

Bildgebung

**Forschung, Lehre und Ausstattung
an den Medizinischen Universitäten
Graz, Innsbruck und Wien**

Bestandsaufnahme und Empfehlungen

Wien, im November 2014

**ÖSTERREICH
WISSENS**

Bildgebung

**Forschung, Lehre und Ausstattung
an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien**

Bestandsaufnahme und Empfehlungen

Wien, im November 2014

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	5
Executive Summary	7
1. Auftrag und Arbeitsweise	11
1.1 Grundsätzliche Fragestellungen und internationale Entwicklungen in der Forschung zur biomedizinischen Bildgebung	13
1.2 Bildgebende Forschung: Herausforderungen und Trends	15
1.3 Kriterien der Beurteilung zur Einschätzung der Forschung zur Bildgebung an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien	19
1.4 Besonderheiten bei der gutachterlichen Bewertung eines Quer- schnittsfachs.....	20
2. Einschätzung der Forschung in der biomedizinischen Bildgebung an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien	23
2.1 Medizinische Universität Graz (MUG)	23
2.1.1 Bildgebende Forschung	23
2.1.1.1 Wissenschaftliche Schwerpunkte	25
2.1.1.2 Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanze- rung/Mittelzuweisung, Ausbildung	30
2.1.2 Zusammenfassende Einschätzung	35
2.1.3 Empfehlungen	37
2.2 Medizinische Universität Innsbruck (MUI).....	42
2.2.1 Klinische Bildgebung und Forschung im Bereich Bildgebung an der MUI und am LKH Innsbruck	42
2.2.1.1 Wissenschaftliche Schwerpunkte	44
2.2.1.2 Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanze- rung/Mittelzuweisung, Ausbildung	50

2.2.2	Zusammenfassende Einschätzung	55
2.2.3	Empfehlungen	58
2.3	Medizinische Universität Wien (MUW)	62
2.3.1	Bildgebende Forschung	62
2.3.1.1	Wissenschaftliche Schwerpunkte im Einzelnen.....	65
2.3.1.2	Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanzierung/Mittelzuweisung, Ausbildung	69
2.3.2	Zusammenfassende Einschätzung	75
2.3.3	Empfehlungen	78
3.	Schlussfolgerungen: Forschung zur Bildgebung in Österreich.....	83
3.1	Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren.....	83
3.2	Übergreifende Empfehlungen, kurz gefasst.....	86

Abkürzungsverzeichnis

AKH	Allgemeines Krankenhaus der Stadt Wien
AVW	Softwareprogramm für die Bildverarbeitung
AT-Bi	Austrian Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biomedical Sciences
CF	Core Facility
CF-PCI	Core Facility Preclinical Imaging
COCIR	European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare IT Industry
CT	Computertomographie
EANM	European Association for Nuclear Medicine
EIBIR	European Institute for Biomedical Imaging Research
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
ESMRMB	European Society for Magnetic Resonance in Medicine and Biology
ESR	European Society of Radiology
EU	Europäische Union
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomographie
FP 7	7. Forschungsrahmenprogramm der EU
FWF	Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung
GMP	Good Manufacturing Practice
KAGes	Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H.
kav	Wiener Krankenanstaltenverbund
KIS	Krankenhausinformationssystem
KM	Kontrastmittel
KMA	Klinischer Mehraufwand
LBI	Ludwig Boltzmann-Institut
LFU	Leopold-Franzens-Universität Innsbruck
LOM	Leistungsorientierte Mittel
MATLAB	Softwareprogramm für die Bildverarbeitung
MIC	Medical Imaging Cluster der Medizinischen Universität Wien
MRT	Magnetresonanztomographie
MTA	Medizinisch-technischer Assistent
MUG	Medizinische Universität Graz
MUI	Medizinische Universität Innsbruck

MUW	Medizinische Universität Wien
N-Rad	Neuroradiologie
Nuk	Nuklearmedizin
OCT	Optische Kohärenztomographie
OeNB	Österreichische Nationalbank
OPTIMA	Christian-Doppler-Labor für Ophthalmic Image Analysis der Medizinischen Universität Wien
PACS	Picture Archiving and Communication System (Digitales Bildarchiv)
PCI	Perkutane Koronarintervention
PET	Positronenemissionstomographie
Rad	Radiologie
RIS	Radiologieinformationssystem
RT	Radiologietechnologie
SFB	Spezialforschungsprogramm
SPECT	Single-photon emission computed tomography
T	Tesla (Einheit für die Stärke von Magnetfeldern)
tilak	Tiroler Landeskrankenanstalten GmbH
US	Ultraschall
VRC	Vienna Reading Center der Medizinischen Universität Wien
ZMPBMT	Zentrum für Medizinische Physik und Biomedizinische Technik der Medizinischen Universität Wien

Executive Summary

In den letzten 10 Jahren haben sich die Möglichkeiten der Bildgebung rasant weiterentwickelt. Die Geräte wurden deutlich leistungsfähiger, bildgesteuerte medizinische Interventionen, neue Möglichkeiten der Datenauswertung und die Teleradiologie haben in Forschung, Lehre und Klinik gewaltig an Bedeutung gewonnen. Anders als die bisher vom Österreichischen Wissenschaftsrat analysierten Forschungsgebiete ist die Bildgebung nicht einer einzelnen Disziplin zugeordnet, sondern fungiert als Querschnittsfach, das die klinische Versorgung von Patienten*, weite Teile der biomedizinischen und vor allem der translationalen und klinischen Forschung entscheidend unterstützt.

Die Bildgebung ist kostenintensiv. Man benötigt nicht nur die Geräte selbst, sondern auch wissenschaftlich-technisches Personal (Physiker, IT-Experten, Mathematiker, Biologen, Radiochemiker, medizinisch-technisches Fachpersonal), das möglichst rund um die Uhr zur Verfügung steht, um die Geräte entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit nutzen zu können. Die Investitions-, Nutzungs- und Wartungskosten für die Bildgebung relativieren sich allerdings, wenn durch ihren Einsatz Forschungserfolge erzielt, korrekte Diagnosen frühzeitig gestellt, teure und invasive Therapien besser gesteuert oder dem Patienten bei fehlender Aussicht auf therapeutischen Erfolg erspart werden. Richtig eingesetzt, ist die Bildgebung im Gesamtbudget des Gesundheits- und Wissenschaftssystems kosteneffizient.

Im Einklang mit dem Aufschwung der klinischen und translationalen Forschung in Österreich wurde in den letzten Jahren erfolgreich in die bildgebende Forschung investiert. Dies spiegelt sich in einem Anstieg typischer Messgrößen für den Forschungserfolg, darunter kumulierte *impact*-Faktoren, Zitierhäufigkeiten und Gesamtzahl der Publikationen wider. Zu diesem Erfolg hat nicht zuletzt die insgesamt sehr gute Geräteausstattung der Medizinischen Universitäten beigetragen, auch wenn technische Fortentwicklungen Re- und Neuinvestitionen immer wieder notwendig machen. Thematisch sind es vor allem die beiden Bereiche Neuroimaging und onkologische Bildgebung, in denen Österreich, und zwar an allen drei Medizinischen Universitäten, international exzellent ausgewiesen ist.

* Die in dieser Publikation verwendeten personenbezogenen Ausdrücke beziehen sich, wenn nicht anders vermerkt, gleichermaßen auf Frauen und Männer.

Trotz dieser Erfolge ist eine optimale Auslastung der bestehenden bildgebenden Forschungsinfrastruktur in Österreich noch nicht gegeben. Unklar ist, welche Profilierung über das Neuroimaging und die onkologische Bildgebung hinaus angestrebt wird. Die bildgebende Forschung zeigt beeindruckendes Potential in vielen Fachbereichen und an allen drei Universitäten, dessen Ausschöpfung und Bündelung durch wenige, aber wirksame Hindernisse verzögert wird: durch das relativ geringe Volumen an wettbewerbsbasierten Fördermitteln und durch die mangelnde personelle Ausstattung vorhandener Geräteeinheiten. So werden teure Geräte entgegen ihrer Nutzungsmöglichkeiten oftmals nach 15.00 Uhr nicht ausgelastet. Wegen der im europäischen Vergleich überdurchschnittlichen Zahl von Journaldiensten des radiologischen Personals stehen die Geräte nicht in ausreichendem Maße der Forschung zur Verfügung. Die Verbindung zu europäischen Wissenschaftsinfrastrukturprojekten wird zu wenig für die Diffusion von Forschungserfolgen genutzt; dies ist auch dem administrativen Aufwand komplexer europäischer Kooperationsprojekte geschuldet.

Für die drei Medizinischen Universitäten wurden, ihrem Standort und ihrem Profil entsprechend, detaillierte Empfehlungen zu Forschung, Lehre, Nachwuchsförderung und Klinik formuliert. Die für den Wissenschafts- und Forschungsstandort Österreich relevanten Empfehlungen seien kurz zusammengefasst:

- Neben den bereits profilierten Bereichen Neuroimaging und onkologische Bildgebung sollte, passend zum jeweiligen Forschungsprofil der Universität, eine arbeitsteilige und ergänzende Stärkung der bildgebenden Forschung angestrebt werden.
- Die Auslastung der Infrastruktur für die Bildgebung ist unbedingt zu steigern. Nicht an allen Standorten Medizinischer Universitäten müssen alle Geräte in gleicher Weise angeschafft und betrieben werden. Die Betriebszeiten der kostenintensiven Geräte sind zugunsten von (kooperativer) Forschung, Lehre und Patientenversorgung zu verlängern. Modelle effizienter Dienstplangestaltung sollten umgesetzt werden.
- Die erfolgreichen interuniversitären Vernetzungen und Kooperationen im Bereich Neuroimaging sollten weiter ausgebaut und ähnliche Strukturen im Bereich der onkologischen Bildgebung aufgebaut werden.

- Zur verbesserten Vernetzung der Forschungsinfrastruktur sind die Budgets für die Einwerbung von SFBs mit dem Schwerpunkt Bildgebung zu erhöhen und profilbildende Antragstellungen zu fördern.
- Der Ausbau von *Imaging*-Plattformen sollte förderpolitische Priorität genießen; auch sollten Investitionsentscheidungen der Universitäten damit verbunden sein. Die Teilnahme am paneuropäischen Wissenschaftsinfrastrukturprojekt *Euro-BioImaging* des *European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI) sollte forschungspolitisch unterstützt werden.
- Die Biobankaktivitäten an den Medizinischen Universitäten sollten ausgebaut und die Anbindung von Bilddatenbanken an die Biobankeninfrastruktur verbessert werden. Dies ist als innovative Perspektive für populationsbasierte Forschungsprojekte unter Einschluss bildgebender Fragestellungen zu sehen.
- Die adäquate Organisation der fächerübergreifenden radiologischen Forschung ist zentrale Aufgabe der Leitungsebene einer radiologischen Universitätsklinik. Geräte, Messzeiten und Bilddatensätze sind Forschungsressourcen, zu denen Wissenschaftler offenen, geregelten und personell unterstützten Zugang, auch interuniversitär, erhalten müssen.
- Es sollte überprüft werden, inwieweit die anstehende Umsetzung der EU-Arbeitszeitrichtlinie für eine Veränderung der Personalpolitik der Universitäten mit dem Ziel genutzt werden kann, Zeiten für Forschung und Krankenversorgung eindeutig und gewidmet zu definieren. Ein so weiterentwickeltes transparentes Personalmanagement wirkt sich erfahrungsgemäß günstig auf die Arbeitsplatzzufriedenheit und die Attraktivität eines Standorts für externe Forscher aus.

1. Auftrag und Arbeitsweise

Der Österreichische Wissenschaftsrat berät den für Wissenschaft und Forschung zuständigen Bundesminister, die gesetzgebenden Körperschaften und die Universitäten in Fragen der Wissenschaft und der Kunst. Er erarbeitet seine Analysen, Stellungnahmen und Empfehlungen in einzelnen Themenschwerpunkten gewidmeten Arbeitsgruppen und dem Medizinischen Ausschuss, der, aufgrund der wachsenden Relevanz der Universitätsmedizin, als ständiger Ausschuss agiert. Orientiert an wissenschaftlichen und gesundheitspolitisch relevanten Themen hat der Medizinische Ausschuss nach den Empfehlungen zur Onkologie an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien (2009), den Empfehlungen zu den Klinischen Neurowissenschaften (2012) und den Empfehlungen zur Kardiovaskulären Forschung (2013) nun die biomedizinische Bildgebung an den öffentlichen Medizinischen Universitäten einer umfangreichen Analyse unterzogen. Der Fokus der Analyse wurde auf Bildgebung mit radiologischen bzw. nuklearmedizinischen Großgeräten gelegt. Neben ihrem fächerübergreifenden Stellenwert als besonders ‚kostbare‘ Forschungsinfrastruktur sind die medizinisch nutzbaren Möglichkeiten der Datengewinnung und Datenauswertung aus den bildgebenden Verfahren rasant gestiegen.

Um dem Anspruch einer international anerkannten Expertise als Voraussetzung für die Erstellung von Empfehlungen in diesem medizinischen Feld Genüge zu tun, hat der Medizinische Ausschuss Professor Eike Nagel, Chair of Clinical Cardiovascular Imaging am Guy's and St. Thomas' Trust, King's College London, mit der Durchführung der Analyse betraut.

Er wurde von folgenden Experten unterstützt:

- Prof. Guido Adler, Leitender Ärztlicher Direktor und Vorstandsvorsitzender, Universitätsklinikum Heidelberg/Vorsitzender des Medizinischen Ausschusses des Österreichischen Wissenschaftsrates;
- Prof. Jörg Barkhausen, Direktor der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck;
- Prof. Georg Bongartz, Stv. Chefarzt/Stv. Leiter der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin/Leiter Abdominelle und Onkologische Diagnostik, Universitätsklinik Basel;

- Prof. Heinz-Peter Schlemmer, Leiter der Abteilung Radiologie, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg;
- Prof. Aad van der Lugt, Leiter des Neuroradiological Research Program, Erasmus University Medical Center Rotterdam;
- Prof. Reto Weiler, Rektor des Hanse-Wissenschaftskollegs Delmenhorst/Direktor des Forschungszentrums Neurosensorik an der Universität Oldenburg/Mitglied des Medizinischen Ausschusses des Österreichischen Wissenschaftsrates.

Folgende Schritte leiteten die Erstellung der Empfehlungen:

- Erarbeitung eines umfassenden Fragenkataloges für die Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien (Aussendung im März 2014);
- Erstanalyse der Beantwortung (Mai 2014);
- Begehung der drei Standorte, vertiefende Fragestellung und Diskussion (16., 17. und 18. Juni 2014);
- Analyse und Erstellung von Empfehlungen (Juni 2014 bis Oktober 2014).

Der Fragenkatalog wurde von den Medizinischen Universitäten umfassend in Berichtsform beantwortet. Zusätzlich wurden Tabellen zu Patienten-, Geräte- und Untersuchungszahlen sowie zu Drittmitteln zur Verfügung gestellt. Bei den Besuchen vor Ort im Juni 2014 wurden die Berichte mit den Vertretern der drei Medizinischen Universitäten diskutiert und in der Beantwortung offene Fragen, sowohl seitens der Gutachter als auch seitens der Medizinischen Universitäten, erörtert. Vor der Fertigstellung der Empfehlungen wurde das Feedback der Medizinischen Universitäten zu den Stellungnahmen des Gutachterteams eingeholt.

Der Wissenschaftsrat hat den Bericht der Gutachter¹ einer gründlichen Prüfung unterzogen und nach Diskussion und Überarbeitung im Plenum am 7. November 2014 verabschiedet.

¹ Die Verschriftlichung sämtlicher Überlegungen des Gutachterteams und der Diskussionen im Rahmen der Begehung der drei Standorte sowie der Feedbackgespräche erfolgte durch Dr. Philipp Grätzel von Grätz, dem an dieser Stelle für die sorgfältige Dokumentation gedankt sei.

1.1 Grundsätzliche Fragestellungen und internationale Entwicklungen in der Forschung zur biomedizinischen Bildgebung

Bedeutung der Bildgebung

In den letzten 10 Jahren haben sich die Möglichkeiten der Bildgebung rasant weiterentwickelt. Die Geräte wurden deutlich leistungsfähiger, bildgesteuerte Interventionen haben erheblich an Bedeutung gewonnen und die Digitalisierung hat neue Möglichkeiten der Datenauswertung und des kooperativen Arbeitens über die Teleradiologie eröffnet. Anders als die bisher vom Österreichischen Wissenschaftsrat analysierten Forschungsgebiete ist die Bildgebung nicht einer einzelnen Disziplin zugeordnet, sondern fungiert als Querschnittsfach, das die klinische Versorgung von Patienten, aber auch weite Teile der biomedizinischen und vor allem der translationalen und klinischen Forschung entscheidend unterstützt.

Die Forschungsergebnisse der molekularen Medizin haben zu einem erweiterten Verständnis der Pathogenese zahlreicher Erkrankungen geführt und darauf aufbauend neue Therapieoptionen eröffnet. Eine Grundlage dafür ist die Charakterisierung krankheits- und patientenspezifischer Biomarker, die laborchemisch bestimmt oder mit bildgebenden Verfahren sichtbar gemacht werden. Daraus entstand die Vision einer personalisierten Medizin, bei der Therapien nicht mehr auf Basis von vergleichsweise wenig differenzierten klinischen Parametern verordnet werden, sondern individuell auf die klinischen und ‚molekularen‘ Besonderheiten des jeweiligen Patienten und seiner Erkrankung zugeschnitten sind. Der Bildgebung kommt in diesem Kontext eine ‚stratifizierende‘ Funktion zu: Durch die Darstellung anatomischer, funktioneller und molekularer Charakteristika des individuellen Patienten liefert sie zusammen mit der Labormedizin jene Informationen, die nötig sind, um die jeweils optimale Therapie auszuwählen. Sie hat darüber hinaus eine ‚kontrollierende‘ Funktion, indem sie den Erfolg oder Misserfolg einer Behandlung zum idealerweise frühestmöglichen Zeitpunkt sichtbar macht. Damit leistet sie auch einen Beitrag zur Qualität der Versorgung.

Es gibt noch eine weitere Dimension in der Bewertung der Bildgebung: im Vergleich zu anderen Methoden der klinischen Versorgung und Forschung sind die Anschaf-

funktionskosten moderner diagnostischer Großgeräte wie CT, MRT oder PET² sehr hoch (zwischen 1 und 3 Mio. Euro). Dazu kommen speziell bei der PET- und der MRT-Bildgebung erhebliche laufende Kosten für den Unterhalt (technisches Personal, Verbrauchsmaterialien) der Geräte.

Um Entscheidungen für gesundheitsökonomisch und betriebswirtschaftlich sinnvolle und unter dem Aspekt der Versorgung notwendige Investitionen treffen zu können, müssen Fragen zur Relevanz, Notwendigkeit, Häufigkeit und Qualität bildgebender Untersuchungen durch klinische Studien und Versorgungsforschung beantwortet werden. Die Investitionskosten für die Bildgebung relativieren sich, wenn durch ihren Einsatz korrekte Diagnosen frühzeitig gestellt, teure und invasive Therapien besser gesteuert oder dem Patienten bei fehlender Aussicht auf therapeutischen Erfolg erspart werden. Richtig eingesetzt, ist die Bildgebung im Gesamtbudget des Gesundheitssystems kosteneffizient.

Strukturelle Entwicklungen der Bildgebung

Seit etwa zwei Jahrzehnten unterliegen die Fachgebiete der Bildgebung einem fortlaufenden Veränderungs- und Umstrukturierungsprozess. Die Radiologie und die Nuklearmedizin wurden eigenständige Bereiche in der Medizin, die spezielle Kenntnisse und Kompetenzen erfordern. In diesen beiden medizinischen Disziplinen ist traditionell die Großgerätebildgebung mit dem CT (Radiologie) und dem MRT bzw. SPECT/PET (Nuklearmedizin) angesiedelt.

Strukturell ist in den letzten Jahren eine erhebliche Subspezialisierung zu beobachten: Für viele bildgebende Methoden, deren Anwendung, aber auch deren Interpretation sind Fachkenntnisse des jeweiligen klinischen Faches (Neurologie, Kardiologie, Gastroenterologie etc.) erforderlich. Das gilt beispielhaft und schon seit Jahren für das breite Feld der bildgesteuerten Interventionen. Der Trend hin zu einer individualisierten, zunehmend molekular definierten und gesteuerten Medizin wird den Bedarf an Experten mit sowohl bildgebender Expertise als auch den Kenntnissen der jeweiligen klinischen Fachgebiete noch erhöhen.

Zu den entscheidenden Veränderungen der Bildgebung in den letzten 10 Jahren gehört die technische und methodische Weiterentwicklung der unterschiedlichen Mod-

² Vgl. das Glossar zur Erläuterung der Abkürzungen zu Beginn dieses Berichtes.

litäten. Genannt seien hier nur die *Multi-Slice-CT*, die Hochfeld-MRT und die Hybridbildgebung. Eine weitere wesentliche Veränderung ist die Digitalisierung der Bildgebung von der Bildakquise über die Bildverarbeitung bis zur Bildspeicherung und der teleradiologischen Bildbefundung. Die zunehmende Einführung von Flachdetektoren erleichtert die Digitalisierung und Mobilisierung der Bildgebung zusätzlich.

1.2 Bildgebende Forschung: Herausforderungen und Trends

Allgemeine Herausforderungen für die bildgebende Forschung

Die Forschung zur Bildgebung ist vielschichtig und muss entsprechend differenziert beurteilt werden. Sie lässt sich in folgende Segmente unterteilen:

- Methodenentwicklung,
- Methodenvergleich,
- Forschung zur Genauigkeit (*accuracy*) der Bildgebung,
- Forschung zur Bildanalyse (z.B. Forschung mit quantitativen Biomarkern, automatische Segmentierungen etc.),
- Effektivitätsanalysen (*comparative effectiveness*),
- Begleitende Bildgebung bei klinischer Forschung mit anderer Zielsetzung.

In der aktuellen Forschung hat die Lasermikroskopie als eine der Methoden der Bildgebung zunehmend an Bedeutung gewonnen. Diesen Methoden wird eine zunehmende Rolle in der medizinischen Anwendung der Zukunft zugesprochen; von daher sollten sie in die avisierten PhD-Programme mit Schwerpunkt Bildgebung integriert werden. Die Fluoreszenzmikroskopie hat mit der Einführung von Lasern als Lichtquellen und der Entdeckung des *Green Fluorescent Proteins* (GFP) eine Vielzahl von Anwendungen gefunden und neue technologische Entwicklungen ermöglicht. Das große Potential zeigt sich auch in der Verleihung der Nobelpreise für Chemie für dieses Gebiet in den Jahren 2008 und 2014. Damit wurde sowohl die Entdeckung des biologischen ‚Markerproteins‘ GFP gewürdigt, als auch die Entwicklung von mikroskopischen Techniken (z.B. STED, PALM, Nahfeldmikroskopie), die in der Bildgebung eine Auflösung jenseits des Beugungslimits herkömmlicher Mikroskope ermöglichen. Abbildungen mit einer räumlichen Auflösung im nm-Bereich sind dadurch möglich geworden und erlauben völlig neue Einblicke in zelluläre Strukturen.

Als weitere Methode zur Diagnostik von Tumoren (z.B. Haut- oder Darmtumor) wird die Raman- oder die CARS-Mikroskopie eingesetzt. Diese Mikroskopiemethode bedarf keines weiteren Markers und könnte daher ohne weitere Probenpräparation eingesetzt werden. Diese Entwicklungen befinden sich noch in der Erforschung, sie könnten aber ebenfalls bald Eingang in den klinischen Alltag finden.

Je nach Fragestellung sind in die bildgebende Forschung unterschiedliche Fachrichtungen involviert. Klinische Studien, die verschiedene bildgebende Methoden miteinander vergleichen, werden in der Regel unter der Leitung klinischer Mediziner und Radiologen durchgeführt. Die Methodenentwicklung erfolgt überwiegend durch Physiker, Mathematiker und Biologen. Speziell im Kontext der Forschung an medizinischen Großgeräten kann die komplexe Technik bzw. Patientenlogistik nur in seltenen Fällen vom Vertreter einer Fachrichtung allein bewältigt werden. Nötig ist vielmehr ein interdisziplinäres Team, an dem je nach Fragestellung und Gerät Physiker, IT-Experten, Mediziner sowie Angehörige medizinischer Assistenzberufe beteiligt sind. Dies ist bei der Organisation einer erfolgreichen bildgebenden Forschung eine nicht zu unterschätzende Herausforderung.

