

P. Messmer<sup>1</sup> · A. L. Jacob<sup>2</sup> · E. Fries<sup>4</sup> · T. Gross<sup>1</sup> · N. Suhm<sup>1</sup> · W. Steinbrich<sup>2</sup> · K. E. Frede<sup>3</sup>  
T. Schneider<sup>5</sup> · P. Regazzoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departement Chirurgie, Allgemeinchirurgische Klinik, Abteilung Traumatologie, Kantonsspital, Universitätskliniken Basel, Schweiz

<sup>2</sup> Departement Medizinische Radiologie, Kantonsspital, Universitätskliniken Basel, Schweiz

<sup>3</sup> Departement Chirurgie, Allgemeinchirurgische Klinik und interdisziplinäre Notfallstation, Kantonsspital, Universitätskliniken Basel, Schweiz

<sup>4</sup> Bauverwaltung Kantonsspital, Universitätskliniken Basel, Schweiz

<sup>5</sup> Business Unit Surgical Workplaces, Maquet AG, Rastatt

# Technologieintegration und Prozessmanagement

## Konzept und Implementierung einer neuartigen Plattform für einzeitige Diagnostik und Therapie des akut Kranken und Verletzten sowie für elektive computerassistierte Chirurgie (CAS)

### Zusammenfassung

Moderne Bildgebung und Computertechnologie gewinnen innerhalb der Chirurgie einen immer höheren Stellenwert. Dies gilt sowohl für die elektive Chirurgie als auch für die Notfallbehandlung. Die Integration der Technologien und die dadurch mögliche Optimierung der Prozessabläufe hinken dieser Entwicklung jedoch stark hinterher. Eine neue diagnostisch-therapeutische Plattform soll dieses Defizit wettmachen. Die Plattform besteht aus einer voll ausgebauten Operationssaalumgebung mit integrierter navigationsfähiger Computertomographie, einer Angiographieanlage und einem speziell dafür entwickelten Patiententisch. Sie dient sowohl der elektiven Diagnostik als auch der Diagnostik und Therapie polytraumatisierter Patienten an einem Ort („one stop shop“) und der computerassistierten Chirurgie (CAS). Indem die Technologie zum Patienten und nicht der Patient zur Technologie gebracht wird, können zeitraubende, potenziell gefährliche Transporte und Umlagerungen sowie teures Personal eingespart werden. Navigationstechnologie und hochauflösende intraoperative Bildgebung erweitern das Spektrum der minimal invasiven Chirurgie.

### Schlüsselwörter

Technologieintegration ·  
Prozessmanagement ·  
Diagnostisch-therapeutische Plattform ·  
Computerassistierte Chirurgie ·  
Operationssaal

In der gesamten Medizin besteht aufgrund der zunehmenden Komplexität und des steigenden Effizienzdruckes eine Tendenz zur Bildung von fächerübergreifenden Kompetenz-, resp. Behandlungszentren. In den operativen Fächern geht die Entwicklung Richtung geringere oder minimalere Invasivität. Neben den chirurgischen Disziplinen haben aber längst ursprünglich rein diagnostisch oder nicht-invasiv tätige Fachrichtungen minimal invasive Methoden entwickelt und gefördert. Je weniger eine direkte Sicht möglich ist, desto wichtiger wird die Bildgebung. Minimal invasive Therapie ist deshalb bildgeführte Therapie. Bildgeführte Therapie basiert auf spezieller optischer Technik oder auf digitaler Bildverarbeitung. Ein Zusammengehen operativer und nicht operativer Fächer zur optimalen Nutzung der

notwendigen Technologie scheint daher nur logisch.

In diesem Rahmen bekommt die Informationstechnologie (IT) in der Medizin einen immer höheren Stellenwert. Operationssimulatoren und Roboter verbessern und verändern Schulung und OP-Planung grundsätzlich. Die Operationsplanung soll in Zukunft nicht mehr vom Eingriff entkoppelt stattfinden. Die Planungsdaten sollen direkt in den Prozess eingebaut werden. Dies erfordert eine Integration bestehender und noch zu entwickelnder Technologien für Planung, Visualisierung, Überwachung und Therapie.

