

**Horst Moog  
Kerstin Federbusch**

## **Medizinische Forschungszentren**

**Organisation und Ressourcenplanung**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



HIS



Hochschulplanung · Band 164

Herausgegeben von der  
HIS Hochschul-Informationssystem GmbH

Horst Moog  
Kerstin Federbusch

# Medizinische Forschungszentren

## Organisation und Ressourcenplanung

HIS GmbH Hannover 2003

Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung erstellt  
(Förderungskennzeichen M 1593.00)  
Die HIS Hochschul-Informationen-System GmbH trägt die Verantwortung für den Inhalt.

#### Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der  
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische  
Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar

© 2003 by HIS GmbH, Gosseriede 9, 30159 Hannover  
Printed in the Federal Republic of Germany  
Druck: Poppdruck, Langenhagen  
**ISBN 3-930447-55-X**

## Vorwort

*Die vorliegende Studie entwickelt Planungshilfen und Bedarfsmodelle für die Ressourcenplanung medizinischer Forschungszentren. Sie steht damit im Kontext einer Reihe von HIS-Grundlagenuntersuchungen zu Hochschuleinrichtungen der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Zugleich deckt die Analyse der biomedizinischen und tierexperimentellen Forschung mit ihren Anforderungen an personelle, technische und bauliche Ressourcen einen wichtigen Ausschnitt des Ressourcenbedarfs der Hochschulmedizin für Forschung und Lehre ab.*

*Aufgrund der Verknüpfung der Krankenversorgung in den Universitätsklinika mit der universitären Forschung und Lehre nimmt die Humanmedizin gegenüber den übrigen an den Hochschulen vertretenen Fächern eine besondere Stellung ein. Angestoßen von den Reformen im Gesundheitswesen und im Hochschulsystem wird derzeit durch die rechtliche Verselbständigung der Universitätsklinika und die rechnerische Aufteilung der Budgets zumindest eine planerische Trennung der klinischen und universitären Aufgabenbereiche angestrebt. Mit der Fokussierung auf zentrale Forschungsgebäude blendet die vorliegende Untersuchung die damit verbundenen Zuordnungsprobleme zwar weitgehend aus. Die interdisziplinäre biomedizinische Forschung im Schnittpunkt der Lebenswissenschaften verdeutlicht allerdings, dass auch die Humanmedizin in wesentlichen Teilbereichen hochschultypische Strukturen und Ressourcenanforderungen besitzt. Damit eröffnet die Hochschulmedizin ein neues Anwendungsfeld für innovative Verfahren und Instrumente der modernen Bedarfsplanung.*

*Der Bericht konnte nur durch die engagierte Unterstützung vieler Wissenschaftler und Planer aus Hochschulen, Bauämtern und Ministerien entstehen:*

- *In Gesprächen und bei Besichtigungen ihrer Forschungszentren ermöglichten zahlreiche biomedizinische Forscher vielfältige Einblicke in ihre Forschungsaktivitäten.*
- *Planer aus Hochschulen und Bauämtern stellten grundlegendes Datenmaterial zu exemplarischen Forschungsgebäuden zur Verfügung.*
- *Der Arbeitskreis „Nutzung und Bedarf“ hat die Studie von Beginn an durch großes Interesse und konstruktive Diskussionen maßgeblich gefördert.*
- *Eine Redaktionsgruppe aus Vertretern der Hochschulmedizin und der zuständigen Ministerien hat den Berichtsentwurf intensiv begutachtet und wertvolle Anregungen gegeben.*

*HIS möchte allen Beteiligten herzlich für ihre Mitwirkung an der Untersuchung danken.*

*Dr. Jürgen Ederleh  
Geschäftsführer HIS GmbH*





# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>Summary/Zusammenfassung.....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Untersuchungsgegenstand.....	1
1.2 Konzeption der Ressourcenplanung .....	3
1.3 Aufbau des Berichts .....	6
<b>Exkurs: Kennzeichen der Hochschulmedizin.....</b>	<b>7</b>
E.1 Aufgaben.....	7
E.2 Organisationen .....	10
E.3 Standorte .....	12
<b>2 Strukturelle Grundlagen .....</b>	<b>17</b>
2.1 Biomedizinische Forschung .....	17
2.1.1 Fragestellungen.....	17
2.1.2 Forschungsmethoden.....	18
2.1.3 Entwicklungstendenzen .....	20
2.2 Forschungspersonal .....	21
2.2.1 Mediziner.....	21
2.2.2 Forscher aus anderen Naturwissenschaften.....	22
2.2.3 Nicht wissenschaftliches Personal.....	24
2.3 Organisationsstrukturen .....	24
2.3.1 Biomedizinische Forschergruppen.....	24
2.3.2 Medizinisch-theoretische Institute.....	26
2.3.3 Verwaltungs- und Serviceeinheit .....	28
<b>3 Raumanforderungen .....</b>	<b>29</b>
3.1 Raumbedarf .....	29
3.1.1 Experimentelle, theoretische und administrative Arbeitsabläufe .....	29
3.1.2 Arbeitsbereiche für experimentelle Arbeitsabläufe .....	30
3.1.3 Arbeitsplätze für theoretische und administrative Arbeitsabläufe .....	32

<b>3.2 Raumgestaltung</b>	34
3.2.1 Raumarten im Überblick	34
3.2.2 Biomedizinische Standardlabore	35
3.2.3 Alternative Laborkonzepte	37
3.2.4 Büroräume	39
3.2.5 Auxiliarräume	40
<b>3.3 Sicherheitsanforderungen</b>	41
3.3.1 Gentechnische und mikrobiologische Sicherheitsstufen	41
3.3.2 Isotopenlabore	44
<b>4 Versuchstierhaltung</b>	47
<b>4.1 Grundlagen</b>	47
4.1.1 Biomedizinische Tierversuche	47
4.1.2 Tierexperimentelle Arbeitsabläufe	48
4.1.3 Formen der Tierhaltung	50
<b>4.2 Versuchstierräume</b>	53
4.2.1 Standardtierräume	53
4.2.2 Sonstige Tierräume	55
4.2.3 Auxiliarräume	55
<b>4.3 Versorgungskonzepte</b>	56
4.3.1 Zentrale und dezentrale Tierhaltungsbereiche	56
4.3.2 Drei-Korridor-Konzept einer Barriere-Haltung	58
4.3.3 Personalbereitstellung	60
4.3.4 Kostenverrechnung	62
<b>5 Bedarfsplanung</b>	65
<b>5.1 Überblick</b>	65
<b>5.2 Bedarfsmodelle Funktionsbereiche</b>	66
5.2.1 Verfügungsbereiche	66
5.2.2 Institutsbereiche	68
5.2.3 Servicebereich	72
5.2.4 Tierbereiche	73
<b>5.3 Bedarfsmodelle Forschungszentren</b>	75
<b>5.4 Bedarfsrelationen</b>	81
5.4.1 Nutzungsprofile im Vergleich	81

---

5.4.2	Flächenansätze und Flächenrelationen .....	82
5.4.3	Baukosten .....	85
<b>5.5</b>	<b>Nutzungssteuerung .....</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>Planungsschritte: Checkliste .....</b>	<b>91</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>97</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>101</b>



# Abbildungsverzeichnis

## 1 Einleitung

Abb. 1.1:	Ausgewählte medizinische Forschungszentren .....	2
Abb. 1.2:	Konzeption der Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren .....	5

## Exkurs: Kennzeichen der Hochschulmedizin

Abb. E.1:	Ärztliche Ausbildung nach der neuen Approbationsordnung .....	8
Abb. E.2:	Teileinheiten der Medizin .....	10
Abb. E.3:	Einrichtungen der Hochschulmedizin in Deutschland .....	13
Abb. E.4:	Biomedizinische Kombinationsstudiengänge (Stand: August 2003) .....	14
Abb. E.5:	Größenvergleich der hochschulmedizinischen Standorte .....	16

## 2 Strukturelle Grundlagen

Abb. 2.1:	Experimentelle Erkenntnismethoden der Medizin im Überblick .....	18
Abb. 2.2:	Personalstrukturen biomedizinischer Forschergruppen .....	25
Abb. 2.3:	Fachgebiete mit potenziell Stammsitz in zentralen Forschungsgebäuden .....	26
Abb. 2.4:	Personalstrukturen medizinisch-theoretischer Institute .....	27

## 3 Raumanforderungen

Abb. 3.1:	Funktionsprinzip einer Sicherheitswerkbank .....	31
Abb. 3.2:	Charakteristische Ausstattungselemente .....	32
Abb. 3.3:	Arbeitsplätze für theoretische und administrative Arbeitsabläufe .....	33
Abb. 3.4:	Raumarten medizinischer Forschungszentren .....	34
Abb. 3.5:	20- und 40-m <sup>2</sup> -Standardlabore ohne Schreibarbeitsplätze .....	36
Abb. 3.6:	40-m <sup>2</sup> -Standardlabor mit Schreibarbeitsplätzen .....	37
Abb. 3.7:	Integriertes Labor- und Denkkzellenmodul .....	38
Abb. 3.8:	Kombinierte Labor- und Fensterfront-Denkzone .....	39
Abb. 3.9:	Merkmale von Radionuklidlaboratorien (DIN 42425-1 alt) .....	44

## 4 Versuchstierhaltung

Abb. 4.1:	Tierexperimentelle Arbeitsabläufe im Überblick .....	49
Abb. 4.2:	Formen der Versuchstierhaltung und ihre Einsatzbereiche .....	52
Abb. 4.3:	Kunststoffkäfige für Kleinnager .....	54
Abb. 4.4:	20m <sup>2</sup> -Standardtierraum mit 8 Gestellen á 24 Käfigen .....	54
Abb. 4.5:	Tierexperimentelles Versorgungskonzept für die biomedizinische Forschung .....	57
Abb. 4.6:	Drei-Korridor-Konzept einer Barriere-Haltung .....	59
Abb. 4.7:	Drei-Korridor-Konzept mit getrennten Tierräumen und -laboren .....	60
Abb. 4.8:	Betreuungsrelationen für Mäuse .....	61
Abb. 4.9:	Kostenarten der tierexperimentellen Forschung .....	62

## 5 Bedarfsplanung

Abb. 5.1:	Exemplarische Bedarfsmodelle und ihre Bausteine im Überblick .....	66
Abb. 5.2:	Alternative Bedarfsmodelle eines Verfügungsbereichs .....	67
Abb. 5.3:	Exemplarische Belegungen des Verfügungsbereichs .....	68
Abb. 5.4:	Institutsbereich I für zwei theoretische Institute .....	69
Abb. 5.5:	Exemplarische Belegungen des Institutsbereichs I .....	70
Abb. 5.6:	Institutsbereich II für zwei theoretische und zwei klinisch-theoretische Institute .....	71
Abb. 5.7:	Exemplarische Belegungen des Institutsbereichs II .....	72

Abb. 5.8: Servicebereich eines Forschungszentrums .....	73
Abb. 5.9: Raumprogramme verschiedener Tierbereiche .....	74
Abb. 5.10: Zentrumsmodell 1 - Flächenausstattung .....	76
Abb. 5.11: Zentrumsmodell 1 - Personalstruktur .....	77
Abb. 5.12: Zentrumsmodell 2 - Flächenausstattung .....	78
Abb. 5.13: Zentrumsmodell 2 - Personalstruktur .....	79
Abb. 5.14: Zentrumsmodell 3 - Flächenausstattung .....	80
Abb. 5.15: Zentrumsmodell 3 - Personalstruktur .....	81
Abb. 5.16: Nutzungsprofile der drei Zentrumsmodelle im Vergleich (Variante A) .....	81
Abb. 5.17: Nutzungsprofile bei alternativen Laborkonzepten (Zentrumsmodell 1) .....	82
Abb. 5.18: Flächenansätze für typische Organisationseinheiten .....	83
Abb. 5.19: Flächenrelationen für verschiedene Personalkategorien .....	84
Abb. 5.20: Zuordnung von Raumnutzungs- zu Kostenflächenarten .....	85
Abb. 5.21: Baukosten für Zentrumsmodell 1 .....	86
Abb. 5.22: Baukosten für Zentrumsmodell 2 .....	87
Abb. 5.23: Baukosten für Zentrumsmodell 3 .....	87

## **6 Planungsschritte: Checkliste**

Abb. 6.1: Planungsschritte im Überblick .....	91
---	----

## Summary

Medical research centers provide medical scientists with the laboratory apparatus and veterinary facilities they need for their research. Typically such centers are divided into pool areas, institute areas, service areas and animal husbandry areas. In recent years, a number of medical faculties and university hospitals have commissioned and built research buildings; others are under construction or in the planning phase.

This report seeks to develop planning aids and requirement models for such medical research centers. The report builds on the planning tools developed to assess the requirements of other natural sciences. However the focus on research buildings as opposed to organisational units, as in previous studies, has meant that several modifications have proven necessary.

**Structural basis:** In medical research centers biomedical and animal experiments are used to investigate questions from all research fields. As well as medics, some of whom also work in hospitals, researchers include biologists, biochemists, chemists and pharmacists. These can form either more or less autonomous research groups, financed by third party funds, or be organisationally linked to institutes of theoretical medicine.

**Space requirements:** The space requirements of biomedical research depend on the experimental procedures and working processes of typical research groups. As the experimental procedures used by groups working in different fields are largely similar, the space allocation plans of medical research centers consist only of a few room types. These are very similar in all medical research centers, although in some centres experimental laboratories and theoretical workplaces are accommodated separately, whilst in others there are combined workplaces.

**Laboratory animal husbandry:** "Animal models" are frequently used in biomedical animal research, particularly genetically modified mice which have been manipulated to make them particularly vulnerable to the disease that the scientist wants to study. Surgical experiments are also frequently carried out on pigs and sheep. In order to care for the laboratory animals and to provide the necessary hygiene standards high-tech laboratory animal husbandries are required. These are usually provided as a central facility and put at the disposal of the whole medical faculty or university hospital.

**Requirement planning:** The modelling of quantitative and qualitative relations between space and personnel structures is central to requirement planning. As the future occupants of a medical research center are often not known at the time of planning, the modelling starts at the level of structural resources; this marks a contrast to the planning process for other faculty buildings. Only in the second stage is the possible future occupancy with research personnel analysed. Requirement models for medical centers are put together from models of pool areas, institute areas, service areas and animal husbandry areas, which describe the space allocation and occupancy plans of the different functional areas. This study suggests three such centres which can put together from these models and calculates requirement ratios and building costs on the basis of these models.

## Zusammenfassung

In medizinischen Forschungszentren werden Forschern aus der Hochschulmedizin apparative Ressourcen für die biomedizinische Laborforschung und die Versuchstierhaltung auf Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierhaltungsflächen gebündelt zur Verfügung gestellt. In den letzten Jahren wurden solche zentralen Forschungsgebäude von einer Reihe medizinischer Fakultäten bzw. Universitätskliniken in Betrieb genommen, weitere Objekte sind im Bau oder in Planung.

Die vorliegende Untersuchung erarbeitet Planungshilfen und Bedarfsmodelle zur Planung medizinischer Forschungszentren. Sie adaptiert dazu das Instrumentarium der Bedarfsplanung für fachliche Hochschuleinrichtungen der Naturwissenschaften. Die Begrenzung auf separate Forschungsgebäude erfordert allerdings konzeptionelle Modifikationen.

**Strukturelle Grundlagen:** In medizinischen Forschungszentren werden Fragestellungen aus allen Bereichen der Medizin mit den Methoden der biomedizinischen Laborforschung und mit Tierexperimenten untersucht. Neben Medizinern, die teilweise parallel in den Klinikdienst eingebunden sind, forschen in medizinischen Forschungszentren Biologen, Biochemiker, Chemiker und Pharmazeuten. Organisatorisch sind sie entweder mehr oder weniger selbständigen, drittmittelfinanzierten Forschergruppen unter Leitung von Nachwuchswissenschaftlern oder medizinisch-theoretischen Instituten zugeordnet.

**Raumanforderungen:** Grundlage des Raumbedarfs der biomedizinischen Forschung sind die verschiedenen Arbeitsabläufe einer typischen Arbeitsgruppe, für die jeweils ein spezieller Arbeitsbereich erforderlich ist. Aufgrund der fehlenden methodischen Spezialisierung setzen sich die Raumprogramme medizinischer Forschungszentren aus wenigen, standortübergreifend ähnlichen Raumtypen zusammen. Ansatzpunkte zur individuellen Gestaltung sind die Unterbringung experimenteller und theoretischer Arbeitsbereiche in separaten Labor- und Büroräumen oder ihre räumliche Zusammenfassung.

**Versuchstierhaltung:** Den Schwerpunkt der biomedizinischen Tierexperimente bilden Versuche an gentechnisch veränderten Mäusen mit gezielt hervorgerufenen Krankheiten, sogenannten Tiermodellen. Daneben werden insbesondere an Schweinen und Schafen operative Experimente durchgeführt. Zum Schutz der Versuchstiere und zur Einhaltung wissenschaftlicher Hygienestandards sind baulich und Lüftungstechnisch abgeriegelte Versuchstieranlagen erforderlich. Solche hochinstallierten Barriere-Haltungen dienen nicht nur den Nutzern des Forschungszentrums, sondern als zentrale Einrichtungen auch den übrigen Forschern des jeweiligen Medizinstandorts.

**Bedarfsplanung:** Im Mittelpunkt der Bedarfsplanung steht die Abbildung quantitativer und qualitativer Zusammenhänge zwischen Flächen- und Personalstrukturen. Da die späteren Nutzer medizinischer Forschungszentren oft nicht im Voraus feststehen, beginnt die Modellierung im Gegensatz zur Bedarfsplanung für Fachbereiche bzw. Fakultäten mit den baulichen Ressourcen. Erst im zweiten Schritt wird nach ihrer möglichen Belegung durch Forschungspersonal gefragt. Bedarfsmodelle für medizinische Forschungszentren setzen sich aus Funktionsbereichsmodellen zusammen. Diese beschreiben Raumprogramme typischer Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereiche und deren mögliche Belegungen mit Forschungspersonal. Exemplarisch werden die entwickelten Bausteine zu Zentrumsmodellen kombiniert und aus deren Flächen und Personal Bedarfsrelationen und Baukosten abgeleitet.



# 1 Einleitung

Die Humanmedizin besitzt im deutschen Hochschulsystem im Vergleich zu den übrigen Fachgebieten eine überragende wirtschaftliche Bedeutung. Rund 45 % aller Ausgaben für die Hochschulen entfallen auf die Medizin, 75 % der Einnahmen der deutschen Hochschulen werden von der Hochschulmedizin erwirtschaftet. Rund ein Viertel des wissenschaftlichen und mehr als die Hälfte des nicht wissenschaftlichen Hochschulpersonals sind in medizinischen Einrichtungen beschäftigt (Wissenschaftsrat 1999, S. 4ff., 2002, S. 20ff.). Ursache dafür ist die Krankenversorgung in den Universitätskliniken, die als drittes Aufgabenfeld der Hochschulmedizin neben Forschung und Lehre tritt. Dagegen waren im Wintersemester 2001/2002 in Deutschland lediglich 93.230 von 1,87 Mio., d. h. nur 5 % der Studierenden, in den Studiengängen Medizin und Zahnmedizin eingeschrieben (Statistisches Bundesamt 2002a). Auch im Hochschulbau spiegelt sich die besondere Rolle der Medizin wider. Ein Drittel der Investitionen für Grundstücke, Gebäude und Großgeräte auf Basis des Hochschulbauförderungsgesetzes fließt in die Hochschulmedizin (Wissenschaftsrat 2002, S. 28f.).