Bildgebende Forschung muss auch vor dem Hintergrund des medizinisch, aber auch ökonomisch motivierten Trends hin zu einer immer stärkeren Evidenzbasierung der Medizin gesehen werden. Dieser Trend zeigt sich nicht zuletzt in einer rasch zunehmenden Zahl an unterschiedlichen Leitlinien, in denen der Einsatz der Bildgebung im jeweiligen medizinischen und institutionellen Kontext ausführlich diskutiert und festgehalten wird.

Während es für die Generierung von als akzeptiert angesehener Evidenz bei Therapiestudien relativ klare Richtlinien gibt, sind methodische Standards für die Überprüfung der Effektivität (des Sinns oder Unsinn) einer diagnostischen Maßnahme weit weniger etabliert. In Analogie zu medikamentösen Therapiestudien lautet die entscheidende Frage, ob die auf dem Ergebnis einer bildgebenden Maßnahme basierende Therapie die Prognose oder zumindest die Lebensqualität der Patienten verbessern kann. Das ist schwer nachzuweisen, unter anderem deswegen, weil zumindest indirekt in solchen Studien immer auch medikamentöse oder operative Therapien mitevaluiert werden. Für fundierte Antworten auf Fragen zur Effektivität von

bildgebender Diagnostik sind daher umfangreiche und somit teure Studien erforderlich, die nicht von einer klinischen Einrichtung alleine durchgeführt werden können.

Inhaltliche Trends in Bildgebung und bildgebender Forschung

Insgesamt hat die Bildgebung in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung in der Diagnostik, im klinischen Management und in der Forschung gewonnen. Dies liegt erstens an der Verbesserung der Geräte und Anwendungen, zweitens an dem Verständnis, dass Therapieerfolge nur durch entsprechende Charakterisierung der Patienten erreicht werden können, und drittens an der Einsicht, dass es auch in der Bildgebung erforderlich ist, ihre Wertigkeit und Kosteneffizienz mit entsprechender Evidenz zu untermauern.

Wie oben bereits angedeutet, lässt sich die Weiterentwicklung der bildgebenden Verfahren in den letzten Jahren wie folgt beschreiben:

- Zunahme von Präzision und Detailtreue durch technische Weiterentwicklung der Geräte (z.B. Hochfeld-MR, Dual Energy CT);
- verbesserte Reproduzierbarkeit und einfachere Zugänglichkeit/Verfügbarkeit moderner bildgebender Methoden vor allem auch hinsichtlich des Kosten- und Zeitaufwandes für diagnostische Bildgebung;
- zunehmende Verschränkung unterschiedlicher bildgebender Modalitäten entweder bereits bei der Datenerfassung („multimodale Bildgebung“, z.B. PET-CT, MRI-PET) oder im Rahmen des *postprocessing* („Bildfusion“);
- stärkere Berücksichtigung molekularer Parameter, oft in Verbindung mit dem Einsatz neuer Kontrastmittel oder Radiopharmaka;
- wachsende Relevanz funktioneller gegenüber rein anatomischer Darstellungen;
- zunehmende Integration von Bildgebung und Therapie, sei es im Bereich der personalisierten Medizin, sei es z.B. bei der intraoperativen Bildgebung;
- Zunahme der Zahl bildgesteuerter Interventionen;
- Trend zu Bildanalyse, Quantifizierung, Biomarkern.

Wie sich diese Trends in der bildgebenden Forschung auswirken, ist von Fach zu Fach und Indikation zu Indikation unterschiedlich. So hat sich im Bereich der Kardiologie die CT dank der Entwicklung ultraschneller Mehrzeilengeräte zu einem Stan-

dardverfahren bei der Abklärung von Patienten mit niedriger Vortestwahrscheinlichkeit für eine koronare Herzerkrankung und Patienten mit unklaren akuten Brustschmerzen entwickelt. Die kardiale MRT hat sich in der Ischämiediagnostik, bei der Abklärung einer linksventrikulären Hypertrophie oder verminderten Ejektionsfraktion zunehmend etabliert. Beides ging und geht mit umfangreicher klinischer Forschungstätigkeit einher. Weitere wichtige etablierte Standardindikationen sind Myokarditis, Vitalitätsdiagnostik, Aortenerkrankungen und angeborene Herzfehler.

Besondere Herausforderungen stellen sich im Bereich der personalisierten Onkologie, wo komplexe multidisziplinäre Diagnose- und Behandlungsverfahren zum Tragen kommen. Die moderne Bildgebung hilft, Patienten für klinische Studien optimal zu charakterisieren, und sie liefert andererseits neue Studienendpunkte, die es erlauben, Studien mit kleineren Patientenzahlen bei gleicher oder sogar größerer Aussagekraft zu konzipieren. In Anbetracht dieser Entwicklungen ist eine enge Verzahnung der klinischen Medizin und der biomedizinischen Forschung mit den modernen Schnittbildverfahren und nuklearmedizinischen Methoden eine Grundvoraussetzung für zukünftige Exzellenz.

Bildgebung und bildgebende Forschung in Europa

Die geschilderten Herausforderungen an die Bildgebung sind auch von forschungspolitischer Seite erkannt worden und haben in Europa mittlerweile zu einigen Aktivitäten geführt mit dem Ziel, die bildgebenden Infrastrukturen in optimaler Weise für Wissenschaftler zugänglich zu machen. So wurde von der Europäischen Union im Rahmen des 6. Forschungsrahmenprogramms im Jahre 2006 unter der Ägide der Europäischen Fachgesellschaften für Radiologie (ESR), MRT-Bildgebung (ESMRMB), Nuklearmedizin (EANM) und Gesundheits-IT (COCIR) das *European Institute for Biomedical Imaging Research* (EIBIR) gegründet. Es ist bei der Koordination EU-staatenübergreifender Forschungsprojekte im Bereich Bildgebung behilflich und organisiert auch eigene Forschungsprojekte im Rahmen der EU-Förderung, etwa das MITIGATE-Projekt, das die molekulare Bildgebung bei seltenen Tumorerkrankungen erforscht.

Zu nennen ist auch die Forschungsinfrastrukturinitiative *EURO-BioImaging*, die aus dem im Jahre 2002 von Vertretern der EU-Mitgliedsstaaten, der assoziierten Staaten und der EU-Kommission ins Leben gerufenen Strategieforum für Forschungsinfra-

strukturen (ESFRI) hervorgegangen ist. Es handelt sich um ein paneuropäisches Infrastrukturprojekt mit dem Ziel, bis zum Jahre 2017 eine exzellente Bildungsinfrastruktur in Europa zu etablieren, die Wissenschaftlern freien Zugang (*open access*) zu innovativen biologischen und medizinischen Bildungstechnologien gibt und auch entsprechende Ausbildungsmöglichkeiten bietet. Das Ziel ist ein europaweites Netzwerk von geographisch verteilten, aber eng miteinander vernetzten Einrichtungen (*Euro-BioImaging Nodes*).

1.3 Kriterien der Beurteilung zur Einschätzung der Forschung zur Bildung an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien

Der hier verfolgte Ansatz berücksichtigt die für die Messung und Bewertung von Forschungsleistungen gängigen Parameter (z.B. *impact*-Faktoren und Zitationshäufigkeiten) und die Einschätzung von *peers*.³ Der Wissenschaftsrat sucht in der Beurteilung der von den Medizinischen Universitäten vorgelegten Berichte und in der persönlichen Interaktion bei der Begehung quantitative und qualitative Ansätze in der Form eines *informed peer review*-Verfahrens stets miteinander zu verbinden. Neben den Maßen bisheriger Leistungen wurden insbesondere Aspekte, die für die Einschätzung der Zukunftsfähigkeit klinischer Forschungsstrukturen von großer Relevanz sind (horizontale und vertikale Vernetzung, lokale nationale und internationale Kooperationen), eingehend abgefragt und kritisch gewürdigt.

Somit ergaben sich folgende Kriterien für die Beurteilung:

- Die Qualität wissenschaftlicher Leistung gemessen an der Anzahl von Publikationen, an *impact*-Faktoren, Zitationshäufigkeiten, H-Faktoren von führenden Wissenschaftlern, translationalem Erfolg bzw. der Integration von Wissenschaft und Klinik sowie an erfolgreichen Drittmittelanträgen.
- Der erfolgreiche lokale Aufbau vertikal integrierender (interdisziplinärer) Forschungsstrukturen (z.B. Einbindung von Grundlagenforschung in klinische Forschung, Verknüpfung mit technologieorientierter Forschung).
- Der erfolgreiche Aufbau von patientenorientierten integrierenden klinischen Versorgungsstrukturen.

³ Vgl. die Empfehlung des Österreichischen Wissenschaftsrates dazu: Die Vermessung der Wissenschaft. Messung und Beurteilung von Qualität in der Forschung, Wien 2014.

- Der erfolgreiche Aufbau horizontaler Vernetzung auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene.

Dabei ist angesichts der zunehmend größeren Ressourcen, die für eine bestimmte Forschung nötig sind, für einzelne Standorte eine Fokussierung auf wenige Schwerpunkte mit dem Anspruch einer internationalen Führungsrolle notwendig. Im Gegensatz zu reinen Forschungsinstitutionen ergibt sich aus dem klinischen Versorgungsauftrag der Maximalversorgung für ein Spektrum von Erkrankungen notwendigerweise eine gewisse Breite. Universitätskliniken müssen Experten hierfür ‚bereithalten‘, wobei die damit verbundenen wissenschaftlichen Aktivitäten enger eingegrenzt werden und auf die Einbindung in und auf den Nutzen von nationalen/internationalen Netzwerken bauen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass jeder Standort aufgrund seiner Geschichte gewissermaßen ‚eigenen Gesetzen‘ folgt und eine optimale Lösung für einen Standort X ganz anders aussehen kann als die optimale Lösung für einen Standort Y.

Deswegen werden in den folgenden Erörterungen direkte Vergleiche der Standorte in der Regel vermieden; vielmehr geht es darum, für jeden Standort durch eine Stärken-/Schwächenanalyse unter Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten angepasste Einschätzungen und Empfehlungen zu geben. Letztlich sollte auch der *status quo* der Forschung und, soweit möglich, zur Lehre zur Bildgebung in Österreich zu einem einheitlichen Bild – als Grundlage für weitere strategische Planungen – führen.

1.4 Besonderheiten bei der gutachterlichen Bewertung eines Querschnittsfachs

Es soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass die Begutachtung eines Querschnittsfachs wie der Bildgebung mit gewissen Schwierigkeiten behaftet ist, die bei Gutachten, die eng definierte Forschungssegmente (Herz-Kreislaufkrankungen, Neurowissenschaften, Krebsforschung) in den Blick nehmen, weniger ausgeprägt sind. Dabei ist die oben erwähnte notwendige Interdisziplinarität der bildgebenden Forschung zu berücksichtigen und organisatorisch abzubilden. Zum einen müssen die radiologischen/nuklearmedizinischen Disziplinen nach innen so aufgestellt sein, dass eigene, radiologisch/nuklearmedizinisch getriebene Forschung möglich wird. Zum anderen muss für alle medizinischen Disziplinen mit bildgebendem For-

schungsanspruch der Zugang zur bildgebenden Infrastruktur gewährleistet sein. Im letzteren Falle besteht der Forschungsbeitrag der Radiologie/Nuklearmedizin darin, die geeigneten radiologischen Methoden auszuwählen oder gegebenenfalls zu entwickeln, in der Qualitätssicherung und in der Bereitstellung der Geräte, der Methodenkompetenz und des Personals.

Dies hat zur Folge, dass Aussagen über Forschungsbudgets für die bildgebende Forschung nicht einfach darstellbar sind, da sie aus Budgetmitteln unterschiedlicher Abteilungen, Kliniken und Institute gespeist werden. Gleichmaßen ist der wissenschaftliche *output* schwerer zu beurteilen, weil er sich ebenso über unterschiedliche Disziplinen und Fachrichtungen verteilt.

Was beurteilbar ist, ist die Forschungsleistung der primär bildgebenden Disziplinen, also der Radiologie und der Nuklearmedizin. Ebenfalls beurteilbar sind die Strukturen, mit denen die in diesen Abteilungen/Kliniken vorgehaltene bildgebende Infrastruktur Wissenschaftlern anderer Disziplinen zugänglich oder nicht zugänglich gemacht wird.

2. Einschätzung der Forschung in der biomedizinischen Bildgebung an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien

Die Ausführungen zu den drei Standorten gliedern sich wie folgt:

1. Darstellung der wissenschaftlichen Schwerpunkte und der wissenschaftlichen Leistungen sowie forschungsrelevanter Faktoren wie Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanzierung/Mittelzuteilung und Nachwuchsförderung.
2. Zusammenfassende Einschätzung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken.
3. Empfehlungen.

Im abschließenden Kapitel 3 wird eine gesamtösterreichische Sichtweise eingenommen. Dort werden Empfehlungen formuliert, die standortübergreifende Relevanz besitzen.

2.1 Medizinische Universität Graz (MUG)

2.1.1 Bildgebende Forschung

Die MUG hat für die biomedizinische Forschung vier dominante Forschungsfelder definiert:

- Lipidassoziierte Erkrankungen,
- kardiovaskuläre Erkrankungen,
- Neurowissenschaften,
- Krebsforschung.

Die Bildgebung ist an der MUG kein eigener Forschungsschwerpunkt. Entsprechend steht neben der wissenschaftlichen Eigenleistung der Universitätsklinik für Radiologie die Frage im Vordergrund, inwieweit die Forschung zur Bildgebung in den vier Forschungsfeldern der MUG wirkungsvoll unterstützt wird.

Unmittelbar beteiligt an der bildgebenden Forschung sind folgende Kliniken, Abteilungen und Einrichtungen:

- Universitätsklinik für Radiologie,
- Klinische Abteilung für Allgemeine Radiologische Diagnostik,
- Klinische Abteilung für Kinderradiologie,
- Klinische Abteilung für Neuroradiologie,
- Klinische Abteilung für Vaskuläre und Interventionelle Radiologie,
- Klinische Abteilung für Nuklearmedizin,
- Core Facility Preclinical Imaging,
- Institut für Anatomie.

Die bildgebende Forschung in Graz ist vor allem klinisch ausgerichtet und wird in erster Linie von jenen Forschungsgruppen vorangetrieben, die in den als Schwerpunkten definierten Forschungsfeldern engagiert sind. Dies betrifft insbesondere den Forschungsschwerpunkt Neurowissenschaften; das Thema *Neuroimaging* ist ein zentrales Forschungsthema.⁴ Auch die drei anderen Forschungsschwerpunkte sind im Bereich Bildgebung aktiv, wenn auch in deutlich geringerem Umfang. Hinzu kommen die Forschungsaktivitäten an dem an der MUG angesiedelten Ludwig Boltzmann Institut für Klinisch-Forensische Bildgebung, außerdem mehrere Forschungsprojekte zur Bildgebung, die von den präklinischen Instituten vorangetrieben werden.

Die Universitätsklinik für Radiologie selbst stellt hingegen den Versorgungsauftrag und die Lehrverpflichtungen in den Vordergrund. Die klinische Abteilung für Nuklearmedizin ist ebenfalls primär auf Versorgung und Lehre ausgerichtet. Seitens des Rektorats der MUG wird die Leistung der Radiologie/Nuklearmedizin in der Lehre hervorgehoben; es handle sich um eines der attraktivsten Lehrangebote im Grundstudium.

Um die Translation von biomedizinischer Forschung in kommerzielle Produkte zu fördern, wurde am 1. Mai 2014 das Zentrum für Wissens- und Technologie-Transfer in der Medizin (ZWT) in Betrieb genommen. Es bietet Labor- und Büroflächen sowie Infrastruktur für kommerziell ausgerichtete Institute der MUG, für die Ansiedelung von

⁴ Vgl. dazu die Empfehlungen des Österreichischen Wissenschaftsrates: Klinische Neurowissenschaften an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien. Bestandaufnahme und Empfehlung, Wien 2012.

Unternehmen und für *spin offs* der Universitäten im Bereich *life sciences* und ist in die räumliche Struktur des Universitätscampus integriert.

Radiologische Versorgung an der MUG

Das LKH-Univ. Klinikum Graz versorgt in rund 1.500 Betten 83.000 stationäre und 1,2 Mio. ambulante Patienten pro Jahr. Das entspricht etwa 40 bis 50 Prozent aller Leistungen, die der Krankenhausträger KAGes erbringt.

Anders als an den beiden anderen Medizinischen Universitäten in Innsbruck und Wien verfügt die Klinische Abteilung für Nuklearmedizin am Standort Graz über keine eigenen Betten. Im Bereich Nuklearmedizin hat die MUG einen Zentralversorgungsauftrag und damit eine starke Belastung durch klinische Routinearbeit.

Etwa die Hälfte der in Vollzeit angestellten Mitarbeiter ist an der Universität angestellt und demnach zur Forschung beauftragt. Nach Auskunft der Leitung der Universitätsklinik für Radiologie lasse die Versorgungssituation Forschungsaktivitäten allerdings nur in den Nachmittagsstunden nach Dienstschluss zu.

Insgesamt berichtet die Universitätsklinik für Radiologie über deutlich gestiegene Anforderungen in der Patientenversorgung, nicht zuletzt durch die zunehmende Zahl an Tumorboards und interdisziplinären Fallbesprechungen. Dem dadurch erhöhten Personalbedarf sei bisher nicht Rechnung getragen worden.⁵

2.1.1.1 Wissenschaftliche Schwerpunkte

Präklinische/zelluläre Bildgebung

Die präklinische/zelluläre Bildgebung gehört zu den Stärken der MUG. Sie ist vor allem an CF-PCI angesiedelt und umfasst in erster Linie MicroCT, MicroUltraschall und fluoreszenzbasiertes *in vivo Imaging*. Zu den inhaltlichen Schwerpunkten zählt hier die Knochenstrukturanalyse⁶ bzw. die Analyse bioresorbierbarer Implantate sowie die Analyse von Zähnen, arthritischen Gelenken und osteoporotischen Knochen. Im kardiovaskulären Bereich sind die Bildgebung im Zusammenhang mit der Atherosklero-

⁵ Details zu den Leistungszahlen können den Tabellen am Ende des Kapitels zur MUG entnommen werden.

⁶ S. F. Fischerauer/T. Kraus/X. Wu/S. Tangl/E. Sorantin/A. C. Hänzi/J. F. Löffler/P. J. Uggowitzer/A. M. Weinberg, In Vivo Degradation Performance of Micro-Arc-Oxidized Magnesium Implants. A Micro-CT Study in Rats, Acta Biomater 9 (2013), Nr. 2, 5411-5420.

seforschung sowie die bildliche Darstellung der Calcium-Signaltransduktion⁷ zu nennen. Im Bereich Tumorforschung werden unter anderem Methoden der optischen Bildgebung für Tumorgenizitätstudien sowie für Studien zur Angiogenese eingesetzt. MikroUltraschall-Technologien dienen unter anderem der kardiovaskulären Blutflussbestimmung, der Plaquevolumenmessung und der Tumolvolumenbestimmung. Die folgenden Graphiken (Abb. 1) illustrieren, dass insbesondere das MicroCT-System eine hohe Auslastung aufweist und die Projektentwicklung seit 2009 zumindest stabil ist.

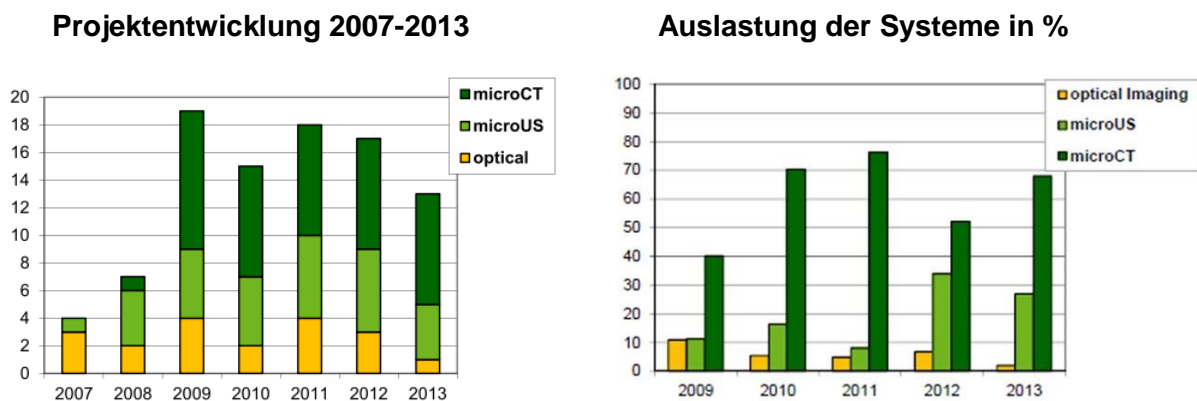


Abb. 1: Die Projektentwicklung der präklinischen/zellulären Bildgebung. Quelle: MUG, 2014.

Anatomische Rekonstruktion

Mit 26 Publikationen in den Jahren 2009-2013 leistet das Institut für Anatomie einen der wichtigsten präklinischen Beiträge zur Bildgebungsforschung an der MUG. Fokussiert wird hier unter anderem auf die Darstellung der Vaskularisierung sowie auf prädiktive Rekonstruktion im Rahmen der ästhetischen Chirurgie sowie auf die Darstellung der Ausbreitung von Kontrastmitteln in der Lendenwirbelsäule in Kooperation mit der Anästhesie.

⁷ S. Ljubojevic/S. Radulovic/G. Leitinger/B. Pieske, Early Remodelling of Perinuclear Ca²⁺ Stores and Nucleoplasmic Ca²⁺ Signalling During the Development of Hypertrophy and Heart Failure, *Circulation*, 13. Juni 2014 (online).

Neuroimaging

Die MUG verfügt in der Bildgebung kleiner Schlaganfälle über einen exzellenten klinisch-wissenschaftlichen Schwerpunkt mit internationaler Ausstrahlung.⁸ Sie sind weitaus häufiger als ‚große‘ Infarkte und spielen eine zentrale Rolle in der Entstehung verschiedener Demenzformen. Die Grazer Gruppe ist bei der Erforschung der Pathophysiologie kleiner Hirninfarkte eine der weltweit führenden Gruppen, internationale Beteiligungen, teils in federführender Rolle, bestehen zu Schlaganfall, MS, Demenz und Altern. Entsprechend ist die Bildgebung in der Neurogeriatrie ein klarer Forschungsschwerpunkt, der zahlreiche Publikationen mit teils hohen *impact*-Faktoren hervorbringt.^{9, 10, 11, 12}

Der MRT-Bildgebung kleiner Läsionen kommt auch im Zusammenhang mit der Multiple Sklerose-Forschung eine große Bedeutung zu. Auch bei dieser Erkrankung wird in Graz der Forschungsfokus auf das *Neuroimaging* gelegt.^{13, 14} Angesichts der ebenfalls relevanten MS-Forschungsaktivitäten an den anderen Medizinischen Universitäten hatte der Wissenschaftsrat hier in der Vergangenheit österreichweite Kooperationsprojekte angeregt; mittlerweile sind die Projekte *Neuroimage WING* und *BIG-WIG MS* auf dem Wege.

An der Universitätsklinik für Neurologie setzen speziell die Forschungseinheit für Bildgebende Neurologische Forschung und die Forschungseinheit für Neuronale

⁸ Im Detail beschrieben in: Österreichischer Wissenschaftsrat, Klinische Neurowissenschaften an den Medizinischen Universitäten in Graz, Innsbruck und Wien. Bestandsaufnahme und Empfehlung, Wien 2012.

⁹ P. Linortner/M. Jehna/H. Johansen-Berg/P. M. Matthews/R. Schmidt/F. Fazekas/C. Enzinger, Aging Associated Changes in the Motor Control of Ankle Movements in the Brain, *Neurobiology of Aging* 35 (2014), Nr. 10, 2222-2229.

