sequenzen, DTI- und nTMS-Daten.

Ein solches 3D-Modell ermöglicht allerdings nicht in jeder Hinsicht eine größere Konkretion als die zweidimensionalen Schnittbilder, etwa wenn es darum geht, einzelne Gewebeschichten zu differenzieren. Wo liegen nun die raumbezogenen Vorteile dieses Modells? Die Planungssoftware ermöglicht in zunehmendem Maße, die mentale Rekonstruktion des Operateurs oder der Operateurin aus der reinen Schnittbildgebung in ein Modell zu übersetzen, das im Idealfall frei rotationsfähig ist und alle relevanten Strukturen in eine transparente Kopfdarstellung einblenden kann. Dies erlaubt eine gezielte Analyse der Lagebeziehung zwischen Tumor und Risikostrukturen. Genau hierin liegt aber auch das Problem: Gegenwärtige 3D-Simulationsmodelle konfigurieren mit den auf Erfahrung und visueller Kognitionsleistung basierenden mentalen Rekonstruktionen der Operateur\_innen. Sie können die Planung am Schnittbild allenfalls ergänzen. Hier ist noch viel ungenutztes Potenzial vorhanden, die Chirurg\_innen visuell umfassender zu unterstützen. Auch Patient\_innen kann man an einem entsprechenden individualisierten Planungsmodell den bevorstehenden Eingriff im Detail besser vermitteln. Die Übersetzung der einzelnen Planungsetappen auf den Patient\_innenkörper ist der letzte Schritt, der für die anschließende Operation notwendig ist. Alle ermittelten Daten werden mit dem Operationsplan zur Leitung und Kontrolle in die intraoperative Navigation übernommen und stehen dann am erwähnten Patienten zur Verfügung. Der Anwendungsbereich von Visualisierungspraktiken beschränkt sich also nicht nur auf die Diagnostik, Planung und Überwachung, sondern setzt sich in den Behandlungsprozess hinein ununterbrochen fort.

Diese Ausweitung und Integration der medizinischen Bildkette in die Therapie lassen sich besonders anschaulich anhand der neurochirurgischen Operationssaal-Architektur nachvollziehen. Sie konfrontiert Chirurg\_innen mit einer Vielzahl bildgebender Verfahren und visueller Darstellungen, die sie vor die Herausforderung stellen, ein zunehmend komplexes Gefüge von Bildtechniken und -informationen angemessen in ihre Handlungen zu integrieren (Abb. 5).



Abb. 5: Intraoperatives Setting mit Mikroskop (Mitte), Mikroskopbildschirm (links) und Navigationsbildschirm (rechts hinten).

Um den Einfluss dieser Bilder auf die neurochirurgische Praxis nachzuvollziehen, ist nicht nur die Analyse der perzipierbaren Oberfläche ausschlaggebend, wie etwa die Gestaltungselemente eines visuellen Interfaces. Vielmehr müssen dazu ebenso die visuelle Architektur und die softwaretechnische Funktionsweise bildgebender Verfahren in den Blick genommen werden. Erst am Zusammenspiel dieser drei Faktoren lässt sich zeigen, unter welche operativen Bedingungen die Bildtechnik das ärztliche Sehen und Handeln stellt. So wirkt die Anordnung von Eingabegeräten und Displays handlungsstrukturierend,<sup>9</sup> etwa wenn die Positionierung von Bildschirmen ergonomische Blickachsen ermöglicht oder verstellt.<sup>10</sup> Ebenso determinieren Softwareprogramme die Modalitäten von Interaktion, etwa indem sie durch die Modellierung visueller Informationen überhaupt erst definieren, was sichtbar gemacht werden kann.<sup>11</sup> Wie wird dieses komplexe Gefüge von Bildtechniken und -informationen in den chirurgischen Workflow integriert, und welche Handlungsmöglichkeiten und -defizite ergeben sich daraus?