Der quantitativen Bedeutung der Universitätskliniken entsprechend konzentrieren sich die vorhandenen Planungsmaterialien zur Medizin auf den Bereich der Krankenversorgung. Krankenhausplaner in privaten Büros und öffentlichen Einrichtungen behandeln vor allem bauliche, ausstattungsbezogene und organisatorische Fragen der Kliniken: Baukonstruktion, Raumtypen, Ausstattungsstandards, Klinikmanagement etc. Eine überschlägige Planung des Flächenbedarfs für Forschung und Lehre – beispielsweise mittels Flächenansätzen pro Studienplatz oder Wissenschaftler, wie dies bei anderen fachlichen Hochschuleinrichtungen üblich ist – findet in der Medizin allenfalls ansatzweise statt. Die Gründe dafür liegen in der komplexen Struktur der medizinischen Einrichtungen und der engen Verzahnung von Forschung und Lehre mit der Krankenversorgung.

Die vorliegende HIS-Untersuchung zur Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren leistet einen Beitrag, um diese Lücke zu schließen. Die Beschränkung auf separate Forschungsgebäude erlaubt es, die Krankenversorgung vollständig auszuklammern. Die in den Zentren betriebene biomedizinische Forschung weist ähnliche Strukturen und Ressourcenanforderungen wie die Biowissenschaften auf. Entsprechend kann das von HIS entwickelte Instrumentarium der Bedarfsplanung für fachliche Hochschuleinrichtungen in den Naturwissenschaften (z. B. Vogel/Holzmann 1998, Moog/Federbusch 2002) auf diesen Ausschnitt der Hochschulmedizin adaptiert werden.

In Abschnitt 1.1 werden zunächst medizinische Forschungszentren als Untersuchungsgegenstand charakterisiert. In Abschnitt 1.2 werden die Vorgehensweise der Studie und in Abschnitt 1.3. der Aufbau des Berichts vorgestellt.

## 1.1 Untersuchungsgegenstand

**Medizinische Forschungszentren** sind Gebäude, in denen bauliche und apparative Ressourcen für die biomedizinische Forschung gebündelt zur Verfügung stehen.

Ziel solcher Objekte ist es, die Rahmenbedingungen der biomedizinischen Forschung zu verbessern, denn zu den generellen Problemen vor allem der klinischen Forschung gehört u. a. der Mangel an modernen Forschungsflächen (vgl. Waller 1990, S. 43; Schölmerich/Gerok 1997, S. 46). Dabei geht es zum einen darum, den Ressourcenbedarf insbesondere drittmittelfinanzierter Forschergruppen abzudecken. Zum anderen soll die räumliche Nähe von Forschern aus Universitätskliniken und medizinisch-theoretischen Instituten die interdisziplinäre Zusammenarbeit der verschiedenen Fachgebiete forcieren. Darüber hinaus wird der Neubau eines Forschungsgebäudes an vielen Standorten mit der Zentralisierung der Versuchstierhaltung verbunden.

In den letzten Jahren wurden an einer Reihe medizinischer Fakultäten bzw. Universitätsklinika zentrale Forschungsgebäude errichtet. Häufig geschieht dies im Zusammenhang mit Klinikneubauten, bei denen nur noch in geringem Umfang dezentrale Forschungsflächen vorgesehen werden. An einigen Standorten befinden sich Forschungszentren im Bau oder in einer fortgeschrittenen Planungsphase. Es ist zu erwarten, dass in der nahen Zukunft auch die übrigen Einrichtungen der Hochschulmedizin ähnliche Gebäude erhalten werden. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über die von HIS betrachteten Objekte.

Standort	Forschungszentrum	Status	HNF
U Bochum	Zentrum Klinische Forschung (ZKF)	in Betrieb	1.320 m <sup>2</sup>
U Bonn	Haus für experimentelle Therapie (HET)	im Bau	1.880 m <sup>2</sup>
U Dresden	Medizinisch Theoretisches Zentrum (MTZ)	in Betrieb	11.560 m <sup>2</sup> a)
U Erlangen-Nürnberg	Nikolaus-Fiebiger-Zentrum für molekulare Medizin	in Betrieb	2.830 m <sup>2</sup>
	Franz-Penzoldt-Zentrum	in Planung	2.300 m <sup>2</sup>
U Frankfurt	Forschungs- und Laborgebäude	im Bau	2.660 m <sup>2</sup>
U Freiburg	Zentrale Klinische Forschung (ZKF)	in Betrieb	4.000 m <sup>2</sup>
	Zentrum f. Biochemie u. molekulare Zellforschung (ZBMZ)	im Bau (1.BA)	4.700 m <sup>2</sup>
U Göttingen	Forschungshaus	in Planung	1.000 m <sup>2</sup>
U Halle-Wittenberg	Zentrum für angewandte medizinische Forschung (ZAMED)	in Betrieb	1.060 m <sup>2</sup> b)
Uniklinik Heidelberg <sup>b)</sup> med. Fak. Mannheim <sup>b)</sup>	Otto-Meyerhoff-Zentrum für klinische Forschung (OMZ)	in Betrieb	3.170 m <sup>2</sup>
	Zentrum für medizinische Forschung (ZMF)	in Betrieb	3.130 m <sup>2</sup>
U Jena	Forschungszentrum Lobeda	in Betrieb	4.060 m <sup>2</sup>
	Tierhaus	in Betrieb	1.100 m <sup>2</sup>
U Köln	Zentrum für Genomforschung (ZFG)	in Planung	600 m <sup>2</sup> d)
	Zentrum Molekulare Medizin Köln (ZMMK)	in Planung	3.180 m <sup>2</sup> d)
U Leipzig	Max-Bürger-Forschungszentrum	in Betrieb	3.530 m <sup>2</sup>
U Mainz	Zentrale Versuchstiereinrichtung (ZVTE)	in Planung	2.850 m <sup>2</sup>
	Dependance "Klinikum"	in Betrieb	1.200 m <sup>2</sup>
	Dependance "Campus"	in Betrieb	210 m <sup>2</sup>
U Magdeburg	Zentrum für Neurowiss. Innovation u. Technologie (ZENIT)	in Betrieb	4.390 m <sup>2</sup>
U Marburg	Forschungsgebäude	im Bau	6.240 m <sup>2</sup>
U Rostock	Biomedizinisches Forschungszentrum	im Bau	1.210 m <sup>2</sup>
a) kombiniertes Forschungszentrum und Theoretikum b) ohne Gründungszentrum im gleichen Gebäude c) beides Universität Heidelberg d) gemeinsamer Neubau zusammen mit dem interdisziplinären Cell Center Cologne (insgesamt 11.000 m <sup>2</sup> HNF)			

**Abb. 1.1: Ausgewählte medizinische Forschungszentren**

Die Gesamtfläche eines zentralen medizinischen Forschungsgebäudes umfasst typischerweise 3.000 bis 4.000 m<sup>2</sup> HNF. Kleinere Objekte ergänzen in der Regel in Klinikgebäuden eingerichtete Forschungsflächen oder dienen schwerpunktmäßig der Tierhaltung. Gesamtflächen über 10.000 m<sup>2</sup> HNF ergeben sich nur dann, wenn das Forschungszentrum mit einem Theoretikum kombiniert wird, in dem die medizinisch-theoretischen Institute der Fakultät zusammengefasst werden.

Über alle individuellen Details hinweg lassen sich medizinische Forschungszentren mit folgenden vier Merkmalen charakterisieren:

### ***Ausrichtung auf die biomedizinische Forschung***

Medizinische Forschungszentren bündeln typischerweise Ressourcen für die biomedizinische Forschung. Dazu gehören in erster Linie Laborexperimente mittels mikrobiologischer Zellzuchtverfahren, gentechnischer Präparations- und molekularbiologischer Analysemethoden sowie Tierversuche mit Kleinnagern. Zunehmende Bedeutung gewinnt dabei die rechnergestützte Forschung im Bereich der Bioinformatik. Die Gründe für diese Ausrichtung sind zum einen die Bedeutung der molekular- und zellbiologischen Methoden als Motor des wissenschaftlichen Fortschritts in den Lebenswissenschaften (vgl. DFG 2002, S. 21ff.) und zum anderen die Möglichkeit, biomedizinische Laborexperimente räumlich von der Krankenversorgung zu trennen. Andere Forschungsrichtungen, beispielsweise die Medizintechnik, werden in der Regel entweder in den Klinikneubauten oder in eigenen Gebäuden untergebracht.

### ***Flexible Raumzuordnung***

Die räumliche Bündelung der Forschungsressourcen führt nicht zur organisatorischen Zusammenfassung der in dem Gebäude arbeitenden Wissenschaftler. In der Regel besteht ein größerer Teil der Laborflächen aus Verfügungslaboren, die befristet an drittmittelfinanzierte Arbeitsgruppen aus verschiedenen klinischen Einrichtungen oder medizinisch-theoretischen Instituten vergeben werden. Nur denjenigen Instituten, deren Stammsitz in dem Zentrum liegt, werden Labor- und Büroräume auf Dauer zugewiesen.

### ***Nutzung von Gemeinschaftsgeräten und Servicebereichen***

Ein weiteres Charakteristikum ist die gemeinsame Nutzung teurer biomedizinischer Forschungsapparate wie z. B. DNA-Analyser, konfokaler Mikroskope, Massenspektrometer, PCR-Geräte, Ultrazentrifugen und Zellsorter. Vielfach werden diese Core Facilities zu einem Servicebereich zusammengefasst, der bei Bedarf von allen in dem jeweiligen Zentrum tätigen Forschern genutzt werden kann. Zum Betrieb der komplexen Geräte ist in der Regel technisches, zum Teil auch wissenschaftliches Servicepersonal erforderlich. Teilweise stehen die Gemeinschaftsgeräte auch Wissenschaftlern zur Verfügung, deren Labore außerhalb des Zentrums liegen.

### ***Hochinstallierte Versuchstierhaltungen***

Die biomedizinische Forschung besitzt einen großen, tendenziell wachsenden Bedarf an Versuchstieren, vor allem an transgenen und Knock-out-Mäusen. Da diese Kleinnager zumeist unter SPF-Bedingungen, d. h. frei von für die Tiere und/oder die Versuchsergebnisse schädlichen Keimen, gehalten werden müssen, werden medizinische Forschungszentren häufig mit hochinstallierten Versuchstiereinrichtungen kombiniert.

## **1.2 Konzeption der Ressourcenplanung**

Ziel des vorliegenden Berichts ist es, Planungsprozesse von medizinischen Forschungszentren durch konzeptionelle Planungshinweise und quantitative Bedarfsmodelle zu unterstützen. Die Planungshilfen sollen eine Brücke zwischen den forschungsstrategischen Anforderungen der biomedizinischen Fachwissenschaftler und den finanziellen Erwägungen der Planer in Hochschulverwaltungen und Ministerien schlagen.

Die Studie gehört in die Reihe der Bedarfsplanung für fachliche Hochschuleinrichtungen, deren Aufgabe die Übersetzung der Anforderungen der Nutzer in qualitative und quantitative ressourcenbezogene Konzepte ist. Im Einzelnen basiert die vorgestellte Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren auf folgenden Vorgaben:

### **Partialbetrachtung**

Die Analyse der Nutzungsanforderungen und die Planung des Ressourcenbedarfs beschränkt sich auf die biomedizinische Forschung. Andere Forschungsaktivitäten innerhalb der Hochschulmedizin, die Lehre und die Krankenversorgung bleiben ausgeklammert.

Auf die Abschätzung des Gesamtbedarfs einer medizinischen Hochschuleinrichtung an baulichen Ressourcen muss daher von vornherein verzichtet werden. Entsprechend wird die Untersuchung der strukturellen Grundlagen auf den Ausschnitt der Hochschulmedizin fokussiert, der zu den betrachteten Forschungszentren gehört.

### **Objektorientierung**

Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sind Gebäude, für die neben typischen Raum- und Ausstattungsmerkmalen auch die möglichen bzw. optimalen Belegungen untersucht werden. Planungsparameter zur Abschätzung des Ressourcenbedarfs abgegrenzter Organisationseinheiten wie z. B. medizinisch-theoretischer Institute oder ganzer Fakultäten ergeben sich allenfalls indirekt.

### **Baukastenprinzip**

Nach dem Baukastenprinzip strebt die vorliegende Studie die Entwicklung fachspezifischer, aber standortübergreifender Bausteine an, die in konkreten Planungsprozessen zu standortspezifischen Modellen kombiniert werden können.

Von den drei Prämissen sind die Partialbetrachtung und die Objektorientierung auf die Besonderheiten des Untersuchungsgegenstandes zugeschnitten. Dagegen wird das Baukastenprinzip auch in den übrigen HIS-Grundlagenprojekten verwendet.

Die abweichenden Vorgaben erfordern konzeptionelle Modifikationen der Bedarfsplanung im Vergleich zu der Vorgehensweise bei anderen fachlichen Hochschuleinrichtungen. Abbildung 1.2 skizziert die objektorientierte Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren. Im Vordergrund steht dabei die Modellierung der baulichen Ressourcen. Erst der zweite Blick fällt auf das Forschungspersonal, das in den beplanten Räumen untergebracht werden kann. Damit kehrt sich die Vorgehensweise hier gegenüber der üblichen Bedarfsplanung um, in der zunächst die Organisations- und Personalstruktur der fachlichen Einrichtung analysiert wird, um darauf aufbauend ihren Ressourcenbedarf modellieren zu können.

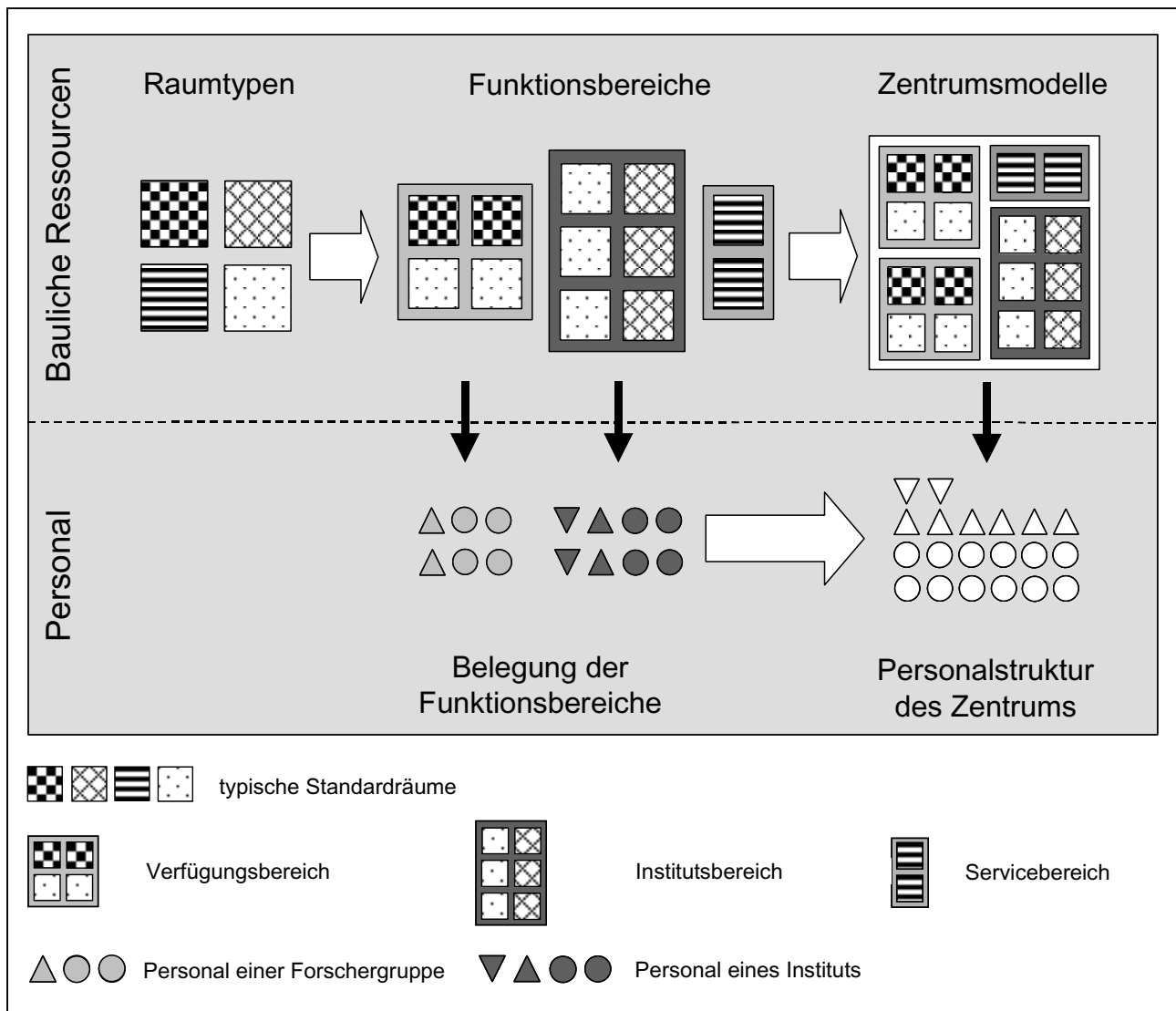
Grundlage bildet ein Katalog standardisierter **Raumtypen** für verschiedene Nutzungen. Dazu gehören beispielsweise molekularbiologische Labore, Zellkulturlabore, biochemische Labore, Auxiliarräume und Büros. Aus diesen Raumtypen lassen sich unterschiedliche „Funktionsbereiche“ zusammensetzen.

**Funktionsbereiche** sind abgegrenzte Ensembles von Räumen, die innerhalb eines medizinischen Forschungsgebäudes eine gemeinsame Funktion erfüllen. Dazu gehören

- a) **Verfügungsbereiche** aus Labor-, Auxiliar- und Büroräumen, die in einem formellen Vergabeverfahren auf Basis einer fakultätsinternen Begutachtung befristet an drittmittelfinanzierte Arbeitsgruppen vergeben werden;
- b) **Institutsbereiche**, in denen komplette biomedizinisch arbeitende Institute aus dem Bereich der theoretischen bzw. klinisch-theoretischen Medizin untergebracht sind;
- c) **Servicebereiche** mit Sicherheitslaboren und Räumen für die Gemeinschaftsgeräte, die von allen Nutzern eines Zentrums gemeinsam genutzt werden sowie
- d) **Tierbereiche** mit speziellen Tierhaltungs- und Nebenräumen, in denen entweder dezentrale Versuchstiereinrichtungen für die Nutzer des Zentrums oder zentrale Tierversuchsanlagen für den gesamten Medizinstandort untergebracht sind.