¹⁰ M. Duering/B. Gesierich/S. Seiler/L. Pirpamer/M. Gonik/E. Hofer/E. Jouvent/E. Duchesnay/M. Dichgans, Strategic White Matter Tracts for Processing Speed Deficits in Age-Related Small Vessel Disease, *Neurology* 82 (2014), Nr. 22, 1946-1950.

¹¹ M. Duering/E. Csanadi/B. Gesierich/E. Jouvent/D. Hervé/S. Seiler/B. Belaroussi/S. Ropele/R. Schmidt/H. Chabriat/M. Dichgans, Incident Lacunes Preferentially Localize to the Edge of White Matter Hyperintensities. Insights into the Pathophysiology of Cerebral Small Vessel Disease, *Brain* 136 (2013), Pt. 9, 2717-2726.

¹² F. Fazekas/C. Enzinger/R. Schmidt/M. Dichgans/B. Gaertner/G. J. Jungehulsing/M. G. Hennerici/A. Rolfs, MRI in Acute Cerebral Ischemia of the Young. The Stroke in Young Fabry Patients (sifap1) Study, *Neurology* 81 (2013), Nr. 22, 1914-1921.

¹³ D. Pinter/J. Sumowski/J. DeLuca/F. Fazekas/A. Pichler/M. Khalil/C. Langkammer/S. Fuchs/C. Enzinger, Higher Education Moderates the Effect of T2 Lesion Load and Third Ventricle Width on Cognition in Multiple Sclerosis, *PLoS One* 9 (2014), Nr. 1, e87567-e87567.

¹⁴ S. Ropele/I. D. Kilsdonk/M. P. Wattjes/C. Langkammer/F. Barkhof/F. Fazekas, Determinants of Iron Accumulation in Deep Grey Matter of Multiple Sclerosis Patients, *Multiple Sclerosis*, 30. April 2014 (online).

Plastizität und Reparatur bildgebende Verfahren an Großgeräten ein. In der Forschungseinheit für Bildgebende Neurologische Forschung gibt es vor allem über das Forschungs-MRT der MUG Schnittstellen zu anderen Abteilungen, wie der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie.

Insgesamt ist der wissenschaftliche *output* der MUG im Bereich *Neuroimaging* beachtlich. Den hohen Stellenwert der neurowissenschaftlichen Bildgebung im Kontext der Forschung zur Bildgebung an der MUG macht auch die folgende, von der MUG erstellte Tabelle deutlich, bei der (nicht selektierte) Publikationen zur Bildgebung aus den Jahren 2009-2013 den jeweiligen Kliniken bzw. Abteilungen zugeordnet werden. Die Universitätsklinik für Neurologie und die Klinische Abteilung für Neuroradiologie sind hier die bei weitem stärksten Kontributoren.

EINHEIT	N_PUB	N_PUB_BILD	Prozent
Institut für Anatomie	58	26	45
Klinische Abteilung für Angiologie	65	22	34
Klinische Abteilung für Kardiologie	167	43	26
Klinische Abteilung für pädiatrische Kardiologie	61	19	31
Universitätsklinik für Neurologie	276	151	55
Universitätsklinik für Neurochirurgie	52	24	46
Universitätsklinik für Chirurgie	312	45	14
Universitätsklinik für Radiologie (ohne Abtl. -zuordnung)	51	49	96
Klinische Abteilung für allgemeine radiologische Diagnostik	53	50	94
Klinische Abteilung für vaskuläre und interventionelle Radiologie	23	23	100
Klinische Abteilung für Kinderradiologie	61	59	97
Klinische Abteilung für Nuklearmedizin	18	17	94
Klinische Abteilung für Neuroradiologie	95	94	99
Universitätsklinik für Strahlentherapie-Radioonkologie	36	17	47
LBI für Klinisch-Forensische Bildgebung	12	12	100

N_PUB: Anzahl Publikationen (Web of Science/Pubmed) gelistet; N_PUB_BILD: davon bildgebungs-relevante Publikationen

Tab. 1: Prozentsatz der Bildgebungspublikationen (2009-2013 mit Affiliation der jeweiligen Einheit).
Quelle: MUG, 2014.

Kardiovaskuläre Bildgebung

An der Klinischen Abteilung für Kardiologie der MUG wurde die Echokardiographie als ein interner Forschungsschwerpunkt mit internationaler Sichtbarkeit etabliert.¹⁵ Mit 43 Publikationen zur Bildgebung in den Jahren 2009-2013 steuert die Klinische

¹⁵ Im Detail beschrieben in: Österreichischer Wissenschaftsrat, Herz- und Kreislauferkrankungen. Forschung, Lehre und Krankenversorgung an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien. Status Quo und Empfehlungen, Wien 2013.

Abteilung für Kardiologie ähnlich viele Publikationen zur Bildgebung bei, wie die Universitätsklinik für Radiologie (ohne Abteilungszuordnung).

Kinderradiologie

Teile der bildgebenden Forschung in der Kinderradiologie gehören zum Forschungsfeld „Kardiovaskuläre Forschung“ der MUG bzw. sind Teil der Forschungsbemühungen zum Generalthema „Nachhaltige Gesundheitsforschung“. Zu den Schwerpunkten zählen hier die kardiale MRT und die kardiale CT speziell bei Erwachsenen mit angeborenen Herzfehlern. Besonderes Augenmerk liegt auf Themen wie der Vitalitätsbeurteilung des Myokards, der Erfassung einer pulmonalen Hypertonie mit 4D-Flussuntersuchungen, der gadoliniumfreien Darstellung von Narben im rechten Ventrikel sowie auf medikamentenfreien Stressuntersuchungen, unter anderem mit Hilfe der Phosphatspektroskopie. Im Kontext der Echokardiographie besonders zu erwähnen ist die pädiatrische Kardiologie, die seit Jahren kontinuierlich publiziert und unter anderem mehrere große Studien zur Etablierung von Referenzwerten verantwortet hat.^{16, 17, 18}

Klinisch-Forensische Bildgebung

Über das LBI-CFI ist die klinisch-forensische Bildgebung eines der wissenschaftlichen Aushängeschilder der Forschung zur Bildgebung in Graz. Auf diesem Gebiet wurde in den letzten Jahren eine Reihe von Veröffentlichungen mit hoher internationaler Sichtbarkeit publiziert.

¹⁶ M. Koestenberger/W. Ravekes/B. Nagel/A. Avian/B. Heinzl/G. Cvirn/P. Fritsch/A. Fandl/T. Rehak/A. Gamillscheg, Reference Values of the Right Ventricular Outflow Tract Systolic Excursion in 711 Healthy Children and Calculation of Z-Score Values, *European Heart Journal of Cardiovascular Imaging*, 23. März 2014 (online).

¹⁷ M. Koestenberger/A. Avian/W. Ravekes, Reference Values of the Right Ventricular Outflow Tract (RVOT) Proximal Diameter in 665 Healthy Children and Calculation of Z-Score Values, *International Journal of Cardiology* 169 (2013), Nr. 6, e99-101.

¹⁸ M. Koestenberger/B. Nagel/W. Ravekes/A. Gamillscheg/G. Pichler/A. Avian/B. Heinzl/C. Binder/G. Cvirn/B. Urlesberger, Right Ventricular Performance in Preterm and Term Neonates. Reference Values of the Tricuspid Annular Peak Systolic Velocity Measured by Tissue Doppler Imaging, *Neonatology* 103 (2013), Nr. 4, 281-286.

2.1.1.2 Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanzierung/Mittelzuweisung, Ausbildung

Governance

Als erste der drei Medizinischen Universitäten hat die MUG bereits im Jahre 2008 mit dem Krankenhausträger (KAGes) einen Kooperationsvertrag abgeschlossen, der ein finanziell und organisatorisch transparentes Miteinander ermöglicht. Es existiert eine gemeinsame Klinikleitung, in der finanzielle Entscheidungen wie die Verteilung des KMA über Jahre im Voraus gemeinschaftlich abgesprochen werden. Insgesamt herrscht zwischen Universität und Klinikträger ein auch bei der Vor-Ort-Begehung spürbarer kooperativer Geist.

Die Führung der Universitätsklinik für Radiologie bzw. der Klinischen Abteilung für Nuklearmedizin hat die Einrichtungen stark auf Versorgung und Lehre ausgerichtet. Die Forschung tritt demgegenüber in den Hintergrund. Sie wird vor allem von jenen Wissenschaftlern vorangetrieben, die in den einzelnen Forschungsschwerpunkten der MUG tätig sind. Es existiert keine übergeordnete Vision oder strategische Planung für die Forschung im Bereich Bildgebung.

Infrastruktur

Die infrastrukturelle Ausstattung der MUG im Bereich Bildgebung ist überwiegend gut. Die Universitätsklinik hat Zugriff auf 6 MRT-Geräte, darunter ein reines Forschungsgerät (3T), ein rein kinderradiologisches MRT (1,5T) und ein intraoperativ eingesetztes Hybrid-Gerät. Es gibt 4 CT-Anlagen, 2 weitere Planungs-CTs in der Strahlentherapie sowie ein MicroCT.

Die Nuklearmedizin verfügt über 2 PET/CT-Geräte und 5 SPECT-Systeme, davon 2 SPECT/CT. Für interventionelle Eingriffe gibt es 7 Angiographiesysteme. Das Zyklotron ist nach Angaben der Abteilungsleitung stark veraltet.

Aus Sicht der bildgebenden Forschung ist die *core facility* Präklinische Bildgebung (CF-PCI) eine der zentralen Infrastruktureinrichtungen an der MUG. Sie verfügt über 1,5 Vollzeitäquivalente mit Aufgaben im Bereich Projektberatung/Projektdurchführung und Wartung. Die CF-PCI verfügt über ein optisches System (Maestro von CRi), einen MicroUltraschall sowie ein MicroCT. Für die Großtierbildgebung stehen ein hu-

manes CT und ein 3T-MRT zur Verfügung; diese Geräte können auch klinisch genutzt werden. In Kooperation mit der TU Graz und der Karl-Franzens-Universität Graz besteht zudem Zugriff auf ein Forschungs-MRT mit eigener Kleintierspule im Rahmen des BioTechMed-Graz Clusters (siehe unten).

Mittelfristig ist geplant, die CF-PCI zu einem vollwertigen *Small Animal Imaging Lab* auszubauen. Dies würde eine Erweiterung des MicroCT in Richtung PET und SPECT bzw. PET/MR mit angeschlossener Radiochemie und Zyklotron beinhalten. Die Erweiterung steht derzeit allerdings nicht als konkrete Baumaßnahme an.

Zugriff auf ein 7T-MRT soll es in Zukunft über den BioTechMed-Cluster geben. Zum Zeitpunkt der Gespräche¹⁹ war an der Karl-Franzens-Universität Graz die Anschaffung eines entsprechenden Gerätes, das auch die MR-Spektroskopie erlaubt, geplant.

Zwei aktuelle Bauprojekte an der MUG werden die infrastrukturelle Situation weiter verbessern. Der MedCampus zielt darauf ab, alle vorklinischen Institute und Verwaltungsabteilungen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Universitätsklinikum an einem Ort zu vereinen. Vorgesehen sind 80.000 m² Geschossfläche; das erste von zwei Modulen soll Ende 2016 fertiggestellt sein. Dabei ist vorgesehen, einen Großteil der Labor- und Bürofläche flexibel nach Bedarf und abhängig von der Drittmiteleinwerbung zu vergeben.

Mit dem Bauprojekt LKH 2020, das im Jahr 2012 startete, werden diverse klinische Abteilungen des Universitätsklinikums, darunter die Radiologie, neu errichtet und/oder renoviert (siehe: Finanzierung/Mittelzuweisung).

Forschungsintegration/Kooperationen

Die bildgebende Forschung der MUG ist am Standort Graz in mehrere Kooperationsprojekte mit anderen Universitäten bzw. außeruniversitären Einrichtungen eingebunden.

Die Kooperationsplattform BioTechMed-Graz (BTM): diese ist eine Initiative zur Kooperation und Vernetzung der Karl-Franzens-Universität, der Medizinischen Universität und der Technischen Universität an der Schnittstelle Grundlagenforschung, Technologieentwicklung und medizinische Anwendung. Schnittstellen zum Thema Bildge-

¹⁹ Im Juni 2014.

bung ergeben sich vor allem im Bereich Neurowissenschaften, wo im Rahmen eines Hochschulraumstrukturmittel-Projekts *Neuroimaging* Mittel eingeworben wurden, die unter anderem zur Aufrüstung des bestehenden Forschungs-MRT an der MUG genutzt werden.

Das Hochfeld-MRT: Im Bereich der 7-T-MRT besteht eine Kooperation mit der MUW, die insbesondere im Zusammenhang mit dem MUG-Forschungsfokus der Bildgebung kleiner Infarkte wichtig und begrüßenswert ist. Der Österreichische Wissenschaftsrat hatte in seinen Empfehlungen zu den Neurowissenschaften angeregt, über die Anschaffung eines Grazer 7T-MRTs nachzudenken, ohne dabei die existierende Kooperation mit der MUW aufzugeben.

Das Ludwig Boltzmann Institut Klinisch-Forensische Bildgebung (LBI CFI): Im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten des LBI CFI steht die gerichtsmedizinische Untersuchung mit einer objektiven Erfassung äußerer und innerer Verletzungsbefunde von Personen, die Opfer einer Gewalttat oder eines Unfalls wurden. Neben der MUG sind das Unternehmen Siemens, strafrechtliche und kriminologische Institute der KFU sowie das Oberlandesgericht Graz beteiligt. Infrastrukturell besteht eine enge Verzahnung mit der Universitätsklinik für Radiologie: das LBI CFI nutzt vorhandene Geräte der Klinik sowie das Forschungs-MRT der MUG.

Das *Comprehensive Cancer Center* (CCC): Auf Empfehlung des Österreichischen Wissenschaftsrates²⁰ wurde in Graz ein CCC eingerichtet, in dem alle Kliniken, Abteilungen und Institute, die sich mit der Diagnose und Therapie von Krebspatienten befassen, kooperieren. Dies beinhaltet auch Forschungsprojekte im Rahmen des MUG-Forschungsschwerpunkts Krebsforschung mit Bezug zur Bildgebung.

Kooperationsprojekte mit Bildgebungskomponente, die über den Standort Graz hinausreichen, gibt es in erster Linie innerhalb des Forschungsfelds Neurowissenschaften.²¹ So wird derzeit zwischen MUG, MUI und MUW die gemeinsame *Imaging-Plattform Neuroimage WING* implementiert. Sie zielt auf die prospektive Akquisition klinischer und bildgebender Daten zu unterschiedlichen Forschungsfragen sowie den Austausch von *know-how* in Bezug auf Datenauswertung. Eng verzahnt mit *Neu-*

²⁰ Vgl. Österreichischer Wissenschaftsrat, Empfehlungen zur Onkologie an den Medizinischen Universitäten Innsbruck, Wien und Graz, Wien 2009.

²¹ Diese gehen zum Teil auf die Empfehlungen des Österreichischen Wissenschaftsrates zu den Klinischen Neurowissenschaften an den Medizinischen Universitäten Graz, Innsbruck und Wien. Bestandaufnahme und Empfehlung, Wien 2012, zurück.

roimage WING ist das BIG-WIG MS-Projekt, an dem ebenfalls alle drei Medizinischen Universitäten beteiligt sind. Hier geht es um die Zusammenführung klinischer, laborchemischer und bildgebender Daten von MS-Patienten zu einem einheitlichen und umfassenden Datensatz.

Finanzierung/Mittelzuweisung/Drittmittel

Die MUG verfügte im Jahre 2013 über ein Globalbudget (Grundbudget plus Hochschulraumstrukturmittel) von rund 109,5 Millionen Euro. Dazu kamen 67,5 Millionen Euro KMA und 7 Millionen Euro für Geräte.

Bei der Anschaffung der klinischen Großgeräte im Bereich Bildgebung kommt es in Graz zu einer Verteilung der Kosten von 60 zu 40 zwischen KAGes und MUG, wobei die Wartungskosten und sonstige laufende Kosten komplett von der KAGes übernommen werden. Die klinischen Geräte stehen zwischen 7.00 und 15.00 Uhr exklusiv für die klinische Versorgung zur Verfügung. Außerhalb dieses Zeitraums sind 2 CT-Geräte, 1 MRT-Gerät und 1 Angiographiesystem auf 24/7-Basis verfügbar.

Anders sind die Regelungen lediglich beim 3T-Forschungs-MRT der MUG, das organisatorisch an der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie angesiedelt ist. Hier werden fix vereinbarte Forschungszeiten ausgewiesen (Abb. 2). Bereits in seinem Gutachten zu den Neurowissenschaften aus dem Jahre 2012 hat der Wissenschaftsrat die Zuordnung von Messzeiten am Forschungs-MRT – gerade im Kontrast zu den fehlenden Regelungen an den klinischen Geräten – als eine gute Lösung hervorgehoben.

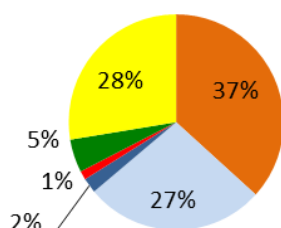
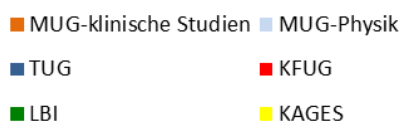


Abb. 2: Darstellung der Messzeiten am Forschungs-MR (TRIO) 2013. Quelle: MUG, 2014.

An leistungsorientierten Mitteln (LOM) standen den bildgebenden Einheiten im Jahre 2013 laut MUG-Angaben in Summe 157.171 Euro zur Verfügung, die sich bei den nicht rein bildgebenden Einheiten (Anatomie, Kardiologie, Neurologie etc.) nicht spezifisch auf bildgebende bzw. nicht bildgebende Mittel aufteilen lassen. Die Universitätsklinik für Radiologie verfügte 2013 über 20.352 Euro an LOM.²²

Was die Drittmiteleinwerbung und dabei speziell den Anteil der Forschungsförderung (EU, FWF, FFG, OeNB etc.) angeht, zeigen sich zwischen den Einrichtungen erhebliche Unterschiede. So sind die Einnahmen aus kompetitiv eingeworbenen Drittmitteln im Bereich der radiologischen Fächer gering. Demgegenüber generieren die neurologischen und kardiovaskulären Fächer Drittmiteleinahmen in relevantem Umfang. Eine Ausnahme bei den bildgebenden Fächern ist die Klinische Abteilung für Neuroradiologie, die zwischen 2009 und 2013 auf 83.181 Euro Drittmittel und eine ‚unabhängige‘ Förderquote von 26,6 Prozent kommt.

Einheit	Drittmittelerlöse 2009-2013 (€)		
	Gesamt	Fofö*	% Fofö*
Universitätsklinik für Radiologie (gemeinsamer Bereich)	115.303,19	0	0,0
Klinische Abteilung für Allgemeine Radiologische Diagnostik	132.516,68	6.970	5,3
Klinische Abteilung für Kinderradiologie	209.742,85	0	0,0
Klinische Abteilung für Neuroradiologie	83.181,70	22.094,24	26,6
Klinische Abteilung für Vaskuläre und Interventionelle Radiologie	45.723,81	0	0,0
Klinische Abteilung für Nuklearmedizin	33.235,53	28.968,90	87,2
Universitätsklinik für Neurologie	2.310.233,60	920.355,34	39,8
Universitätsklinik für Neurochirurgie	963.915,52	696.628,61	72,3
Universitätsklinik für Strahlenther.-Radioonkologie	241.772,31	59.767,8	24,7
Klinische Abteilung für Pädiatrische Kardiologie	19.955,10	0	0,0
Universitätsklinik für Chirurgie	2.361.232,14	1.210.737,54	51,3
Klinische Abteilung für Kardiologie	2.983.542,10	1.319.784,02	44,2
Klinische Abteilung für Angiologie	1.645.569,32	108.204,59	6,6
Institut für Anatomie	679.604,03	0	0,0
Med Uni Graz Gesamt	201.772.322	32.688.666	16,2

*FoFö: Forschungsförderung (bspw. EU, FWF, FFG, OeNB, ...) mit peer review

Tab. 2: Die Tabelle zeigt die Drittmittelerlöse je Einheit (bzw. MUG gesamt) für den Zeitraum 2009 bis 2013. Quelle: MUG, 2014.

Die Drittmittelbeträge in den radiologischen Fächern deuten bereits darauf hin, dass Forschungsstellen für Wissenschaftler oder wissenschaftliche Mitarbeiter in der Radiologie der MUG so nicht finanziert werden können. Weder die Universitätsklinik für

²² MUG, 2014.

Radiologie noch die Klinische Abteilung für Neuroradiologie verfügen über Ärzte oder Wissenschaftler/nicht ärztliche Mitarbeiter auf Drittmittelstellen. Nur an der Universitätsklinik für Neurologie sind zwei Wissenschaftler drittmittelfinanziert und mit Aufgaben in der Bildgebung angestellt.

Ausbildung

In den Doktoratsstudien der MUG gibt es keine speziellen Kollegs oder Doctoral Schools zum Thema Bildgebung. Es besteht allerdings die Möglichkeit, mit Bildgebungsthemen in einer der bestehenden Doctoral Schools zu dissertieren, insbesondere in den neurowissenschaftlichen, kardiovaskulären und onkologischen Forschungsschwerpunkten. Aus einzelnen Einrichtungen, namentlich dem LBI-CFI, wird der Wunsch nach bildgebungsspezifischen Doktoratsprogrammen geäußert und vorgeschlagen, diese in das BioMedTech-Graz Cluster zu integrieren. Dies wird derzeit jedoch seitens der MUG nicht weiter verfolgt.

Karriereoptionen für Wissenschaftler im Bereich bildgebende Forschung sind innerhalb der MUG begrenzt. Von den radiologischen bzw. nuklearmedizinischen Abteilungen verfügt lediglich die Klinische Abteilung für Neuroradiologie über derzeit zwei Laufbahnstellen. Weitere drei Laufbahnstellen mit Bezug zur Bildgebung werden von der Universitätsklinik für Neurologie angegeben.

2.1.2 Zusammenfassende Einschätzung

Im Profil der MUG gilt die Bildgebung nicht als eigenständiger Forschungsschwerpunkt. Forschung im Bereich Bildgebung findet an der MUG nicht oder nur sehr begrenzt unter radiologischer Führung statt; sie ist mit den wissenschaftlichen Schwerpunkten der MUG, z.B. den Neurowissenschaften, den kardiovaskulären Erkrankungen und der Krebsforschung, verknüpft.

Einen sichtbaren Schwerpunkt der bildgebenden Forschung in Graz bilden die Neurowissenschaften. Hier kommen wesentliche Teile des Engagements aus der Neurologie, die in Kooperation und teilweise personeller Überschneidung mit der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie – der stellvertretende Abteilungsleiter der Klinischen Abteilung für Allgemeine Neurologie ist gleichzeitig Mitarbeiter der Klinischen Abteilung für Neuroradiologie – für etwa die Hälfte aller wissenschaftlichen Publikationen

mit Bildgebungsbezug an der MUG verantwortlich zeichnet. Auch in den Klinischen Abteilungen für Kinderradiologie und Kardiologie findet eine relevante Zahl an eigen-initiierten wissenschaftlichen Projekten mit internationaler Sichtbarkeit statt.

Die Fokussierung der allgemeinen Radiologie an der MUG auf Patientenversorgung und Lehre sowie die Verknüpfung der Forschung zur Bildgebung mit den wissenschaftlichen Schwerpunkten der MUG stellen eine prinzipiell nachvollziehbare Entscheidung dar. In diesem Modell muss allerdings gewährleistet sein, dass die Radiologie im Sinne der vom Wissenschaftsrat mehrfach angeregten *Imaging Center* einen optimalen Zugang zu den bildgebenden Verfahren und zu dem dafür jeweils erforderlichen Personal sicherstellt. Dies gelingt bereits bei der Nutzung des 3T-Forschungs-MRT durch die Zuteilung fixer Forschungszeiten an die beteiligten Institutionen und im Bereich der als *core facility* organisierten präklinischen/zellulären Bildgebung. Der Zugang für Forschungszwecke zu den stärker klinisch eingesetzten Geräten sollte ebenfalls geregelt werden. Bei den Drittmitteln aus industriegesponserten Studien hatte der Bereich Radiologie mit gut 3 Mio. Euro im Jahre 2013 erhebliche Einnahmen zu verzeichnen.²³

Durch den existierenden Kooperationsvertrag zwischen MUG und KAGes, die gemeinsame Klinikumsleitung und die transparenten Prozesse und Entscheidungen im Zusammenhang mit der Mittelverteilung (KMA) wurden in Graz Voraussetzungen für eine dynamische Entwicklung der Forschung geschaffen. Damit dieses positive Umfeld auch der bildgebenden Forschung zugutekommt, ist nicht unbedingt eine zusätzliche Geräteausstattung, sondern vor allem eine insgesamt forschungsfreundlichere Haltung der Leitung der Radiologie und eine bessere organisatorische Auslastung der Geräte einzufordern, um eine Profilbildung der bildgebenden Forschung über die Neuroradiologie/das *Neuroimaging* (hier wurde die Anschaffung eines Hochfeld-MRT bereits empfohlen) hinaus zu fördern.