Das Studium der diagnostisch-therapeutischen Abläufe in der Klinik zeigt, dass insbesondere in der Notfallversorgung mehrfach verletzter Patienten ein großes Verbesserungspotential im Prozessmanagement besteht. Diagnostik- und Therapieeinrichtungen liegen oft räumlich weit auseinander. Dies führt zu

Dr. P. Messmer  
Departement Chirurgie, Allgemeinchirurgische Klinik, Abteilung Traumatologie, Kantonsspital, Universitätskliniken, Spitalstraße 21, 4031 Basel, Schweiz,  
E-Mail: Peter.Messmer@unibas.ch

P. Messmer · A. L. Jacob · E. Fries · T. Gross  
N. Suhm · W. Steinbrich · K. E. Frede  
T. Schneider · P. Regazzoni

### Technology integration and process management. Concept and implementation of a novel platform for one-staged diagnosis and therapy of acutely ill and injured patients as well as for elective, computer-assisted surgery

#### Abstract

Modern imaging and computer technology gain more and more importance in surgery. This is true for elective and emergency diagnosis and treatment. However integration of technology and optimization of process management is severely behind. A new diagnostic-therapeutic platform should balance this deficit. The platform is composed of a fully equipped operation room environment with integrated high end computer-tomography with navigation, a digital subtraction angiography and an OR- and imaging-table particularly developed for this set-up. The platform may be used for elective diagnosis, for diagnosis and therapy in polytraumatized patients in one and the same location (one stop shop) and for computer assisted surgery (CAS). Bringing the technology to the patient and not the patient to the technology can save time consuming and potentially dangerous transports and expensive personnel can be reduced. Navigation-technology and high quality intra-operative imaging expand the spectrum of minimally invasive surgery.

#### Keywords

Technology integration ·  
Process management · Operation room ·  
Image guided therapy ·  
Computer assisted surgery

## In der Diskussion

unnötigem Verlust lebenswichtiger Zeit. Zusätzlich sind die technischen Hilfsmittel schlecht aufeinander abgestimmt (z. B. C-Arm und CT-Tisch).

In diesem Umfeld sehen wir die Möglichkeit und die Notwendigkeit, ein neues, interdisziplinäres Behandlungszentrum zu schaffen, das sich mit der bestmöglichen Anwendung integrierter Technologie und der Optimierung des Prozessmanagements sowohl bei elektiven als auch bei Notfallpatienten beschäftigt.

Im Folgenden wird nach einer kurzen Problemanalyse das Konzept und die mögliche Implementierung einer neuen diagnostisch-therapeutischen Plattform vorgestellt. Anschließend beschreiben wir die „Basler Lösung“ und versuchen einige Schlussfolgerungen zu ziehen.

### Problemanalyse, Ist-Zustand

#### Offene Chirurgie, minimal invasive Chirurgie, bildgeführte Therapie

Die traditionelle Chirurgie hängt von der Hand-Auge-Koordination ab und erfordert eine mehr oder weniger ausgedehnte Freilegung des zu behandelnden Gegenstandes. Die Sicht beschränkt sich dabei auf die freigelegte Oberfläche. Handelt es sich dabei um Knochen, so ist für einen Blick hinter solche Oberflächen eine Durchleuchtung notwendig. Die intraoperative Fluoroskopie bedeutet aber Verwendung ionisierender Strahlen, denen Patient und OP-Personal ausgesetzt sind. Erschwerend kommt dazu, dass die Fluoroskopie bis heute lediglich zweidimensionale Projektionsbilder liefert. Erste Entwicklungen der Rotationsradiographie zur Generierung dreidimensionaler Bilder mit dem C-Bogen wurden von Grass et al. beschrieben.

Die Zugangsmorbidität ist bei der offenen Chirurgie je nach Körperregion (z. B. Becken) beträchtlich. Die minimal invasive Chirurgie bringt den Vorteil des geringeren Weichteiltraumas, erkaufte sich dadurch aber den Nachteil der eingeschränkten Sichtbarkeit und Orientierung. Die Endoskopie gibt zusätzliche Übersicht in präformierten oder künstlich geschaffenen Körperhöhlen, nicht aber hinter Oberflächen. Mit der Navigation wurde bildgeführte Therapie unter Verwendung des vollständigen dreidimensionalen Bilddatensatzes erstmals

möglich. Navigation stellt einen ersten Schritt dar, die Lücke zwischen Bildgebung und therapeutischer Aktion zu schließen.