9 Siehe Wasen/Brierley 2013.

10 Siehe Sielhorst/Feuerstein/Navab 2008.

11 Siehe Hinterwaldner 2014.

Der Blick durch das Mikroskop allein ist nicht ausreichend, um einen Tumor zu lokalisieren und die Instrumente unter Schonung der Risikostrukturen entsprechend zu navigieren. Erst die Integration der im Vorhinein erstellten Navigationssequenz in die intraoperative Situation ermöglicht die Orientierung im Operationsgebiet: Planung und Durchführung werden so weit wie möglich kongruent. Mithilfe eines Trackingsystems werden dazu die Positionen von Mikroskop und Instrumenten in Echtzeit mit den präoperativen MRT-Bildern und der intraoperativen Lage des Kopfes fusioniert. Diese Fusion von 3D-Raumkoordinaten und 2D-Schnittbildern wird auf einem separaten Navigationsbildschirm dargestellt, der mittels beweglicher Schwenkarme an die Betrachtersituation der Chirurg\_innen angepasst werden kann (Abb. 6). Erst diese Darstellung ermöglicht einen Überblick und damit den strukturierten Zugriff auf das Operationsgebiet. Das heißt, erst wenn die Raumkoordinaten von Instrument, Körper und Bild auf dem Navigationsbildschirm zur Deckung gebracht werden, kann die notwendige Orientierung im Operationsgebiet gewährleistet werden. Im Gegensatz zum Blick durch das Mikroskop, der nur den sichtbaren Teil der Anatomie der sonst abgedeckten Patient\_innen erfasst, erschließt der Blick auf den Navigationsbildschirm die globale Lage des jeweiligen Tumors. Der Blick der Chirurg\_innen muss dementsprechend immer wieder zwischen Navigationsbildschirm und Mikroskopansicht hin und her wechseln.

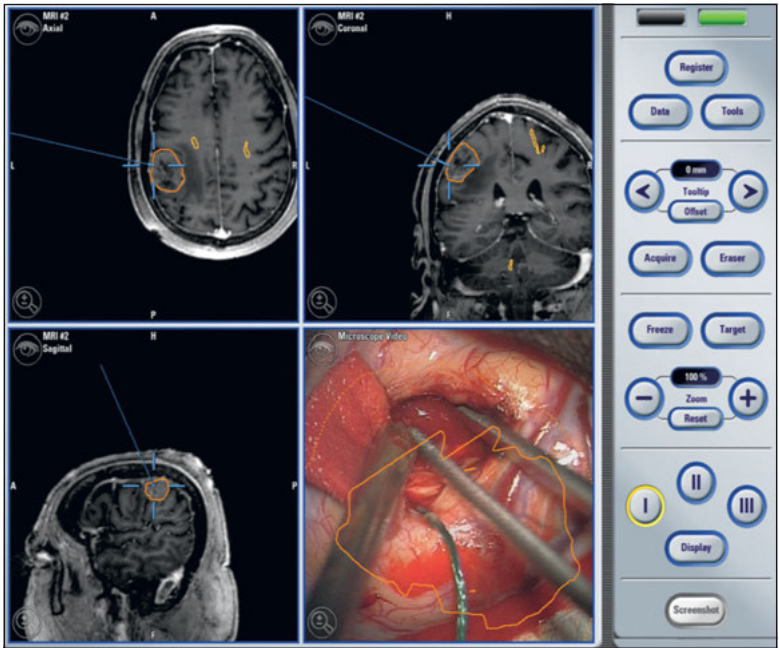


Abb. 6: Intraoperativer Screenshot des Navigationsbildschirms (Brainlab Vector Vision).