Hervorzuheben ist neben dem schon genannten Bereich *Neuroimaging* die bildgebende Forschung in der Kinderradiologie, die über eine angeschlossene Forschungseinheit für Digitale Information und Bildverarbeitung verfügt. Hier wurde in den letzten Jahren eine Reihe an international sichtbaren Publikationen veröffent-

²³ Die Aufschlüsselung kann der Tabelle 4 am Ende des Kapitels zur MUG entnommen werden.

licht. Auch wegen der Nähe zum Forschungsfeld „Kardiovaskuläre Forschung“ der MUG könnte in diesem Bereich über eine weitere Profilierung nachgedacht werden.

Eine eindeutige Stärke ist in Graz auch das bereits erwähnte Ludwig Boltzmann-Institut für Klinisch-Forensische Bildgebung, das zu den führenden Einrichtungen seiner Art weltweit gehört. Wissenschaftlicher Schwerpunkt dieser außeruniversitären Einrichtung ist es, die Aussagekraft bildgebender Methoden für eine exakte Bewertung der Folgen von Gewalttaten zu nutzen.²⁴ Infrastrukturell besteht neben dem Institut für gerichtliche Medizin eine enge Verzahnung mit der Universitätsklinik für Radiologie an der MUG: das LBI-CFI nutzt vorhandene Geräte der Klinik sowie das Forschungs-MRT der MUG. Neben der MUG sind das Unternehmen Siemens sowie strafrechtliche und kriminologische Institute der KFU, ferner das Oberlandesgericht Graz an den Forschungsarbeiten beteiligt.²⁵ Die entscheidende Herausforderung in diesem Forschungsbereich wird darin bestehen, die erreichte wissenschaftliche Exzellenz zu halten und im Verbund mit der MUG eine nachhaltige Finanzierung sicherzustellen.

2.1.3 Empfehlungen

- Die bildgebende Forschung ist an der MUG derzeit kein eigener Forschungsschwerpunkt. Dies ist durch die bestehende Verknüpfung mit den Schwerpunkten der MUG sinnvoll und sollte nicht geändert werden.
- Neben dem existierenden, gut ausgearbeiteten, an das MUG-Forschungsfeld Neurowissenschaften gekoppelten Forschungsfokus im Bereich *Neuroimaging* sollten weitere bildgebende Forschungsbereiche mit einem oder mehreren der drei anderen ausgewiesenen Forschungsfelder der MUG (lipidassoziierte Erkrankungen, kardiovaskuläre Erkrankungen, Krebsforschung) verstärkt verknüpft werden: in der kardiovaskulären Bildgebung neben der Echokardiographie der präklinische Bereich und die Kardio-MRT, in der onkologischen Bildgebung die Mammadiagnostik (die MUG spielt eine führende Rolle in öster-

²⁴ Vgl. Tabelle 4.

²⁵ Vgl. Österreichischer Wissenschaftsrat, Zur universitären Gerichtsmedizin in Österreich. Status Quo, Stellungnahme und Empfehlungen, Wien 2014.

reichweiten Programmen der Brustkrebsfrüherkennung) und die CT-Perfusionsbildgebung.

- Themen der Bildgebenden Forschung sollten stärker in die existierenden PhD-Programme der Forschungsfelder Eingang finden. Ein eigener *Imaging-PhD* erscheint angesichts der Strukturen an der MUG nicht sinnvoll.
- Forschungsprojekte erfordern eine klare Festlegung der Gerätenutzung hinsichtlich Zugangsmöglichkeiten, aber auch Aufgaben und Pflichten des jeweiligen Partners. Der Zugang engagierter Wissenschaftler aus den ausgewiesenen Forschungsfeldern der MUG zu den bildgebenden Modalitäten in der Radiologie sollte erleichtert, Organisationsstrukturen sollten dementsprechend aufgebaut werden, um auch kurzfristig Zugriff auf die für die Großgerätebildung erforderlichen personellen Ressourcen (RT, Medizinphysik) zu erhalten. Radiologie und Nuklearmedizin müssen sich auch als Dienstleister für die Forschung begreifen.
- Die Verwendung der Mittel aus industriegesponserter Auftragsforschung sollte dargestellt werden.
- Vertreter der ausgewiesenen Forschungsfelder sollten mehr Mitspracherechte bei der Geräteanschaffung sowie bei deren personeller Ausstattung erhalten. Dies gilt insbesondere für jene, die aufgrund ihres starken klinischen Fokus darauf angewiesen sind, große Mengen an Patientendaten zu akquirieren und auszuwerten, wenn sie an internationalen Forschungskonsortien teilnehmen wollen.
- Die Anschaffung eines 7T-MRTs sowie ein dem Gerät zugeordnetes Expertenteam aus Physikern werden durch den neurowissenschaftlichen Schwerpunkt und die enge Zusammenarbeit mit den anderen Universitäten in Graz weiterhin als sinnvoll erachtet. Insbesondere sollten existierende Kooperationen, speziell mit der MUW, ausgebaut werden.
- Die Entscheidung für eine Erweiterung der *core facility* Präklinische Bildgebung zu einem komplett ausgestatteten *Preclinical Imaging Lab* mit MRT und PET sollte auch von der weiteren Profilierung der bildgebenden Forschung an der MUG abhängig gemacht werden.

- Der Ausbau der existierenden krankheitsspezifischen *Imaging*-Datenbanken und die weitere Integration dieser Ressourcen in die existierende *Biobanking*-Infrastruktur der MUG sind anzustreben.

Medizinische Universität Graz, Zahlen zur Bildgebung (2013)

Anzahl PatientInnen pro Jahr	Radiologie	35.113
	Nuklearmedizin	21.944
	Kinderradiologie	36.514
Anzahl PatientInnen konventionelle Untersuchungen	Radiologie	42.772
	Nuklearmedizin	7
	Kinderradiologie	29.624
Anzahl PatientInnen invasive/interventionelle Untersuchungen	Radiologie	0
	Nuklearmedizin	0
	Neuroradiologie	721
	Kinderradiologie	10
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	4.073
Anzahl PatientInnen CT-Untersuchungen	Radiologie	17.069
	Nuklearmedizin	1.821
	Neuroradiologie	10.846
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	564
	Kinderradiologie	848
PatientInnen MRT-Untersuchungen	Radiologie	3.232
	Neuroradiologie	7.325
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	1.065
	Kinderradiologie	2.371
PatientInnen SPECT-Untersuchungen	Nuklearmedizin	13.000
PatientInnen PET-Untersuchungen	Nuklearmedizin	5882
PatientInnen Ultraschall-Untersuchungen	Radiologie	3.834
	Nuklearmedizin	1.464
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	217
	Kinderradiologie	3.665

Tab. 3: Anzahl von Patienten und Untersuchungen nach Subspezialisierung. Quelle: MUG, 2014.

Investitionsbudget (Landeskrankenhaus) für Großgeräte 2013	Nuklearmedizin	€ 288.049
	Neuroradiologie	€ 24.681
	Vaskuläre und Interventionelle Radiologie	€ 411.035
Investitionsbudget (Landeskrankenhaus) für Großgeräte 2014	Radiologie	€ 900.000
Investitionsbudget (Universität) für Großgeräte 2013	Radiologie	
	Nuklearmedizin	€ 192.022
	Neuroradiologie	€ 16.454
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	€ 274.023
Investitionsbudget (Universität) für Großgeräte 2014	Radiologie	€ 600.000
Personalbudget für Aufgaben in der Bildgebung (Landeskrankenhaus) 2013	Radiologie	€ 882.911
	Nuklearmedizin	€ 246.841
	Neuroradiologie	€ 628.358
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	€ 371.559
	Kinderradiologie	€ 581.533
Personalbudget für Aufgaben in der Bildgebung (Universität) 2013	Radiologie	€ 971.710
	Nuklearmedizin	€ 575.637
	Neuroradiologie	€ 708.097
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	€ 416.459
	Kinderradiologie	€ 525.920
	Gemeinsamer Bereich Radiologie	€ 124.817
Budget LOM 2014	Radiologie	€ 1.465
	Nuklearmedizin	€ 1.135
	Neuroradiologie	€ 2.317
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	€ 1.079
	Kinderradiologie	€ 1.556
	Gemeinsamer Bereich Radiologie	€ 1.477
Drittmittel (kompetitiv) 2013	Radiologie	€ 3.200
	Nuklearmedizin	0
	Neuroradiologie	0
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	0
	Kinderradiologie	0
	Gemeinsamer Bereich Radiologie	0
Drittmittel (Pharmasponsoring etc.) 2013	Radiologie	€ 29.408
	Nuklearmedizin	€ 5341
	Neuroradiologie	€ 19.585
	Vaskuläre und interventionelle Radiologie	€ 6.000
	Kinderradiologie	€ 13.630
	Gemeinsamer Bereich Radiologie	€ 3.054.577

Tab. 4: Investitionsbudgets, Personalbudgets, LOM, Drittmittel. Quelle: MUG, 2014.

2.2 Medizinische Universität Innsbruck (MUI)

2.2.1 Klinische Bildgebung und Forschung im Bereich Bildgebung an der MUI und am LKH Innsbruck

An der MUI und am LKH Innsbruck sind im Wesentlichen drei Kliniken in der Bildgebung und der bildgebenden Forschung tätig: die beiden Universitätskliniken für Radiologie und Neuroradiologie, die das Department Radiologie bilden, und die Universitätsklinik für Nuklearmedizin. Weitere Einrichtungen, die in die Bildgebungsforschung an der MUI eingebunden sind, sind die Sektion für Biomedizinische Physik und das Department für Anatomie, Histologie und Embryologie. Außerdem bestehen wissenschaftliche Kooperationen mit Einrichtungen der Leopold Franzens Universität Innsbruck, darunter mit dem Institut für Sportwissenschaft, mit der Experimentalphysik und dem Institut für klinische Psychologie.

Bildgebende Forschung an der MUI

Das LKH Innsbruck ist ein Klinikum mit einem breit gefassten Versorgungsauftrag, der nicht nur in der Radiologie deutlich über das Land Tirol hinausgeht und weite Teile Westösterreichs umfasst. Die bildgebende Forschung ist daher stark klinisch orientiert; die beteiligten Universitätskliniken weisen folgende Schwerpunkte auf:

Universitätsklinik für Radiologie:

- Kardiale Bildgebung,
- Bildgesteuerte Therapie,
- Quantitative und funktionelle Bildgebung,
- Hybridbildgebung,
- Ultraschallbildgebung (Bildfusion, Elastographie, KM-verstärkter US),
- Dual Energy CT,
- Sonographie des peripheren Nervensystems,
- Photoakustik,
- Entwicklung von strahlendosisreduzierenden CT-Protokollen.

Universitätsklinik für Neuroradiologie:

- Interventionelle Therapieverfahren (Hirnaneurysmen, Schlaganfall),
- Multimodale MRT zur Optimierung der Diagnostik (vor allem Neuroonkologie),
- Experimentelle funktionelle MRT und MR-Spektroskopie.

Desweiteren beschäftigt sich die Universitätsklinik für Nuklearmedizin mit der Entwicklung und präklinischen Validierung neuer Radiopharmaka für die molekulare Diagnostik und Therapie, die Sektion für Biomedizinische Physik des Departments für Physiologie und Medizinische Physik mit der Optischen Bildgebung (quantitative Lichtmikroskopie, funktionelle Raman und CARS-Mikroskopie).

Welche Bedeutung der bildgebenden Forschung an der MUI zukommen soll, wurde in den Jahren wechselnder Rektorate teilweise unterschiedlich definiert. Im aktuellen Entwicklungsplan 2011-2015 wird in der Rubrik „weitere Forschungsfelder“ der Forschungsschwerpunkt „molekulare und funktionelle Bildgebung“ als ein weiterzuentwickelnder translationaler Forschungsbereich aufgelistet. Hierzu wurde eine eigene Professur für Molekulare Bildgebung in den Entwicklungsplan aufgenommen, wobei Widmung und Ausgestaltung Gegenstand zukünftiger Verhandlungen sein sollen. Die teilweise neuberufenen Lehrstuhlinhaber unterstützen die Einrichtung dieser Professur nachdrücklich, bevorzugen mittlerweile im Zusammenhang mit dieser potenziellen Berufung allerdings eher Bezeichnungen wie „Experimentelle Bildgebungsforschung“ oder „physikalisch-medizinische Bildgebungsforschung“.

Struktur der radiologischen Versorgung an der MUI

Die Universitätsklinik für Radiologie verfügt über 61 ärztliche Mitarbeiter, von denen 26 beim Bund und 35 beim Land (bzw. dem Krankenanstaltenträger tilak) angestellt sind. Von Universitätsseite werden derzeit mehrere freie Stellen angegeben, die zu besetzen seien.

Die Universitätsklinik für Neuroradiologie verfügt ärztlicherseits über 12 Stellen, davon werden vier vom Bund finanziert, eine Stelle ist derzeit unbesetzt. Dazu kommen für das Department für Radiologie insgesamt vier beim Land angesiedelte MTA-Stellen und sechs über Landesmittel finanzierte Physiker.

Die Sektion Mammadiagnostik der Universitätsklinik für Radiologie ist mit ca. 10.000 Mammographien pro Jahr das größte Brustdiagnostische Zentrum in Österreich.

Die Universitätsklinik für Nuklearmedizin verfügt über 17 Ärzte, davon 9 Bundesangestellte. Hinzu kommen 16 Radiologietechnologen²⁶ und für die Therapiestation 21 Pflegekräfte.²⁷

Das Department für Radiologie sowie die Universitätsklinik für Nuklearmedizin der MUI sind stark in die regionale Patientenversorgung im Land Tirol und darüber hinaus eingebunden. So versorgt das Department für Radiologie die beiden tilak-Außenkliniken Natters und Hochzirl und ist wichtiger Knotenpunkt eines tirolweiten Teleradiologienetzwerks.

2.2.1.1 Wissenschaftliche Schwerpunkte

An der Universitätsklinik für Radiologie wurde in den Jahren 2009 bis 2013 mit wissenschaftlichen Publikationen in (inter)nationalen Fachjournalen ein kumulierter *impact*-Faktor von 1.240 Punkten erreicht. Für den Bereich Neuroradiologie (hier existiert ein eigener Lehrstuhl seit 2012) wird im Jahre 2013 ein kumulierter *impact*-Faktor von 52 angegeben. In der Nuklearmedizin sind es für den Zeitraum 2009-2013 insgesamt 358 und in der Biomedizinischen Physik 180 Punkte. In jedem Falle ist bei der Interpretation der Zahlen zu berücksichtigen, ob hier Forschung unterschiedlicher Fachrichtungen mit bloßer Bildgebungskomponente oder ausschließlich radiologisch/nuklearmedizinische Methodenforschung vorliegt.

Beachtenswert sind folgende Forschungsschwerpunkte:

MRT-basierte Eisen- und Fettquantifizierung

Die MRT-basierte Eisen- und Fettquantifizierung ist vor allem im Zusammenhang mit Lebererkrankungen klinisch und wissenschaftlich von Interesse. An der MUI werden vor allem die konventionelle Relaxometrie/T2*-Relaxationszeit zur Evaluierung einer Eisenüberladung der Leber und zum Nachweis einer kombinierten Fett- und Eisen-

²⁶ Der Radiologietechnologe übernimmt die Aufgabe, notwendige Untersuchungen und Behandlungen am Menschen nach ärztlicher Anordnung auf Basis radiologietechnischer Methoden eigenverantwortlich auszuführen. Vgl. das MTD-Gesetz, BGBl. Nr. 460/1992, § 2 (3) i.d.g.F..

²⁷ Die erbrachten Leistungen können der Tabelle 5 am Ende des Kapitels zur MUI entnommen werden.

überladung verwendet. Diese Methoden wurden in den letzten Jahren ausführlich evaluiert und in mehreren hochrangigen Publikationen veröffentlicht.^{28, 29}

Phosphorspektroskopie

Die Phosphorspektroskopie dient der Erforschung des Muskelstoffwechsels und dem Verständnis der Muskelermüdung. Sie wurde an der MUI sowohl am Skelettmuskel als auch am Myokard etabliert. Die Arbeiten erfolgten in Kooperationsprojekten der Universitätsklinik für Radiologie mit dem Institut für Sportwissenschaften der LFU und den Instituten für gerichtliche Medizin und Pharmakologie der MUI. Der Schwerpunkt liegt auf der Darstellung des Muskelmetabolismus bei unterschiedlichen Belastungen bzw. klinischen Konstellationen. Zunehmend wird das Verfahren in experimentellen Studien zur Therapiekontrolle eingesetzt. Auch hierzu wurde in den letzten Jahren international publiziert.^{30, 31, 32} Die mittelfristige Perspektive ist eine anhand der Bildgebung personalisierte Therapie von Patienten mit muskuloskelettalen Erkrankungen.

Klinische Anwendungen der Ultraschallbildgebung

Die Ultraschallbildgebung ist an der MUI ein klinischer und wissenschaftlicher Schwerpunkt. Wissenschaftliche Arbeiten wurden in den letzten Jahren unter ande-

²⁸ B. Henninger/C. Kremser/S. Rauch/R. Eder/H. Zoller/A. Finkenstedt/H. J. Michaely/M. Schocke, Evaluation of MR Imaging with T1 and T2* Mapping for the Determination of Hepatic Iron Overload, *European Radiology* 22 (2012), Nr. 11, 2478-86.

²⁹ B. Henninger/C. Kremser/S. Rauch/R. Eder/W. Judmaier/H. Zoller/H. Michaely/M. Schocke, Evaluation of Liver Fat in the Presence of Iron with MRI using T2* Correction. A Clinical Approach, *European Radiology* 23 (2013), Nr. 6, 1643-9.

³⁰ W. Nachbauer/S. Boesch/R. Schneider/A. Eigentler/J. Wanschitz/W. Poewe/M. Schocke, Bioenergetics of the Calf Muscle in Friedreich Ataxia Patients Measured by 31P-MRS before and after Treatment with Recombinant Human Erythropoietin, *PLoS One* 8 (2013), Nr. 7, e69229.

³¹ D. Pesta/V. Paschke/F. Hoppel/C. Kobel/C. Kremser/R. Esterhammer/M. Burtscher/G. J. Kemp/M. Schocke, Different Metabolic Responses during Incremental Exercise Assessed by Localized 31P MRS in Sprint and Endurance Athletes and Untrained Individuals, *International Journal of Sports Medicine* 34 (2013), Nr. 8, 669-75.

³² R. Esterhammer/G. Klug/C. Wolf/A. Mayr/S. Reinstadler/H. J. Feistritzer/B. Metzler/M. Schocke, Cardiac High-Energy Phosphate Metabolism Alters with Age as Studied in 196 Healthy Males with the Help of 31-Phosphorus 2-Dimensional Chemical Shift Imaging, *PLoS One* 9 (2014), Nr. 6, e97368.

rem auf dem Feld der Ultraschallbildgebung peripherer Nerven^{33, 34}, der lokalen Schmerztherapie an Gelenken³⁵ und der Elastographie³⁶ publiziert. Auch im Bereich der bildgeführten Therapien spielt der Ultraschall eine wichtige Rolle. So wurde in einer akademisch initiierten, prospektiv-randomisierten Studie die Bildsteuerung bei paradikulären Injektionen per Ultraschall mit jener per CT verglichen.³⁷

Interventionelle Onkologie

Die interventionelle Onkologie ist ein wichtiger Schwerpunkt der Sektion „Mikroinvasive Therapien“ an der Universitätsklinik für Radiologie. Unter anderem wurden in den 1990er Jahren maßgebliche Publikationen zur computergestützten Navigation vorgelegt. Derzeitiger Hauptschwerpunkt ist die stereotaktische Radiofrequenzablation von Tumoren in der Leber, der Niere, im Muskel- und Skelettsystem sowie in der Lunge. Die in Innsbruck entwickelte Kombination aus Radiofrequenzablation und Stereotaxie für die Behandlung von Leber-, Knochen- und Nierentumoren findet über die Universität hinaus Beachtung. Die Mehrzahl der Publikationen in diesem Bereich datiert allerdings in die Jahre bis 2010.^{38, 39}

Kardiale Bildgebung

Im Bereich der kardialen Bildgebung werden an der MUI sowohl die kardiale CT als auch die kardiale MRT insbesondere im Zusammenhang mit der nicht-invasiven Dia-

³³ H. Miyamoto/E. J. Halpern/M. Kastlunger/M. Gabl/R. Arora/R. Bellmann-Weiler/G. M. Feuchtner/W. R. Jaschke/A. S. Klauser, Carpal Tunnel Syndrome. Diagnosis by Means of Median Nerve Elasticity – Improved Diagnostic Accuracy of US with Sonoelastography, *Radiology* 270 (2014), Nr. 2, 481-486.

³⁴ H. Gruber/S. Peer/L. Gruber/W. Loescher/T. Bauer/A. Loizides, Ultrasound Imaging of the Axillary Nerve and its Role in the Diagnosis of Traumatic Impairment, *Ultraschall in der Medizin*, 19. März 2014 (online).

³⁵ J. Obernauer/K. Galiano/H. Gruber/R. Bale/A. A. Obwegeser/R. Schatzer/A. Loizides, Ultrasound-guided versus Computed Tomography-Controlled Periradicular Injections in the Middle and Lower Cervical Spine. A Prospective Randomized Clinical Trial, *European Spine Journal* 22 (2013), Nr. 11, 2532-2537.

³⁶ A. S. Klauser/H. Miyamoto/M. Tamegger/B. Faschingbauer/B. Moriggl/G. Klima/G. M. Feuchtner/M. Kastlunger/W. R. Jaschke, Achilles Tendon Assessed with Sonoelastography. Histologic Agreement, *Radiology* 267 (2013), Nr. 3, 837-842.

³⁷ A. Loizides/H. Gruber/S. Peer/K. Galiano/R. Bale/J. Obernauer, Ultrasound Guided Versus CT-Controlled Paradicular Injections in the Lumbal Spine. A Prospective Randomised Clinical Trial, *American Journal of Neuroradiology* 34 (2013) Nr. 2, 466-470.

³⁸ R. Bale/G. Widmann/D. I. Stoffner, Stereotaxy. Breaking the Limits of Current Radiofrequency Ablation Techniques, *European Journal of Radiology* 75 (2010), Nr. 1, 32-36.

³⁹ G. Widmann/P. Schullian/M. Haidu/F. J. Wiedermann/R. Bale, Respiratory Motion Control for Stereotactic and Robotic Liver Interventions, *International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery* 6 (2010), Nr. 3, 343-349.

gnostik der koronaren Herzerkrankung bzw. des akuten Myokardinfarkts wissenschaftlich evaluiert. Besonders hervorzuheben ist ein seit sechs Jahren laufendes kardiologisches MRT-Projekt bei Patienten mit ST-Hebungsinfarkt nach primärer PCI, das bereits zu einer Reihe von Publikationen geführt hat.^{40, 41} Weitere kardiologische MRT-Projekte befassen sich unter anderem mit entzündlichen und granulomatösen Herzerkrankungen sowie Speichererkrankungen des Myokards.