Bei der „fluoroskopiebasierten Navigation“ (C-Bogen) wird die Instrumentenposition auf zweidimensionale Durchleuchtungsbilder projiziert und simultan in mehreren Ebenen angezeigt. Diese Form der Navigation kommt vor allem in der Extremitätenchirurgie zur Anwendung. MRT und CT-gestützte Navigation hat den Vorteil der dreidimensionalen Volumendarstellung mit hoch akkurater und detaillierter Auflösung. Bei den Schichtbildtechniken jedoch steht die Bildgebungsmodalität nicht im Operationssaal sondern in der diagnostischen Radiologie. Dadurch sind Bildgebung und operativer Eingriff räumlich und zeitlich getrennt.

Nach erfolgter Bildgebung muss im OP in der Folge das Bildkoordinatensystem mit dem Patientenkoordinatensystem durch einen Registrierungsverfahren zur Übereinstimmung gebracht werden. Kommt es zwischen Bilderzeugung und Operation zu einer Veränderung der Anatomie, das heißt zu einer unerwarteten Verschiebung der Referenzpunkte, so ist eine präzise Navigation unmöglich. Bei Verwendung der von uns entwickelten modalitätsbasierten Navigation (MBN) erfolgt der Eingriff in einem speziell dafür umgebauten CT-Raum direkt auf dem CT-Tisch. Bei dieser Methode entfällt die Registrierung. Bei Bedarf kann jederzeit eine intraoperative Kontrolle durchgeführt werden. Der Nachteil dieses Systems ist, dass aus Gründen der Hygiene bei Verwendung von Implantaten lediglich minimal invasive Zugänge verwendet werden dürfen. Zusätzlich ist der für rein diagnostische Zwecke konzipierte Raum eng und enthält nicht alle notwendigen Technologien.

Das Navigationskonzept als solches hat sich aber bei uns für die minimal invasive Versorgung von über 140 Becken- und Acetabulumfrakturen und bei diversen anderen Eingriffen (Biopsien, Knochenzystenplombierungen, Osteoidosteomabohrungen, Hirntumorsektionen) bewährt. Wünschenswert wäre jedoch die Bildgebungsmodalität in einem normalen OP zu haben, um bei Bedarf über limitierte Zugänge offen reponieren zu können und gleichzeitig minimal invasiv die Fraktur zu stabilisieren.



Abb. 1 ▲ **Operationssaal heute. Fehlende Technologieintegration behindert die Abläufe im Operationssaal von heute**

### Operationssaal, Bildgebungseinheit, Schockraum von heute

Operationssäle verfügen über eine aufwendige Lüftungs- und Schleusentechnik, um offenes Operieren in entsprechender Reinraumklasse überhaupt zu ermöglichen. Ein zentrales Element des Operationssaales ist ein modulares Tischsystem, welches eine große Vielfalt von Lagerungen zulässt. Die hohen mechanischen Anforderungen an Beweglichkeit und Traglast führten aber zu Tischkonstruktionen, welche die Zugänglichkeit für die Bildgebung oft einschränken.

Durchleuchtungsgeräte werden bei Bedarf in den OP hineingefahren und durch eine Hilfskraft platziert. Die Positionierung des Gerätes wird oft durch am Boden ausgelegte Zuleitungen behindert. Kommen andere Technologien (Endoskopieturm, digitale Kamera für Navigation, Operationsmikroskop etc.) dazu, so werden diese zusätzlich auf einem fahrbaren Gestell in den Operationssaal geschoben. Insgesamt ist die Technologie schlecht aufeinander abgestimmt, was zu erheblichen Störungen der Arbeitsabläufe führen kann (Abb. 1).

Die radiologischen Großgeräte (CT, MRT, Angiographieanlage) stehen in der Regel isoliert in der Radiologie, womöglich weit entfernt von der Notfallstation und dem Operationssaal. Selten sind mehrere Hochleistungsverfahren (z. B. digitale Subtraktionsangiographie und CT) miteinander verbunden. Die entscheidendste Einschränkung von Räumen für die interventionelle bildgesteu-

erte Therapie besteht jedoch in der beschränkten Sterilität für offene oder hybrid offen-geschlossene Eingriffe und für die Verwendung von Implantaten.

Die Idee der Primärdiagnostik mittels CT im Schockraum fasst langsam Fuß. Für Spezialuntersuchungen (z. B. Angiographie) oder Notfallmaßnahmen (z. B. Katheterembolisation bei Blutung, Stenteinlage bei Aneurysmaruptur, Entlastung einer Epiduralblutung) muss aber mit wenigen Ausnahmen trotzdem noch der Weg in die Radiologie oder den OP unternommen werden.