Auffällig ist hier, dass die Bilder auf dem Navigationsbildschirm den Kopf des Patienten oder der Patientin dabei nicht etwa aus der Perspektive der Chirurg\_innen zeigen, sondern als multiplanare Rekonstruktion, also in je einer Längs-, Quer- und Aufsicht, die zwar auf die jeweilige Behandlungssituation ausgerichtet werden kann (beispielsweise durch ein Vertauschen von links und rechts), hingegen nicht der tatsächlichen Blickrichtung der Chirurg\_innen oder der Ausrichtung des Patienten oder der Patientin entsprechen. Die Chirurg\_innen müssen diese unterschiedlich perspektivierten Darstellungen ebenso in ihren jeweiligen Arbeitsablauf integrieren wie die räumliche Anordnung des Navigationsbildschirms und die dadurch entstehenden Blickwechsel zwischen Bild und Operationsgebiet. Was ohnehin schon eine komplexe Abstraktionsleistung ist, nämlich die kognitive Überbrückung der Differenz zwischen Auge und Aufzeichnung, wirkt sich nachteilig auf die Hand-Auge-Koordination der Chirurg\_innen aus: Die Führung von Instrumenten sowie die Orientierung im Operationsgebiet werden durch die unzureichende Anpassung von Bild und Blick erschwert.<sup>12</sup> Neurochirurgische Mikroskope unterstützen bereits Bildmodi, die das handlungsbedingte Nebeneinander von Formen der Beobachtung und Repräsentation, von Bild und Körper, von Bildschirm und Operationsgebiet, von Bildfläche und Operationsraum überwinden. Dabei wird das intraoperative Kamerabild des Mikroskops mit präoperativen 3D-Modellen fusioniert, womit eine maßgebliche Reduzierung des Abstraktionsschrittes zwischen Bild und Handlung erreicht wird.

Prinzipiell wird in allen chirurgischen Fächern inzwischen eine Echtzeit-Überlagerung bildgebender Daten mit dem Patient\_innenkörper angestrebt (Abb. 7). Das Hauptproblem dabei ist jedoch, dass sich die Anatomie während jeden invasiven Eingriffs unter der chirurgischen Manipulation verändert, etwa in Folge von sogenannten Brainshifts. Somit verlieren die präoperativ erhobenen Daten in der konkreten chirurgischen Situation schnell ihre Genauigkeit. Derzeit wird diese Form der Navigation deshalb nur als unterstützende Modalität genutzt, um intraoperativ die bestmöglichen Entscheidungen zu treffen.

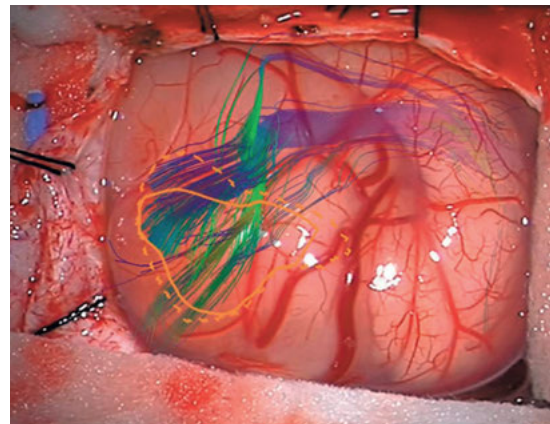


Abb. 7: Intraoperativer Screenshot des navigierten Mikroskops.

<sup>12</sup> Siehe Hanna/Shimi/Cuschieri 1998.