Seit 2003 besteht ein Forschungsschwerpunkt zur kardialen CT, mit dem die MUI in zahlreiche internationale Kooperationsprojekte im Bereich klinischer Studien eingebunden war oder ist, darunter das von der Erasmus Medical School koordinierte CAD-Konsortium, das internationale akademisch getriebene CONFIRM-Register und die im Jahr 2014 gestartete, von der EU geförderte und der Charité Berlin koordinierte DISCHARGE-Studie. Im Rahmen der ebenfalls im Jahre 2014 startenden HEARTFLOW-Plattform wird das Potential der CT zur nicht-invasiven Erfassung der fraktionellen Flussreserve im Zusammenhang mit der Abschätzung der hämodynamischen Relevanz von Koronarstenosen evaluiert. Eine aktuelle Publikation hat außerdem die myokardiale CT-Perfusion mit der SPECT-Perfusion im Notfallsetting verglichen.⁴²

Molekulare MRT-Bildgebung mittels Nanopartikeln

Seit über 10 Jahren kooperiert die Universitätsklinik für Radiologie mit der Division für Histologie und Embryologie der MUI auf dem Gebiet der MR-Bildgebung mittels Nanopartikeln. Im Rahmen eines von 2004 bis 2014 laufenden EU-Projekts wurden Albumin-Nanopartikel als Träger für die molekulare MRT-Bildgebung entwickelt, die sich allerdings klinisch nicht bewährt haben. Im Rahmen des EU-geförderten *ERANet Transcan*-Projekts wird bis 2017 die nanopartikelverstärkte molekulare Fluoreszenzendoskopie erforscht. Aus der Beschäftigung mit Nanopartikeln in der MR-

⁴⁰ S. J. Reinstadler/G. Klug/H. J. Feistritzer/A. Mayr/M. Kofler/A. Aschauer/M. Schocke/S. Müller/W. M. Franz/B. Metzler, Left Ventricular Global Function Index. Relation with Infarct Characteristics and Left Ventricular Ejection Fraction after STEMI, *International Journal of Cardiology*, 10. Juni 2014 (online).

⁴¹ T. Trieb/A. Mayr/G. Klug/A. Runge/K. Pedarnig/O. Pachinger/W. Jaschke/B. Metzler/M. Schocke, Patterns of Myocardial Perfusion in the Acute and Chronic Stage after Myocardial Infarction. A Cardiac Magnetic Resonance Study, *European Journal of Radiology* 81 (2012) Nr. 4, 767-772.

⁴² G. M. Feuchtner/F. Plank/C. Pena/R.C. Cury, Evaluation of Myocardial CT Perfusion in Patients Presenting with Acute Chest Pain to the Mergency Department. Comparison with SPECT-Myocardial Perfusion, *Heart* 98 (2012), Nr. 20, 1510-1517.

Bildgebung ist über die Jahre eine lange, stark in der Histologie und Zellbiologie angesiedelte Publikationsliste erwachsen.⁴³

Neuroradiologische Forschung

Die Universitätsklinik für Neuroradiologie der MUI wurde erst im Mai 2012 eine eigenständige Organisationseinheit. Der Lehrstuhl wurde im Jahr 2012 neu besetzt, sodass sich die neuroradiologische Forschung insgesamt noch im Aufbau befindet; Publikationen gehen zum Teil noch auf Forschungsarbeiten an anderen Einrichtungen zurück. Dies gilt vor allem für den Bereich funktionelle MRT/Schmerzforschung, wo aufgrund der wissenschaftlichen Vorgeschichte der neuen Lehrstuhlinhaberin in den nächsten Jahren eine deutlich wachsende Forschungs- und Publikationstätigkeit erwartet werden kann.

Neben der funktionellen MRT in Bereichen wie Schmerzforschung, neuropsychiatrischen Erkrankungen, Alkoholabhängigkeit und Anorexie werden als Schwerpunkte der neuroradiologischen Forschung an der MUI angegeben: multimodale Tumorbildgebung mittels MRT, neurodegenerative Erkrankungen sowie Schlaganfall/Aneurysmen/Malformationen. In der multimodalen Tumorbildgebung sind in den letzten Jahren erneut Arbeiten zur Phosphorspektroskopie, in diesem Falle im Zusammenhang mit Gliomen⁴⁴ und – in einer laufenden Studie – mit Glioblastomen zu erwähnen. Die durch die Neubesetzung ‚importierte‘ Schmerzforschung per fMRT wird an der MUI in einem Kooperationsprojekt mit der Gynäkologie bei Patientinnen mit Endometriose weiterentwickelt. Ein Spezialgebiet in Kooperation mit der Neonatologie ist die Darstellung zerebraler Korrelate der Hirnreifung.

Nuklearmedizinische Forschung

Die Universitätsklinik für Nuklearmedizin blickt unter konstanter Führung auf eine langjährige Forschungs- und Publikationstätigkeit. Ihre inhaltliche Ausrichtung ist unter anderem vor dem Hintergrund zu bewerten, dass ein dem Lehrstuhl zugeordnetes

⁴³ A. Helbol/C. Rangger/E. von Guggenberg/M. Saba-Lepek/T. Radolf/C. Cristoforo, Targeting Properties of Peptide-Modified Radiolabeled Liposomal Nanoparticles, *Nanomedicine* 8 (2012), Nr. 1, 112-118.

⁴⁴ E. Hattingen/A. Jurcoane/O. Bähr/J. Rieger/J. Magerkurth/S. Anti/J. P. Steinbach/U. Pilatus, Bevacizumab Impairs Oxidative Energy Metabolism and Shows Antitumoral Effects in Recurrent Glioblastomas. A 31P/1H MRSI and Quantitative Magnetic Resonance Imaging Study, *Neuro-Oncology* 13 (2011), Nr. 12, 1349-1363.

und architektonisch im Gebäude bereits angelegtes Zyklotron bis heute nicht installiert wurde. Dadurch erklärt sich die Beschränkung auf bestimmte stabile *tracer*, vor allem Gallium-68.

An der MUI wird Gallium-68 unter anderem im Rahmen der Somatostatinrezeptor-medierten Diagnostik und Therapie eingesetzt und beforscht.^{45, 46} Wissenschaftler der MUI haben weltweit an der Einführung dieser Technologie mitgewirkt. Ein großer Drittmittelantrag im Rahmen des EU-HORIZON-Programms zu neuen Therapien für seltene Erkrankungen befindet sich in der Einreichungsphase.

Weitere laufende oder kürzlich abgeschlossene Forschungsprojekte betreffen die Bildgebung mittels markiertem vasoaktivem intestinalem Peptid⁴⁷, die nuklearmedizinische Darstellung des prostataspezifischen Membranantigens, die A β -Amyloid-Bildgebung beim Morbus Alzheimer, die nicht-invasive Darstellung der $\alpha\beta$ 3-Expression mittels [68Ga]NODAGA-RGD (*Angiogenesis Imaging*), die Entwicklung von Gallium-68-markiertem GSA für die Leberfunktionsdiagnostik⁴⁸, den Einsatz stabilisierter Minigastrinanaloga sowie die Entwicklung und Evaluierung neuer Gallium-68-/Zirkonium-89-Chelatoren zur Markierung von Biomolekülen für die PET.⁴⁹

Biomedizinische Physik

Anknüpfungspunkte zur bildgebenden Forschung in der Sektion für Biomedizinische Physik finden sich in der quantitativen holographischen Mikroskopie und der funktionellen Mikroskopie.

⁴⁵ D. Putzer/A. Kroiss/D. Waitz/M. Gabriel/T. Traub-Weidinger/C. Uprimny/E. von Guggenberg/C. Decristoforo/B. Warwitz/G. Widmann/I. J. Virgolini, Somatostatin Receptor PET in Neuroendocrine Tumours. (68)Ga-DOTA (0),Tyr (3)-octreotide versus (68)Ga-DOTA (0)-lanreotide, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), Nr. 3, 364-372.

⁴⁶ A. Kroiss/ D. Putzer/C. Uprimny/E. von Guggenberg/C. Decristoforo/B. Warwitz/M. Gabriel/D. Waitz/G. Widmann/I. J. Virgolini, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), Nr. 4, 514-523.

⁴⁷ C. Rangger/A. Helbok/M. Ocak/T. Radolf/F. Andrae/I. J. Virgolini/E. von Guggenberg/C. Decristoforo, Design and Evaluation of Novel Radiolabelled VIP Derivatives for Tumour Targeting, *Anti-cancer Research* 33 (2013), Nr. 4, 1537-1546.

⁴⁸ R. Haubner/D. R. Vera/S. Farshchi-Heydari/A. Helbok/C. Rangger/D. Putzer/I. J. Virgolini, Development of 68Ga-labelled DTPA Galactosyl Human Serum Albumin for Liver Function Imaging, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), Nr. 8, 1245-1255.

⁴⁹ A. Kroiss/D. Putzer/A. Frech/C. Decristoforo/C. Uprimny/R. W. Gasser/B. L. Shulkin/C. Url/G. Widmann/R. Prommegger/G. M. Sprinzl/G. Fraedrich/I. J. Virgolini, A Retrospective Comparison between 68Ga-DOTA-TOC PET/CT and 18F-DOPA PET/CT in Patients with Extra-adrenal Paraganglioma, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), Nr. 12, 1800-1808.

2.2.1.2 Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanzierung/Mittelzuweisung, Ausbildung

Governance

Wie an den anderen Medizinischen Universitäten in Österreich werden die Mitarbeiter der Universität und die Mitarbeiter der Krankenversorgung von unterschiedlichen Arbeitgebern (Bund, Land und Krankenanstaltenträger, im Falle der MUI der tilak) bezahlt. Aus Sicht des Wissenschaftsrates ist es bei diesem Konstrukt der Kooperation unterschiedlicher Dienstgeber zur Erfüllung der Aufgaben in Forschung, Lehre und Patientenversorgung entscheidend, ob den bei der Universität angestellten Ärzten die ihnen zugesagten 30 Prozent ihrer Arbeitszeit für die Forschung auch wirklich zur Verfügung stehen oder ob von einer ‚Querfinanzierung‘ der Krankenversorgung durch die Universität ausgegangen werden muss.

In Innsbruck ist es im Jahre 2013 gelungen, einen Kooperationsvertrag zwischen MUI und tilak zu unterzeichnen. Bisher wird die Situation von der universitären Seite noch nicht als zufriedenstellend (unterschiedliche Dienstzeiten je nach Dienstgeber, unterschiedliche und damit Unmut erzeugende Vergütungsmodelle) wahrgenommen. 30 Prozent Forschungszeit können derzeit noch nicht erreicht werden. Einen Anspruch auf forschungsfreie Zeit ‚am Stück‘, um z.B. ein aufwendigeres Forschungsprojekt eine Zeit lang in Vollzeit vorantreiben zu können, hat ein bei der Universität angestellter Radiologe oder Nuklearmediziner an der MUI nicht.

Die Schwierigkeiten, die für die Forschung nötige Zeit zu organisieren, stehen in einem gewissen Widerspruch zu der im internationalen Vergleich großzügigen Personalausstattung. Dies gilt für die Bildgebung an der MUI ebenso wie für die Bildgebung an den beiden anderen Medizinischen Universitäten. Offensichtlich haben die Universitätsangestellten weiterhin große Schwierigkeiten, den Anspruch, hochrangige Forschung zu betreiben, mit dem klinischen Versorgungsalltag in Einklang zu bringen. Als ein Grund dafür wird der häufige Einsatz für radiologische und nuklearmedizinische Bereitschaftsdienste (Journaldienste) genannt.

Infrastruktur

Die Großgeräteausstattung für die Bildgebung an der MUI ist als Folge eines jetzt auslaufenden paktierten Bau- und Investitionsprogramms in weiten Teilen gut bis sehr gut. Im Department für Radiologie existieren fünf CT-, drei MRT- und zwei Angiographie-Systeme. Dazu kommen zwei CT-Systeme an den von der Universität mitversorgten tilak-Kliniken Hochzirl und Natters. An der Universitätsklinik für Neuroradiologie stehen zwei weitere MR-Geräte plus eines in der *Neuroimaging Research CoreFacility*, ein Angiographiesystem sowie ein CT. An der Universitätsklinik für Nuklearmedizin stehen ein PET/CT und zwei SPECT/CT. Ein weiteres (gebrauchtes) PET (ohne CT) wird 2014 installiert.

Laut MUI werden die Ersatzbeschaffungen durch das jährlich zugewiesene Budget allerdings nicht gedeckt, sodass Gerätelaufzeiten ausgedehnt werden müssen. So wurde zuletzt ein MRT 15 Jahre und ein CT 12 Jahre betrieben. Gelder für innovative Systeme wie PET-MR und Hochfeld-MR stünden nicht zur Verfügung. Ein Nachfolgeprogramm für das auslaufende Bau- und Investitionsprogramm sei nicht vor 2018 zu erwarten.

Da bei den klinischen Großgeräten eine Mischfinanzierung von Bund und Land erfolgt, stehen die Geräte (und Verbrauchsmaterialien) den Wissenschaftlern prinzipiell für die Forschung entgeltlos zur Verfügung. Den Unterhalt der Geräte übernimmt vollumfänglich die tilak. Im Alltag bedeutet dieses Konstrukt, dass nach 16.00 Uhr an den meisten medizinischen Grossgeräten Forschungsprojekte auch ohne zusätzliche Forschungsmittel für den Gerätezugriff durchgeführt werden könnten. Dies erfordert entsprechende personelle Ressourcen, die nicht durchwegs zur Verfügung stehen.

Hervorzuheben aus Sicht der Forschung ist die *core facility* Micro-CT, die von der Radiologie und der Unfallchirurgie gemeinsam betrieben wird. Sie erlaubt die röntgenbasierte Darstellung von Geweben mit einer extrem hohen Auflösung von bis zu 10µm. Genutzt wird die Technik derzeit unter anderem zur Texturanalyse von onkologischen Gewebeproben und zur mikrostrukturellen Analyse von Knochenstanzen. Auf dem Micro-CT der MUI laufen mehrere drittmittelgeförderte Projekte, darunter drei Projekte mit FWF-Förderung.

Der *core facility* Neurowissenschaftliche Bildgebungsforschung steht ein 3T-MRT zur Verfügung, das 2011 installiert wurde und der Universitätsklinik für Neuroradiologie

zugeordnet ist. Mittlerweile konnte eine Besetzung mit zwei wissenschaftlichen RT realisiert werden. Die Arbeitsgruppe soll in Kürze durch einen Physiker erweitert werden.

An der *core facility* findet ein Großteil der MRT-basierten neurowissenschaftlichen Forschung der MUI statt. Dazu zählen im Bereich Schlaganfall/Aneurysmen zahlreiche klinische Studien und Register, im Bereich neurodegenerative Erkrankungen Verlaufsdarstellungen und Biomarkerstudien und in der Neuroimmunologie Therapiestudien unter anderem zur MS. Hier existieren auch Anknüpfungspunkte zur Plattform *Neuroimage WING* (siehe unten).

Auf Seiten der Nuklearmedizin ist das weiterhin fehlende Zyklotron insbesondere mit Blick auf die bereits erfolgte bauliche Vorbereitung ein augenscheinlicher Mangel. Das Zyklotron ist mittlerweile Teil des Bauprogramms Klinik 2030 geworden.

Geplant ist ein von Radiologie und Nuklearmedizin gemeinsam betriebener Forschungsbereich „Kleintier-Imaging Center“ (*Small Animal Imaging Core Facility*). Ein entsprechendes Konzept wurde 2007 der Infrastrukturkommission vorgelegt. Eine Umsetzung seitens der MUI ist derzeit nicht geplant. Der weitere Ausbau der Tierversuchsmöglichkeiten in der Bildgebung wird als wichtig für Grundlagenforschung und die klinische Translation gesehen.

Seitens der IT-Infrastruktur verfügt die MUI über ein radiologieweites klinisches PACS, das auch im Rahmen der klinischen Forschung genutzt wird. Es existieren im Department für Radiologie 77 vollwertige PACS-Workstations mit ein bis drei Befundungsmonitoren sowie fünf weitere Workstations in der Nuklearmedizin. Die Ausstattung wird als sehr gut bezeichnet. Defizite sehen die Wissenschaftler im Bereich *data mining* und bei der Bildanalyse. So könne derzeit zwar das RIS mit Hilfe von Standardalgorithmen des Herstellers durchsucht werden. Ein systematisches *data mining* des KIS ist dagegen nicht möglich. Sind entsprechend Abfragen im Rahmen von Forschungsprojekten zur Bildgebung erforderlich, müssen sie bei den entsprechenden Experten der IT-Abteilung eingereicht werden. Die Bearbeitung dauert dann zwei bis drei Wochen.

Forschungsintegration/Kooperationen

Über die MUI hinausgehende Kooperationsprojekte im Bereich Bildgebung kommen im Wesentlichen aus dem Bereich der Neuroradiologie. So wird gemeinsam mit der Neuroradiologie in Linz eine klinische Datenbank zu Aneurysmapatienten aufgebaut.

Basierend auf den Empfehlungen des Österreichischen Wissenschaftsrates vom Juni 2012 wurde in Österreich zudem die Implementierung einer gemeinsamen *Imaging*-Plattform zwischen den drei Universitäten MUG, MUI und MUW beschlossen (*Neuroimage WING*), wobei die Klinik für Neurologie der MUI als Hauptantragsteller fungiert. Die gemeinsame Plattform soll der einheitlichen Akquisition klinischer und bildgebender Daten dienen. Der Fokus liegt zunächst auf den Indikationen Multiple Sklerose, Bewegungsstörungen und Demenz sowie technisch auf der Hochfeld-MRT. Insbesondere prä- und postprozedurale Bildakquisitions- und Bildverarbeitungsprotokolle sollen entwickelt und standardisiert werden. Ziel ist außerdem die Entwicklung projekt- und krankheitsspezifischer interuniversitärer Datenbanken. Hierzu wird derzeit an der MUI zum Oktober 2014 eine Professur *Computational Neuroimaging* ausgeschrieben.

Finanzierung/Mittelzuweisung/Drittmittel

Für die Finanzierung der MUI standen im Jahre 2013 rund 106,5 Mio. Euro Globalbudget sowie 60 Mio. Euro KMA zur Verfügung. Dazu kamen 3 Mio. Euro für die Anschaffung von Geräten. Die Aufteilung der Kosten für Großgeräte zwischen der Universität und der tilak wird individuell auf Basis der geplanten Nutzung verhandelt. Bei versorgungslastigen Geräten übernimmt das Land in der Regel 60 bis 70 Prozent der Anschaffungskosten. Forschungsgeräte, wie etwa das 3T-MRT der *core facility* Neurowissenschaftliche Bildgebungsforschung, werden zu 100 Prozent aus Bundesmitteln finanziert. Bei paktiert angeschafften Geräten fallen für wissenschaftliche Nutzer keine Nutzungsgebühren an. Die Geräte werden dafür in der Regel außerhalb der Versorgungszeiten, also abends und am Wochenende, genutzt.

Die Honorierung industriefinanzierter Auftragsforschung ist an der MUI im Bereich Bildgebung transparent geregelt. Nach Angaben der Klinikleitung sind etwa 95 Prozent der Studienpatienten auch als solche deklariert. Die Rechnungsstellung erfolgt

separat durch tilak und MUI. Das Geld für die MUI fließt zunächst auf ein Vermögenskonto der Universität, die einen Teil der Summe einbehält.

Die Vergabe leistungsorientierter Mittel (LOM) ist an der MUI gering ausgeprägt. Insgesamt werden an der MUI 25.000 bis 30.000 Euro⁵⁰ pro Jahr als LOM ausgeschüttet, die allerdings nur für Sachmittel eingesetzt werden dürfen. Zuletzt sei dieses Budget um 10 Prozent erhöht worden. Vergabekriterien sind unter anderem *impact*-Faktoren, Zitationen, Zahl der Publikationen sowie die Drittmittelrate und die Lehre.

In begrenztem Umfang werden zur Ergänzung des Budgets von den Kliniken mit Bezug zur Bildgebung nicht industriegesponserte Drittmittel eingeworben.

Die industriegetriebene Drittmittelforschung mit Beteiligung der radiologischen, neuroradiologischen bzw. nuklearmedizinischen Kliniken ist ein wichtiges Forschungsstandbein. Derzeit werden rund 60 aktuell laufende industriegetriebene Studien aufgelistet.⁵¹

Aus- und Weiterbildung

An der MUI existiert seit mehreren Jahren das Doktoratsprogramm *Imaging-Guided Diagnosis and Therapy* zum Erwerb des PhD. Es handelt sich um ein Vollzeitprogramm, das hauptsächlich Naturwissenschaftler nutzen, das aber prinzipiell auch Mediziner offensteht. Derzeit blickt dieses Programm auf 14 Absolventen zurück. Zwei Promotionen laufen. Neu ist das klinische Doktoratsstudium (*Clinical PhD Clinical Imaging Sciences*). Es besteht aus einem Jahr Forschung im Labor, für das ein Drittmittelnachweis erbracht werden muss sowie zwei (bis drei) weiteren, berufs begleitenden Jahren und ist daher insbesondere für Mediziner/Assistenzärzte in der fachärztlichen Weiterbildung interessant. Derzeit sind bei dem neu installierten Programm die ersten drei Doktoranden eingeschrieben.

Um wissenschaftlich erfolgreiche Mitarbeiter längerfristig zu halten, gibt es an der MUI wie an den anderen beiden Medizinischen Universitäten das Instrument der Laufbahnstellen. Für den Erwerb einer Laufbahnstelle müssen Qualifizierungsvereinbarungen erfüllt werden. Die Direktoren der Kliniken im Bereich Bildgebung wün-

⁵⁰ Vgl. Tabelle 7 am Ende des Kapitels zur MUG: Die Mittel der Radiologie und Nuklearmedizin inklusive der Grundausstattung sind hier im Text zusammengefasst.

⁵¹ Die wichtigsten laufenden Drittmittelprojekte und Details zur Investitionsfinanzierung sowie zu LOM und zu Drittmitteln können den Tabellen 6 und 7 am Ende des Kapitels zur MUI entnommen werden.

schen sich in diesem Zusammenhang mehr Einfluss auf die Vergabe der Laufbahnstellen; die Zuteilung der Laufbahnstellen obliegt dem Rektorat.

2.2.2 Zusammenfassende Einschätzung

Die radiologischen und nuklearmedizinischen Kliniken an der MUI haben in einigen teilweise seit vielen Jahren intensiv bearbeiteten Forschungsgebieten einen vergleichsweise hohen wissenschaftlichen *output* und eine für eine Medizinische Universität dieser Größe gute internationale Sichtbarkeit. Konkret zu nennen sind hier unter anderem die Arbeiten zur Muskel- und Phosphatspektroskopie, die kardiale Bildgebung sowohl mit CT als auch mit MRT, die Arbeiten zur MRT-basierten Eisen- und Fettquantifizierung sowie die breite Forschungsaktivität der Universitätsklinik für Nuklearmedizin auf dem Gebiet der nicht Zyklotron-abhängigen Tracer.

Mit der Ausgliederung der Neuroradiologie in eine eigene Klinik und der Neuberufung einer *Neuroimaging*-Expertin wurde im Jahre 2012 zudem eine wichtige Weichenstellung vorgenommen, die dazu beitragen kann, die neuroradiologische Bildgebung als wissenschaftlichen Schwerpunkt an der MUI weiter zu etablieren.

Bisher ist die Zahl der aus diesem Umfeld erwachsenen MUI-eigenen Publikationen noch übersichtlich. Mehrere inneruniversitäre Kooperationsprojekte, das an der MUI koordinierte, österreichweite *Neuroimage WING*-Projekt sowie weitere Kooperationsprojekte, die über Innsbruck hinausweisen, sprechen aber dafür, dass sich in den nächsten Jahren ein gut vernetzter Nukleus für die neuroradiologische Forschung ausbilden könnte. Ein gewisses Risiko wird darin gesehen, dass die fMRT-Forschung ein sehr kompetitives Forschungsfeld ist. Hier wird es darauf ankommen, geeignete eigene Forschungsthemen zu identifizieren und auf diese zu fokussieren, um international mit den vielfältigen anderen fMRT-Forschungsgruppen konkurrieren zu können.

Auch auf Seiten der Geräteinfrastruktur erscheint der neuroradiologische Forschungsschwerpunkt gut ausgestattet und sinnvoll strukturiert. Die *core facility* Neurowissenschaftliche Bildgebungsforschung bietet ein überwiegend bis ausschließlich wissenschaftlich genutztes 3T MRT, dessen Nutzung durch eine transparente Nutzerordnung klar und nachvollziehbar geregelt wird. Mittlerweile sind auch zwei RT

eingestellt worden. Die seit langem geplante Einstellung eines Physikers sollte baldmöglichst umgesetzt werden.