Eine Integration der verschiedenen Komponenten unter Berücksichtigung der Ergonomie wurde bis heute nicht erreicht. Hersteller medizinischer Geräte, Architekten, Ingenieure, Informatiker und Benutzer der Operationssäle und Diagnostikeinheiten müssten in einer Weise zusammenarbeiten, wie es vor vielen Jahren in der Luftfahrtindustrie

bei der Entwicklung von Cockpit und Schulungseinrichtungen durchgesetzt wurde. Sie müssen einen gemeinsamen Satz definierter Schnittstellen und ergonomischer Prioritäten entwickeln.

### Prozessanalyse, diagnostisch-therapeutischer Kreislauf

#### Elektiveingriffe

Bei der Kombination von hochtechnischen Eingriffen und konventionellen Operationsverfahren (z. B. navigierte CT-gesteuerte Schraubenosteosynthese des hinteren Beckenrings und offene Verplattung des vorderen Beckenrings) ist bei den heutigen Gegebenheiten ein Transport des Patienten vom Ort der Bildgebung in den Operationssaal oder umgekehrt notwendig. Dadurch wird teures Personal gebunden. Soll der auf der Computertomographie basierte navigierte Eingriff ebenfalls im OP stattfinden, so ist ein Registrierungsvorgang zum Abgleich der Bilddaten mit der aktuell vorliegenden Anatomie entsprechend der Patientenposition notwendig.

Lediglich bei Verwendung der C-Bogennavigation zur Instrumentenführung erfolgt die Bildgebung direkt im Operationssaal. Bei Verletzungen des hinteren Beckenrings ist die Bildqualität jedoch oft ungenügend für eine sichere Platzierung des Implantates. Gerade wegen der oft mangelhaften Bildqualität erfolgt die Primärdiagnostik im Beckenbereich in der Regel mittels der Computertomographie. Ein Beispiel (Abb. 2) soll diese Situation illustrieren:

Ein 58-jähriger Mann wird infolge eines Motorradunfalls mit einer instabilen



Abb. 2a,b ▲ **Kombiniertes Operationsverfahren mit teils offener Reposition und teils perkutaner, CT-navigierter Fixation. a Unfallbild: Vordere und hintere Beckenringfraktur. b VerlaufsBild**