An einzelnen Standorten findet sich zusätzlich ein standortspezifischer Ergänzungsbereich, beispielsweise eine Bibliothek, eine Spezialambulanz oder ein Gründungszentrum. Diese Funktionsbereiche werden im Folgenden aufgrund ihrer Variantenvielfalt jedoch nicht weiter berücksichtigt.

Durch die Kombination mehrerer Funktionsbereiche in unterschiedlicher Zusammensetzung ergeben sich im dritten Schritt verschiedene **Zentrumsmodelle**. Die Flächenanteile, die Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereiche dabei einnehmen, geben den modellierten Forschungszentren jeweils spezifische Profile.



**Abb. 1.2: Konzeption der Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren**

Zur Gegenüberstellung von baulichen und personellen Ressourcen werden für die modellierten Verfügungs- und Institutsbereiche **exemplarische Belegungen** ermittelt. Auf Basis dieser Belegungen kann jedem Zentrumsmodell eine mögliche **Personalstruktur** zugeordnet werden. Der Vergleich von Flächenausstattung und Personalstruktur erlaubt schließlich die Ableitung überschlägiger Bedarfsrelationen.

Informationsbasis der Untersuchung bilden eine Reihe ausgewählter medizinischer Forschungszentren, die im Rahmen von Fallstudien analysiert wurden. Dazu wurden zahlreiche Gebäude besichtigt, Gespräche mit Nutzern und Planern geführt und Planungsunterlagen ausgewertet. Bei den vorgestellten Planungshilfen handelt es sich folglich weitgehend um Praxiserfahrungen, die mit dem Instrumentarium der Bedarfsplanung aufbereitet werden.

### 1.3 Aufbau des Berichts

Der vorliegende Bericht enthält sechs Kapitel und einen Exkurs. Im Mittelpunkt des **1. Kapitels** „Einleitung“ stehen die Charakteristika des Untersuchungsgegenstands und die daran anknüpfende Konzeption der Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren.

Im **Exkurs** „Kennzeichen der Hochschulmedizin“ werden die Besonderheiten der Medizin im Vergleich zu anderen Natur- und Ingenieurwissenschaften skizziert. Angelpunkt ist dabei die Krankenversorgung, die zu den üblichen Hochschulaufgaben Forschung und Lehre hinzutritt und die zu einer herausragenden Rolle der Medizin im Hochschulsystem führt.

Das **2. Kapitel** „Strukturelle Grundlagen“ charakterisiert die biomedizinische Forschung und ordnet sie in eine institutionelle Systematik der medizinischen Teilgebiete ein. Aufbauend auf der Analyse der personellen und organisatorischen Strukturen der in den Forschungszentren tätigen Wissenschaftler werden typische Forschergruppen und Institutsstrukturen modelliert.

Das **3. Kapitel** „Raumanforderungen“ arbeitet aufbauend auf einer Analyse der biomedizinischen Arbeitsabläufe die Anforderungen an die Räume medizinischer Forschungszentren heraus. Zentrale Aspekte sind dabei alternative Konzepte zur Anordnung von Labor- und Büroarbeitsplätzen und die Sicherheitsanforderungen an mikrobiologische, gentechnische und Isotopenlabore.

Im **4. Kapitel** „Versuchstierhaltung“ werden die fachlichen Grundlagen dieses Teils der biomedizinischen Forschung und die darauf aufbauenden Planungshinweise zusammengefasst. Im Mittelpunkt stehen einerseits die baulichen und gebäudetechnischen Anforderungen der modernen tierexperimentellen Forschung, die überwiegend mit gentechnisch veränderten Mäusen arbeitet, und Gestaltungsempfehlungen für die zugehörigen Versorgungskonzepte.

Das **5. Kapitel** „Bedarfsplanung“ entwickelt quantitative Bedarfsmodelle für die räumliche Ausstattung sowie die personelle Belegung von Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereichen und setzt diese exemplarisch zu alternativen Zentrumsmodellen zusammen. Die vorgestellten Zentrumsmodelle ermöglichen es, Bedarfsrelationen zu analysieren und daraus überschlägige Planungshilfen abzuleiten.

Das **6. Kapitel** schließt die Untersuchung mit einer Checkliste zur Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren ab.

## Exkurs: Kennzeichen der Hochschulmedizin

Die Besonderheiten der Hochschulmedizin im Vergleich zu anderen Naturwissenschaften ergeben sich letztlich daraus, dass zu den üblichen Hochschulaufgaben Forschung und Lehre die Krankenversorgung als drittes Aufgabenfeld hinzutritt. Der Krankenversorgung kommt dabei aufgrund der ärztlichen Verantwortung gegenüber den Patienten einerseits und der wirtschaftlichen Größe des Krankenhausbetriebes andererseits eine hervorgehobene Rolle zu. Zudem befindet sich die deutsche Hochschulmedizin derzeit in einer Umbruchphase. Diese ist gekennzeichnet durch die organisatorische Verselbständigung der Universitätsklinika und der medizinischen Fakultäten sowie die finanzielle Trennung der Krankenversorgung von den Budgets für Forschung und Lehre durch sogenannte „Trennungsrechnungen“. Außerdem führt die Einführung von Diagnostic Related Groups (DRGs) zu erheblichen Verunsicherungen. Nach diesem System werden Leistungen in der stationären Krankenversorgung nicht mehr in Abhängigkeit von den individuellen Behandlungskosten, sondern mit festen Fallpauschalen vergütet (vgl. Clade 2002, Strehl 2002).

Im nachfolgenden Exkurs wird die allgemeine Situation der Hochschulmedizin skizziert, um die Entwicklung der medizinischen Forschungszentren einordnen zu können. In Abschnitt E.1 werden die Beziehungen der medizinischen Forschung zur Ausbildung von Ärzten und zur Krankenversorgung herausgearbeitet. Darin werden sowohl die Vernetzung der Aufgabenfelder als auch die damit verbundenen Zielkonflikte skizziert. Abschnitt E.2 widmet sich den Strukturen hochschulmedizinischer Einrichtungen und den derzeitigen Organisationsreformen. Abschnitt E.3 gibt schließlich einen Überblick über die verschiedenen Standorte der Hochschulmedizin in Deutschland.

### E.1 Aufgaben

Der Begriff Medizin (lat.: ars medicina) kennzeichnet die ärztliche Heilkunde. Dazu gehören alle Kenntnisse, Fertigkeiten und Techniken eines Arztes, die der Erkennung, Heilung und Verhütung von Krankheiten dienen. Aufgaben der Hochschulmedizin sind die wissenschaftliche Fundierung der ärztlichen Heilkunde durch die Erforschung bisher unbekannter Krankheitsursachen, Diagnoseverfahren und Therapien sowie die akademische Ausbildung der Ärzte und ihre Weiterbildung zu Fachärzten. Sowohl die Forschung als auch die Lehre in der Hochschulmedizin weisen eine Vielzahl von Verbindungen zur Krankenversorgung auf.

#### **Forschung**

Die medizinische Forschung umfasst alle wissenschaftlichen Tätigkeiten, die zum Verständnis und Erklären der Entstehung, der Diagnostik und Behandlung von Krankheitsphänomenen beitragen. Dies schließt die Erforschung der physiologischen Vorgänge im gesunden Organismus ein (Waller 1990, S. 38). Vielfach wird pars pro toto von „klinischer Forschung“ gesprochen. Das Spektrum reicht von reiner Grundlagenforschung zu physiologischen Zusammenhängen bis zu klinischen Studien über die Wirksamkeit bestimmter Therapien. Anhand der Untersuchungsobjekte und Erkenntnisziele unterscheidet die DFG die grundlagen-, die krankheits- und die patientenorientierte Forschung (DFG 1999, S. 3). Während grundlagenorientierte Forschung vor allem biologische Systeme untersucht und so mittelbar zur Erforschung krankheitsrelevanter Fragestellungen beiträgt, beschäftigt sich die krankheitsorientierte Forschung unter Zuhilfenahme von Methoden der modernen Biologie unmittelbar mit Krankheitsursachen und deren Behandlung. Sie benötigt dazu aber nicht den direkten Kontakt mit dem Patienten. Die patientenorientierte Forschung hingegen arbeitet direkt am und mit dem Patienten oder Probanden. Ihr zuzurechnen sind klinische Studien, epidemiologische und Fall-Kontroll-Studien sowie weite Bereiche der Versorgungsforschung.

## Lehre

In der Hochschulmedizin sind Lehre und Forschung wie in den anderen Fächern durch die personelle Identität von Lehrenden und Forschenden, die Vermittlung der Forschungsergebnisse als Lehrinhalte und die Rekrutierung des wissenschaftlichen Nachwuchses aus dem Kreis der Studierenden miteinander verknüpft. Die Verbindungen der Lehre zur Krankenversorgung ergeben sich aus der Approbationsordnung für Ärzte (ÄAppO) sowie der Bundesärztleordnung.



**Abb. E.1: Ärztliche Ausbildung nach der neuen Approbationsordnung**

Nach § 2 der neuen, am 27.06.2002 in Kraft getretenen Approbationsordnung umfasst die ärztliche Ausbildung ein sechsjähriges Studium der Medizin, eine aus zwei Abschnitten bestehende ärztliche Prüfung sowie eine 18-monatige Tätigkeit als Arzt im Praktikum (AIP). Während des Medizinstudiums sind eine Ausbildung in erster Hilfe, ein 3-monatiger Krankenpflagedienst und ein als Famulatur bezeichnetes 4-monatiges Krankenhauspraktikum zu absolvieren. Abbildung E.1 gibt dazu einen schematischen Überblick.

Das eigentliche **Medizinstudium** gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Studienabschnitt, traditionell als „vorklinisches Studium“ bezeichnet, werden den Studierenden in vier Semestern die naturwissenschaftlichen Grundlagen der Medizin und ihre gesellschaftlichen Bezüge vermittelt. Darauf baut ein etwa sechsemestriger Studienabschnitt auf, das bisher sogenannte „klinische Studium“. Dieses dient der theoretischen Ausbildung und der praktischen Unterweisung in ärztlichen Tätigkeiten.

Während die Veranstaltungsformen im ersten Studienabschnitt im Wesentlichen denen in naturwissenschaftlichen Studiengängen entsprechen, gehören zum klinischen Studienabschnitt neben Vorlesungen, Seminaren und Laborpraktika mit fortschreitendem Semester

zunehmend Lehrveranstaltungen am Krankenbett bzw. in der Ambulanz.

Die Änderungen der Approbationsordnung im Jahr 2002 verfolgen das Ziel, das Medizinstudium praxisnäher zu gestalten sowie die theoretische und die klinische Ausbildung enger miteinander zu verknüpfen. Dazu soll das vorklinische Studium durch klinisch-integrierte Seminare eine intensive Patientenorientierung erhalten. Mit der Verringerung der Gruppengrößen, insbesondere durch Festschreibung von mehr (teilnehmerbegrenzten) Pflichtseminaren und einer Verkleinerung der Personenzahl, die gleichzeitig am Patienten unterwiesen werden darf, sollen die praxisbezogenen Elemente des Studiums verbessert werden. Dem gleichen Ziel dient die Einführung von Blockpraktika. Mittelfristig soll die verstärkte Integration praktischer Anteile in das Studium die Tätigkeit als Arzt im Praktikum (AIP) überflüssig machen (Wüsthof 2001). Für die Abschaffung des AIP ist jedoch eine Änderung der Bundesärztleordnung notwendig.

Ab dem Wintersemester 2003/2004 sollen die ersten Studienanfänger nach Studienplänen auf Basis der neuen Approbationsordnung studieren. Insbesondere der Raum- und Personalbedarf des Kleingruppenunterrichts stellt viele medizinischen Fakultäten jedoch vor Umsetzungsprobleme.



Zu den Aufgaben der Hochschulmedizin im Bereich der Lehre zählt auch die Weiterbildung von Ärzten mit abgeschlossener Ausbildung zu Fachärzten (vgl. Fülgraff 1990, S. 97). Ziel der **Facharztausbildung** ist der geregelte Erwerb eingehender Kenntnisse, Erfahrungen und Fertigkeiten für definierte ärztliche Tätigkeiten. Die Weiterbildung erfolgt im Rahmen einer mehrjähriger Berufstätigkeit unter Anleitung zur Weiterbildung befugter Ärzte in einer Hochschule, einem zugelassenen Krankenhaus bzw. Institut oder einer zugelassenen Arztpraxis. Sie schließt mit einer mündlichen Prüfung vor der jeweiligen Ärztekammer ab. Die Universitätsklinika sind zwar nicht die einzigen Einrichtungen, die Facharztausbildungen durchführen, nehmen aber im Bereich der ärztlichen Weiterbildung eine herausgehobene Stellung ein (Wissenschaftsrat 1999, S. 18).

### **Krankenversorgung**

Die Hochschulmedizin benötigt Patienten mit bestimmten Krankheiten als Untersuchungsobjekte für die patientenorientierte Forschung sowie als Anschauungsbeispiele für die praktischen Teile des klinischen Studiums. Da Kranke behandelt und versorgt werden müssen, ist die Einbeziehung von Patienten in Forschung und Lehre nur in Verbindung mit einem Krankenhausbetrieb möglich. In der Regel sind medizinische Fakultäten daher mit einem staatlichen Universitätsklinikum verflochten. An einigen Standorten kooperieren die medizinischen Fakultäten mit außeruniversitären Krankenhäusern in städtischer oder sonstiger Trägerschaft.

Aufgrund der Vielzahl der im Medizinstudium abzudeckenden Fachgebiete handelt es sich bei Universitätsklinika regelmäßig um überdurchschnittlich große Krankenhäuser mit einem breiten Spektrum von Fachkliniken. Die sowohl für die Forschung als auch für die Lehre erforderlichen modernsten apparativen Einrichtungen und die Möglichkeit, neue Diagnostik- und Therapieverfahren unter wissenschaftlicher Kontrolle zu verwenden, prädestiniert Universitätsklinika zur Behandlung von Schwerst- und Mehrfachkranken. Entsprechend werden Universitätskliniken in den Krankenhausbedarfsplänen der Länder als Krankenhäuser der Maximalversorgung eingestuft (Kochsiek 1990, S. 25, Wissenschaftsrat 1999, S. 12-17).

### **Zielkonflikte**

Trotz der vielfältigen Überschneidungen von Forschung und Lehre mit der Krankenversorgung gibt es zwischen den drei Aufgabenfeldern elementare Zielkonflikte. Der Kernkonflikt beruht darauf, dass die Personalstärke und der Finanzbedarf des Krankenhausbetriebes die Universitätsklinken zwingt, eigene wirtschaftliche Ziele zu verfolgen. Dazu gehören insbesondere die effiziente Nutzung der vorhandenen Kapazitäten durch große Patientenzahlen, möglichst kurze Verweildauern und die Berücksichtigung der Kosten bei der Wahl von Diagnose- und Therapieverfahren. Aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist zudem die Konzentration auf schwerst- und mehrfachkranke Patienten problematisch. Dies gilt umso mehr, als sich die Diagnostic Related Groups (DRGs), auf deren Basis mit Beginn des Jahres 2004 die stationären Leistungen vergütet werden, an den durchschnittlichen Behandlungskosten für die jeweiligen Krankheitsbilder orientieren (vgl. Clade 2002, Strehl 2002). Demgegenüber geben gerade stationäre Schwerstkranke mit unbekannten Krankheitsbildern und chronisch Kranke, die in der Regel allerdings ambulant bei niedergelassenen Ärzten behandelt werden, der medizinischen Forschung wichtige Einsichten. Für den medizinischen Fortschritt ist zudem der Einsatz innovativer Diagnose- und Therapieverfahren trotz ihrer überdurchschnittlichen Kosten unabdingbar. Teilweise wird daher eine Beschränkung der Krankenversorgung auf den für Forschung und Lehre erforderlichen Umfang und eine inhaltliche Ausrichtung auf deren Belange gefordert (vgl. Fülgraff 1990, S. 100). Universitätsklinika sind jedoch in der Krankenhausversorgung der Bevölkerung zumindest mittelfristig nicht zu ersetzen. Daher werden derzeit die Zielkonflikte zwischen Forschung und Lehre auf der einen Seite und der Krankenversorgung auf der anderen Seite durch eine institutionelle Trennung zwischen medizinischen Fakultäten und Universitätsklinika zu entschärfen versucht.

## E.2 Organisationen

Typischerweise umfasst die Hochschulmedizin an einem Standort sowohl eine zur örtlichen Universität gehörende **medizinische Fakultät** als auch ein **Universitätsklinikum** als zugehörigem Krankenhausbetrieb. Aufgrund der Vernetzung von Forschung, Lehre und Krankenversorgung gibt es zwischen beiden Institutionen vielfältige aufgabenbezogene, personelle und organisatorische Überschneidungen. Deutlichere Trennlinien sind auf der mittleren Organisationsebene der Institute und Abteilungen vorhanden. Demgegenüber spiegelt sich das Verhältnis von medizinischer Fakultät und Universitätsklinikum in erster Linie in den Leitungsstrukturen wider.

### Teileinheiten

In der Hochschulmedizin werden die Wissenschaftler der einzelnen Fachgebiete mit den ihnen zuarbeitenden nicht wissenschaftlichen Mitarbeitern - wie in vielen anderen Fakultäten - zu Instituten bzw. Abteilungen gruppiert. Die historisch gewachsenen Teildisziplinen sind durch den Fächerkanon der Approbationsordnung geprägt (vgl. Waller 1990a, S. X). Dabei ist ein umfangreicher Katalog entstanden, in dem sich unterschiedliche Gliederungskriterien widerspiegeln. Zwar spezialisieren sich die meisten Fachdisziplinen auf die Erkrankungen bestimmter Organsysteme, wie z. B. die Dermatologie. Im Mittelpunkt anderer Fächer, beispielsweise der Chirurgie, der Anästhesie und der Radiologie, stehen dagegen bestimmte Behandlungs- oder Diagnosetechniken. Wieder andere

Spezialgebiete sind auf die Erkrankungen bestimmter Altersgruppen ausgerichtet, so z. B. die Pädiatrie und die Geriatrie. Überschneidungen und Vernetzungen sowie ortsspezifische Zuordnungen verhindern eine übersichtliche Systematik.

	theoretische Institute	klinisch-theoretische Institute	klinische Abteilungen
Lehre			
Forschung			
mittelbare Krankenversorgung			
unmittelbare Krankenversorgung			

Anhand der Aufgabenfelder, die von den einzelnen Fachgebieten idealtypisch übernommen werden, lassen sich allerdings theoretische Institute, klinisch-theoretische Institute und klinische Abteilungen unterscheiden. Abb. E.2 zeigt die typischen Funktionen der verschiedenen Teileinheiten.