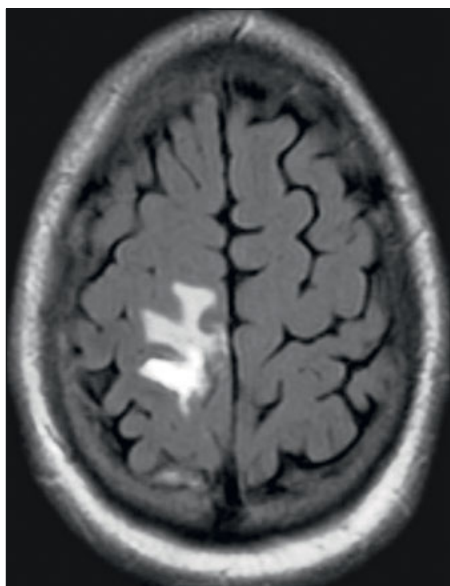


Abb. 8: Postoperatives MRT-FLAIR in axialer Schnittebene (gespiegelt). Das kortikale Tumorareal ist deutlich reduziert. In Weiß ist die flüssigkeitsgefüllte Resektionshöhle zu sehen, davor in Hellgrau der nicht entfernbare funktionstragende Tumoranteil.

Verlässlichen Aufschluss über die Qualität des Behandlungsergebnisses ermöglicht letztlich erst die postoperative Bildgebung, mit der die MRT-Bildkette zu einem vorläufigen Abschluss kommt (Abb. 8). Ziel muss folglich eine Echtzeit-Überlagerung sein, die kontinuierlich an die sich verändernden anatomischen Verhältnisse angepasst wird.

## Fazit

In der aktuellen Medizin haben sich die Fragen an die Bilder vervielfacht. Während grundsätzliche Interessen am Bild die gleichen geblieben sind (Bestätigung oder Widerlegung einer Verdachtsdiagnose, genaue Lokalisation und Ausmaß der Erkrankung, Vorabplanung der therapeutischen Interventionen, Verlaufskontrolle), hat sich der Umfang der Bildarbeit aufgrund der neuen technischen Möglichkeiten in den letzten 20 Jahren stark erweitert.

Aus praktisch-chirurgischer Sicht bleibt festzustellen, dass der technologische Fortschritt im Bereich der Bilddatengenerierung und -darstellung der letzten Jahre bis dato nur unzureichend in die konkrete Behandlungssituation übersetzt wurde.

Die Synchronisierung zwischen Körper und Bild stellt nicht nur für die Medizintechnik eine der zentralen Herausforderungen dar, sondern erfordert ebenso die Überwindung von Sehgewohnheiten in der chirurgischen Praxis. Dort dominiert nach wie vor das diagnostische radiologische Sehmodell zweidimensionaler Schnittbilder, obwohl die Navigation anhand entsprechender 3D-Modelle eine zusätzliche Raumorientierung ermöglicht, die effektiver an die Blickrichtung und Handlungsposition des Chirurgen anpassbar wäre. Diese neuen Anschauungssituationen konfrontieren Neurochirurg\_innen mit einer neuen epistemischen Herausforderung: Die Schwierigkeit besteht hier nicht darin, die Differenz zwischen Körper und Bild zu eliminieren bzw. kognitiv zu überbrücken, sondern gerade in der praktischen Kenntnis der Unterscheidung zwischen Körper und Bild. Daneben steht die konstant erforderliche Evaluierung technologischer Möglichkeiten und Limitierungen durch die Ärzt\_innen in einem grundsätzlichen Konflikt mit zeiteffizienten Arbeitsroutinen: Im Spannungsfeld zwischen der Entwicklung in der Medizingeräte-Industrie und der Anwendung in der Klinik stellt die bild- und medienwissenschaftliche Kritik womöglich einen entscheidenden Ansatz dar, um technischen Fortschritt auch zum Wohle der Patient\_innen optimal in die klinische Praxis zu übersetzen.