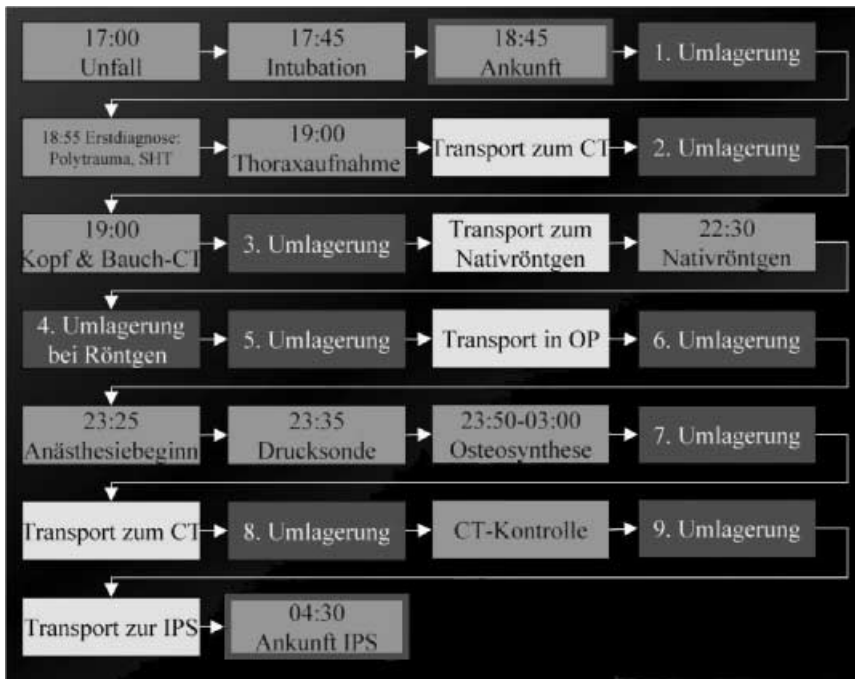


Abb. 3 ▲ Fallstudie Polytrauma. Ablaufschema vom Unfall bis zur Intensivstation

vorderen und hinteren Beckenringverletzung beidseits ins Krankenhaus eingeliefert. Primär wird der vordere Beckenring mit einer durchgeschobenen 3,5er Rekoplatte versorgt. Anschließend wird der Patient in der selben Narkose ins CT transportiert, wo die CT-gesteuerte, navigierte transiliosakrale Schraubenosteosynthese links durchgeführt wird. Die Luxationsfraktur des hinteren Beckenrings rechts lässt sich geschlossen nicht reponieren. Wir stellen daher die Indikation zur offenen Reposition und transiliosakralen Verschraubung rechts in einem zweiten Eingriff. Intraoperativ lässt sich die Fraktur offen gut reponieren und mittels einer Rekoplatte partiell stabilisieren. Eine zusätzliche transiliosakrale Verschraubung der Luxationskomponente ist bei dem adipösen und stark meteoristischen Patienten infolge ungenügender Darstellung der Foramina und des Spinalkanales nicht möglich. Deshalb wird der Patient erneut zum CT gebracht, wo die abschließende CT-gesteuerte Schraubenosteosynthese erfolgt.

### Notfalleingriffe

Bei genauerer Betrachtung des Managements von Notfallpatienten finden wir insbesondere bei Polytraumapatienten eine Serie hintereinander geschalteter, sich abwechselnder diagnostischer und

therapeutischer Maßnahmen. Räumlich gesehen bedeutet dies ein Hin und Her zwischen Schockraum, CT-Raum, Operationsaal und konventioneller Röntgendiagnostik. Die Trennung von diagnostischen und therapeutischen Räumen ist in der konventionellen elektiven Versorgung von Patienten gut begründet. In Notfällen führt sie zu zusätzlichen Leerlaufzyklen, Umlagerungen und Transporten, die sich für den Patienten nachteilig auswirken können.

Die Abbildung 3 zeigt das Flussdiagramm der Irrfahrt einer 35-jährigen Patientin, die nach einem Autounfall in unsere Klinik aufgenommen wurde. Sie wurde am Abend um 18.45 Uhr eingeliefert und erreichte 9 h und 45 min später die Intensivstation. Für die tatsächliche Therapie wurden 3 h und 35 min dieser Zeit genutzt. Ein großer Teil der übrigen Zeit wurde für Diagnostik und vor allem für 5 Transporte und 9 Umlagerungen gebraucht.

### Konzept

Die derzeitige Situation ist von den Abläufen her gesehen unbefriedigend. Wir erarbeiteten deshalb ein Konzept zur Zusammenführung und Integration der notwendigen Technologien in einer diagnostisch-therapeutischen Plattform, genannt Multifunktionaler Bildgeführter Interventionsraum (MBI).

Der MBI soll im Sinne der optimalen Nutzung der teuren Einrichtungen sowohl für elektive Diagnostik, für Diagnostik und Therapie des Polytraumapatienten an einem Ort („one stop shop“) und für navigierte Eingriffe (CAS) genutzt werden.

Um diesen Betrieb zu gewährleisten soll der MBI räumlich möglichst an der Schnittstelle zwischen Operationsabteilung, Notfallstation und (Notfall)Radiologie liegen. Idealerweise liegt er innerhalb des Operationsbereiches „grüner Ring“ mit einem direkten Zugang von der Notfallstation, resp. der unsterilen „weißen Zone“.

Der MBI soll interdisziplinär genutzt werden. Seine konkrete Ausformung wird je nach den unterschiedlichen Bedürfnissen der Anwender unterschiedlich ausfallen. Ein neurochirurgisches Zentrum stellt andere Ansprüche als eine Unfallklinik. Bei Mehrfachbenützung muss nach dem größten gemeinsamen Nenner gesucht werden. Soll die Notfalldiagnostik mit eingebunden werden, wird wohl eine Multislice-CT einen wichtigeren Stellenwert als eine Magnetresonanztomographie (MRT) haben. Steht die neurochirurgische Diagnostik und Therapie im Vordergrund so gewinnt die MRT an Wichtigkeit. Eine Angiographieanlage ist – je nach Situation – für die bildgesteuerte Therapie von Gefäßpatienten elektiv und im Notfall nützlich bis unverzichtbar.