**Abb. E.2: Teileinheiten der Medizin**

- a) Als **theoretische Institute** werden die Einrichtungen aller Grundlagenfächer bezeichnet, die ausschließlich Aufgaben in Lehre und Forschung wahrnehmen. Die Bezeichnung „theoretisch“ ist in diesem Zusammenhang allerdings missverständlich. Denn zu den medizinisch-theoretischen Fachgebieten gehören sowohl theoretisch-deduktiv arbeitende Fächer, wie z. B. Medizinsoziologie und -geschichte, als auch experimentell forschende Disziplinen, beispielsweise Physiologie oder Anatomie. Definitionsmerkmal ist lediglich die weitgehende Entkoppelung von der Krankenversorgung. Theoretische Institute in der Medizin sind daher in ihren Aufgaben und Strukturen Instituten anderer naturwissenschaftlicher Fakultäten vergleichbar.

Teilweise wird noch von der „vorklinischen Medizin“ gesprochen, um diejenigen theoretischen Institute zusammenzufassen, die primär Lehrveranstaltungen im „vorklinischen Studienabschnitt“ anbieten. In der neuen Approbationsordnung wird der Begriff „Vorklinik“ jedoch nicht mehr verwendet, da zunehmend klinische Anteile in das Grundstudium integriert werden.

- b) Charakteristisch für **klinisch-theoretische Institute** ist die mittelbare Krankenversorgung, die zu Forschung und Lehre als dritte Kernaufgabe hinzutritt. Dabei handelt es sich um Dienstleistungen für die Krankenversorgung, z. B. durch Gewebe- oder Blutuntersuchungen sowie die Unterstützung der Kliniken durch gezielte krankheitsorientierte Forschungen. Typische klinisch-theoretische Fachgebiete sind die Mikrobiologie, die Immunologie und die Virologie. Die

mittelbare Krankenversorgung kommt in der Regel ohne den direkten Kontakt zum Patienten aus. Teilweise wirken klinisch-theoretische Institute im Rahmen ihrer diagnostischen Tätigkeiten auch an der unmittelbaren Krankenversorgung mit. Ein wesentliches Kennzeichen ist jedoch, dass es sich in der Regel nicht um bettenführende Abteilungen handelt.

- c) Die **klinischen Abteilungen** sind geprägt durch die unmittelbare Versorgung von Patienten. Hiermit verbunden ist das Vorhalten stationärer Krankbetten bzw. das Betreiben von Ambulanzen. Typische klinische Abteilungen – häufig werden sie auch als Kliniken bezeichnet – sind die Chirurgie und die Innere Medizin. Nur am Rande werden neben Diagnose und Therapie im eigenen Fachgebiet Dienstleistungen im Rahmen der mittelbaren Krankenversorgung erbracht. Dem gegenüber gehören die Lehre „am Krankenbett“ und das gesamte Spektrum der medizinischen Forschung zu den Kernaufgaben der klinischen Abteilungen.

Die Zuordnung der Fachgebiete zu theoretischen Instituten, klinisch-theoretischen Instituten oder klinischen Abteilungen ist nicht an allen Hochschulstandorten deckungsgleich. Ursachen dafür sind zum einen abweichende Verwendungen der Fachgebietsbezeichnungen und zum anderen Unterschiede bei der Aufgabenzuordnung. In der Regel gehören die theoretischen Institute zur Fakultät, während die klinischen Abteilungen Teil des Universitätsklinikums sind. Für die Einrichtungen der klinisch-theoretischen Medizin lässt sich dagegen keine feste Zuordnung angeben.

### **Leistungsstrukturen**

Aus der Zugehörigkeit der medizinischen Fakultäten zum Hochschulsystem und der Universitätsklinik zum Gesundheitswesen resultieren nicht nur mehrere Finanzierungsquellen – hier die steuerfinanzierten Etats der Wissenschaftsministerien der Länder und des Bundes, dort die beitragsfinanzierten Budgets der Krankenkassen –, sondern auch sich teilweise widersprechende Anforderungen an die Leistungsstruktur. Aufgrund der grundgesetzlichen Freiheit der Forschung sind Hochschulorganisationen zumindest für die Hochschullehrer durch individuelle Freiheitsräume, Selbstverwaltung und Entscheidungspartizipation geprägt. Dagegen verlangt das Gesundheitssystem auch von den Universitätskliniken zunehmend kosteneffizientes Wirtschaften, wozu sich am ehesten hierarchisch strukturierte, unternehmensähnliche Führungsorganisationen eignen. Um sowohl den Ansprüchen des Gesundheits- als auch des Hochschulsystems besser gerecht zu werden, wurden die Organisationsstrukturen an den meisten Standorten in den letzten Jahren grundlegend reformiert (vgl. Sandberger 2002).

Als Organisationsstruktur wurde mehrheitlich das sogenannte „**Kooperationsmodell**“ eingeführt, in dessen Mittelpunkt die rechtliche Verselbständigung des jeweiligen Universitätsklinikums, zu meist in Form einer Anstalt öffentlichen Rechts, steht. Als Geschäftsführungsorgan wird in der Regel ein Vorstand vorgesehen, dem mindestens ein ärztlicher Direktor, ein kaufmännischer Direktor und in den meisten Fällen ein Pflegedirektor angehören. Kontrolliert wird der Vorstand durch einen Aufsichtsrat, der durch die Anstaltsträger besetzt wird. Im Gegensatz zum Universitätsklinikum bleibt die medizinische Fakultät ein rechtlich unselbständiger Teil der jeweiligen Universität. Ihre Leitung obliegt dem Dekan und den Prodekanen, die aus dem Kreis der Hochschullehrer gewählt werden. Dem Koordinationsbedarf zwischen Forschung und Lehre einerseits und der Krankenversorgung andererseits wird im Kooperationsmodell durch personelle Verflechtungen zwischen Fakultätsleitung und Klinikumsvorstand Rechnung getragen. In der Regel gehört der Dekan zumindest beratend dem Klinikumsvorstand an, während der ärztliche und der kaufmännische Direktor des Klinikums zur Fakultätsleitung gehören. Das vom Wissenschaftsrat favorisierte „**Integrationsmodell**“, nach dem Klinik und Fakultät in einer Rechtsform unter dem Dach einer gemeinsamen Leitung zusammengefasst und rechtlich verselbständigt werden, ist dagegen lediglich an drei Standorten (Hannover, Göttingen und Hamburg) zu finden. Allerdings werden im Kontext der Zusammenlegung der hochschulmedizinischen Einrichtungen in Berlin wieder integrative Organisationsmodelle diskutiert (vgl. Grund 2003, Schubert 2003).

Die Organisationsreform konzentriert sich auf die Leitungsstrukturen. Eine organisatorische und personelle Trennung zwischen Fakultät und Klinikum ist allenfalls für die theoretischen Institute möglich, die sich aufgrund ihrer weitgehenden Beschränkung auf Forschung und Lehre eindeutig der Fakultät zuordnen lassen. Dagegen weisen die klinisch-theoretischen Institute und die klinischen Abteilungen aufgrund ihrer Einbindung in Forschung und Lehre auch bei einer rechtlichen Verselbständigung des Universitätsklinikums enge Verbindungen zur Fakultät auf.

Parallel zur Organisationsreform wird an den meisten Standorten der Hochschulmedizin eine sogenannte „**Trennungsrechnung**“ eingeführt. Deren originäres Ziel ist es, durch eine Aufspaltung der Budgets von Universitätsklinikum und Fakultät, eine zweckentsprechende Verwendung des Landeszuschusses für Forschung und Lehre und den Entgelten der Krankenkassen für die Krankenversorgung nachzuweisen. Dazu werden die Personal- und die Sachkosten von Fakultät und Universitätsklinikum mit standortspezifischen Schlüsseln in Anteile für Forschung und Lehre sowie für die Krankenversorgung zerlegt. An einigen Standorten erfolgt zudem eine Aufspaltung der Budgets von Instituten und Kliniken. Alle Konzepte beschränken sich jedoch auf eine rechnerische Aufspaltung der Plankosten. Eine getrennte Erfassung der von Forschung und Lehre und der durch die Krankenversorgung verursachten Ist-Kosten wird an keinem Standort durchgeführt. Falls überhaupt Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt werden, werden im Ist die gleichen Aufteilungsquoten wie im Soll unterstellt, sodass keine verursachungsgerechten Abweichungsanalysen möglich sind. Gründe dafür sind zum einen der erhebliche Erfassungsaufwand. Zum anderen dienen viele Aktivitäten der patientenorientierten Forschung und Lehre gleichzeitig auch der Krankenversorgung, so dass jede Aufschlüsselung willkürlich bleiben muss. Trotz der Grenzen beim Nachweis der Mittelverwendung eignet sich die Trennungsrechnung allerdings als Controllinginstrument zur gezielten Mittelzuweisung an besonders förderungswürdige Forschungsbereiche (Horstkotte 2003).

Die internen Veränderungen in den hochschulmedizinischen Einrichtungen stehen unter starkem Reformdruck durch die notwendigen Einsparungen sowohl im Gesundheitswesen als auch im Hochschulsystem. In den Universitätsklinikum besteht eine erhebliche Verunsicherung darüber, inwieweit die mit Beginn des Jahres 2003 eingeführte Vergütung der stationären Krankenversorgung auf Basis von Diagnostic Related Groups (DRGs) die Kosten der Universitätsklinikum abdecken wird. Denn nach diesem System wird die kostenintensive Behandlung Schwerstkranker, auf die sich die Universitätsklinikum konzentrieren, mit Fallpauschalen abgerechnet, die sich an den durchschnittlichen Behandlungskosten für die jeweiligen Krankheitsbilder orientieren (vgl. Clade 2002, Strehl 2002). Darüber hinaus ist an einigen Standorten die Fusion benachbarter Universitätsklinikum und/oder Fakultäten beschlossen oder in Planung (vgl. o.V. Der Tagesspiegel 2003; Schlicht 2003).

### E.3 Standorte

Die Humanmedizin ist an 36 Hochschulen vertreten. Dabei handelt es sich um 35 staatliche Hochschulen in 14 Bundesländern – Bremen und Brandenburg besitzen keine hochschulmedizinischen Einrichtungen – und die private Universität Witten/Herdecke. Da zur Universität Heidelberg neben der Medizinischen Fakultät Heidelberg auch die Fakultät für Klinische Medizin Mannheim gehört, ergeben sich insgesamt 37 Standorte. Abbildung E.3 zeigt die Einrichtungen der Hochschulmedizin in Deutschland im Überblick.

In der Regel wird die Medizin an jedem Standort gemeinsam von einer medizinischen Fakultät als Teileinheit einer Universität und einem mehr oder weniger selbständigen Universitätsklinikum getragen. Es gibt allerdings eine Reihe von Ausnahmen:

- In Hannover und Lübeck existiert jeweils eine eigenständige Medizinische Hochschule bzw. Universität.

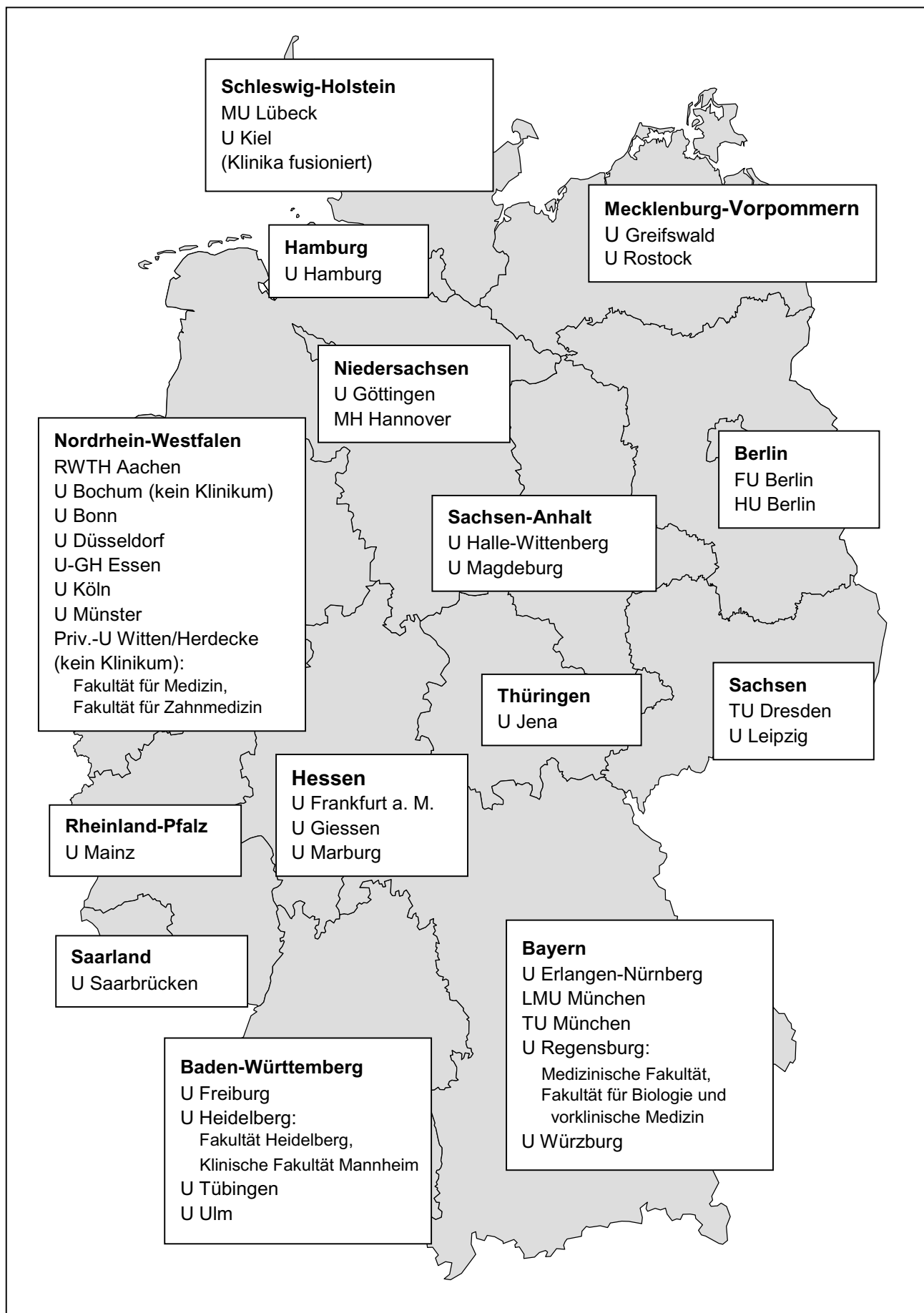


Abb. E.3: Einrichtungen der Hochschulmedizin in Deutschland

- An der Universität Bochum wird das Universitätsklinikum von verschiedenen regionalen Krankenhäusern, Teil-Kliniken und Unterabteilungen gebildet.
- Auch die Universität Witten/Herdecke besitzt kein eigenes Universitätsklinikum, sondern kooperiert mit Krankenhäusern der Region. Zudem sind die Humanmedizin und die Zahnmedizin in zwei Fakultäten getrennt.
- An der Universität Regensburg ist die Medizin auf die Fakultät für Biologie und Vorklinische Medizin sowie die Medizinische Fakultät aufgeteilt.
- Zur Universität Heidelberg gehört neben der Medizinischen Fakultät Heidelberg mit dem Universitätsklinikum Heidelberg die Fakultät für Klinische Medizin Mannheim, die mit dem städtischen Klinikum Mannheim gGmbH verbunden ist.
- Seit dem 01.01.2003 sind die Universitätsklinika Kiel und Lübeck unter Beibehaltung der beiden Standorte und der Eigenständigkeit der beiden Fakultäten zum Universitätsklinikum Schleswig-Holstein fusioniert.

An allen 37 Hochschulstandorten kann Humanmedizin studiert werden. Allerdings beschränken sich die Fakultät für Klinische Medizin Mannheim und die medizinische Fakultät der Technischen Universität München auf den klinischen Teil des Studiums. Das zugehörige vorklinische Studium ist an der Medizinischen Fakultät Heidelberg bzw. an der LMU München zu absolvieren. 31 Hochschulen ermöglichen das Studium der Zahnmedizin.

Im Wintersemester 2001/2002 belegten in Deutschland insgesamt rund 93.230 Studierende das Fach Medizin, davon 80.030 (86 %) Humanmedizin und 13.200 (14 %) Zahnmedizin (Statistisches Bundesamt 2002a). Laut ZVS bewarben sich in den letzten Jahren auf jeden Medizinstudienplatz zwischen zwei und drei Interessenten. Im Wintersemester 2001/2002 waren es 19.709 Bewerber für einen Studienplatz in Humanmedizin, wovon 8.311 zugelassen wurden. Für Zahnmedizin wurden 1.366 von 3.240 Bewerbern zugelassen.

Zusätzlich zur Human- und Zahnmedizin bieten zahlreiche medizinische Fakultäten Studiengänge aus Schnittstellenbereichen an. Aufgrund ihrer Bedeutung für die Rekrutierung biomedizinischer Doktoranden sind die Studiengänge zur Molekularen Medizin bzw. Biomedizin hervorzuheben, in denen naturwissenschaftliche Methoden mit medizinischen Inhalten kombiniert werden (vgl. Roller 2003). Abbildung E.4. zeigt die entsprechenden Studienangebote.

Hochschule	Studiengang	Abschluss
U Bonn	Molekulare Biomedizin	Diplom
U Erlangen-Nürnberg	Molekulare Medizin	Diplom
U Freiburg	Molekulare Medizin	Diplom
U Göttingen	Molekulare Medizin Molekulare Biomedizin Neuroscience	Bachelor/Master Master Master
U Hannover	Life Science	Bachelor
U Konstanz	Life Science	Bachelor/Master
MU Lübeck	Computational Life Science	Bachelor
U Mainz	Biomedizinische Chemie Biomedizin	Diplom Master
U Ulm	Molekulare Medizin	Bachelor
U Würzburg	Biomedizin	Bachelor

**Abb. E.4: Biomedizinische Kombinationsstudiengänge (Stand: August 2003)**

Die meisten dieser Kombinationsstudiengänge werden von medizinischen Fakultäten gemeinsam mit benachbarten naturwissenschaftlichen Fachbereichen angeboten. Für einige Studienangebote, insbesondere an Standorten ohne Hochschulmedizin, sind schwerpunktmäßig die naturwissenschaftlichen Fakultäten verantwortlich. In den weiterführenden Masterstudiengängen kann nach einem ein- bis zweijährigen Lehrveranstaltungsprogramm häufig zwischen einer abschließenden Masterarbeit und einem fließenden Übergang in ein Promotionsstudium gewählt werden.

Die Zahl der Beschäftigten der medizinischen Hochschuleinrichtungen in Deutschland betrug im Jahr 2001 insgesamt 194.200, davon 43.700 wissenschaftliches Personal und 150.500 nicht wissenschaftliches Personal. Zusätzlich waren 45.563 Beschäftigte in zentralen Einrichtungen der Hochschulkliniken tätig. Die Zahl der Professoren in der Hochschulmedizin lag bei rund 3.200, inklusive 65 in zentralen Einrichtungen tätigen Hochschullehrern (Statistisches Bundesamt 2002b).