Gut bewertet wird auch die Forschung im Bereich Nuklearmedizin. Auf diesem Gebiet wird an der MUI schon lange eine relevante Methodenentwicklung geleistet. Eine beachtliche Zahl an Publikationen spiegelt dieses Engagement wider. Für eine moderne nuklearmedizinische Forschung und Patientenversorgung ist jedoch auch der Zugriff auf ein Zyklotron erfolgskritisch. Dass die Forschungsmöglichkeiten einer forschungsfreudigen Abteilung durch diesen Ausstattungsmangel stark eingeschränkt werden, ist offensichtlich.

Jenseits der klar definierten Schwerpunkte in den Bereichen *Neuroimaging* und Nuklearmedizin fehlen an der MUI im Bereich Radiologie mitunter eine klar erkennbare Struktur und eine gemeinsame Forschungsstrategie. Zwar wird punktuell gute Arbeit geleistet; es ist aber zumindest für Außenstehende nicht erkennbar, auf welche Forschungsgebiete der Schwerpunkt gelegt wird oder wo gezielt ausgebaut werden soll. Vor diesem Hintergrund erscheint insbesondere der gewünschte Aufbau einer *Kleintier-Imaging core facility* zumindest diskussionswürdig. Der Ausbau von Forschungsschwerpunkten und eine weitergehende Fokussierung sollten Priorität haben vor dem Aufbau teurer Infrastruktur, die andernorts in Österreich bereits zur Verfügung steht. In Abhängigkeit von den jeweiligen Forschungszielen könnten auch standortübergreifende Nutzungskonzepte kostenintensiver Infrastrukturen, z.B. bei der nuklearmedizinischen Forschung oder der Kleintierbildung, überlegt werden.

Unklar ist, wie die im Entwicklungsplan bereits vorgesehene Professur für Experimentelle Radiologie in die existierende radiologische Forschungslandschaft eingliedert werden soll. Es wäre zielführender, zuerst eine übergreifende Strategie zu verfolgen, die dann mit einer zusätzlichen Professur verstärkt werden könnte. Angesichts der außerordentlichen Breite und Komplexität der radiologischen/nuklearmedizinischen Forschungslandschaft ist eine Fokussierung auf ein Forschungsgebiet unabdingbar.

Im Zusammenhang mit klinischen Studien ist festzuhalten, dass viele der von der Klinik für Radiologie ins Feld geführten Forschungsprojekte direkt oder indirekt industriefinanzierte Drittmittelprojekte sind. Die große Zahl an Auftragsstudien steht speziell in der Klinik für Radiologie an der MUI in einem gewissen Widerspruch zur

akademischen Eigenleistung. Das ist vor dem Hintergrund der exzellenten und sehr umfangreichen klinischen Versorgung um so bedauerlicher. Die hohen Patientenzahlen, die fast lückenlose Abdeckung einer kompletten Region sowie die recht gute IT-Infrastruktur bieten beste Voraussetzungen für eine akademisch getriebene radiologische Forschung.

Mit der Unterzeichnung eines Kooperationsvertrags zwischen MUI und tilak im Jahre 2013 wurde ein wichtiger Schritt hin zu einer guten Entwicklung der medizinischen Forschung getan. Wenn es gelingt, diese formale Zusammenarbeit mit Leben zu erfüllen und ein in finanzieller Hinsicht transparentes Miteinander zu schaffen, wird das ohne Zweifel positive Auswirkungen auch auf die radiologische Forschung haben.

Der Österreichische Wissenschaftsrat hat mehrfach angemerkt, dass es zu wenig finanzielle Anreize für hochwertige Forschungsleistungen im Rahmen der LOM gibt, die zudem nach einem seit längerem nicht angepassten Verteilungsschlüssel zugeteilt werden; die leistungsorientierten Mittel einer Medizinischen Universität dieser Größe sollten um das Zehnfache höher sein.

Die jährlichen Mittel der MUI für die Anschaffung von Großgeräten sind auch im Vergleich zu den Medizinischen Universitäten Graz und Wien eher niedrig. Die jetzt erfolgte Anschaffung eines gebrauchten PET-Geräts ohne CT-Komponente in der Nuklearmedizin ist für eine Universitätsklinik schwer nachvollziehbar. Eine an der effizienten Patientenversorgung orientierte Geräteausstattung sollte gegenüber dem wissenschaftlichen Anspruch abgewogen werden. Die Notwendigkeit der Priorisierung von Forschungszielen wird auch hier deutlich, denn auf der anderen Seite ist die MUI mit CT und MRT-Geräten gut ausgestattet. Planungsmängel werden dort deutlich, wo die Anschaffung von Geräten ohne notwendige Personalausstattung getätigt wird. Für alle drei Medizinischen Universitäten gilt die Beobachtung, dass bildgebende Geräte, die für die Forschung genutzt werden könnten, nach Dienstschluss ab nachmittags leer stehen. Sinnvoller wäre es, vor teuren Neuanschaffungen zunächst die bereits existierenden Geräte mit geeignetem wissenschaftlich-technischem Personal auszustatten.

2.2.3 Empfehlungen

- Die im Jahre 2013 formalisierte Kooperation zwischen MUI und tilak sollte mit Leben erfüllt werden. Eine transparente, konsentierende Verteilung der Mittel unter Berücksichtigung der Forschungsinteressen ist anzustreben.
- Die Schwerpunktbildung im Bereich *Neuroimaging* sollte weiter ausgebaut werden. Insbesondere gilt es, innerhalb dieses Schwerpunkts Themen zu identifizieren, die es der neuroradiologischen Forschung an der MUI erlauben, ein eigenes Profil zu entwickeln. Aufgrund existierender Vorarbeiten bieten sich unter anderem die Schmerzforschung und die Hirnreifung als mögliche Fokusthemen an.
- Das vor drei Jahren eingeführte und vor allem im Bereich *Neuroimaging* genutzte 3T-Forschungs-MRT benötigt, wie schon 2012 empfohlen, dringend eine Besetzung mit Physikern/Softwareexperten.
- Im Bereich der Radiologie sollten die bisher weit verzweigten und wenig fassbaren Forschungsaktivitäten fokussiert werden. Klare Schwerpunktbildung erleichtert das Einwerben von Drittmitteln und erhöht die internationale Sichtbarkeit.
- Die akademisch initiierte klinische Forschung sollte gestärkt werden. Die MUI ist aufgrund ihrer geographischen Lage, der Patientenzahlen und der existierenden Infrastruktur dafür prädestiniert.
- Das Zyklotron muss baldmöglichst angeschafft werden.
- Die Notwendigkeit des gewünschten Kleintier-*Imaging-Centers* sollte mit Blick auf die gewählten Forschungsschwerpunkte und auf mögliche Kooperationen mit der in diesem Bereich exzellent aufgestellten MUW überprüft werden.
- Personal- und Geräteressourcen sollten über den gesamten Tag effizient genutzt werden.
- Die angestrebte und im Entwicklungsplan bereits vorgesehene Professur für Experimentelle Radiologie sollte Teil eines disziplinenübergreifenden Forschungskonzepts sein und nicht solitär neben den existierenden Kliniken stehen. Insbesondere sollten die Professur und ihre Forschungsaktivitäten auf teils existierende, teils noch zu definierende Forschungsschwerpunkte abge-

stimmt und mit diesen verzahnt werden. Eine inhaltliche Fokussierung der Professur erscheint dringend notwendig.

- Mit den beiden PhD-Programmen im Bereich *Imaging* ist die MUI ein Vorreiter in Österreich. Eine adäquate Finanzierung sollte sichergestellt werden, um diese Programme, speziell auch das gerade anlaufende klinische PhD-Programm, weiter auszubauen.

Medizinische Universität Innsbruck, Zahlen zur Bildgebung (2013)

Anzahl PatientInnen pro Jahr	Radiologie und Neuroradiologie	173.857 Anmerkung: KH Hochzirl und Natters, Teleradiologie sind nicht inkludiert
	Nuklearmedizin (PET, konv. Nuklearmedizin)	19.331
	Nuklearmedizin Labor	76.500
	Kinderradiologie	inkludiert in Radiologie
Anzahl PatientInnen konventionelle Untersuchungen	Radiologie	91.455
	Nuklearmedizin	0
	Neuroradiologie	40 (Myelographien)
	Kinderradiologie	1.927
	Gesamt	93.382
Anzahl PatientInnen invasive/interventionelle Untersuchungen	Radiologie	1.664
	Neuroradiologie	578
	Kinderradiologie	inkludiert in Radiologie/Neuroradiologie
	Gesamt	2.242
Anzahl PatientInnen CT-Untersuchungen	Radiologie	25.778
	Nuklearmedizin (diagnostisches CT)	1.547
	Nuklearmedizin (Lokalisations-CT)	2.407
	Neuroradiologie	8.106
	Gesamt	37.838
PatientInnen MRT-Untersuchungen	Radiologie	11.700
	Nuklearmedizin	0
	Neuroradiologie	6.794
	Gesamt	18.494
PatientInnen SPECT-Untersuchungen	Radiologie	0
	Nuklearmedizin	1.207
	Gesamt	1.207
PatientInnen PET-Untersuchungen	Radiologie	
	Nuklearmedizin	3.285
	Gesamt	3.285
PatientInnen Ultraschall-Untersuchungen	Radiologie	24.140
	Nuklearmedizin	6.413
	Neuroradiologie	0
	Kinderradiologie	3.237
	Gesamt	33.790

Tab. 5: Anzahl der jeweils erbrachten Leistungen. Quelle: MUI, 2014.

Name	Fördergeber	Volumen	Laufzeit
K-REGIO Projekt „Kardiospect“	Land Tirol	€ 280.000	11/2013-03/2014
MITIGATE	EU	€ 372.800	10/2013-10/2017
DISCHARGE	EU	€ 160.000 (MUI-Anteil)	05/2014-09/2017
3D PDF in der Telemedizin	BMWF	€ 40.000	2013-2015
ORAL-CA (Prostata DOT-Studie)	Translational Research	€ 20.566	2013-2016
Non-Invasive Measurement of Brain Temperature in MRI	MUI-Start	€ 27.000	2013-2015
Bildgebungsforschung in den klinischen Neurowissenschaften	Kooperationsausschreibung 2013	€ 230.000	ab 2014
Myocardial MRS Correlates of Cardiac Sympathetic Denervation in PD	FWF	€ 900.000	ab 2013

Tab. 6: Liste der wichtigsten laufenden Drittmittelprojekte in der Bildgebung. Quelle: MUI, 2014.

Investitionsbudget (klinisch, Landeskrankenhaus) für Großgeräte	Nuklearmedizin (SPECT-CT 60 Prozent Land)	€ 304.000
Investitionsbudget (Universität) für Großgeräte	Radiologie	
	Nuklearmedizin (SPECT-CT 40 Prozent Bund)	€ 203.000
Budget (LOM) 2013	Radiologie	€ 14.583 (zzgl. Grundausstattung: € 4.200)
	Nuklearmedizin	€ 4.335 (zzgl. Grundausstattung: € 4.200-)
	Neuroradiologie	€ 5.174
Drittmittel (kompetitiv: FWF, EU, Boltzmann, FFG etc.)	Radiologie	€ 869.821
	Nuklearmedizin	ca. € 280.000
	Neuroradiologie	ca. € 40.000 bewilligt, aber noch nicht „verrechnet“ OeNB € 70.000 Bewilligung 2014
Drittmittel (externe Studien, z.B. Pharma-Sponsoring)	Radiologie	€ 449.143 (2013, 2014 geplant)
	Nuklearmedizin	ca. € 50.000
	Neuroradiologie	ca. € 80.000 (2013, 2014 geplant)

Tab. 7: Finanzierung der Bildgebung an der MUI. Quelle: MUI, 2014.

2.3 Medizinische Universität Wien (MUW)

2.3.1 Bildgebende Forschung

Die dominierende Einrichtung der bildgebenden Forschung an der MUW ist die Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin. Hinzu kommen weitere Universitätskliniken, die an klinischer Versorgung, Forschung und/oder Lehre mit Bezug zur Bildgebung beteiligt sind, darunter die Universitätskliniken für Strahlentherapie, Innere Medizin II (Kardiologie/Angiologie), Neurochirurgie, Augenheilkunde, Psychiatrie und Neurologie.

Folgende Forschungsschwerpunkte werden von der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin bearbeitet:

- Methodenentwicklung in der Datenextraktion, Analyse, Verarbeitung und Kommunikation der Daten,
- Entwicklung und Quantifizierung von diagnostischen Biomarkern,
- personalisierte Diagnostik und Therapieplanung in der Bildgebung und interventionellen Radiologie (*precision medicine*),
- multiparametrische Evaluierung von Tumoren und benignen Erkrankungen, Analyse des Ansprechens auf unterschiedliche Therapien.

Weitere Universitätskliniken mit starkem Engagement im Bereich Bildgebung sind die Universitätsklinik für Strahlentherapie (bildgeführte und bildgestützte Radiotherapie), die Universitätsklinik für Innere Medizin II (Kardio-MR), die Universitätsklinik für Augenheilkunde (VRC, Optima Lab) und die Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie (molekulares und translationales *Neuroimaging*).

Jenseits der klinischen Professuren (Allgemeine Radiologie und Kinderradiologie, Kardiovaskuläre und Interventionelle Radiologie, Neuroradiologie und Muskuloskeletale Radiologie, Nuklearmedizin) verfügt die MUW über eine Reihe weiterer spezialisierter Professuren, die unmittelbar der Bildgebung zuzuordnen sind. Dazu zählen Professuren für Molekulare und Gender-Bildgebung, für Hochfeld-MR, für Optische Bildgebung und für die Physik der medizinischen Bildgebung. Professuren für den Bereich des *Computerized Imaging Research* und der *Ophthalmic Image Analysis* sind in Planung.

Mit dem Zentrum für Medizinische Physik und Biomedizinische Technik (ZMPBMT) existiert an der MUW eine Arbeitsgruppe für Themen der Bildverarbeitung und Bildregistrierung sowie für methodische Arbeiten im Bereich bildgestützter Navigation. 2013 wurde am ZMPBMT zudem eine neue Forschungsgruppe eingerichtet, die sich mit multiparametrischer und multimodaler quantitativer Bildgebung (SPECT/CT, PET/CT, PET/MR) befasst und für diesen Bereich Bildgebungs- und Auswerteprotokolle zur direkten klinischen Anwendung entwickelt.

Das *Vienna Reading Center* (VRC) und das Christian-Doppler-Labor für Ophthalmic Image Analysis (OPTIMA Lab) sind an der Universitätsklinik für Augenheilkunde und Optometrie angesiedelt. Das VRC ist ein unabhängiges Auswertungszentrum für Bilddaten aus Phase III-Studien im Bereich Ophthalmologie mit hoher internationaler Resonanz. Es analysiert und archiviert derzeit OCT-Daten von über 400.000 Patienten aus fünf Kontinenten. Das im Jahre 2013 etablierte OPTIMA Lab betreibt schwerpunktmäßig die digitale Bildanalyse in der Ophthalmologie. Es entwickelt computergestützte Softwarealgorithmen zur Erkennung erkrankungsspezifischer Biomarker in Kooperation mit der Klinik für Radiologie.

Das *Medical Imaging Cluster* an der MUW

Die Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin ist maßgeblicher Teil des im Jahre 2013 gegründeten *Medical Imaging Cluster* (MIC). Das MIC ist eines von fünf dezidierten Forschungsclustern an der MUW. Es zielt auf die Integration der existierenden Expertise in der klinischen und präklinischen Bildgebung. Multidisziplinäre Forschungsprojekte sollen gefördert und eine arbeitsgruppenübergreifende, multimodale Forschungsinfrastruktur im Bereich Bildgebung aufgebaut werden. Besondere inhaltliche Schwerpunkte des MIC liegen in der Erforschung und Abbildung genetischer, molekularer und zellulärer Prozesse.

Das MIC setzt sich zusammen aus sechs themenorientierten Forschungsschwerpunkten (*Nodes*), für die jeweils hauptverantwortliche leitende Wissenschaftler stehen:

- Image Computing, Analysis and Visualisation,
- Image-Guided Therapy, Theranostics,
- Preclinical Imaging,

- Microscopy and Advanced Optical Imaging,
- Development of Imaging Biomarkers,
- Quantitative Clinical Imaging.

Wie die anderen Forschungscluster an der MUW ist auch das MIC in erster Linie als eine interaktive Plattform konzipiert, über die keine eigenen Forschungsbudgets vergeben werden. Es handelt sich um eine „freiwillige Interessengemeinschaft mit dem Ziel, die eigene Leistungsfähigkeit zu steigern und nach außen hin attraktiver zu werden“ (MUW). Jeder Cluster/jede interaktive Forschungsplattform erhält für die Organisation ein Budget von jährlich rund 50.000 Euro plus eine Sekretariatsstelle. Die Verfügungshoheit über die Forschungsbudgets verbleibt auf Ebene der Abteilungen.

Strukturell geführt wird das MIC von einem *Board of Directors* unter der Führung des Leiters der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin. Die Koordination erfolgt in einem *Executive Board*, an dem die Vertreter der sechs thematischen Knoten beteiligt sind. Das *Board of Directors* wird zudem von einem teilweise international besetzten Advisory Board beraten.

Struktur der radiologischen Versorgung an der MUW

Die in die Bildgebung involvierten radiologischen und nuklearmedizinischen Abteilungen an der MUW blicken auf einen mehrjährigen Reorganisationsprozess zurück. Im Jahre 2013 wurde die aus drei Abteilungen bestehende Universitätsklinik für Radiologie mit der Universitätsklinik für Nuklearmedizin fusioniert, sodass jetzt eine gemeinsame Universitätsklinik mit vier Abteilungen existiert.

Für die Routineversorgung stehen dieser Klinik 99 Arztstellen (85 Radiologie, 14 Nuklearmedizin) zur Verfügung. Hinzu kommen 162 RT, 9 Sanitätshilfsdienste und 8 Pflegepersonalstellen. Die Mitarbeiter der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin sind stark in interdisziplinäre Konferenzen, Visiten und (Tumor)-*Boards* eingebunden. Pro Monat finden 530 derartige Visiten und *board meetings* statt. Nach Einschätzung der Klinikleitung sind für die Bewältigung dieser Aufgaben vier bis fünf Stellen nötig. Außerdem organisiert die Klinik MUW-weit insgesamt sieben Journaldienste.

Was die Zahl der pro Jahr versorgten Patienten angeht, ist die Radiologie der MUW mit Abstand die größte universitäre Einrichtung in diesem Fachgebiet in Österreich.⁵²

2.3.1.1 Wissenschaftliche Schwerpunkte im Einzelnen

Die MUW ist eine der größten Universitätskliniken Europas, die Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin eine der größten bildgebenden Versorgungs- und Forschungseinrichtungen. Entsprechend breit ist das Forschungsspektrum im Bereich Bildgebung. Allein von der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin werden 160 laufende Forschungsprojekte angegeben. Dazu kommt eine große Zahl an Forschungsprojekten anderer Einrichtungen, die unter radiologischer Beteiligung laufen oder eine der überwiegend der Radiologie zugeordneten interdisziplinären Forschungseinrichtungen (Exzellenz-Zentrum für Hochfeld-MR, *Preclinical Imaging Lab*, *Computer Imaging Research Lab*) nutzen.

Der Forschungs-*output* der MUW insgesamt, gemessen in *impact*-Faktoren, hat sich seit 2005, ausgehend von einem im internationalen Vergleich niedrigen Niveau, mehr als verdreifacht. Die bildgebende Forschung hat zu diesem beachtenswerten Zugewinn an internationaler Sichtbarkeit deutlich beigetragen. Die nachfolgende Abbildung aus der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin illustriert dieses Wachstum. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Punktezahlen nicht mit den formal in ähnlicher Größenordnung liegenden Zahlen aus Innsbruck und Graz vergleichbar sind, da dort in größerem Umfang nicht-originär radiologische bildgebende Forschungsleistungen bei der Berechnung der *impact*-Faktor-Summen einbezogen wurden.

⁵² Die detaillierten Patientenzahlen sowie Art und Umfang der unterschiedlichen diagnostischen Untersuchungen können der Tabelle 9 am Ende des Kapitels zur MUW entnommen werden.

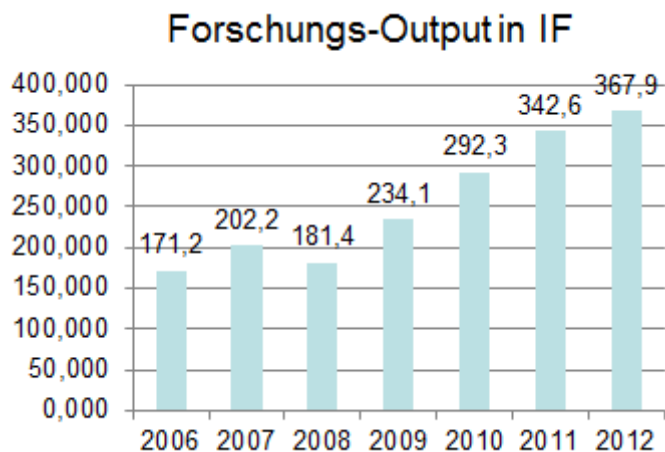


Abb. 3: Forschungsleistungen der Bildgebung an der MUW in *impact*-Faktoren. Quelle: MUW, 2014.

Insgesamt sieht die Leitung der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin der MUW bei der Publikationsfrequenz und Publikationsqualität der originär radiologischen Forschungsarbeiten im Bereich Bildgebung nach eigener Aussage noch „Spielraum nach oben“.

Neuroimaging

Neuroimaging ist einer der Schwerpunkte der bildgebenden Forschung an der MUW. Der 7T-Hochfeld-MRT wird unter anderem für neuropsychiatrische Anwendungen eingesetzt. In diesem Zusammenhang liegt eine Reihe von auch international stark beachteten Publikationen zu (patho)physiologischen Themen vor. Bei der molekularen und translationalen Bildgebung hat die Kombination aus PET und MR-Spektroskopie im Kontext der Neuropsychiatrie zu einigen hervorragenden Publikationen geführt. Eigene Publikationen der Klinik für Radiologie im Bereich *Neuroimaging* gibt es hingegen vorerst vereinzelt.^{53, 54}

Muskuloskelettale Bildgebung

Eine Reihe teils höherrangiger Publikationen im Bereich der muskuloskelettalen Bildgebung sind innerhalb der Klinik für Radiologie angesiedelt. Dazu zählen Arbeiten im

⁵³ G. Kasprian/P. Brugger/V. Schöpf/C. Mitter/M. Weber/J. Hainfellner/D. Prayer, Assessing Prenatal White Matter Connectivity in Commissural Agenesis, *Brain* 136 (2013), Nr. 1, 168-179.

⁵⁴ H. Ringl/F. Stiasny/W. Schima/M. Toepker/C. Czerny/G. Schueller/U. Asenbaum/J. Furtner/S. Hajdu/W. Serles/M. Weber/C. J. Herold, Intracranial Hematomas at a Glance. Advanced Visualization for Fast and Easy Detection, *Radiology* 267 (2013), Nr. 2, 522-530.

Zusammenhang mit der MRT-Diagnostik von Achillessehnenpathologien⁵⁵ sowie Arbeiten zur Knochen- bzw. Knochenmarkbildung bei osteoporosegefährdeten bzw. an Osteoporose erkrankten Frauen.^{56, 57}

Bildgebung der inneren Organe/onkologische Bildgebung

Im Bereich der onkologischen Bildgebung wird zur MR-Spektroskopie und Hochfeld-MR-Bildgebung des Mammakarzinoms, die teils in Kooperation mit Einrichtungen in anderen Ländern erarbeitet wurden, publiziert.⁵⁸ Auch im Bereich der Leberbildung wird originäre Forschung durchgeführt, die in der Klinik für Radiologie angesiedelt ist.^{59, 60}

Nuklearmedizin

In der Nuklearmedizin wurde an der Universität mit dem Aufbau der PET/MRT-Anlage die Forschungsinfrastruktur in Teilen neu ausgerichtet. Erste Publikationen dazu liegen bereits vor.⁶¹ Die nuklearmedizinischen Forschungsaktivitäten an der MUW aus der Vor-PET/MRT-Ära zeigen vereinzelt international sichtbare Publikatio-

⁵⁵ V. Juras/S. Aprich/P. Szomolanyi/O. Bieri/X. Deligianni/S. Trattnig, Bi-Exponential T2* Analysis of Healthy and Diseased Achilles Tendons. An In Vivo Preliminary Magnetic Resonance Study and Correlation with Clinical Score, *European Radiology* 23 (2013) Nr. 10, 2814-2822.