Ein zentrales Element des MBI ist der Patiententisch. Er muss sowohl für die gesamte bildgebende Diagnostik (voll strahlendurchlässig) als auch für die bildgeführte, eventuell navigierte Therapie (maximale Stabilität) und für Notfall- und Elektiveingriffe geeignet sein. Um Umlagerungen zu verhindern, sollte im Idealfall die gleiche Tischplatte auf einem Transportwagen bis an den Helikopter oder die Ambulanz heran gebracht werden und anschließend mit dem Patienten im MBI vom diagnostisch-therapeutischen System übernommen werden.

Der MBI soll über radiologische (Projektionsverfahren: Durchleuchtung, DSA/Schnittbildverfahren: MRT, CT, US) als auch optische (starre und flexible Endoskopie in präformierten und künstlich geschaffenen Körperhöhlen) Bildgebungsmodalitäten verfügen. Patienten-, resp. objektbasierte Navigation und modalitätsbasierte Navigation sollen sich als Bildführungsmodalitäten ergänzen.

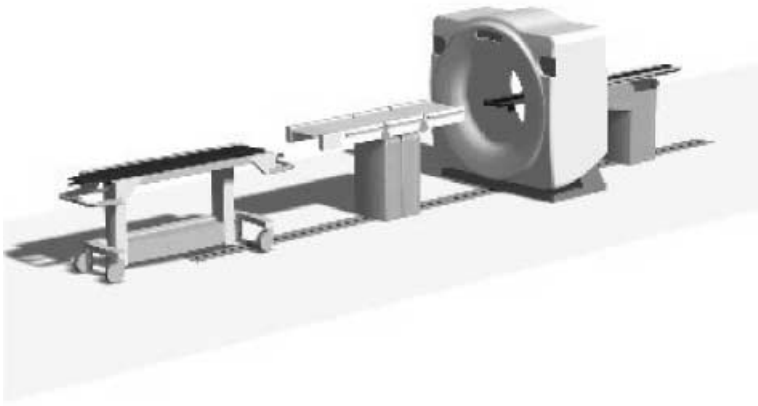


Abb. 4 ▲ **Advanced Working Place for Image Guided Surgery AWIGS®** der Firma Maquet. **Kombination eines neuartigen Tischsystems mit abnehmbarer vollständig strahlendurchlässiger Tischplatte (Transferboard) und intraoperativem CT. Abbildung mit freundlicher Genehmigung durch die Firma Maquet**

Der Raum muss groß genug und ergonomisch eingerichtet sein. Durch eine deckenmontierte Medienleiste sollen möglichst alle Kabel vom Boden verbannt werden. Bildmaterial soll dem Operateur oder dem Untersucher in ausreichender Größe auf einem Monitor präsentiert werden. Eine qualitativ hochstehende visuelle und akustische Verbindung nach draußen ist Voraussetzung für Telemedizin und Schulung. Röntgenbilder sollen direkt aus dem PACS abgerufen werden und gehen so nicht mehr verloren. Präoperative Planung (zwei- und dreidimensional) kann direkt von der Planungsstation im Büro des Chirurgen in den OP weitergeleitet und allenfalls in die Operation integriert werden (Virtual Reality, Augmented Reality, Robotik).

Die Einbindung eines Operationsroboters muss realisiert oder zumindest vorbereitet sein.

## Implementierung

Der multifunktionale bildgeführte Interventionsraum (MBI) ist komplex und finanziell aufwendig. Um einen solchen Raum entwickeln und bauen zu können, braucht es Synergien und Allianzen auf verschiedenen Ebenen.

Bauliche Anpassungen sind teuer und müssen interdisziplinär geplant und optimiert werden. Am einfachsten ist die Situation, wenn ein Spital-, Klinik-, oder OP-Neubau ansteht. Soll ein MBI in bestehende Strukturen eingegliedert werden, wie dies in unserer Klinik der Fall war, so muss als erstes nach

potenziellen Nutzern gesucht werden. Zumindest bedarf es einer Allianz zwischen der Radiologie, der Chirurgie und der Anästhesie. Dank der Interdisziplinarität des Raumes können jedoch auch weitere Partner (Neurochirurgie, Kieferchirurgie, HNO, Herz-Thorax-Chirurgie und andere) gefunden werden. Bei den immer knapper werdenden Ressourcen müssen gemeinsam Finanzierungsstrategien ausgearbeitet werden. Wegen der Einbindung der interdisziplinären Notfallstation haben sich in unserem konkreten Fall auch Kliniken (Innere Medizin), die nicht direkte Nutzer des MBI

sind, durch gemeinsame Budgetierung an der Finanzierung beteiligt.