Abbildung E.5 gibt einen Überblick über die Größenordnungen der einzelnen Standorte anhand ihrer Betten-, Studierenden- und Personalzahlen im Jahr 2000 auf Basis der Forschungslandkarte Hochschulmedizin (ISI 2002) und Daten des Statistischen Bundesamtes (2001). Die hohen Planbettenzahlen für Mannheim und Bochum ergeben sich daraus, dass beide medizinischen Fakultäten als Ersatz für ein Universitätsklinikum mit örtlichen Krankenhäusern kooperieren. Demgegenüber werden als Personalzahlen nur die der Hochschule zugeordneten Beschäftigten aufgeführt. Für die private Universität Witten-Herdecke liegen keine Daten zu Betten und Personal vor.

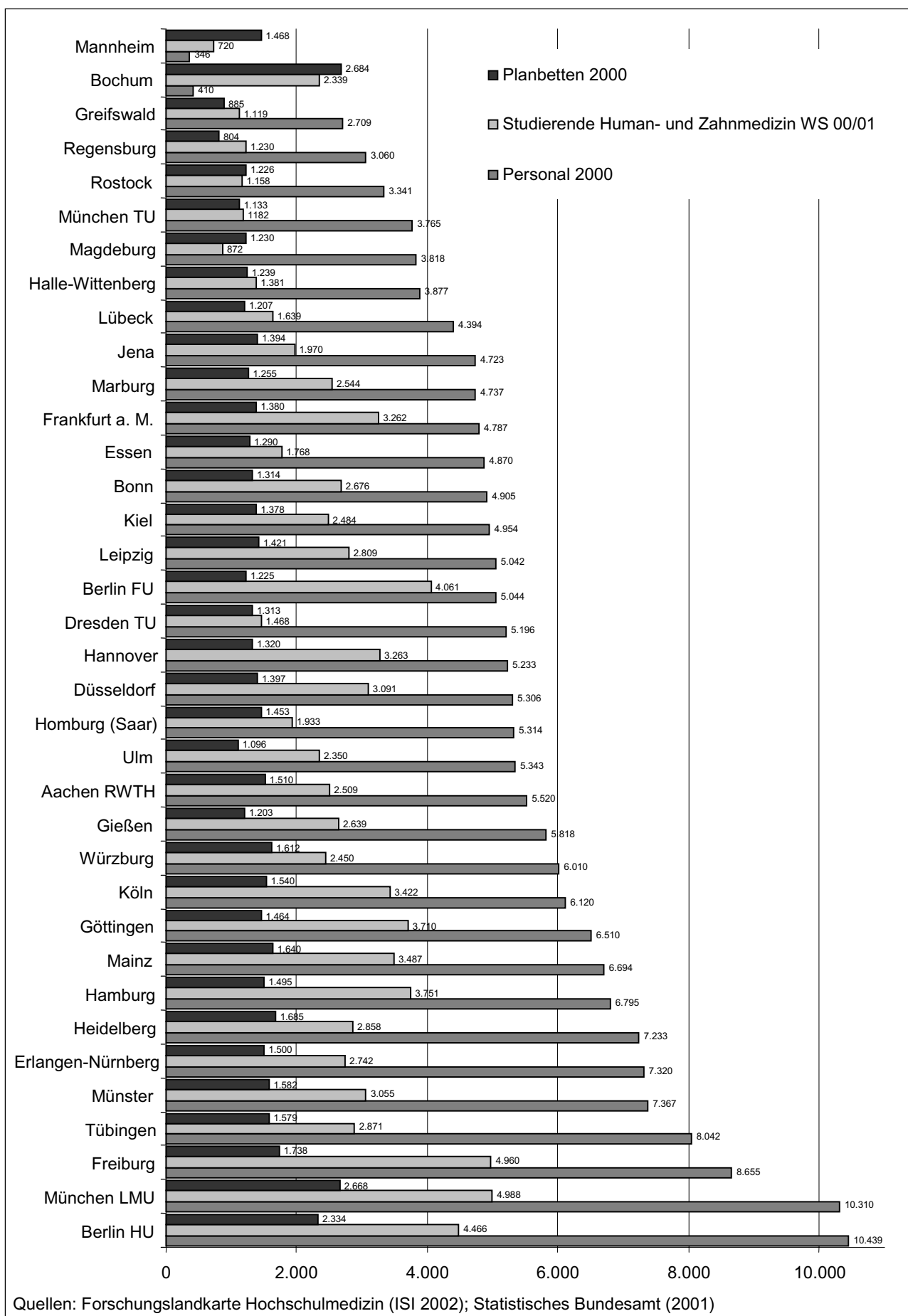


Abb. E.5: Größenvergleich der hochschulmedizinischen Standorte



## 2 Strukturelle Grundlagen

Voraussetzung einer systematischen Ressourcenplanung für medizinische Forschungszentren ist die strukturelle Analyse der biomedizinischen Forschung. Dies erfordert zum einen die Charakterisierung der in den Zentren durchgeführten Forschungsaktivitäten und zum anderen die Untersuchung der Personalstrukturen.

Abschnitt 2.1 charakterisiert die Inhalte, Methoden und Trends der biomedizinischen Forschung. Abschnitt 2.2 untersucht die typischerweise in den Zentren arbeitenden Beschäftigtengruppen. Im Mittelpunkt steht dabei die Beobachtung, dass in der biomedizinischen Forschung ein hoher Anteil von Wissenschaftlern aus den Naturwissenschaften tätig ist. In Abschnitt 2.3 werden die Organisationsstrukturen exemplarisch modelliert. Dazu werden typische Personalstrukturen von Forschergruppen und Instituten quantifiziert, die in Kapitel 5 als Grundlage für die exemplarische Belegung der vorgestellten Zentrumsmodelle dienen.

### 2.1 Biomedizinische Forschung

#### 2.1.1 Fragestellungen

**Biomedizinische Forschung** untersucht medizinische Fragestellungen mit den Methoden der modernen Biologie. Sie bildet die Schnittstelle der Medizin mit den übrigen Lebenswissenschaften.

Im Mittelpunkt der biomedizinischen Forschung steht die **Molekulare Medizin**, die die molekularen Grundlagen von Krankheiten und Funktionen des gesunden Körpers erforscht. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts werden Krankheiten auf der Ebene von Zellstrukturen und den in den Zellen wirksamen chemischen Verbindungen erklärt, diagnostiziert und therapiert (Uni Freiburg 2003). Inzwischen erlauben verfeinerte Verfahren die Untersuchung einzelner Moleküle, d. h. derjenigen Proteine und Nukleinsäuren, die physiologische und pathologische Zellfunktionen steuern. Dabei nehmen die Gene, d. h. die Abschnitte der DNA, in denen eine bestimmte Bauanleitung oder ein einzelnes Steuerungsprogramm codiert ist, eine Schlüsselstellung ein. Mit der Analyse der Gene blicken Biomediziner immer tiefer hinter die Kulissen des Lebens (MDC 2003). Ein wichtiger Schritt dazu ist die Dekodierung des menschlichen Genoms im Rahmen des Internationalen Humangenomprojektes. Allerdings werden die Vorgänge in den Zellen nicht ausschließlich durch die Gene bestimmt. Neben genetischer Prädisposition, Lebensweise und Umwelteinflüssen bilden vielfältige Fehlermöglichkeiten bei der Übersetzung von genetischen Informationen in Stoffwechselprozesse Ausgangspunkte für unterschiedlichste Krankheiten. So ist Brustkrebs vermutlich erblich bedingt, während andere Krebsarten durch karziogene Chemikalien, Tabakrauch oder intensive Sonnenbestrahlung hervorgerufen werden können.

Die biomedizinische Forschung versucht solche Steuerungsprozesse und ihre Störungen aufzuklären. Langfristiges Ziel ist die Entwicklung molekularer Therapien. Bereits heute können im Labor experiment therapeutische Gene mittels sogenannter „Vektoren“ in Krebszellen eingeschleust werden, um damit die unkontrollierte Zellteilung zum Stillstand zu bringen und das Selbstzerstörungsprogramm wieder anzuschalten, das die Degeneration gesunder Zellen verhindert. Die Behandlung von Krebspatienten mit solchen Therapien erfordert allerdings noch umfangreiche Forschungsaktivitäten (MDC 2003).

Die Molekulare Medizin eröffnet ein neues Krankheitsverständnis und neue Ansätze für Therapien (Biedermann 1999). Entsprechend werden biomedizinische Forschungsmethoden zur Untersu-

chung von Fragestellungen aus fast allen Fachgebieten der Medizin eingesetzt. Besondere Bedeutung besitzt die Molekulare Medizin für die Innere Medizin, z. B. für die Hämatologie/Onkologie, die Nephrologie, die Rheumatologie und die Kardiologie, aber auch für andere klinische Fachgebiete wie z. B. die Dermatologie und die Gynäkologie. Darüber hinaus prägen die biomedizinischen Methoden die Forschung einer Reihe theoretischer und klinisch-theoretischer Institute (vgl. Abbildung 2.3). Sie bieten daher ein bevorzugtes Feld für die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den medizinischen Teildisziplinen.

### 2.1.2 Forschungsmethoden

Charakteristisch für die biomedizinische Forschung sind experimentelle Arbeitsweisen, d. h. die Erkenntnisgewinnung durch planmäßige Variation einzelner Einflussfaktoren bei Kontrolle aller übrigen Randbedingungen. Damit deckt die Molekulare Medizin einen Kernbereich der medizinischen Forschung ab. Dennoch handelt es sich auch dabei nur um einen Ausschnitt der in der Medizin eingesetzten experimentellen Erkenntnismethoden, zu denen Abbildung 2.1 einen Überblick gibt.

	medizintechnische Forschung	biomedizinische Laborforschung	tierexperimentelle Forschung	klinische Forschung i. e. S.
Forschungs- objekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apparate für Diagnose- und Therapie</li> <li>• technische Hilfsmittel</li> <li>• Computeralgorithmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moleküle</li> <li>• Zellen</li> <li>• Organe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchstiere</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probanden</li> <li>• Patienten</li> <li>• Leichen</li> </ul>
Forschungs- methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geräteentwicklung</li> <li>• Funktionstests</li> <li>• Funktionssimulationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• molekular-bio. Meth.</li> <li>• biophysikalische Meth.</li> <li>• Zellzucht-Verfahren</li> <li>• gentechnische Meth.</li> <li>• computergestützte Auswertungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhaltensexperimente</li> <li>• operative Experimente</li> <li>• Infektionsexperimente</li> <li>• experimentelle Zucht</li> <li>• Generierung genetisch veränderter Mausstämmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probandenversuche</li> <li>• klinische Studien</li> <li>• Obduktionen</li> </ul>

**Abb. 2.1: Experimentelle Erkenntnismethoden der Medizin im Überblick**

- Die **medizintechnische Forschung** entwickelt und testet technische Apparate, Hilfsmittel und Verfahren für Diagnose und Therapie. Im Zentrum der aktuellen Medizintechnik steht die Weiterentwicklung bildgebender Techniken, wie z. B. von CT- und NMR-Verfahren, sowie die computergestützte Verarbeitung der gewonnenen Daten zu interpretierbaren Bildern. Typische Forschungsmethoden der Medizintechnik sind Geräteentwicklung, Funktionstests und Funktionssimulationen. Die Entwicklung medizinischer Geräte und Hilfsmittel wird häufig außerhalb der Hochschulmedizin von erwerbswirtschaftlichen Unternehmen oder ingenieurwissenschaftlichen und physikalischen Fakultäten durchgeführt. Tests von Diagnose- und Therapieapparaturen erfordern Testpersonen oder -tiere, was Kooperationen mit klinischen oder tierexperimentellen Forschern erforderlich macht. Viele Funktionstests, insbesondere in der Anfangsphase der Entwicklung, lassen sich allerdings durch Computersimulationen ersetzen.
- Die **biomedizinische Laborforschung** experimentiert „in vitro“, d. h. außerhalb lebender Organismen, mit deren Bausteinen. Dazu gehören einzelne Moleküle wie Proteine und Nukleinsäuren, in Nährlösungen kultivierte Zellen und separierte Organe, z. B. Nervenstränge. Darüber hinaus wird wie in der klassischen Mikrobiologie auch an Mikroorganismen wie Viren und Bakterien geforscht. Zur Durchführung der Experimente werden molekularbiologische, biochemische, biophysikalische, zellbiologische und gentechnische Methoden eingesetzt. Eine Schlüsselstellung bei den molekularbiologischen Methoden nimmt die PCR („polymerase chain reaction“) ein. Mit dem Enzym Polymerase wird die zu untersuchende Erbsubstanz in einer komplizierten Abfolge von Erwärmungs- und Abkühlungsprozessen so oft vervielfältigt, bis sie

sich biochemisch analysieren lässt. Ergänzend dienen biophysikalische Techniken, wie z. B. die Licht- und Elektronenmikroskopie, die Röntgenstrukturanalyse und die Spektroskopie dazu, die dreidimensionalen Struktur der Proteine und Nukleinsäuren aufzuklären. Voraussetzung zur Anwendung dieser Analysetechniken sind verfeinerte zellbiologische Verfahren zur Kultivierung isolierter menschlicher und tierischer Zellen. Die Gentechnik umfasst schließlich alle Methoden zur gezielten Veränderung von Genen in lebenden Zellen.

Hervorzuheben ist die Geräteintensität der biomedizinischen Forschung. Für eine Vielzahl von Arbeitsschritten werden teil- oder vollautomatisierte Geräte eingesetzt. Das nass-präparative Experimentieren, welches nach wie vor erforderlich ist, ist daher vielfach apparategestützt.

- c) Typische Formen der **tierexperimentellen Forschung** sind Verhaltensexperimente, operative Experimente, Infektionsexperimente, in denen Tiere gezielt mit Krankheiten infiziert werden, pharmakologische Tests und die experimentelle Zucht. Häufig werden die verschiedenen Formen auch miteinander kombiniert. Besondere Bedeutung für die biomedizinische Forschung besitzen gentechnisch veränderte Tiermodelle. Dazu werden die Gene ausgewählter Versuchstiere so manipuliert, dass in ihren Zellen die zu erforschenden physiologischen oder pathologischen Steuerungsprozesse modellhaft ablaufen. Besonders gut zum Generieren solcher Tiermodelle eignen sich Mäuse, da sie in ihrer Entwicklung und ihrem Stoffwechsel dem Menschen sehr ähnlich sind. Zudem sind Techniken verfügbar, um einzelne Gene von Mäusen abzuschalten („Knock-out-Mäuse“) oder hinzuzufügen („transgene Mäuse“). Aus Gründen des Tierschutzes und um reproduzierbare Randbedingungen für die Experimente sicherzustellen sind die Tierstämme dauerhaft mit baulichen, Lüftungstechnischen und organisatorischen Maßnahmen gegen Keime aus der Umwelt abzuschirmen. Ein anderer Schwerpunkt medizinischer Tierversuche sind chirurgische Experimente, die häufig an Großtieren wie Schweinen oder Schafen durchgeführt werden.
- d) Forschungsgegenstand der **klinischen Forschung i. e. S.** sind Menschen. Dabei lassen sich Versuche mit gesunden Probanden, klinische Studien an Patienten mit bestimmten Krankheiten und Obduktionen von Leichen unterscheiden. Experimente mit Menschen sind aus ethischen Gesichtspunkten besonders sensibel, da Gesundheitsrisiken für Probanden weitestgehend zu vermeiden sind und die Heilungschancen von Patienten nicht beeinträchtigt werden dürfen.

Die biomedizinische Forschung, wie sie in den hier betrachteten Forschungszentren betrieben wird, umfasst sowohl Labor- als auch Tierexperimente. Typischerweise wird in jedem Projekt eine „Stufenleiter“ von Forschungsobjekten abgearbeitet, die von einzelnen Molekülen über isolierte Zellstrukturen und Zellen bis hin zum Tiermodell der jeweiligen Krankheit reicht (vgl. Schölmerich/Gerok 1997, S. 45). Entsprechend wenden alle Arbeitsgruppen ein breites Spektrum von Forschungsmethoden an. Enge methodische Spezialisierungen sind dagegen selten.

Nass-präparative Experimente („in vitro“) und Tierversuche („in vivo“) werden durch Methoden der **Bioinformatik** ergänzt, indem experimentell gewonnene Daten rechnergestützt ausgewertet und graphisch aufbereitet oder die Experimente am Computer („in silico“) simuliert werden. Inhaltliche Schwerpunkte sind derzeit Funktionsuntersuchungen automatisch analysierter DNA-Sequenzen und graphische Darstellungen von Protein- und Molekülstrukturen. Zunehmende Bedeutung erlangen Simulationsexperimente zur Funktionsweise biologischer Systeme, ihrer krankheitsbedingten Störungen und möglicher Therapien. Zwar können diese reale Labor- und Tierexperimente nicht ersetzen. Durch mathematisch fundierte Ergebnisabschätzungen tragen sie jedoch dazu bei, die Ressourcen in der experimentellen Forschung gezielter einzusetzen (vgl. Reiß 2002).

Auch wenn sich zwischen experimentell forschenden Biomedizinern und computergestützt arbeitenden Bioinformatikern eine gewisse Arbeitsteilung abzeichnet, erfordern die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen ihren Aufgaben eine enge Zusammenarbeit, zumeist innerhalb gemeinsamer Arbeitsgruppen.

### 2.1.3 Entwicklungstendenzen

Aufgrund der zentralen Rolle der Lebenswissenschaften für den wissenschaftlichen und technologischen Fortschritt am Beginn des 21. Jahrhunderts wird die Bedeutung der biomedizinischen Forschung für die Hochschulmedizin in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Die Anwendung biomedizinischer Methoden auf immer mehr Fragestellungen lässt eine weitere Expansion der Molekularen Medizin erwarten (vgl. Siewert/Niethammer 2002). Dabei ist die Erweiterung biomedizinischer Forschungsfragen von den molekularen Details zellulärer Stoffwechselprozesse auf eine ganzheitliche Betrachtung der Funktionsweise von Zellen, Organen und Organismen im Rahmen einer interdisziplinären Systembiologie absehbar. Die Erforschung biologischer Systeme setzt nicht nur die Inventarisierung und Funktionsbeschreibung ihrer genetischen Bausteine voraus, die derzeit im Rahmen der funktionellen Genomforschung erfolgt (vgl. dazu DFG 2002, S. 211ff.). Der Sprung auf die Systemebene erfordert zusätzlich die Integration von Denkansätzen, Modellen, Algorithmen und Softwaretools zur Analyse und Simulation komplexer Systeme wie sie in Mathematik, der Informatik, der Physik und den Ingenieurwissenschaften entwickelt und angewendet werden (Reiß 2002, S. 5-19). Als Folge werden sich nicht nur die klassischen Fächergrenzen innerhalb der Lebenswissenschaften auflösen (vgl. DFG 2002, S. 21ff.), die Systembiologie wird auch die Zusammenarbeit mit den übrigen naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen forcieren.