## Literatur

- Alač, Morana (2011): *Handling Digital Brains. A Laboratory Study of Multimodal Semiotic Interaction*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Beaulieu, Anne (2002): *Images Are Not the (Only) Truth: Brain Mapping, Visual Knowledge, and Iconoclasm*. In: Science, Technology, and Human Values, vol. 27, no. 1, pp. 53–86.
- Bruzzone, Maria Grazia et al. (2012): *CT and MRI of Brain Tumors*. In: The Quarterly Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, vol. 56, no. 2, pp. 112–137.
- Burri, Regula Valérie (2008): *Doing Images. Zur Praxis medizinischer Bilder*. Bielefeld: transcript.
- Buschhaus, Markus (2011): *Körperwelten in Graustufen. Zu den Anfängen der Computertomografie*. In: Bredekamp, Horst/Bruhn, Matthias/Werner, Gabriele (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Bd. 8.2: Graustufen. Berlin: Akademie Verlag, S. 19–27.
- Dommann, Monika (1999): »Das Röntgen-Sehen muss im Schweiß der Beobachtung gelernt werden.« *Zur Semiotik von Schattenbildern*. In: *Traverse*, Jg. 6, Nr. 3, S. 114–130.
- Dünkel, Vera (2008): *Röntgenblick und Schattenbild. Zur Spezifik der frühen Röntgenbilder und ihren Deutungen um 1900*. In: Bredekamp, Horst/Schneider, Birgit/Dünkel, Vera (Hg.): *Das Technische Bild. Kompendium zu einer Stilgeschichte wissenschaftlicher Bilder*. Berlin: Akademie Verlag, S. 136–147.
- Hanna, G./Shimi, S./Cuschieri, A. (1998) *Task Performance in Endoscopic Surgery Is Influenced by Location of the Image Display*. In: *Annals of Surgery*, vol. 227, no. 4, pp. 481–484.
- Hennig, Jürgen (2006): *Farbeinsatz in der medizinischen Visualisierung*. In: Bredekamp, Horst/Bruhn, Matthias/Werner, Gabriele (Hg.): *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, Bd. 4.1: Farbstrategien. Berlin: Akademie Verlag, S. 9–16.
- Hinterwaldner, Inge (2014): *Tiefenschichtung der Gestaltung/Deep Layers of Design*. In: *Texte zur Kunst*, Nr. 95: Bild vs. Kunst, S. 156–167 (dt./engl.).
- Joyce, Kelly (2006): *From Numbers to Pictures: The Development of Magnetic Resonance Imaging and the Visual Turn in Medicine*. In: *Science as Culture*, vol. 15, no. 1, pp. 1–22.
- Joyce, Kelly (2008): *Magnetic Appeal. MRI and the Myth of Transparency*. Ithaca: Cornell University Press.
- Lynch, Michael/Edgerton, Samuel Y. (1988): *Aesthetics and Digital Image Processing. Representational Craft in Contemporary Astronomy*. In: Fyfe, Gordon/Law, John (eds.): *Picturing Power. Visual Depictions and Social Relations*. London: Routledge, pp. 184–220.
- Mentis, Helena/Chellali, Amine/Schwaitzberg, Steven (2014): *Learning to See the Body: Supporting Instructional Practices in Laparoscopic Surgical Procedures*. In: *Proceedings of the ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. New York: ACM, pp. 2113–2122.
- Picht, Thomas (2014): *Current and Potential Utility of Transcranial Magnetic Stimulation in the Diagnostics before Brain Tumor Surgery*. In: *CNS Oncology*, vol. 3, no. 4, pp. 299–310.
- Prasad, Amit (2005): *Making Images/Making Bodies. Visualizing and Disciplining through Magnetic Resonance Imaging (MRI)*. In: *Science, Technology, and Human Values*, vol. 30, no. 2, pp. 291–316.
- Sielhorst, Tobias/Feuerstein, Marco/Navab, Nassir (2008): *Advanced Medical Displays: A Literature Review of Augmented Reality*. In: *Journal of Display Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 451–467.
- Wasen, Kristian/Brierley, Meaghan (2013): *The Visual Touch Regime: Real-Time 3D Image-Guided Robotic Surgery and 4D and »5D« Scientific Illustration at Work*. In: Wasen, Kristian (ed.): *Emerging Health Technology: Relocation of Innovative Visual Knowledge and Expertise*. Heidelberg/New York: Springer, pp. 21–51.