Da zu Beginn unseres Projektes kein MBI-Produkt auf dem Markt war, mussten wir uns parallel zu den internen Maßnahmen nach verlässlichen Entwicklungspartnern in der Industrie umschauen. Es stellte sich heraus, dass dies ein äußerst heikles und langwieriges Unterfangen sein kann. Der weltweit größte Operationstischhersteller Maquet (Rastatt, Deutschland) hat letztendlich von industrieller Seite her die Systemleaderschaft und die Entwicklung der Tisch- und Bildgebungseinheit übernommen. Daraus sind die Produkte AWIGS® (Advanced Working Place for Image Guided Surgery; Abb. 4) und VIWAS® (Vascular and Interventional Workplace for Advanced Surgery) entstanden.

Sind Partner gefunden geht es darum, konkrete Planungsmaßnahmen anlaufen zu lassen. Dabei sind Kliniker, vor allem aber auch Techniker verschiedenster Herkunft gefragt. Nun muss das Machbare vom Wünschenswerten getrennt werden. Klinische Erfahrung in minimal invasiver Chirurgie und bildgeführter Therapie sowie Polytraumamanagement sind dabei von großer Bedeutung.

Um ein solch komplexes Projekt über längere Zeit am Leben zu erhalten und stetig vorwärts zu treiben, bedarf es

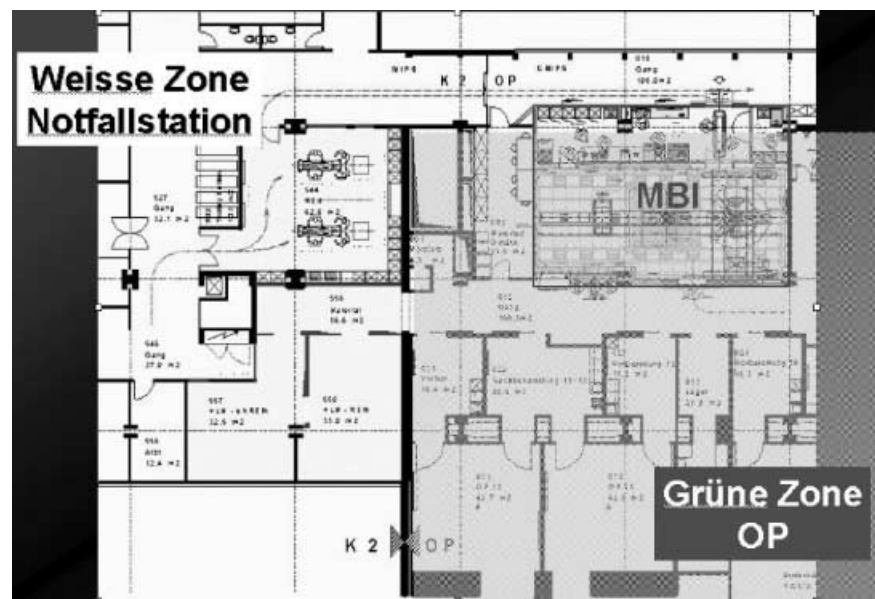


Abb. 5 ▲ **Architekturskizze des Multifunktionalen Bildgeführten Interventionsraums (MBI). Der MBI liegt an der Grenze zwischen dem OP-Trakt und der Notfallstation in unmittelbarer Nachbarschaft zum Schockraum**

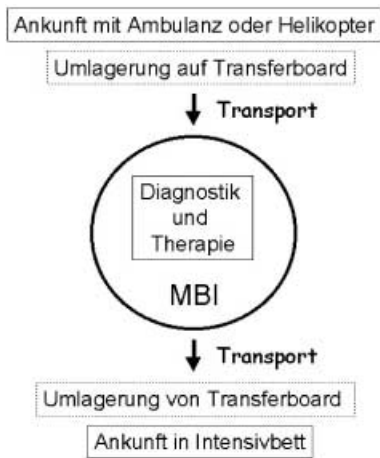


Abb. 6 ▲ Der MBI als „one stop shop“. Reduktion von Transport und Umlagerungen im Rahmen des Polytraumamanagements

einer aktiven und dynamischen Projektkerngruppe mit Know-How aus dem Bereiche der computerassistierten Radiologie und Chirurgie (CARS). Eine Allianz zwischen der Chirurgie und der Radiologie steht daher im Vordergrund.