Die eingesetzten Methoden werden von einer weiter fortschreitenden Automatisierung und Computerisierung der Laborforschung geprägt werden. Parallel dazu wird voraussichtlich der Anteil der rein computergestützt arbeitenden Forscher zunehmen. In der tierexperimentellen Forschung ist mit einem wachsenden Bedarf an Tierexperimenten mit keimfrei zu haltenden Kleinnagern, vor mit allem SPF-, transgenen und Knock-out-Mäusen, zu rechnen, die in hochinstallierten Versuchstiereinrichtungen mit aufwendiger Raum-Luft-Technik untergebracht werden müssen. Dies liegt zum einen daran, dass ein wesentlicher Schritt in der Molekularen Medizin Experimente mit Tiermodellen der zu therapierenden Krankheit sind. Außerdem werden nach der Entzifferung des Genoms, d. h. der Analyse der Basenabfolge der menschlichen DNA, verstärkt einzelne Gene erforscht (o. V. Die Welt 2003). Um die Funktion eines einzelnen Gens, d. h. eines bestimmten Abschnitts auf der DNA, zu untersuchen, wird in der Regel ein Stamm gentechnisch veränderter Mäuse gezüchtet, in deren Erbgut das Gen zusätzlich eingebracht oder gezielt abgeschaltet wurde. Anschließend werden die Körperfunktionen der Mäuse mit einer Vielzahl von Experimenten untersucht, was einen erheblichen Bedarf an Versuchstieren zur Folge hat. Dagegen ist für die operativen Experimente mit einem zurückgehenden Bedarf an Großtieren zu rechnen.

Breite Anwendung finden biomedizinische Forschungsergebnisse durch den Einsatz molekularbiologischer und gentechnischer Verfahren in der pharmazeutischen Industrie. So lässt sich beispielsweise Insulin nur durch Verwendung gentechnisch veränderter Bakterien in den heute benötigten Mengen herstellen. Dagegen steckt die Behandlung von Patienten durch das Einbringen therapeutischer Gene derzeit noch im Experimentierstadium. Ein erster Versuch der molekularbiologischen Behandlung einer Erbkrankheit bei mehreren Kindern hat zu einem spektakulären Rückschlag geführt (Latussek 2003). Trotz weltweiter Forschungsbemühungen ist derzeit noch nicht abzusehen, wann molekulare Therapien in der klinischen Praxis eingesetzt werden können.

Da an das Einbringen therapeutischer Gene in das Erbgut von Patienten wesentlich schärfere Bedingungen geknüpft werden als an gentechnische Tierexperimente, setzen klinische Forschungen weitreichendere Ressourcenanforderungen als Laborexperimente voraus. So wird die molekularbiologische Behandlung von Patienten Reinraumlabor nach GMP-Standard („Good manufacturing practice“) erfordern, um für die entwickelten Verfahren eine Zulassung von der US-amerikanischen FDA („Food and Drug Administration“) erhalten zu können, die für die weltweite Vermarktung unerlässlich ist. Offen ist aber, inwieweit bei absehbaren kommerziellen Verwertungsmöglichkeiten die pharmazeutische Industrie die Ressourcen für molekularbiologische klinischen Studien bereitstellen wird.

## 2.2 Forschungspersonal

### 2.2.1 Mediziner

In der Medizin nimmt die ärztliche Tätigkeit bzw. deren Vorbereitung sowohl bei den Aufgaben des wissenschaftlichen Personals als auch in der Ausbildung der Studierenden eine zentrale Rolle ein. Der Einsatz von Medizinern in der biomedizinischen Forschung unterliegt daher besonderen Bedingungen. Abgesehen von der durch die Krankenversorgung dominierten Arbeitszeitstruktur der Professoren (Adler 2001, S.25) betrifft dies in erster Linie den wissenschaftlichen Mittelbau, der die Forschung üblicherweise trägt.

- **Klinisch-tätige Wissenschaftler**

Viele Forschungsfragen der Molekularen Medizin stammen aus dem Klinikalltag. Aus inhaltlichen Gesichtspunkten ist daher eine Beteiligung praktizierender Ärzte an konkreten biomedizinischen Forschungsprojekten äußerst wünschenswert.

Die zeitlichen Restriktionen erlauben Ärzten und Oberärzten parallel zum Klinikdienst aber nur eine eingeschränkte „Feierabendforschung“ (Adler 2001, S. 19). **Teilzeitforschung** ist nicht nur für die Betroffenen äußerst belastend. Aufgrund des Zeitbedarfs für eine methodisch fundierte Laborforschung und des hohen internationalen Wettbewerbsdrucks in den Lebenswissenschaften ist sie auch wenig erfolgversprechend. Selbst die Forschungsprojekte von Medizinern, die nach einem Aufenthalt an einer ausländischen Forschungseinrichtung in den Klinikdienst zurückkehren, erfüllen nur selten die in sie gesteckten Erwartung (Pahl 2000). Teilzeitforschung gelingt allenfalls zu einem späteren Zeitpunkt der wissenschaftlichen Karriere, sofern eine eingespielte Arbeitsgruppe es einem Oberarzt erlaubt, sich auf richtungsweisende und koordinierende Gruppenleitertätigkeiten zu beschränken.

Erfolgversprechender sind **Rotationsstellen**, die Ärzten und Oberärzten die befristete Freistellung vom Klinikdienst ermöglichen (vgl. DFG 1999, 24). Verbreitet sind Tandemmodelle, nach denen eine Arzt- und eine Forschungsstelle an zwei Mediziner vergeben werden, die sich viertel- oder halbjährlich mit dem Klinikdienst abwechseln (Dichgans 1990, S. 107). Aber auch solche Freistellungsregelungen sind davon bedroht, dass die freigestellten Ärzte bei Personalengpässen kurzfristig Klinikdienste übernehmen müssen. Unabhängig von der praktischen Umsetzung sind jeder Rotationsstelle die gleichen Ressourcen zuzuordnen wie einem Vollzeitforscher.

Eine dritte Form ist die Unterbrechung der Klinik Tätigkeit zugunsten der Annahme einer befristeten Forschungsstelle. Zweckmäßig ist eine solche **befristete Vollzeitforschung** insbesondere nach der Promotion zur vertieften Aneignung biomedizinischer Forschungsmethoden (Pahl 2000, S. 37). Aber auch in späteren Phasen können befristete Forschungsphasen die wissenschaftliche Karriere befördern, vor allem, wenn sie mit einem Auslandsaufenthalt verbunden werden.

Festzuhalten ist, dass das Idealbild eines parallel in Klinikdienst und Laborforschung eingebundenen Mediziners nur in wenigen Ausnahmefällen realisierbar ist. Der für die Molekulare Medizin erforderliche methodische Aufwand verhindert in diesem Bereich aber auch weitgehend die ansonsten in der Medizin verbreitete „Pro-Forma-Forschung“ zur Forcierung der Chefarztkarriere (DFG 1999, S. 12; Dichgans 1990, S. 108).

- **Mediziner aus medizinisch-theoretischen Instituten**

Mediziner in medizinisch-theoretischen Instituten müssen sich neben ihren Aufgaben in Forschung und Lehre nicht oder nur in geringem Umfang an der Krankenversorgung beteiligen. Teilweise gilt dies auch für die Forscher in klinisch-theoretischen Instituten. Ihre Situation ist damit der von Wis-

senschaftlern in anderen naturwissenschaftlichen Fakultäten vergleichbar. Medizinisch-theoretische Forscher besitzen daher gute Voraussetzungen für biomedizinische Forschungsprojekte, sofern in ihrem Fachgebiet experimentelle Forschungsmethoden üblich sind.

Mit der dauerhaften Freistellung von Klinikdiensten geht für die Mediziner jedoch eine Festlegung auf die wissenschaftliche Laufbahn einher. Nur selten gelingt medizinisch-theoretischen Wissenschaftlern der Wechsel auf eine Klinikstelle, was angesichts der allgemeinen Einsparungen im Hochschulbereich nicht unproblematisch ist.

- **Medizinische Doktoranden**

Im Gegensatz zu naturwissenschaftlichen Doktoranden, denen an vielen Lehrstühlen und Instituten die eigentliche Durchführung der Forschungsaktivitäten obliegt, können medizinischen Promotionsstudenten in der Regel nur unterstützende Forschungsaufgaben übertragen werden (vgl. Söling 1999, S. 4). Dies liegt zum einen an der fehlenden Vermittlung der Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens und der medizinischen Forschungsmethoden während des Medizinstudiums (Adler 2001, S. 11). Zum anderen besitzt der Dokortitel für Mediziner traditionell die Bedeutung eines für Patienten sichtbaren Studienabschlusses. Die damit verbundene hohe Promotionsquote hat zu einer Verwässerung der Qualitätsstandards geführt (Dichgans 1990, S. 108). Viele medizinische Dissertationen werden in wenigen Monaten, häufig parallel zum Studium erstellt.

Unter solchen Bedingungen sind anspruchsvolle experimentelle Forschungsarbeiten nicht zu erstellen. Biomedizinische Dissertationen setzen daher in der Regel eine Studienunterbrechung für eine Vollzeitlabortätigkeit von einem halben Jahr oder länger voraus. Zudem werden an einigen Medizinstandorten verstärkt ausländische Doktoranden angeworben, die nach Abschluss des Medizinstudiums in ihrem Heimatland die Anfertigung ihrer Dissertation mit einer mehrjährigen Vollzeittätigkeit in einer deutschen Forschergruppe verbinden.

Dennoch ist der Forschungsbeitrag und der Ressourcenbedarf medizinischer Doktoranden in biomedizinischen Forschergruppen eher mit dem naturwissenschaftlicher Diplomanden zu vergleichen. Aufgrund der geringen wissenschaftlichen Reputation des medizinischen Dokortitels promovieren viele Mediziner, die sich für eine biomedizinische Forschungskarriere entscheiden, zusätzlich an einer naturwissenschaftlichen oder ausländischen Fakultät (Adler 2001, S.21).

## **2.2.2 Forscher aus anderen Naturwissenschaften**

Aufgrund der fachlichen Nähe und der starken Ausrichtung der Mediziner auf die Krankenversorgung sind in der biomedizinischen Forschung viele Wissenschaftler aus den übrigen Lebenswissenschaften Biologie, Biochemie, Chemie und Pharmazie tätig. Je nach Einrichtung reicht ihr Anteil an der Gesamtzahl der Forscher von einem bis zu zwei Drittel. Tendenziell forschen in den theoretischen und klinisch-theoretischen Instituten mehr Nicht-Mediziner als in den klinischen Abteilungen. Aber auch in den biomedizinischen Forschergruppen der klinischen Abteilungen sind Mediziner häufig in der Minderheit. So wird beispielsweise in der Literatur von einem Forschungslabor einer Universitätsklinik in den USA berichtet, in dem von insgesamt 100 Wissenschaftlern 15 Ärzte sind (Schneider 1996, S. 100).

Nicht-Mediziner können ihre gesamte Arbeitszeit Forschung und Lehre widmen. Wegen der fehlenden Approbation dürfen sie auch dann nicht zu Klinikdiensten herangezogen werden, wenn sie organisatorisch einer klinischen Abteilung zugeordnet sind. Ein weiterer Vorteil ist ihr im Vergleich zu Medizinern wesentlich fundierteres Methodenwissen, dessen Grundlagen ihnen bereits während des Studiums vermittelt werden. Als Nachteil für Nicht-Mediziner erweist sich häufig die fehlende ärztliche Erfahrung (vgl. Pahl 2000). An einer zunehmenden Zahl von Universitäten werden aus diesem Grund – vielfach unter den Bezeichnungen „Molekulare Medizin“ oder „Biomedizin“ –

Kombinationsstudiengänge angeboten, die naturwissenschaftliche Methoden mit medizinischem Inhalten verbinden (vgl. Abschnitt E.3).

In der biomedizinischen Forschung sind Nicht-Mediziner auf allen Ebenen tätig. Allerdings sind damit für die Phasen nach und vor der Promotion unterschiedliche Chancen und Risiken verbunden.

- **Promovierte Nicht-Mediziner**

Promovierte Nicht-Mediziner geben biomedizinischen Forschungsprojekten aufgrund ihrer wissenschaftlichen Erfahrung wichtige Impulse. Sofern sie nicht selbst als Projektleiter fungieren, übernehmen sie häufig die Rolle des Laborleiters. Dem stehen Rekrutierungsprobleme aufgrund unsicherer Berufsaussichten entgegen (vgl. Waller 1990, S. 42).

Eine Hochschultätigkeit nach Abschluss der Promotion ist zumeist auf das Erreichen einer Professorenstelle ausgerichtet. Nach der bisherigen Praxis erstellen die Nachwuchswissenschaftler dazu eine Habilitation, in Zukunft wird die Weiterqualifikation verstärkt auf Juniorprofessuren stattfinden. Für promovierte Nicht-Mediziner ist die Hochschullehrerlaufbahn an einer medizinischen Fakultät jedoch mit Schwierigkeiten verbunden. Auch wenn die Hochschullehrerstellen insbesondere in den theoretischen Instituten und die zunehmend eingerichteten Forschungsprofessuren teilweise von Nicht-Medizinern besetzt werden, bleiben Leitungspositionen zumeist Medizinern vorbehalten. Für promovierte Nicht-Mediziner in der biomedizinischen Forschung sind daher befristete Forschungstätigkeiten ohne Aussicht auf eine Professorenstelle typisch.

Bei guter Konjunktur verbessert eine ein- oder zweijährige Post-doc-Phase an einer Hochschule die Ein- und Aufstiegschancen in biotechnologischen Unternehmen. Bei schlechter Wirtschaftslage bleibt vielen Wissenschaftlern aber auch dieser Weg versperrt. Bisher wurden befristete Zeitverträge in der biomedizinischen Forschung daher häufig zu lebenslangen Projektkarrieren verknüpft. Dem stehen seit Kurzem die Befristungsgrenzen des neuen Hochschulrahmengesetzes entgegen. In Zukunft wird die Rekrutierung promovierter Nicht-Mediziner daher voraussichtlich schwieriger werden, wobei sich der Wettbewerb zwischen der Hochschulmedizin und biotechnologischen Unternehmen an einigen Standorten deutlich verstärken wird.

- **Doktoranden aus nicht medizinischen Studiengängen**

Doktoranden mit naturwissenschaftlichen Studienabschlüssen insbesondere aus der Biologie und der Biochemie können aufgrund ihrer im Studium erworbenen Methodenkenntnisse einen erheblichen Beitrag zur Durchführung biomedizinischer Forschungsprojekte leisten. Ihre Rolle innerhalb der Forschergruppen ist oftmals der medizinischer Post-docs vergleichbar. Da sie ihre gesamte Arbeitszeit der Forschung widmen können, sind sie begehrte Forschungskräfte.

Eine Promotion im Bereich der Molekularen Medizin eröffnet vielfältige Beschäftigungsmöglichkeiten außerhalb der Hochschule. Die Rekrutierung naturwissenschaftlicher Doktoranden hängt daher weniger von den Aufstiegschancen innerhalb der Hochschulmedizin, als vielmehr vom Angebot an Absolventen ab. Dieses wird maßgeblich vom Vorhandensein und der Größe naturwissenschaftlicher Fakultäten in der Nähe des Medizinstandes bestimmt. Allerdings konkurrieren diese Fakultäten mit der Medizin um die begabtesten Absolventen.

- **Diplomanden aus nicht medizinischen Studiengängen**

Teilweise erstellen Diplomanden aus biowissenschaftlichen Studiengängen ihre Diplomarbeit in biomedizinischen Forschergruppen. Ihr Forschungsbeitrag während der zumeist halbjährigen Bearbeitungszeit ist teilweise dem medizinischer Doktoranden vergleichbar. Allerdings setzt ihre Rekrutierung eine Kooperation der Forschergruppen mit Lehrstühlen aus den Heimatfakultäten voraus.

### 2.2.3 Nicht wissenschaftliches Personal

Das nicht wissenschaftliche Personal in der biomedizinischen Forschung setzt sich im Wesentlichen aus Laboranten, zumeist mit einer medizinisch-, biologisch- oder chemisch-technischen Assistentenausbildung, und Tierpflegern zusammen. Zur Betreuung von Institutssekretariaten werden in geringem Umfang Verwaltungsangestellte beschäftigt. An Mechanikern und Elektronikern haben biomedizinische Forscher allenfalls in Ausnahmefällen Bedarf, zunehmend werden allerdings EDV-Techniker benötigt.

Zu den Aufgaben der **Laboranten** gehört neben der Durchführung der biomedizinischen Experimente auch die Einarbeitung der Doktoranden und Diplomanden in die Forschungsmethoden. Zudem gleichen Laboranten in der medizinischen Forschung den Mangel an studentischen Hilfskräften aus (Waller 1990, S. 42f.). Entsprechend benötigen die in der biomedizinischen Forschung tätigen Laboranten eine fundierte Ausbildung und längerfristige Berufserfahrung.

Die Haltung gentechnisch veränderter Kleinnager, die von der biomedizinischen Forschung bevorzugt verwendet werden, unter keimfreien Bedingungen ist sehr betreuungsintensiv. Da die keimfreien Barrierehaltungen nicht von allen Wissenschaftlern betreten werden dürfen, müssen die **Tierpfleger** auch die Tierbeobachtung und einfache experimentelle Tätigkeiten übernehmen. Dazu sind ausgebildete Fachkräfte mit der Bereitschaft zur stetigen Weiterbildung erforderlich. In größeren Tierhaltungseinrichtungen sollte zumindest ein Tierpflegermeister beschäftigt werden. Die einfachen Betreuungsaufgaben, z. B. das Umsetzen in frische Boxen und das Nachfüllen von Futter und Wasser, und das Spülen und Desinfizieren von Käfigen und sonstigem Material können dagegen angelernten Hilfskräften übertragen werden.

Die Beschäftigung qualifizierter Laboranten und Tierpfleger setzt eine marktübliche und individuell differenzierte Entlohnung voraus, der allerdings die unflexiblen tariflichen Einstufungen enge Grenzen setzen. An einigen Standorten haben die Medizineinrichtungen daher Schwierigkeiten, erfahrene Mitarbeiter von der Abwanderung in Unternehmen der Biotechnologie abzuhalten.

## 2.3 Organisationsstrukturen

Biomedizinische Forschung wird gewöhnlich in kurzfristigen Projekten mit wechselnder Besetzung durchgeführt. Personelle und wissenschaftliche Kontinuität ergibt sich entweder durch mehr oder weniger selbständige Forschergruppen oder durch die Institutsstrukturen theoretischer bzw. klinisch-theoretischer Einrichtungen. Individuelle Forschungsaktivitäten sind dagegen nur selten erfolgreich (vgl. Schölmerich/Gerok 1997, S. 47).

### 2.3.1 Biomedizinische Forschergruppen

**Forschergruppen** sind mehr oder weniger eigenständig agierende, zumeist drittmittelfinanzierte Arbeitsgruppen, deren Mitglieder über mehrere Jahre hinweg gemeinsam eine bestimmte Fragestellung bearbeiten und sich ein Spektrum unterschiedlicher Forschungsmethoden aneignen. Geleitet werden sie von Nachwuchswissenschaftlern.

Biomedizinische Forschergruppen sind die typischen Nutzer der Verfügungsbereiche medizinischer Forschungszentren. Zur Beschreibung der Personalstruktur biomedizinischer Forschungsgruppen ist zwischen folgenden Wissenschaftlergruppen zu differenzieren:

- Bei den **Gruppenleitern** handelt es sich um habilitierende oder habilitierte Nachwuchswissenschaftler, teilweise auch um Forschungsprofessoren. Unter Umständen sind einzelne Gruppenleiter parallel als Oberärzte oder Ärzte in den Klinikdienst eingebunden.