⁵⁶ J. M. Patsch/A. J. Burghardt/S. P. Yap/T. Baum/A. V. Schwartz/G. B. Joseph/T. M. Link, Increased Cortical Porosity in Type 2 Diabetic Postmenopausal Women with Fragility Fractures, *Journal of Bone and Mineral Research* 28 (2013), Nr. 2, 313-324.

⁵⁷ J. M. Patsch/X. Li /S. P. Yap/T. Baum/D. C. Karampinos/A. V. Schwartz/T. M. Link, Bone Marrow Fat Composition as a Novel Imaging Biomarker in Postmenopausal Women with Prevalent Fragility Fractures, *Journal of Bone and Mineral Research* 28 (2013), Nr. 8, 1721-1728.

⁵⁸ K. Pinker/W. Bogner/P. Baltzer/S. Trattnig/S. Gruber/O. Abeyakoon/M. Bernathova/O. Zaric/P. Dubsy/Z. Bago-Horvath/M. Weber/D. Leithner/T. H. Helbich, Clinical Application of Bilateral High Temporal and Spatial Resolution Dynamic Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging of the Breast at 7 T, *European Radiology* 24 (2014), Nr. 4, 913-920.

⁵⁹ A. Wibmer/A. Prusa/R. Nolz/T. Grünberger/M. Schindl/A. Ba-Ssalamah, Liver Failure after Major Liver Resection. Risk Assessment by Using Preoperative Gadoteric Acid-Enhanced 3-T MR Imaging, *Radiology* 269 (2013), Nr. 3, 777-786.

⁶⁰ D. Feier/C. Balassy/N. Bastati-Huber/J. Stift/R. Badea/A. Ba-Ssalamah/, Liver Fibrosis. Histopathologic and Biochemical Influences on Diagnostic Efficacy of Hepatobiliary Contrast-enhanced MR Imaging in Staging, *Radiology* 269 (2013), Nr. 2, 460-468.

⁶¹ K. Pinker/W. Bogner/P. Baltzer/G. Karanikas/H. Magometschnigg/P. Brader/S. Gruber/H. Bickel/P. Dubsy/Z. Bago-Horvath/R. Bartsch/M. Weber/S. Trattnig/T. H. Helbich, Improved Differentiation of Benign and Malignant Breast Tumors with Multiparametric 18Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography Magnetic Resonance Imaging. A Feasibility Study, *Clinical Cancer Research*, 24. Juni 2014 (online).

nen, vor allem im Kontext des *Neuroimaging* und der onkologischen Bildgebung.^{62, 63, 64, 65} Hinzu kommen methodologische Arbeiten⁶⁶ und Arbeiten zur myokardialen Bildgebung⁶⁷.

Bildgebung in der Augenheilkunde

Die ophthalmologische Bildgebung wird hier exemplarisch für die teilweise enorm leistungsfähige, nicht primär radiologische bildgebende Forschung an der MUW genannt. Die in diesem Bereich tätige Forschungsgruppe gehört zu den weltweit führenden Einrichtungen auf diesem Gebiet. Dies schlägt sich in fast durchwegs höchstrangigen Publikationen nieder.^{68, 69, 70, 71, 72} Flankierende Einrichtungen von in-

⁶² R. Lanzenberger/P. Baldinger/A. Hahn/J. Ungersböck/R. Frey, Global Decrease of Serotonin-1A Receptor Binding after Electroconvulsive Therapy in Major Depression Measured by PET, *Molecular Psychiatry* 18 (2013), Nr. 1, 93-100.

⁶³ M. Bauer/R. Karch/J. Stanek/C. Philippe/W. Wadsak/C. O. Langer, Interaction of C-11-Tarividar and C-11-Elacridar with P-Glycoprotein and Breast Cancer Resistance Protein at the Human Blood-Brain Barrier, *The Journal of Nuclear Medicine* 54 (2013), Nr. 8, 1181-1187.

⁶⁴ C. Rami-Mark/M. R. Zhang/M. Mitterhauser/R. Lanzenberger/M. Hacker/W. Wadsak, [18F]FMeNER-D2. Reliable Fully-Automated Synthesis for Visualization of the Borepinephrine Transporter, *Nuclear Medicine and Biology* 40 (2013), Nr. 8, 1049-1054.

⁶⁵ M. Bauer/R. Karch/M. Zeitlinger/J. Stanek/C. Philippe/W. Wadsak/M. Mitterhauser/W. Jäger W/H. Haslacher/M. Müller/O. Langer, Interaction of 11C-Tarividar and 11C-Elacridar with P-Glycoprotein and Breast Cancer Resistance Protein at the Human Blood-Brain Barrier, *The Journal of Nuclear Medicine* 54 (2013), Nr. 8, 1181-1187.

⁶⁶ S. Brunner/L. Gruber/J. Marton/K. Suzuki/T. Beyer/A. Hirtl, Improving TOF-PET by Studying Scintillation Photon Propagation and the Cherenkov Effect, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), 132.

⁶⁷ S. Lehner/C. Uebles/F. Schuessler/M. Hacker, The Amount of Viable and Dyssynchronous Myocardium is Associated with Response to Cardiac Resynchronization Therapy. Initial Clinical Results using Multiparametric ECG-gated [F-18]FDG PET, *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging* 40 (2013), Nr. 12, 1876-83.

⁶⁸ G. Mylonas/S. Sacu/G. Deák/R. Dunavoelgyi/W. Buehl/M. Georgopoulos/U. Schmidt-Erfurth, Macular Edema following Cataract Surgery in Eyes with Previous 23-Gauge Vitrectomy and Peeling of the Internal Limiting Membrane, *American Journal of Ophthalmology* 155 (2013), Nr. 2, 253-259.e2.

⁶⁹ A. Pollreisz/M. Funk/F. P. Breitwieser/K. Parapatits/S. Sacu/M. Georgopoulos/R. Dunavoelgyi/G. J. Zlabinger/J. Colinge/K. L. Bennett/U. Schmidt-Erfurth, Quantitative Proteomics of Aqueous and Vitreous Fluid from Patients with Idiopathic Epiretinal Membranes, *Experimental Eye Research* 108 (2013), 48-58.

⁷⁰ J. Lammer/M. Bolz/B. Baumann/M. Pircher/E. Götzinger/G. Mylonas/C. K. Hitzenberger/U. Schmidt-Erfurth, Imaging Retinal Pigment Epithelial Proliferation Secondary to PASCAL Photocoagulation In Vivo by Polarization-sensitive Optical Coherence Tomography, *American Journal of Ophthalmology* 155 (2013), Nr. 6, 1058-1067.

⁷¹ U. Schmidt-Erfurth/P. K. Kaiser/J. F. Korobelnik/D. M. Brown/V. Chong/Q. D. Nguyen/A. C. Ho/Y. Ogura/C. Simader/G. J. Jaffe/J. S. Slakter/G. D. Yancopoulos/N. Stahl/R. Vitti/A. J. Berliner/Y. Soo/M. Anderesi/O. Sowade/J. S. Heier, Intravitreal Aflibercept Injection for Neovascular Age-Related Macular Degeneration. Ninety-Six-Week Results of the VIEW Studies, *Ophthalmology* 121 (2014), Nr. 1, 193-201.

⁷² C. Simader/M. Ritter/M. Bolz/G. G. Deák/U. Schmidt-Erfurth, Morphologic Parameters Relevant for Visual Outcome During Anti Angiogenic Therapy of Neovascular Age-Related Macular Degeneration, *Ophthalmology*, 28. März 2014 (online).

ternationaler Bedeutung wie das *Vienna Reading Center* (VRC) für die Bilddatenauswertung in Phase III-Studien und das Christian-Doppler-Labor für Ophthalmic Image Analysis (OPTIMA Lab) für die digitale Bildanalyse in der Ophthalmologie unterstreichen diese Sonderstellung.

Klinische Studien

Die Leitung der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin gibt an, dass derzeit rund 180 klinische Studien mit Bezug zur Bildgebung an der MUW laufen, in denen rund 17.000 Patienten eingeschlossen sind. Dabei werde aktiv versucht, die Zahl der Studien, bei denen die Radiologie nur Dienstleister ist, zu limitieren, um mehr Freiraum für eigene, radiologiegetriebene Forschungsprojekte zu gewinnen.

2.3.1.2 Governance, Infrastruktur, Forschungsintegration, Finanzierung/Mittelzuweisung, Ausbildung

Governance

Wie bei den anderen Medizinischen Universitäten in Österreich führt auch an der MUW die spezielle Trägerstruktur zu Spannungen zwischen medizinischer Forschung und breit angelegtem Versorgungsauftrag. Im Gegensatz zur MUI und der MUG sind in Wien alle Ärzte Angestellte der Universität und damit des Bundes, während der sonstige Krankenhausbetrieb vom Allgemeinen Krankenhaus Wien (AKH) und damit dem Wiener Krankenanstaltenverbund (kav) der Stadt Wien betrieben wird. Auch für die MUW gilt, dass 30 Prozent der gesamten ärztlichen Arbeitszeit für die Forschung zur Verfügung stehen sollte. Die Leitung der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin schätzt, dass die ärztlichen Mitarbeiter *de facto* mindestens 90 Prozent ihrer Regelarbeitszeit klinisch tätig sind. Dies mache die Umsetzung des *triple track*-Modells (Forschung, Klinik und Lehre), zu dem sich die MUW klar bekennt, im Alltag schwierig.

In Wien wird seit einigen Jahren eine Kooperationsvereinbarung zwischen dem Krankenanstaltenträger und der Medizinischen Universität erarbeitet. Für die gemeinsame Betriebsführung zwischen MUW und Allgemeinem Krankenhaus wurden

im Jahre 2013 im Rahmen einer Absichtserklärung⁷³ verbindliche Grundsätze festgeschrieben; eine paritätisch besetzte Geschäftsleitung soll eine kooperative Gesamtplanung des Universitätsklinikums und die Verrechnung des KMA gleichrangig und verbindlich regeln. Der nahende Ablauf der derzeitigen Vereinbarung im Jahre 2015 erhöht jedenfalls den Druck auf die politischen Entscheidungsträger, ein tragfähiges Konzept endgültig fertigzustellen.

Auf Klinik- bzw. Abteilungsebene sind die Governancessstrukturen des Bereichs Bildgebung klar und den Anforderungen von Forschung, Lehre und Krankenversorgung in dieser Fachrichtung angemessen. Es gibt eine starke, langjährige Führung der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin mit einem Lehrstuhlinhaber, der auch dem MIC als Direktor vorsteht. Eine nachvollziehbare, thematisch ausgewogene strategische Planung für die Forschung im Bereich Bildgebung für die nächsten Jahre liegt vor.

Mit der Neubesetzung der Leitung der Abteilung für Nuklearmedizin im Jahre 2013 ist an der MUW der Grundstein für eine Weiterentwicklung der nuklearmedizinischen Forschung in den nächsten Jahren gelegt worden.

Infrastruktur

Die Ausstattung der MUW mit bildgebenden Großgeräten kann insgesamt als gut, jedoch in manchen Bereichen als veraltet bezeichnet werden.⁷⁴ Die Gerätelisten zeigen im MRT-Bereich eine gute Ausstattung mit einer großen Zahl an teilweise neuen Geräten, darunter ein MR-PET. Die Klinikleitung sieht die Anschaffung eines weiteren 3 T-MRT als dringlich an, um lange Wartezeiten auf MRT-Untersuchungen zu verringern.

Ein existierender Reinvestitionsplan, den die Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin in Abstimmung mit der MUW und dem AKH erstellt hat, wird nicht planmäßig umgesetzt, was einer Veralterung des Geräteparks Vorschub leistet.

Offensichtliche Engpässe gibt es bei CT- und PET/CT-Geräten, die teilweise sehr alt und der Zahl nach eher begrenzt sind. Speziell bei der PET/CT wird derzeit eine für

⁷³ Vgl. Absichtserklärung betreffend die zukünftige Zusammenarbeit der Medizinischen Universität Wien mit der Stadt Wien, August 2013.

⁷⁴ Detaillierte Zahlen zu den einzelnen Modalitäten, aufgeschlüsselt nach Kliniken bzw. Abteilungen können der Tabelle 10 am Ende des Kapitels zur MUW entnommen werden.

eine Universitätsklinik nicht adäquate Wartezeit von 6 bis 8 Wochen angegeben. Die Zahl der PET und PET/CT-Untersuchungen an der MUW ist seit 2010 gegen den Trend an vielen anderen Universitätskliniken rückläufig; dies kann mit Kapazitätsengpässen begründet werden.

Die Abteilung für Nuklearmedizin macht im Bereich Radiochemie deutliche infrastrukturelle Defizite geltend. So existiere derzeit keine vollwertige, GMP-konforme Radiopharmakaproduktion. Erforderlich sei ein Upgrade des existierenden Zyklotrons auf den technisch neuesten Stand, wie dies auch im Entwicklungsplan für 2016-2018 vorgesehen ist. Auf der Investitionsliste steht zudem ein zweites Zyklotron, um eine lückenlose Versorgung zu gewährleisten.

Herausragend sind an der MUW die überwiegend der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin zugeordneten Spezialeinrichtungen für die wissenschaftliche Bildgebung. An erster Stelle ist hier das im Jahre 2002 als fachübergreifende Einrichtung unter Beteiligung zahlreicher weiterer klinischer Organisationseinheiten und der Medizinischen Physik gegründete Exzellenzzentrum für Hochfeld-MRT zu nennen. Es arbeitet an der methodischen Entwicklung und klinischen Anwendung von 3T- und 7T-MRT.

Die Nutzung und Datengewinnung des Hochfeld-MRT geschieht über das Einreichen von Projekten bei einem Koordinationsteam, an dem Physik, Biomedizinische Technik und Radiologie beteiligt sind. Nur Projekte, für die eine Finanzierung nachgewiesen werden kann, werden zugelassen. Insgesamt arbeiten an der Einrichtung 45 Mitarbeiter, in der Mehrheit drittmittelfinanziert. Das 3T-Gerät des Zentrums für Hochfeld-MRT ist von der klinischen Versorgung weitgehend befreit. Am 7T-Gerät wurden in den fünf Jahren seit der Inbetriebnahme insgesamt 700 Patienten untersucht.

Mit dem zweiten Quartal 2014 nahm zudem ein neues *Preclinical Imaging Lab* der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin die Forschungsarbeit auf, das unter anderem MikroCT-, MikroMRT-, MikroPET-, MikroSPECT- und MikroUltraschall-Untersuchungen erlaubt. Es soll allen Forschungsgruppen der MUW zur Verfügung stehen und so die inter- und multidisziplinäre Forschung fördern.

Schließlich wurde ebenfalls unter der Leitung der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin ein *Computer Imaging Research Lab* (CIR) aufgebaut, das innerhalb von drei Jahren von einigen wenigen auf 20 Mitarbeiter angewachsen ist. Es

konzentriert sich auf die Analyse, Verarbeitung, Darstellung und Kommunikation von digitalen Bilddaten und wird zunehmend in fachübergreifende wissenschaftliche Projekte eingebunden.

IT-Infrastruktur

Im Bereich der IT-Infrastruktur bestehen sowohl in der radiologischen Versorgung als auch im speziellen Forschungskontext Defizite. Im klinischen Bereich hat das PACS-System, für dessen Anschaffung und Unterhalt das AKH zuständig ist, erhebliche Performanceprobleme, die „teilweise wöchentlich“ Krisensitzungen erfordern. Ein relevanter Anteil der generierten Bilddaten, insbesondere aus dem MR/PET-Bereich, kann daher nicht verwertet werden; es steht kein einheitliches digitales Bildarchiv zur Verfügung, das nicht zuletzt der Forschung zugutekommen würde.

Im Forschungsbereich fehlt im Kontext des MIC eine *Parallel Computing*-Architektur für jene wissenschaftlichen Analysen, die eine hohe Rechenleistung erfordern. Auch gebe es deutlich zu wenige Lizenzen für einige forschungsrelevante Softwarelösungen wie MATLAB oder Analyse AVW.

Forschungsintegration/Kooperationen

Insgesamt herrscht der Eindruck, dass nationale Kooperationen in der Bildgebung zwar existieren, jedoch noch deutlich ausgebaut werden sollten. Genannt werden können einzelne Projekte des Exzellenzzentrums für Hochfeld-MRT, das z.B. im Bereich der Eisenbildgebung mit der MUG und im Bereich der Knorpelbildgebung mit der MUI kooperiert. Ebenfalls im Bereich der Hochfeld-MRT angesiedelt sind die bildgebenden Teilprojekte des aus dem Hochschulraumstrukturmittelprogramm finanzierten BIG-WIG Multiple Sklerose-Projekts, an dem alle drei Medizinischen Universitäten Österreichs beteiligt sind. Alle drei Medizinischen Universitäten kooperieren auch in der neuroradiologischen Bildgebung im *Neuroimage WING*-Projekt.

Eher infrastrukturell ausgerichtete Kooperationen existieren vor allem im Bereich der Radiopharmakaentwicklung; hier arbeitet die MUW mit der MUI bei Gallium-68-Produkten und mit der MUG bei radioiodierten Verbindungen sowie bestimmten PET-Tracern zusammen. Die MUW kooperiert außerdem im Rahmen des über den Infrastrukturfonds des *bmfw* finanzierten interdisziplinären translationalen Hirnforschungsclusters im Bereich Hochfeld-MRT mit der Veterinärmedizinischen Universi-

tät und der Universität Wien. Weitere Kooperationsprojekte laufen mit den Technischen Universitäten Graz und Wien sowie mit dem *Austrian Institute of Technology* (AIT).

Austrian Bio-Imaging (AT-BI)

Die geplante *Austrian Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biomedical Sciences* (AT-BI) wird von der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin der MUW koordiniert. Ziel ist der Aufbau einer österreichweiten, koordinierten und standardisierten Infrastruktur für die bildgebende biomedizinische Forschung. Ziel ist nicht nur ein offener Zugang zu infrastrukturellen Ressourcen, sondern auch eine gemeinsame Planung infrastruktureller Anschaffungen, um Redundanzen zu vermeiden und die Kosteneffektivität von Investitionen in die Bildgebung zu verbessern. Geplant ist, dass AT-BI eng mit dem paneuropäischen Wissenschaftsinfrastrukturprojekt Euro-BioImaging des *European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI) kooperiert.

Finanzierung/Mittelzuweisung/Drittmittel

Für die Finanzierung der MUW standen im Jahre 2013 rund 315,7 Mio. Euro Globalbudget zur Verfügung. Dazu kamen 41,2 Mio. Euro zur Abgeltung des KMA sowie 25 Mio. Euro für die Anschaffung von Geräten.

Insbesondere die Geräteinvestitionen sind nach Auffassung der MUW-Wissenschaftler knapp kalkuliert. Die fehlende Umsetzung des existierenden Reinvestitionsprogramms werde zu einem Investitionsrückstau führen.

Die Angaben zu Drittmiteleinnahmen im Bereich bildgebende Forschung an der MUW lassen nur teilweise eine Separierung von kompetitiv erworbenen Einnahmen und Industriesponsoring zu. Die Universitätsklinik für Radiologie gibt an, zwischen 2009 und 2013 20,8 Mio. Euro an Drittmitteln eingeworben zu haben, die aus 66 kompetitiven Grants (EU, FWF, OeNB und andere) sowie 121 klinischen Studien/Industriekooperationen gespeist werden. Dies beinhaltet 2,4 Mio. Euro, die an das der Radiologie zugeordnete CIR gingen. Für den Zeitraum ab 1.1.2012 werden von Radiologie und Nuklearmedizin gemeinsam kompetitive Drittmittel im Umfang von 630.808 Euro aus neun laufenden FWF-, ÖAW-, OeNB-Projekten angegeben.

An mehreren anderen Kliniken werden mit bildgebungsbezogenen Forschungsprojekten ebenfalls relevante Mengen an Drittmitteln eingeworben. Beispielhaft seien hier die Universitätskliniken für Strahlentherapie (7 Mio. Euro) und für Psychiatrie/ Psychotherapie (2,7 Mio. Euro) genannt.

Das stark im Bereich Methodenentwicklung engagierte ZMPBMT hat seit 2011 rund 11,1 Mio. Euro eingeworben, die sich auf 27 kompetitive Grants und 15 klinische Studien/Industriekooperationen verteilen. Weitere relevante Drittmittelbeträge betreffen die Datenanalyse und Datenauswertung im Rahmen des *MIC-Nodes Image Computing, Analysis and Visualization*. Hier wurden – angesiedelt an der Ophthalmologie – vom VRC seit 2006 13,4 Mio. Euro und vom OPTIMA Lab jährlich 3 Mio. Euro eingeworben.

Über die Drittmittel wird ein erheblicher Teil des wissenschaftlichen, aber nur ein sehr geringer Teil des ärztlichen Personals der MUW im Bereich Bildgebung finanziert. Für die Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin werden die Stellenzahlen in der Gegenüberstellung Drittmittelstellen vs. Globalbudget finanzierte Stellen wie folgt angegeben:

Tätigkeitskategorie	Drittmittel	Globalbudget	Gesamt
Arzt	2	101,5	103,5
Wissenschaftler	33,5	12	45,5
Gesamt	35,5	113,5	149

Tab. 8: Gegenüberstellung drittmittel-/globalfinanzierte Stellen der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin der MUW. Quelle: MUW, 2014.

Weitere 45 Drittmittelstellen mit Schwerpunkt Bildgebung existieren im ZMPBMT. Das VRC beschäftigt 26 Mitarbeiter, das OPTIMA Lab 16 Mitarbeiter auf Drittmittelbasis.

Aus- und Weiterbildung

Trotz der breiten Forschungsaktivitäten im Bereich Bildgebung und der Etablierung des MIC existiert an der MUW bislang kein PhD-Programm, das spezifisch der Bildgebung zugeordnet ist. Für grundlagenorientierte Wissenschaftler ist das PhD-Programm *Medical Physics* die geeignete Anlaufstelle. Anteile an Bildgebung weisen zudem die beiden ebenfalls grundlagenorientierten PhD-Programme *Vascular Biology* und *Cardiovascular and Pulmonary Disease* auf.

Ergänzt wird dieses PhD-Angebot, das sich in erster Linie an Wissenschaftler richtet, aber auch Ärzten offen steht, durch klinische PhD-Programme (N790-Programme) mit Bildgebungskomponenten, namentlich *Clinical Neurosciences*, *Bone and Joint Regeneration*, *Clinical and Experimental Oncology* und *Preclinical and Clinical Research for Drug Development*. In diesen klinischen PhD-Programmen kommt die Bildgebung als Schwerpunkt allerdings eher zu kurz.

Nicht zuletzt deshalb befindet sich derzeit ein eigenes klinisches PhD-Programm des MIC unter dem Arbeitstitel *Translational Medical Imaging* in Vorbereitung; der geplante Start ist im Jahr 2015. Vorgesehen ist ein modulares Programm, das sich der klinische PhD-Anwärter in Abhängigkeit von seinen Forschungsinteressen in großen Teilen selbst zusammenstellen kann. Ziel ist der Erwerb grundlegender Fähigkeiten in den Bereichen Datenextraktion und Datenanalyse. Ebenfalls vorgesehen, aber offenbar noch nicht konkretisiert ist ein wissenschaftlich ausgerichtetes PhD-Programm des MIC unter dem Arbeitstitel *Medical Imaging*.