### Projektbeschreibung MBI Basel

Die Basler Projektgruppe hat sich für einen interdisziplinär anwendbaren MBI mit Schwergewicht Notfallbehandlung, Gefäßtherapie und elektiver computerassistierter Chirurgie entschieden. Um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden wurde der Einbau eines multifunktionalen Tischsystems zur Verwendung als OP-Tisch, aber auch als integrierte Untersuchungs- und einer Angiographieanlage geplant. Des Weiteren wurden alle notwendigen Maßnahmen zur Integration der Navigation getroffen.

Um die Abläufe zu optimieren wurde der MBI geographisch in den der multidisziplinären Notfallstation anliegenden „grünen Ring“ integriert (Abb. 5). Der Raum verfügt über 2 Eingänge. Den einen aus dem OP-Bereich, den anderen aus der unsterilen weißen Zone. Ist der Raum im Diagnostikmodus, so kann die Türe zum OP hin nicht geöffnet werden. Umgekehrt ist während des Operationsmodus die Türe zur unsterilen weißen Zone hin verschlossen.

Wird ein Patient vom Notarzt als polytraumatisiert angemeldet oder besteht der Verdacht auf eine operationswürdige nichttraumatische Notfallsituation (z. B. Aneurysmaruptur, Subduralblutung etc.) so wird er bereits beim Helikopter oder der Ambulanz auf die MBI-Tischplatte gelagert und direkt in den MBI gefahren, wo die Primärdiagnostik und Behandlung an einem Ort stattfindet. Dies bedingt eine entsprechende Triagekompetenz des Notarztes und Rücksprachen mit dem diensttuenden chirurgischen Oberarzt in der Klinik schon während des Transportes. Er ist dafür verantwortlich, dass bei Eintreffen des Patienten die gesamte Notfallabklärung inklusive die Bildspezialisten im MBI bereit sind.

Für die Benutzung des MBI wurde eine Prioritätenregel aufgestellt: Der Notfallpatient hat Vorrang. Läuft bei Eintreffen eines Notfallpatienten aber bereits ein elektiver Eingriff mit Navigation im MBI, so wird dieser zuerst beendet. Die Notfallabklärung erfolgt dann wie bisher im Schockraum und im Department Radiologie, wenn nötig unterbrochen von therapeutischen Eingriffen im OP. Wird der Raum weder für Notfall- noch elektive Eingriffe benützt, steht er der Radiologie zur Durchführung reiner Diagnostik zur Verfügung. Um diese Regelung durchzusetzen und den Raum optimal zu bewirtschaften, wurde ein interdisziplinäres Komitee mit administrativer Verfügungsgewalt geschaffen.

## Fazit für die Praxis

Die Einführung eines multifunktionalen bildgeführten Interventionsraums erweitert das Spektrum einer Zentrumsklinik unter Einbezug der modernsten Informationstechnologie. Die örtliche Zusammenführung von hochentwickelter Bildgebung und der Möglichkeit des sterilen Operierens kann sowohl elektive als auch Notfall-eingriffe optimieren. Insbesondere beim lebensbedrohlich Verletzten oder Kranken kann wertvolle Zeit eingespart werden. Der Raum ist komplex und daher teuer. Gemeinsame, interdisziplinäre Finanzierungsstrategien sind daher notwendig. Möglicherweise bringt aber die Prozessoptimierung Einsparungen an einem anderen Ort. Abb. 6 zeigt das Flussdiagramm bei Benützung eines MBI im Falle der 35-jährigen Patientin (vgl. Abb. 3). Nicht nur die technische Integration im Rahmen der Plattform hat Neuheitswert, auch die Teambildung. Der Chirurg kann nicht mehr alle Probleme alleine lösen. Fachübergreifende Vorurteile müssen zu Gunsten der Sache aufgegeben werden. Teamperformance bekommt einen hohen Stellenwert. Das hochkomplexe und teure Projekt kann nur interdisziplinär erarbeitet und betrieben werden. Voraussetzung ist die Bereitschaft zu neuen Allianzen innerhalb der Klinik und zu neuen Partnern aus der Industrie. Sind wir dazu bereit, so macht die Medizin einen Schritt in die richtige Richtung.

Literaturangaben sind auf Anfrage beim Erstautor erhältlich.