- Zu den **wissenschaftlichen Mitarbeitern** zählen Mediziner und Nicht-Mediziner in Post-doc-Phasen sowie Doktoranden aus den Biowissenschaften. Sofern zu dieser Gruppe Ärzte mit parallelem Klinikdienst gehören, durchlaufen sie zumeist die Weiterbildung zum Facharzt.
- Die dritte Gruppe umfasst **Medizindoktoranden und Diplomanden** aus den Biowissenschaften. Medizindoktoranden sind nur dann nicht als Vollzeitforscher zu charakterisieren, wenn sie ihre Dissertation parallel zum Studium bzw. der Arzt-im-Praktikum-Phase erstellen. Diese Fälle sind in der biomedizinischen Forschung im Gegensatz zur klinischen Forschung jedoch selten.

Planungseinheit bilden grundsätzlich Personen und keine Stellen, da in der biomedizinischen Forschung ebenso wie in anderen Wissenschaftsbereichen Teilzeitverträge in erster Linie zur Anpassung der Vergütung an Markterfordernisse dienen. Allerdings gibt es Mediziner, die nur einen Teil ihrer Arbeitszeit der Forschung widmen, weil sie auch in Klinikdienste eingebunden sind. Solche klinisch tätigen Forscher benötigen daher unter Umständen nur einen Teilzeitarbeitsplatz.

Zur Abschätzung des Bedarfs an Laborarbeitsplätzen ist die Zahl der in einer Forschungsgruppe tätigen **Experimentatoren** zu ermitteln. Unter dieser Bezeichnung werden die experimentell tätigen wissenschaftlichen Mitarbeiter, Doktoranden, Diplomanden und Laboranten zusammengefasst. Leiter von Forschungsgruppen zählen ebenso wenig zu den Experimentatoren wie Hochschullehrer, da sich beide Wissenschaftlergruppen auf konzeptionelle und organisatorische Forschungstätigkeiten konzentrieren. Abbildung 2.2 quantifiziert die Personalstrukturen typischer biomedizinischer Forschergruppen.

	Vollzeitgruppen			gemischte Gruppen			Klinikergruppe
	klein	Ø	groß	klein	Ø	groß	
Gruppenleiter (davon mit Klinikdienst)	1	1	1	1 (1)	1	1	1 (1)
wiss. Mitarbeiter (davon mit Klinikdienst)	1	2	3	1 (1)	3 (1)	4 (2)	1 (1)
med. Dokt./naturw. Dipl. (davon mit Klinikdienst)	1	2	3	2 (1)	2 (1)	4 (2)	1 (1)
Laboranten	1	2	3	1	2	3	1
Gruppengröße (Pers.) (davon Experimentatoren)	4 (3)	7 (6)	10 (9)	5 (4)	8 (7)	12 (11)	4 (3)

**Abb. 2.2: Personalstrukturen biomedizinischer Forschergruppen**

Anhand der Integration parallel in Klinikdienste eingebundener Mediziner lassen sich drei Typen von Forschergruppen unterscheiden:

- In **Vollzeitgruppen** widmen alle Wissenschaftler ihre gesamte Arbeitszeit der Forschung und gegebenenfalls der Lehre.
- Reine **Klinikergruppen** bestehen mit Ausnahme der Laboranten ausschließlich aus parallel in den Klinikdienst eingebundenen Medizineren. Aufgrund der starken Zeitbelastung durch Klinikdienste und der hohen Anforderungen in der kompetitiven biomedizinischen Forschung existieren in der Hochschulpraxis jedoch nur wenige reine Klinikergruppen.
- Parallele Klinik- und Forschungstätigkeiten sind leichter in **gemischten Gruppen** erfolgreich realisierbar. Sofern Vollzeitforscher aus den Biowissenschaften dem Team ihre methodischen Fertigkeiten zur Verfügung stellen, können einzelne Ärzte ihre Erfahrungen aus dem parallelen Klinikdienst einbringen. Falls ein Vollzeitforscher die faktische Laborleitung übernimmt, können

kleine gemischte Gruppen sogar von einem in den Klinikdienst eingebundenen Oberarzt geleitet werden.

Formal sind biomedizinische Forschergruppen verschiedenen Organisationseinheiten aus allen Bereichen der Medizin, insbesondere auch klinischen Abteilungen zugeordnet. Die Bildung **klinischer Forschergruppen** wird von der DFG durch ein spezielles Programm gefördert, um die mittelfristig angelegte, enge Zusammenarbeit herausragend ausgewiesener Wissenschaftler einer Universitätsklinik bei einer besonderen Forschungsaufgabe aus der krankheits- oder patientenorientierten Forschung zu unterstützen. Ziele sind unter anderem die Schaffung und Stärkung von Forschungsstrukturen an den Universitätskliniken, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Intensivierung von Forschungsk Kooperationen zwischen Klinikern und Grundlagenforschern aus den theoretischen Instituten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (DFG 2001). Damit ist das Programm zur Unterstützung biomedizinischer Arbeitsgruppen prädestiniert (Wissenschaftsrat 1994, S. 442), was sich auch an den Fragestellungen der derzeit geförderten klinischen Forschergruppen zeigt. Voraussetzung der Förderung ist die Unterstellung der klinischen Forschergruppe unter eine neu zu schaffende oder vorhandene **Forschungsprofessur**. Dabei handelt es sich um eine zumeist einer klinischen Abteilung zugeordnete Professorenstelle, deren Inhaber ausschließlich Aufgaben in Forschung und Lehre übertragen werden. Weitere Bedingungen sind die fünfzigprozentige Finanzierungsbeteiligung der Universitätsklinik bzw. der medizinischen Fakultät aus dem Landeszuschuss für Forschung und Lehre sowie die Weiterfinanzierung der Forschungsprofessur nach Auslaufen der DFG-Zuschüsse (DFG 1999, S. 26). Daraus resultiert eine gewisse Nachhaltigkeit des schon seit geraumer Zeit bestehenden Förderprogramms (vgl. Wissenschaftsrat 1994, S. 446f.). Über die 14 derzeit geförderten hinaus existieren daher eine ganze Reihe weiterer klinischer Forschergruppen und Forschungsprofessuren an verschiedenen Standorten. Zudem werden biomedizinische Forschergruppen auch aus weiteren DFG-Programmen und von anderen Drittmittelgebern gefördert, wobei teilweise die Voraussetzung entfällt, dass der Gruppenleiter eine Professorenstelle besitzen muss.

Ein weiteres wichtiges Förderungsinstrument für die biomedizinische Forschung sind die vom BMBF an einer Reihe von Standorten finanzierten **Interdisziplinären Zentren für Klinische Forschung (IZKF)**. Dabei handelt es sich um Koordinationseinrichtungen zur forcierten Profilierung der Forschung einer Universitätsklinik und der zugehörigen medizinischen Fakultät (vgl. BMBF 2003). An den Standorten Interdisziplinärer Zentren für klinische Forschung ist daher mit einer größeren Zahl biomedizinischer Forschergruppen zu rechnen als an anderen Medizineinrichtungen.

### 2.3.2 Medizinisch-theoretische Institute

In den Institutsbereichen medizinischer Forschungszentren erhalten theoretische und klinisch-theoretische Institute mit überwiegend biomedizinischer Forschung ihren Stammsitz. In Abbildung 2.3 sind diejenigen Fachgebiete zusammengestellt, die sich potenziell in zentralen Forschungsgebäuden ansiedeln lassen.

theoretische Institute:	klinisch-theoretische Institute:	klinische Abteilungen:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physiologie</li> <li>• Biochemie</li> <li>• Molekularbiologie</li> <li>• Zellbiologie</li> <li>• Humangenetik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Immunologie</li> <li>• Virologie</li> <li>• Mikrobiologie</li> <li>• Pharmakologie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• experimentelle Chirurgie</li> </ul>

**Abb. 2.3: Fachgebiete mit potenziellem Stammsitz in zentralen Forschungsgebäuden**

Obwohl die experimentelle Chirurgie mit ihren operativen Tierversuchen nicht zu den Kernfächern der Molekularen Medizin gehört, wird sie an einigen Standorten im Forschungszentrum untergebracht, um sie mit der Betreuung der Versuchstierhaltung zu betrauen.

Die Fläche, die ein medizinisch-theoretisches Institut im Institutsbereich eines Forschungszentrums belegt, hängt von seiner Personalstruktur ab. Abbildung 2.4 quantifiziert dazu exemplarische Beschäftigtenzahlen kleiner, durchschnittlicher und großer medizinisch-theoretischer Institute. Dabei sind theoretische Einrichtungen ohne und klinisch-theoretische Einrichtungen mit Aufgaben in der mittelbaren Krankenversorgung zu unterscheiden.

	theoretische Institute			klinisch-theoretische Institute		
	klein	Ø	groß	klein	Ø	groß
Professoren	1	2	3	1	2	3
Gruppenleiter (davon mit klinisch. Dienstl.)	2	4	6	2 (2)	4 (4)	6 (6)
wiss. Mitarbeiter (davon für klinisch. Dienstl.)	4	8	12	6 (3)	12 (6)	18 (9)
med. Dokt./naturw. Dipl.	4	8	12	4	8	12
Laboranten (davon für klinisch. Dienstl.)	4	8	12	6 (3)	12 (6)	18 (9)
EDV-Techniker	1	1	1	1	1	1
Verwaltungsmitarbeiter	1	1 - 2	2	1	1 - 2	2
Institutsgröße (Pers.) (davon Experimentatoren)	17 (12)	32 (24)	48 (36)	21 (16)	40 (32)	60 (48)

**Abb. 2.4: Personalstrukturen medizinisch-theoretischer Institute**

Zum Personal **theoretischer Institute** gehören neben den Beschäftigtengruppen, die in biomedizinischen Forschergruppen vertreten sind, Hochschullehrer und Verwaltungsmitarbeiter in den Institutssekretariaten. Zunehmend werden EDV-Techniker benötigt. Mittelpunkt der Aufgaben bilden Forschung und Lehre, wobei die Wissenschaftler in den Instituten zumeist stärker in Studienveranstaltungen eingebunden sind als die häufig drittmittelfinanzierten Forschergruppen.

Auch innerhalb der Institute existieren in der Regel von Nachwuchswissenschaftlern geleitete Arbeitsgruppen als Substrukturen. Abbildung 2.4 unterstellt vereinfachend, dass jeder Hochschullehrer zwei Arbeitsgruppen betreut, deren Personalstruktur durchschnittlichen Vollzeitgruppen aus Abbildung 2.2 entspricht. In der Hochschulpraxis schwankt die Größe der Arbeitsgruppen allerdings stark. Unter Umständen handelt es sich auch nur um informelle Wissenschaftlerteams, die lediglich fallweise Unterstützung durch Laboranten erhalten.

**Klinisch-theoretische Institute** beschäftigen für die klinischen Dienstleistungen, wie z. B. das Erstellen mikrobiologischer oder virologischer Analysen, gewöhnlich einen erheblichen Stamm an wissenschaftlichen Mitarbeitern und Laboranten. Ihre Personalstärke ist in diesen Beschäftigtengruppen daher um die Hälfte höher als die von vergleichbaren theoretischen Instituten.

Während Laboranten in der Regel entweder für klinische Dienstleistungen oder für Forschung und Lehre zuständig sind, gelten für wissenschaftliche Mitarbeiter unterschiedliche Regelungen. Teilweise existieren getrennte Stellen für mittelbare Krankenversorgung und für Forschung und Lehre, teilweise teilen die Mitarbeiter ihre Arbeitszeit auf die Aufgabenbereiche auf. Nachwuchswissen-

schaftlern obliegen dagegen sowohl eine Gruppenleiterfunktion in der Forschung als auch Koordinations- und Leitungsaufgaben für die klinischen Dienstleistungen.

In den dargestellten schematischen Personalstrukturen spiegeln die vom Statistischen Bundesamt (2002b, S. 101) auf Bundesebene für das Jahr 2001 ermittelten Personalrelationen zwischen Professoren einerseits und Dozenten, Assistenten sowie wissenschaftlichen Mitarbeiter andererseits von 1 zu 6 für die vorklinische und von 1 zu 8 für die klinisch-theoretische Humanmedizin wider.

### **2.3.3 Verwaltungs- und Serviceeinheit**

Zur Verwaltung der Räume, insbesondere des Verfügungsbereichs, sowie zur Betreuung und Bedienung der komplexeren Gemeinschaftsgeräte ist einem Forschungszentrum in geringem Umfang Stammpersonal zuzuordnen. Der Bedarf an Stammpersonal hängt von der Größe des Zentrums ab. Zu einer Mindestausstattung zählen üblicherweise ein wissenschaftlicher Koordinator bzw. Geschäftsführer, vielfach unterstützt durch ein Sekretariat, ein bis zwei EDV-Techniker sowie zwei bis drei Laboranten. Mechaniker oder Elektroniker sind in der Regel nicht erforderlich, da die Wartung und Reparatur der handelsüblichen Forschungsgeräte an zentrale Werkstätten, gegebenenfalls auch an Fremdfirmen, vergeben werden kann.

An einigen Standorten werden die Koordinations- und Betreuungsaufgaben von Mitarbeitern eines im Forschungszentrum angesiedelten theoretischen Instituts übernommen, die in entsprechendem Umfang von anderen Tätigkeiten freizustellen sind. In anderen Forschungszentren besitzt die zentrale Verwaltungs- und Serviceeinheit eigenes Personal.

### 3 Raumanforderungen

Biomedizinische Forscher untersuchen Fragestellungen aus allen Bereichen der Medizin mit Hilfe von Methoden der modernen Biowissenschaften. Aufgrund des eingesetzten Methodenspektrums stellen biomedizinische Forschergruppen verschiedene qualitative Anforderungen an die baulichen Ressourcen, deren Erfüllung ein Set unterschiedlicher Raumtypen erforderlich macht. Im vorliegenden Kapitel werden diese Anforderungen herausgearbeitet und darauf aufbauend Gestaltungsempfehlungen für die benötigten Räume entwickelt.

Zunächst gibt Abschnitt 3.1 einen Überblick über den Raumbedarf. Dazu werden den typischen biomedizinischen Arbeitsabläufen die erforderlichen Arbeitsbereiche bzw. -plätze zugeordnet. Abschnitt 3.2 leitet die qualitativen und quantitativen Merkmale der wichtigsten Raumarten her. Abschließend skizziert Abschnitt 3.3 die Sicherheitsanforderungen an Laborräume, in denen mit nicht risikolosen, biologischen Arbeitsstoffen, gentechnisch veränderten Organismen oder Radionukliden experimentiert wird.

#### 3.1 Raumbedarf

##### 3.1.1 Experimentelle, theoretische und administrative Arbeitsabläufe

In der Untersuchung zum Ressourcenbedarf der Chemie- und Biowissenschaften unterscheiden Vogel/Holzmann (1998, S. 57) Forschungsgruppen mit schwerpunktmäßig molekularbiologisch-nasspräparativer, chemisch-nasspräparativer, geräteintensiver und theoretischer Arbeitsweise. Im Prinzip lassen sich die gleichen Forschungsaktivitäten und die daraus resultierenden Ressourcenanforderungen auch in der biomedizinischen Forschung identifizieren, wobei die tierexperimentelle Forschung zu ergänzen ist. Die Planung medizinischer Forschungszentren macht jedoch einen Wechsel der Perspektive erforderlich. Da sich biomedizinische Forscher zwar inhaltlich, nicht aber methodisch spezialisieren, ist eine Differenzierung zwischen den Arbeitsweisen unterschiedlicher Arbeitsgruppen für die Ressourcenplanung nicht zweckmäßig. Zur Beschreibung der **biomedizinischen Arbeitsweise** ist vielmehr bei den verschiedenen experimentellen und theoretischen Arbeitsabläufen einer typischen Forschergruppe anzusetzen. **Arbeitsabläufe** sind charakteristische Tätigkeitsmuster aus einem oder mehreren eng zusammenhängenden Arbeitsschritten, deren Durchführung jeweils eine spezifische Ressourcenausstattung erfordert.

**Experimentelle Arbeitsabläufe** dienen der Durchführung planmäßiger Experimente zur Beantwortung gezielter Forschungsfragen. Anhand der Einteilung der biomedizinischen Forschungsmethoden in Abschnitt 2.1.2 lassen sich laborexperimentelle Arbeitsabläufe, in denen Versuche „in vitro“ vorbereitet, durchgeführt und analysiert werden, und tierexperimentelle Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit „in vivo“-Versuchen unterscheiden. Die tierexperimentellen Arbeitsabläufe werden in Abschnitt 4.1 in Zusammenhang mit den Grundlagen der Versuchstierhaltung betrachtet. Für die Planung der unmittelbar von den Forschern genutzten Räume lassen sich folgende laborexperimentelle Arbeitsabläufe differenzieren:

- a) Charakteristisch für **molekularbiologisch-nasspräparative Arbeitsabläufe** sind klassische Labortätigkeiten wie Pipetieren, Präparieren und Analysieren von Reagenzien in wässrigen Lösungen. Auch wenn das manuelle Experimentieren nach wie vor einen hohen Stellenwert besitzt, werden zunehmend Labor- und Forschungsgeräte eingesetzt. Beim gerätegestützten Experimentieren werden einzelne Arbeitsschritte, beispielsweise das Pipetieren, Schütteln oder

Zentrifugieren einer Probe, Laborgeräten übertragen, während die Beschickung des Gerätes sowie die Vor- und Nachbereitung der Proben von Hand erfolgt. Daneben werden für besondere Arbeitsschritte, z. B. PCR-Analysen, auch vollautomatische Forschungsgeräte genutzt.

- b) Die **zellbiologischen Arbeitsabläufe** umfassen das Präparieren, Züchten und Charakterisieren von Zellkulturen tierischen oder menschlichen Ursprungs unter sterilen Bedingungen. Obwohl der Schwerpunkt auf der Kultivierung von Zellen liegt, untersucht die biomedizinische Forschung auch Mikroorganismen wie Bakterien und Viren.
- c) Zu den **biochemisch-nasspräparativen Arbeitsabläufen** gehören alle Tätigkeiten, in denen saure oder alkalische Chemikalien eingesetzt werden, um organische Proben anhand chemischer Reaktionen zu analysieren. Zwar werden in der biomedizinischen Forschung überwiegend molekularbiologische Methoden auf Basis wässriger Lösungen verwendet, chemische Analysen bleiben aber auch in absehbarer Zukunft in begrenztem Umfang notwendig.
- d) **Histologische Arbeitsabläufe** setzen sich aus dem Anfertigen und Präparieren von Gewebeschnitten zusammen. Häufig dienen die Gewebeschnitte dem Auswerten von Tierversuchen.