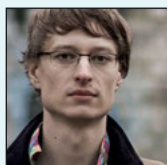
[kathrin.friedrich@hu-berlin.de](mailto:kathrin.friedrich@hu-berlin.de)  
**Wissenschaftliche Mitarbeiterin**  
Basisprojekt: **Image Guidance**  
Disziplin: **Medienwissenschaft**

**Kathrin Friedrich** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung*. Zuvor hat sie am Lehrstuhl für Ästhetik der Kunsthochschule für Medien Köln und im BMBF-Verbundprojekt *Verkörpernte Information*. »Lebendige« Algorithmen und zelluläre »Maschinen« gearbeitet. Dort 2015 Verteidigung der medienwissenschaftlichen Dissertationsschrift *Medienbefunde. Digitale Bildgebung und diagnostische Radiologie*. Sie studierte Medienwissenschaft, Rechtswissenschaften und Soziologie an der Philipps-Universität Marburg. Ihre Forschungsschwerpunkte sind bildgeführte Interventionen in der Medizin, Software Studies sowie Computer-Aided Design und Serious Gaming in der Biologie.



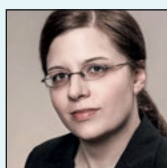
[thomas.picht@charite.de](mailto:thomas.picht@charite.de)  
**Principal Investigator**  
Basisprojekt: **Image Guidance**  
Disziplin: **Medizin**

**Thomas Picht** ist Neurochirurg und Oberarzt in der Neurochirurgie an der Charité Berlin. Er leitet seit vielen Jahren die AG *Perioperative Funktionsdiagnostik* der Neurochirurgischen Klinik und war maßgeblich an der Einführung und Weiterentwicklung der navigierten transkraniellen Magnetstimulation (nTMS) zur präoperativen Diagnostik und Operationsplanung bei Hirntumoren beteiligt. Im Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung* bringt er vor allem seine umfassende klinische Erfahrung mit Problemen der Bildnavigation, Bildfusion und bildgestützter Operationsplanung ein.



[moritz.queisner@hu-berlin.de](mailto:moritz.queisner@hu-berlin.de)  
**Wissenschaftlicher Mitarbeiter**  
Basisprojekt: **Image Guidance**  
Disziplin: **Medienwissenschaft**

**Moritz Queisner** ist Medienwissenschaftler und wissenschaftlicher Mitarbeiter im Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung* sowie Mitglied im Graduiertenkolleg *Sichtbarkeit und Sichtbarmachung. Hybride Formen des Bildwissens* an der Universität Potsdam. Er war zuvor wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Kolleg-Forschergruppe *Bildakt und Verkörperung* an der Humboldt-Universität zu Berlin und im *Post Media Lab* am Center for Digital Cultures der Leuphana Universität Lüneburg. Seine aktuellen Forschungsschwerpunkte sind Augmented Reality, Drohnen und Geomedien.



[anna.roethe@hu-berlin.de](mailto:anna.roethe@hu-berlin.de)  
**Wissenschaftliche Mitarbeiterin**  
Basisprojekte: **Gesundheit & Gestaltung, Image Guidance**  
Disziplin: **Kulturwissenschaft, Medizin**

**Anna L. Roethe** ist Ärztin und Kulturwissenschaftlerin. Sie verfolgt ihre interdisziplinären Forschungsinteressen – unter anderem visuelle Epistemik in medizinischer Bildgebung und chirurgischen Interventionen, medizinische Narrative in Klinik, Kunst und Populärkultur, Wissensgestaltung in der Beziehung zwischen Ärzt\_innen und Patient\_innen – als wissenschaftliche Mitarbeiterin in den Basisprojekten *Gesundheit & Gestaltung* und *Image Guidance* im Exzellenzcluster *Bild Wissen Gestaltung* sowie im Operationsaal der Charité Berlin.