2.3.2 Zusammenfassende Einschätzung

Die Voraussetzungen für eine international stark sichtbare Forschung im Bereich Bildgebung an der MUW sind, sowohl die Ausstattung als auch die Forschungsleistungen betreffend, in weiten Teilen auch im internationalen Vergleich exzellent. Die Einrichtung des MIC als einem von fünf Forschungsclustern an der MUW belegt, dass auch die Leitung der MUW diese starke Stellung der bildgebenden Fächer – die sich klinisch nicht zuletzt in einer enorm hohen Zahl an interdisziplinären Konferenzen zeigt – sieht und entsprechend fördert. Die Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin wird von mehreren anderen Kliniken der MUW mit starkem Interesse

an Bildgebung, insbesondere der Ophthalmologie, der Psychiatrie/Psychotherapie und der Strahlentherapie, flankiert. Die Verbindung des MIC mit mehreren hochkarätigen, interdisziplinär ausgelegten Einrichtungen der Bildgebungsforschung (Hochfeld-MRT, *Preclinical Imaging Center*, ZMPBMT, CIR) stellt die kritische Masse an hochkarätigen Forschungsgruppen unterschiedlicher Herkunft dar, die für den Erfolg des Clusters erforderlich ist.

Die sehr guten strukturellen und strategischen Voraussetzungen für die bildgebende Forschung an der MUW können für den Ausbau einzelner Themenschwerpunkte wie Radiogenomics, integrierte Diagnostik und Theranostics sicherlich noch stärker genutzt werden. Der wissenschaftliche *output* in ausgewählten Subdisziplinen, namentlich der ophthalmologischen Bildgebung, ist sehr hoch. Die MUW hat das Potential, in den nächsten Jahren eine der international führenden bildgebenden Forschungseinrichtungen zu werden. Ein weiterer Schritt dazu wäre, die Forschungen des im Frühsommer 2014 eröffneten *Preclinical Imaging Lab* in hochrangige Publikationen umzusetzen. Hier ist darauf zu achten, dass eine transparente Zugangspolitik mit klar definierten Kriterien für die Nutzung geschaffen wird. Neben der Regelung des Zugangs ist auch eine adäquate personelle Ausstattung erforderlich.

Das *Medical Imaging Cluster* mit seinen sechs gut ausgewählten Forschungs-*Nodes* sollte zügig mit Leben erfüllt werden. Dabei wird es in erster Linie darum gehen, interdisziplinäre Forschungsprojekte zu definieren, mit denen die Universität gezielt weitere Drittmittel einwerben kann. Dieser Prozess könnte dadurch unterstützt werden, dass das MIC über eigene Mittel zur Förderung interdisziplinärer Projekte verfügt.

Unabhängig von den Organisationsstrukturen des MIC wird eine effizientere personalpolitische Gestaltung der Forschung an der MUW als erfolgskritisch und prinzipiell auch möglich angesehen. Wenn die in Wien durchweg von der Universität angestellten Ärzte wie angegeben nur weniger als 10 Prozent – statt der zustehenden 30 Prozent – ihrer Regelarbeitszeit in Forschung investieren können, kann die Universität ihren Aufgaben nicht gerecht werden. Fraglich ist, ob die Einstellung zusätzlichen Personals der Königsweg zur Verbesserung dieser Quote ist. Formale ist die Personalausstattung der MUW im Vergleich zu anderen internationalen Universitätskliniken und Medizinischen Fakultäten ähnlicher Größe durchaus sehr gut.

Es wird empfohlen, in enger Abstimmung mit dem Träger bzw. der Stadt Wien zu prüfen, inwieweit die Ärzte der MUW-Radiologie von klinischen Routinetätigkeiten entlastet werden können. Dies könnte über eine Änderung des Verteilungsschlüssels bei der Zuweisung von Patienten in dem Sinne geregelt werden, dass Routineuntersuchungen eher außerhalb der MUW durchgeführt werden. Beispiele für derartige Kooperationen zwischen einer forschenden Universitätsklinik und klinisch ausgerichteten Versorgungskrankenhäusern im Umfeld – die in die Lehre bzw. die Rotationspläne der Weiterbildung einbezogen werden können – existieren und funktionieren in anderen europäischen Städten mit großen Universitätskliniken. Auf jeden Fall sollte sichergestellt werden, dass an Forschung interessierte Mitarbeiter der bildgebenden Fächer eine Zuteilung von Forschungszeit (*protected time*) erhalten, die von der Zeit für die klinische Versorgung klar separiert ist. Eine hochrangige Wertschätzung wissenschaftlicher Tätigkeit im Vergleich zur klinischen Tätigkeit sollte sich auch in den Dienstplänen erkennen lassen.

Das Exzellenzzentrum für Hochfeld-MRT verfügt über eine transparente Zugangsregelung und eine hervorragende personelle Ausstattung und kann daher für die Organisation des *Preclinical Imaging Lab* als Blaupause dienen. Auch was den Forschungs-*output* angeht, ist das Hochfeld-MRT eine der großen Stärken der bildgebenden Forschung an der MUW. Die Medizinische Physik-Gruppe zählt zu den führenden Gruppen in der Hochfeld-MRT-Forschung weltweit.

Neben diesen beiden infrastrukturellen Highlights gibt es bei Geräten für die Routineversorgung teilweise Engpässe, speziell in der Nuklearmedizin, aber offenbar auch im CT- und MR-Bereich, was zu langen Wartezeiten führt. Dies könnte, wie an den beiden anderen Medizinischen Universitäten, durch längere tägliche Betriebszeiten verhindert werden. Um Wartezeiten zu reduzieren, existiert bereits jetzt ein ausgeklügeltes Patientenbestellwesen.

Klare infrastrukturelle Defizite bestehen im IT-Bereich. Ein seit Jahren dysfunktionales PACS ist für eine Universitätsklinik dieser Größenordnung indiskutabel. Hier werden eindeutig unnötige Personalressourcen gebunden, nicht zuletzt zu Lasten der bildgebenden Forschung. Die Zahl der Lizenzen für forschungsrelevante Softwarelösungen ist zu gering. Der Zugang zu High-Performance-Computing-Ressourcen soll-

te an einer Medizinischen Universität, die die Bildgebung zu einem von fünf Forschungsschwerpunkten erklärt, besser sein.

Positiv ist anzumerken, dass an der MUW wie an den beiden anderen Medizinischen Universitäten aufgrund der paktierten Anschaffung der Zugang zu den bildgebenden Großgeräten für Forschungszwecke im Prinzip kostenfrei ist. Auch die Verbrauchsmittel schlagen bei diesem Modell nicht auf das Forschungsbudget durch, da sie in vollem Umfang von dem jeweiligen Krankenhausträger, in diesem Falle der KAV, übernommen werden. Das ist grundsätzlich eine forschungsfreundliche Konstruktion.

Die Einwerbung von Drittmitteln sollte an der Universitätsklinik für Radiologie und Nuklearmedizin gesteigert werden. Wie oben angesprochen, könnte der Ausbau des MIC zu einem echten ‚Generator‘ für interdisziplinäre Forschungsprojekte dabei eine Schlüsselrolle spielen. Derzeit bestreitet die Radiologie laut Eigenauskunft 35 von 149 Stellen mit Drittmitteln. Dies ist nicht weniger, aber auch nicht mehr als der MUW-Durchschnitt (1.328/5.343). Für ein Fach, das von der Universität als einer von fünf Forschungsschwerpunkten angesehen wird, ist dies sicher noch steigerungsfähig.

2.3.3 Empfehlungen

- Rasche Erneuerung des altersschwachen PACS unter Berücksichtigung der Anforderungen der bildgebenden Forschung.
- Vermeiden von Verzögerungen beim existierenden Reinvestitionsplan für Großgeräte.
- Verbesserung der Geräteausstattung insbesondere in der Nuklearmedizin (PET/CT).
- Analyse der Engpässe bei der MRT/CT-Bildgebung im Hinblick auf mögliche Spielräume für eine bessere Auslastung der Geräte bzw. eine Verlängerung der täglichen Nutzungsdauer der Geräte.
- Verbesserung des Zugangs zu High-Performance-Computing-Ressourcen sowie Erhöhung der Zahl der Lizenzen bei Software-Tools für die bildgebende Forschung.
- Reorganisation des Dienstmodells und Verschlinkung der multiplen personalintensiven Spezialdienste. Effizientere Personalplanung hinsichtlich der Beset-

zung von Routinearbeitsplätzen, Bereitschaftsdiensten und Forschungsfreistellungen.

- Verbesserung der Zugangsmöglichkeiten zu bildgebenden Großgeräten für Forscher, die nicht an der Klinik für Radiologie und Nuklearmedizin angestellt sind, in Form von Forschungsk Kooperationen, die in Koordination mit dem AKH zu vereinbaren sind.
- Systematische Weiterentwicklung des gut strukturierten MIC mit dem Ziel, durch inneruniversitäre Kooperationen verstärkt Drittmittelprojekte (SFB, EU-Grants etc.) einzuwerben. Ein erster Schritt könnte die Einrichtung eines transparenten, formalisierten Abstimmungsprozesses für die Festlegung MIC-weiter interdisziplinärer Forschungsprojekte sein.
- Ausstattung des MIC mit eigenen Mitteln, die leistungsabhängig an translational ausgerichtete, kooperative Forschungsprojekte vergeben werden können.
- Zügige Umsetzung der avisierten PhD-Programme mit Schwerpunkt Bildgebung.
- Kooperation mit der MUG und der MUI im Rahmen der geplanten AT-BI vorantreiben.
- Verbesserung der Karriereoptionen für nichtklinische Wissenschaftler.
- Einrichtung zusätzlicher Laufbahnstellen oder *senior/junior faculty*-Stellen speziell im CIR, in der experimentellen Nuklearmedizin und im Bereich der ophthalmologischen Bildanalyse (OPTIMA Lab, VRC).
- Einrichtung der angestrebten Professur für die computerbasierte Verarbeitung, Analyse und Visualisierung von medizinischen Bilddaten.

Medizinische Universität Wien, Zahlen zur Bildgebung (2013)

Anzahl PatientInnen pro Jahr	Radiologie	208.124
	Nuklearmedizin	15.302
	UCH	59.768
	Gesamt	283.194
Anzahl PatientInnen konventionelle Untersuchungen	Radiologie	123.568
	UCH	59.768
	Gesamt	183.336
Anzahl PatientInnen invasive/inter-ventionelle Untersuchungen	Radiologie	1.972
	Neurochirurgie	410
	Kardiologie	3.605
	Pädiatrische Kardiologie	2.97
	Gesamt	6.289
Anzahl PatientInnen CT-Untersuchungen	Radiologie / Nuklearmedizin	37.189
	STTH	2.090
	Gesamt	39.279
PatientInnen MRT-Untersuchungen	Radiologie	20.298
	Nuklearmedizin	0
	Gesamt	20.298
PatientInnen SPECT-Untersuchungen	Radiologie	0
	Nuklearmedizin	4.583
	Innere Med. II	1.200
	Gesamt	5.783
PatientInnen PET-Untersuchungen	Radiologie	0
	Nuklearmedizin	3.869
	Gesamt	3.869
PatientInnen Ultraschall-Untersuchungen	Radiologie / Nuklearmedizin	21.198
	Gesamt	21.198

Tab. 9: Anzahl von Patienten und Untersuchungen nach Subspezialisierung. Quelle: MUW, 2014.

Anzahl CT-Geräte (ohne PET-CT)	Radiologie/Nuklearmedizin	5
	Strahlentherapie	1
	Gesamt	6
Anzahl MRT-Geräte	Radiologie/Nuklearmedizin	9,5
	Strahlentherapie	0,5
	Gesamt	10
Anzahl SPECT-Geräte	Radiologie/Nuklearmedizin	6
	Innere Medizin	1
	Gesamt	7
Anzahl PET-Geräte	Radiologie/Nuklearmedizin	3 (PET, PET-CT, MR-PET) plus 1 Zyklotron
	Gesamt	3 + 1
Anzahl Angioanlagen	Radiologie/Nuklearmedizin	3,5
	Neurochirurgie	1,5
	Kardiologie/Angiologie	5
	Gesamt	10
Anzahl konventioneller Arbeitsplätze	Radiologie/Nuklearmedizin	86
	Unfallchirurgie	19
	Gesamt	105
Anzahl Ultraschallarbeitsplätze	Radiologie/Nuklearmedizin	19
	Unfallchirurgie	1
	Gesamt	20

Tab. 10: Infrastruktur und Ausstattung. Quelle: MUW, 2014.

3. Schlussfolgerungen: Forschung zur Bildgebung in Österreich

3.1 Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren

Im Einklang mit dem Aufschwung der klinischen und translationalen Forschung in Österreich in den letzten Jahren wurde auch die bildgebende Forschung deutlich verbessert. Dies spiegelt sich in einem Anstieg typischer Messgrößen für den Forschungserfolg, darunter kumulierte *impact*-Faktoren, Zitierhäufigkeiten und Gesamtzahl der Publikationen wider.

Weitere inhaltliche Profilierung erforderlich

Thematisch sind es vor allem die beiden Bereiche *Neuroimaging* und onkologische Bildgebung, bei denen Österreich – und zwar an allen drei Medizinischen Universitäten – international ausgewiesen ist. Zu diesem Erfolg hat nicht zuletzt die insgesamt sehr gute Geräteausstattung der Medizinischen Universitäten beigetragen. So verfügt die MUW seit vielen Jahren über ein international renommiertes Exzellenzzentrum für Hochfeld-MRT und schickt sich an, den Erfolg dieser fächerübergreifenden Forschungseinrichtung für die bildgebende Forschung mit dem neu installierten *Pre-clinical Imaging Lab* zu wiederholen. An MUG und MUI sind die in den letzten Jahren in Betrieb genommenen und ebenfalls schwerpunktmäßig von den Neurowissenschaften genutzten 3T-Forschungs-MRT-Geräte jeweils als Erfolgsgeschichte anzusehen.

Speziell im Bereich *Neuroimaging* existieren Projekte wie *NeuroImage WING* und *BIG-WIG MS* in Form universitätenübergreifender Kooperation. Dies sollte sich über kurz oder lang in einem weiteren Anstieg der wissenschaftlichen Publikationen in international sichtbaren Journalen niederschlagen. Ähnliche Kooperationsprojekte in der onkologischen Bildgebung wären wünschenswert.

Trotz dieser Erfolge sollte sich die bildgebende Forschung an den Medizinischen Universitäten noch weiterentwickeln. Unklar ist bisher, welche Profilierung über das *Neuroimaging* und die onkologische Bildgebung hinaus angestrebt wird. Hier besteht Forschungspotential an allen drei Universitäten.

Erschwert wird diese Profilbildung durch das relativ geringe Volumen an projektbezogenen wettbewerbsbasierten Fördermitteln, das den österreichischen Universitä-

ten zur Verfügung steht. Mit ihrem *Medical Imaging Cluster* böte sich insbesondere die MUW als Plattform für interdisziplinäre Großforschungsprojekte mit *Imaging*-Fokus an. Dass derzeit in Österreich auf Grund der Budgetknappheit keine kompetitiven Mittel in Form der SFB des FWF⁷⁵ eingeworben werden können, ist vor diesem Hintergrund nicht besonders hilfreich.

Gemeinsame Nutzung von *Imaging*-Infrastruktur stärker erwägen

Auch bei der Bildgebung stellt sich bei einem Land von der Größe Österreichs die Frage, ob teure Infrastrukturen an allen Standorten Medizinischer Universitäten in gleicher Weise betrieben werden müssen, insbesondere wenn man sich vergegenwärtigt, dass zumindest einige der in den letzten Jahren angeschafften Geräte den von den Medizinischen Universitäten zur Verfügung gestellten Zahlen zufolge nicht voll ausgelastet sind. Es gibt durchaus Möglichkeiten einer weiter als bisher gehenden strategischen Vernetzung in der Bildgebung zwischen den drei Medizinischen Universitäten. Als gelungene Beispiele seien Nuklearmedizin (GMP-Facilities), Hochfeld-MRT und *Preclinical Imaging* genannt.

Eine gute Plattform für die Vertiefung der Kooperationsbemühungen ist die in Planung befindliche *Austrian Research Infrastructure for Imaging Technologies in Biomedical Sciences* (AT-BI), die noch auf eher ‚klinische‘ Infrastrukturthemen mit Bildgebungsbezug wie etwa GMP in der Nuklearmedizin ausgedehnt werden könnte.

Große Chancen sowohl für die innerösterreichische Vernetzung der Medizinischen Universitäten als auch für die Vernetzung der österreichischen bildgebenden Forschung insgesamt mit jener in anderen europäischen Ländern bietet die Andockung von AT-BI an das paneuropäische Wissenschaftsinfrastrukturprojekt *Euro-Bio-Imaging des European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI). Hierdurch würde nicht nur der Zugang zu bildgebender Infrastruktur in ganz Europa für Wissenschaftler aus Österreich verbessert. Es käme auch zu einer weiteren Diffusion der für einen Forschungserfolg im Bereich Bildgebung zunehmend wichtigen Philosophie der Offenheit und Kooperation. Der hierfür erforderliche administrative Auf-

⁷⁵ Zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser Empfehlungen im laufenden Jahr 2014 konnte das Präsidium des FWF keine Einreichung von Konzeptanträgen in den Programmen „Spezialforschungsbeiräte“ (SFBs) und „Doktoratskollegs“ (DKs) entgegennehmen. Diese Entscheidung zur Aussetzung von Neueinreichungen war ausschließlich den finanziellen Rahmenbedingungen geschuldet. Vgl. <https://www.fwf.ac.at/de/forschungsfoerderung/fwf-programme/sfbs/> (Stand 20.9.2014).

wand zur effizienten Organisation solcher komplexer Kooperationsmodelle sollte allerdings nicht unterschätzt werden.

Adäquate personelle Besetzung und Auslastung der Geräte gewährleisten

Ein zentrales Hindernis für die bildgebende Forschung in Österreich, auch für die geschilderten offenen Kooperationsszenarien, sieht der Österreichische Wissenschaftsrat in der personellen Ausstattung der Geräteeinheiten. Wer relevante bildgebende Forschung betreibt, benötigt nicht nur Studienleiter, sondern auch darüber hinausgehendes wissenschaftliches und nichtwissenschaftliches Personal, vom Physiker über den Radiochemiker bis hin zu Softwarespezialisten und medizinisch-technischem Hilfspersonal. Insbesondere an den radiologischen Kliniken in Graz und Innsbruck gibt es Indizien einer suboptimalen personellen Besetzung der Großgeräte, was dazu führt, dass teure Maschinen nicht voll ausgelastet sind. Tatsächlich scheint es zwar deutlich teurer, aber mitunter einfacher zu sein, neue Geräte anzuschaffen als bestehende Geräte mit dem nötigen Personal auszustatten und organisatorisch besser zu nutzen.

Die Gründe, die zum Personalmangel im Zusammenhang mit der biomedizinischen Forschung führen, sind vielschichtig. Die aus Forschungssicht problematische geteilte Trägerschaft zwischen einem nur an Versorgung interessierten Landesträger und einem der Forschung verpflichteten Bundesträger führt tendenziell zu einer Quersubventionierung von Versorgung durch Forschung und damit zu einem Personalmangel in der Forschung.

Den Personalmangel nur auf das Trägerschaftsmodell zurückzuführen, greift freilich zu kurz. Auch wenn dies kein Forschungsthema im engeren Sinne ist, so ist doch darauf hinzuweisen, dass die für Journaldienste und andere klinische Dienstleistungen von Radiologien und nuklearmedizinischen Abteilungen an den Medizinischen Universitäten in Österreich zur Verfügung gestellte Personalmenge im europäischen Vergleich deutlich überdurchschnittlich ist. Rein numerisch müsste im Vergleich zu anderen Ländern angesichts der personellen Besetzung der bildgebenden Fächer in Österreich mehr Zeit für die Forschung zur Verfügung stehen als dies *de facto* der Fall zu sein scheint. Modelle effizienter Dienstplangestaltung sollten deshalb diskutiert werden.

Chance zur personellen Restrukturierung von Versorgung und Forschung nutzen

Das Thema ist vor dem Hintergrund der in Österreich derzeit anstehenden Umsetzung der europäischen Arbeitszeitlinie im medizinischen Umfeld von großer Bedeutung. An allen drei Medizinischen Universitäten wurde diese Problematik angeschnitten und die Sorge geäußert, dass durch die Umsetzung der EU-Richtlinie weitere personelle Forschungskapazitäten verschwinden. Diese Befürchtungen sind nicht ganz unberechtigt. Allerdings bieten solche von außen (mit zudem durchaus nachvollziehbarer Intention) erzwungenen Veränderungen immer auch eine Chance, über eingefahrene Personalstrukturen konstruktiv nachzudenken und sie gegebenenfalls zu verändern.

3.2 Übergreifende Empfehlungen, kurz gefasst

- An den drei Medizinischen Universitäten Österreichs sollte neben den sehr profilierten Bereichen *Neuroimaging* und onkologische Bildgebung eine weitergehende Stärkung der bildgebenden Forschung angestrebt werden.
- Die Auslastung der Infrastruktur für die Bildgebung ist unbedingt zu steigern. Betriebszeiten bzw. Personalbesetzungszeiten der existierenden, teilweise hochwertigen Geräte sind über das Ende der Kernarbeitszeit um 15.00 Uhr hinaus zu verlängern und organisatorisch zu ermöglichen.
- Die Einwerbung von SFBs mit dem Schwerpunkt Bildgebung ist wieder zu fördern. Diese dürfte ein probates Mittel für eine verbesserte Vernetzung der Forschungsinfrastruktur in Österreich sein.
- Die existierenden interuniversitären Vernetzungen wie *Neuroimage WING*, *BIG-WIG MS* und die Kooperationen im Bereich Hochfeld-MR sollten beibehalten bzw. weiter ausgebaut werden. Über ähnliche Strukturen im Bereich der onkologischen Bildgebung sollte nachgedacht werden.
- Der weitere Aufbau der AT-BI-Plattform sollte politische Priorität haben; die Plattform sollte so ausgestattet sein, dass sie auf Investitionsentscheidungen der Universitäten in bildgebender Infrastruktur relevanten Einfluss hat. Die Medizinischen Universitäten Österreichs sollten AT-BI nicht nur konsequent umsetzen, sondern auch am paneuropäischen Wissenschaftsinfrastrukturpro-

jekt *Euro-BioImaging* des *European Strategy Forum on Research Infrastructures* (ESFRI) teilnehmen.

- Die Biobankaktivitäten an den Medizinischen Universitäten sollten ausgebaut und die Anbindung von Bilddatenbanken an die Biobankeninfrastruktur verbessert werden. Angesichts der Tatsache, dass Österreich kein großes Land ist, sollte außerdem über eine Verknüpfung der Biobanken der drei Universitäten auch im Bereich Bildgebung nachgedacht werden. Dies böte die interessante Perspektive für populationsbasierte Forschungsprojekte unter Einschluss bildgebender Fragestellungen.
- Eine adäquate Organisation der fächerübergreifenden radiologischen Forschung wird als zentrale Aufgabe der Leitungsebene einer radiologischen Universitätsklinik angesehen. Geräte, Messzeiten und Bilddatensätze sollten als Forschungsressourcen begriffen werden, zu denen Wissenschaftler in ähnlicher Weise offenen und geregelten Zugang erhalten wie zu anderer Forschungsinfrastruktur. Dabei ist die nötige personelle Ausstattung mit RTs sowie gegebenenfalls technisch-physikalische Unterstützung zu berücksichtigen.
- Es sollte überprüft werden, inwieweit die anstehende Umsetzung der EU-Arbeitszeitrichtlinie für eine Veränderung der Personalpolitik der Universitäten genutzt werden kann, und zwar mit dem Ziel, Zeiten für Forschung und Krankenversorgung eindeutig zu definieren. Auf diese Weise könnte mehr Zeit für die Forschung gewonnen werden und die Zufriedenheit speziell der forschungswilligen Mitarbeiter erhöht werden. Zudem wirkt sich ein transparentes Personalmanagement in Sachen Forschung erfahrungsgemäß günstig auf die Attraktivität eines Standorts für externe Forscher aus.

ÖSTERREICHISCHER WISSENSCHAFTSRAT

IMPRESSUM Medieninhaber und Herausgeber: Republik Österreich/Österreichischer Wissenschaftsrat, Liechtensteinstraße 22a, 1090 Wien, Tel.: 01/319 49 99-0, Fax: 01/319 49 99-44, office@wissenschaftsrat.ac.at, www.wissenschaftsrat.ac.at Umschlaggestaltung: Starmühler Agentur & Verlag, www.starmuehler.at Druck: Gerin