Die **theoretischen Arbeitsabläufe** umfassen prinzipiell alle gedanklichen Forschungsaktivitäten. Ressourcenwirksam sind die Unterstützung des Denkens durch Lesen und Schreiben am Schreibtisch, die Computerarbeit und Besprechungen mit anderen Forschern. Theoretische Arbeitsabläufe können in engem zeitlichen und räumlichen Zusammenhang mit der experimentellen Forschung stehen oder wie das Erstellen von Veröffentlichungen eigenständige Arbeitskontexte bilden. Vogel/Holzmann (1998, S. 65) ermittelten Ende der 90er Jahre für wissenschaftliche Mitarbeiter in der Chemie und den Biowissenschaften einen Anteil der theoretischen Arbeitsabläufe an der gesamten Arbeitszeit von 20 bis 30%. Für die derzeitige Situation in der biomedizinischen Forschung dürfte dieser Wert eher die Untergrenze beschreiben. Hauptgrund ist der in der Zwischenzeit weiter gewachsene Rechneinsatz. Durch die Automatisierung der experimentellen Arbeitsabläufe nehmen ergänzende theoretische Tätigkeiten wie Programmieren von Versuchsabläufen und Auswerten von Ergebnisdaten stetig zu. Zudem führt die wachsende internationale Vernetzung und der damit verbundene Publikationsdruck zu einer Zunahme der eigenständigen theoretischen Arbeitsabläufe wie Recherchieren, Verfassen von Texten und Kommunizieren.

Den theoretischen Forschungstätigkeiten vergleichbare Ressourcenanforderungen besitzen **administrative Arbeitsabläufe**, zu denen das Forschungsmanagement, die Mitarbeiterführung und sonstige Verwaltungstätigkeiten gehören.

### 3.1.2 Arbeitsbereiche für experimentelle Arbeitsabläufe

Aus den verschiedenen Arbeitsabläufen ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die baulichen Ressourcen, deren gebäudetechnische Ausstattung und Einrichtung. Insbesondere Laborräume werden häufig durch Kombination unterschiedlicher Arbeitsbereiche so gestaltet, dass in ihnen mehrere unterschiedliche Arbeitsabläufe nebeneinander durchgeführt werden können. Solche **Arbeitsbereiche** umfassen – ähnlich wie Arbeitsplätze – Sets aus Geräten, Einrichtungsgegenständen und Ausstattungselementen, die erforderlich sind, um bestimmte Arbeitsabläufe durchzuführen. Anders als Arbeitsplätze können Arbeitsbereiche teilweise von mehreren Mitarbeitern gleichzeitig genutzt werden.

Zur Durchführung der oben beschriebenen laborexperimentellen Arbeitsabläufe benötigen biomedizinische Forschergruppen folgende experimentelle Arbeitsbereiche:

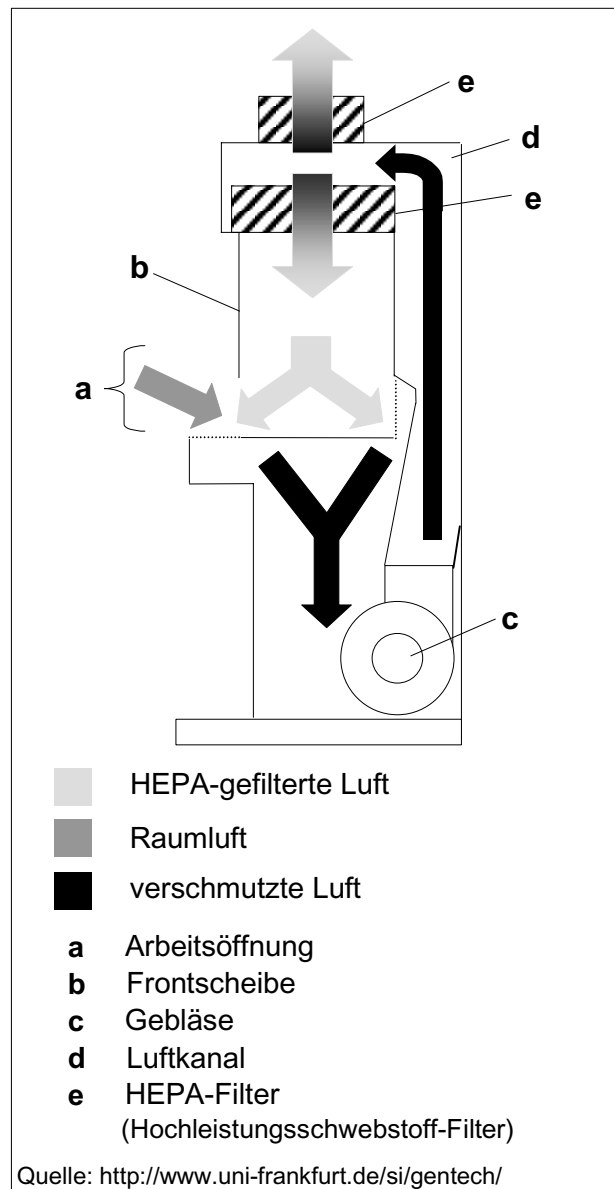
- a) **Molekularbiologische Arbeitsbereiche** sind mit Arbeits- und Gerätetischen, Stellflächen für Bodengeräte und Laborspülbecken ausgestattete Laborbereiche. Da in molekularbiologischen Arbeitsabläufen mit wässrigen Lösungen experimentiert wird, reichen melaminharzbeschichte-

te Tischplatten aus. Die Tischflächen dienen einerseits als experimentelle Arbeitsplätze und andererseits als Stellfläche für „on-the-bench“-Geräte z. B. automatische Pipettensätze, Tischzentrifugen oder einfache Mikroskope. Während Forschungsgeräte üblicherweise bei Bedarf von unterschiedlichen Gruppenmitgliedern genutzt werden, sollte jedem Experimentator ein 1,20 m breiter Anteil an einem Arbeitstisch als persönlicher experimenteller Arbeitsplatz zugeordnet werden (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 157). Für sitzende Tätigkeiten eignen sich Tischhöhen von 75 cm. An einigen Standorten wird ein Teil der Arbeitstische mit einer Tischhöhe von 90 cm für stehende Tätigkeiten bzw. die Nutzung von Laborhockern ausgelegt. Bei den Tischtiefen sind 80 cm für die Aufstellung an den Querwänden und in Innenräumen üblich, wobei zusätzlich 10 cm für die Medienleisten einzuplanen sind. Vor Fensterfronten werden zumeist nur 70 cm tiefe Arbeits- oder Gerätetische aufgestellt. Neben den Arbeits- und Gerätetischen gehören zu molekularbiologischen Arbeitsbereichen Bodenstellflächen für Großgeräte z. B. Zellsorter und PCR-Analyser.

- b) **Zellbiologische Arbeitsbereiche** werden typischerweise aus einer Sicherheitswerkbank und einem oder mehreren daneben aufgestellten Inkubatoren bzw. Brutschränken gebildet. Zum Aufbewahren organischer Arbeitsstoffe werden zudem handelsübliche Kühlschränke benötigt.

**Mikrobiologische Sicherheitswerkbänke** schützen die zu präparierenden Proben und die Experimentatoren vor der Kontamination durch Bioaerosole, d. h. durch feinste, in der Luft schwebende Partikel biologischen Ursprungs. Dazu werden die bei mikrobiologischen Arbeitsabläufen auftretenden Bioaerosole über einer abgeschirmten Arbeitsfläche mit einem Luftstrom fortgeführt und durch einen Hochleistungs-Schwebstofffilter zurückgehalten. In der biomedizinischen Forschung werden üblicherweise Sicherheitswerkbänke der Klasse II eingesetzt, in denen etwa 70% des Luftstroms über den Hauptfilter in einer vertikalen Fallströmung wieder auf die Arbeitsfläche zurückgeführt und dann erneut abgesaugt werden. Die verbleibenden 30% werden über Hochleistungsschwebstofffilter in die Raumluft abgegeben. Gleichzeitig bilden 30% Rohluft aus dem Laboratorium, die in die vorderen Absaugöffnungen eingesaugt wird, einen Luftvorhang für den Schutz des vor der Sicherheitswerkbank sitzenden Experimentators.

In Abbildung 3.1 ist das Funktionsprinzip schematisch dargestellt (vgl. Universität Frankfurt 2002). Sicherheitswerkbänke benötigen im Gegensatz zu Abzügen keinen Anschluss an das zentrale Abluftsystem, bieten aber auch keinen Schutz vor dampfenden oder gasförmigen Gefahrstoffen.



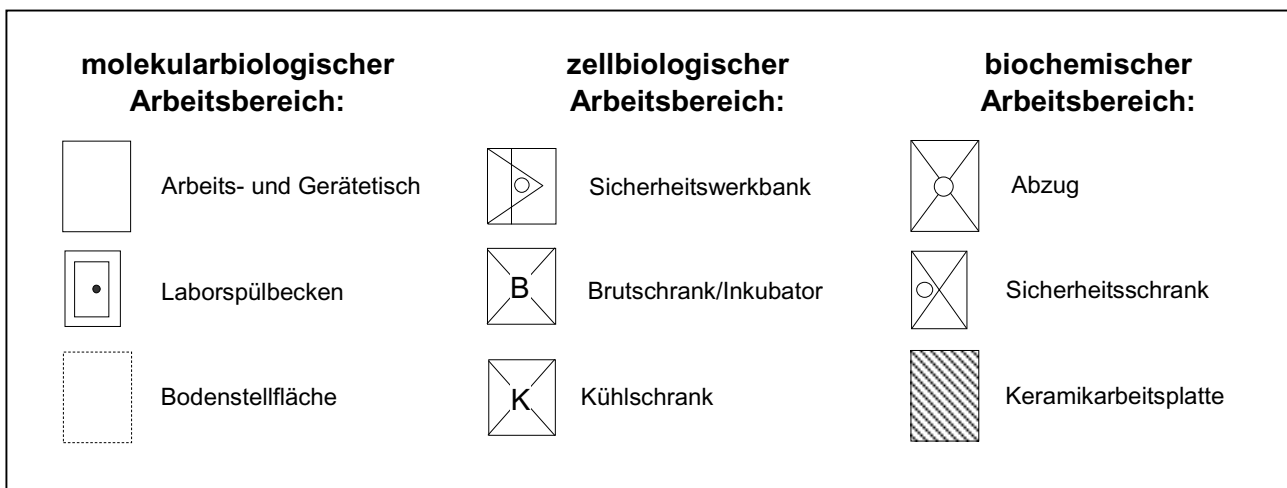
**Abb. 3.1: Funktionsprinzip einer Sicherheitswerkbank (Klasse II)**

**Inkubatoren** und Brutschränke – in der Hochschulpraxis wird vielfach pars pro toto von Brutschränken gesprochen – erzeugen ein definiertes Mikroklima, indem sie die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit innerhalb des Schrankes auf vorgegebenen Werten stabilisieren. Inkubatoren ermöglichen zusätzlich eine kontrollierte Zuführung von CO<sub>2</sub>, um dessen Konzentration innerhalb des Schrankes auf einem vorgegebenen Niveau zu halten. Brutschränke dienen zur Vermehrung von Bakterienstämmen, während Inkubatoren mit ihrer CO<sub>2</sub>-Zuführung die Kultivierung tierischer oder menschlicher Zellen ermöglichen. Entsprechend sind Inkubatoren in der biomedizinischen Forschung stärker verbreitet als Brutschränke.

Niedrige Fußsockel für die Inkubatoren mit den benötigten Medienanschlüssen erlauben dem Experimentator, die zellbiologischen Arbeitsabläufe im Sitzen durchzuführen, schränken durch die erforderlichen Installationen die Nutzungsflexibilität des Laborraumes jedoch erheblich ein.

- c) Ein **biochemischer Arbeitsbereich** setzt sich in der Regel aus einem Abzug, einem Chemikalienschrank und einem Tisch mit **Keramikarbeitsplatte** zusammen. **Abzüge** sind umschlossene Arbeitsflächen für chemisch-nasspräparative Arbeitsschritte, deren Abluft mit einem Ventilator in das zentrale Abluftsystem des Gebäudes abgeführt wird. Sie ermöglichen es den Experimentatoren, mit Chemikalien zu arbeiten, ohne mit gesundheitsschädlichen Dämpfen und Gasen in Berührung zu kommen (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 157-160). Um die Ansammlung von Dämpfen und Gasen aus undichten Behältnissen zu verhindern, müssen auch **Sicherheitsschränke** für Chemikalien an das Abluftsystem angeschlossen werden.
- d) **Histologische Arbeitsbereiche** entsprechen im Wesentlichen biochemischen Arbeitsbereichen, benötigen jedoch zusätzlich Tisch- und Bodenstellflächen für Schneide- und Färbegeräte zur Anfertigung von Gewebeschnitten in Stärken von 1 bis 15 µm.

In Abbildung 3.2 sind die wichtigsten Ausstattungselemente der für die biomedizinische Forschung erforderlichen experimentellen Arbeitsbereiche symbolisch dargestellt.



**Abb. 3.2: Charakteristische Ausstattungselemente**

### 3.1.3 Arbeitsplätze für theoretische und administrative Arbeitsabläufe

Obwohl die Molekulare Medizin von experimentellen Tätigkeiten geprägt wird, umfasst sie in nicht zu vernachlässigendem Umfang auch theoretische und administrative Arbeitsabläufe. In vielen der in Betrieb befindlichen medizinischen Forschungszentren, die als typische Laborgebäude mit einem geringen Anteil an Büroflächen konzipiert wurden, mangelt es den Nutzern daher an geeigneten Arbeitsplätzen für theoretische Tätigkeiten. Abbildung 3.3 gibt einen Überblick über die benötigten Raumtypen.



Arbeitsplatz:	Fläche:	Unterbringung:	Zuordnung:
Leitungsbüroarbeitsplatz	18 - 24 m <sup>2</sup>	Einzelbüro	Hochschullehrer
Sekretariatsarbeitsplatz	12 - 18 m <sup>2</sup>	Einzel-/Doppelbüro	Sekretariat
Dauerbüroarbeitsplatz	10 - 12 m <sup>2</sup>	Einzel-/Doppelbüro	Gruppenleiter
Zusatzbüroarbeitsplatz	4 - 6 m <sup>2</sup>	Doppel-/Viererbüro	wiss. Mitarbeiter, Doktoranden, Diplomanden
Schreivarbeitsplatz	3 - 4 m <sup>2</sup>	Labor/Denkzelle	wiss. Mitarbeiter, Doktoranden, Diplomanden

**Abb. 3.3: Arbeitsplätze für theoretische und administrative Arbeitsabläufe**

**Büroarbeitsplätze** sind definitionsgemäß in separaten Büroräumen untergebracht. Zu jedem Büroarbeitsplatz gehören ein Arbeitsplatzrechner, ein Telefon, ein Schreibtisch mit Stuhl bzw. Sessel sowie Aktenschränke bzw. -regale. Größe und Ausstattung von Büroarbeitsplätzen hängen von der Art der theoretischen bzw. administrativen Tätigkeiten der Nutzer ab und davon, welchen Anteil sie an seiner Arbeitszeit einnehmen. **Leitungsbüroarbeitsplätze**, die üblicherweise Hochschullehrern vorbehalten bleiben, umfassen zusätzlich Gelegenheiten zur Besprechung mit zwei bis vier Mitarbeitern. Für **Sekretariatsarbeitsplätze** ist bei regelmäßiger Frequentierung durch Studierende neben dem Büroarbeitsplatz eine Freifläche für den Publikumsverkehr vorzusehen. **Dauerbüroarbeitsplätze** sind für Gruppenleiter und Verwaltungsmitarbeiter konzipiert, deren Aufgabenschwerpunkt an diesem Arbeitsplatz liegt. **Zusatzbüroarbeitsplätze** sind für wissenschaftliche Mitarbeiter, medizinische Doktoranden und naturwissenschaftliche Diplomanden ausgelegt, die neben experimentellen Arbeitsabläufen auch umfangreichere theoretische Aufgaben zu erledigen haben und daher sowohl einen Labor- als auch einen Büroarbeitsplatz benötigen (vgl. König/Kreuter 1997, S. 46f.). Zusatzarbeitsplätze können entweder einzelnen Personen persönlich zugeordnet oder mehreren Experimentatoren zum Desk-Sharing zur Verfügung gestellt werden.

Charakteristisch für **Schreivarbeitsplätze** ist die Integration der theoretischen Arbeitsplätze in Laborräume oder in an diese angegliederte Denkkzellen bzw. Denkkzonen. Wie Büroarbeitsplätze sind sie mit einem Arbeitsplatzrechner, einer (anteiligen) Schreibtischfläche und in geringem Umfang mit Akten- bzw. Bücherregalen ausgestattet. Durch die Verwendung platzsparender Einrichtungsgegenstände, z. B. von Flachbildschirmen, und der Mitnutzung der Laborverkehrsflächen kann ihr Flächenbedarf im Vergleich zu Büroarbeitsplätzen deutlich reduziert werden. Durchschnittlich sind 3 bis 4 m<sup>2</sup> pro Schreivarbeitsplatz anzusetzen. Insbesondere wenn mehrere Schreivarbeitsplätze an einem gemeinsamen Arbeitstisch eingerichtet werden, ist im Normalfall pro Person eine Tischbreite von 1,60 m vorzusehen. Aber auch bei maximaler Belegung ist für jeden Schreivarbeitsplatz eine Mindestbreite von 1,20 m einzuhalten (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 168).

Die Frage, ob biomedizinische Forscher Schreivarbeitsplätze im bzw. neben dem Labor oder Büroarbeitsplätze in separaten Räumen erhalten sollten, lässt sich nicht generell beantworten. Für Schreivarbeitsplätze sprechen aus Nutzersicht die kurzen Wege zwischen experimentellen und theoretischen Arbeitsabläufen, für separate Büroarbeitsplätze dagegen die Vermeidung von Störungen durch den Laborbetrieb. Dabei ist die Gewichtung der Vor- und Nachteile an verschiedenen Standorten unterschiedlich, teilweise wandelt sie sich auch im Zeitverlauf. Bautechnisch erlauben Büroarbeitsplätze die Trennung hochinstallierter Labor- und niedriginstallierter Bürotrakte. Dagegen müssen Schreivarbeitsplätze in Laborräumen und Denkkzellen bzw. -zonen an die Laborentlüftung angeschlossen werden. Dem stehen Flächeneinsparungen durch die Kombination von Labor- und Schreivarbeitsplätzen und die Vermeidung der in der Praxis häufig zu beobachtenden zusätzlichen Einrichtung behelfsmäßiger Dokumentationsplätze gegenüber.

## 3.2 Raumgestaltung

### 3.2.1 Raumarten im Überblick

Die Raumprogramme medizinischer Forschungszentren setzen sich aus wenigen, standortübergreifend sehr ähnlichen Raumtypen zusammen. Abbildung 3.4 gibt dazu einen Überblick.

Eine erste Charakterisierung erlauben die zugeordneten **Raumnutzungsarten (RNA)** nach dem Schlüssel des Statistischen Bundesamtes. Raumarten mit gleicher bzw. ähnlicher Nutzung lassen sich zu Nutzungsbereichen gruppieren (vgl. Gerken u. a. 1997, S. 27). Die hier vorgenommene Gruppierung ist auf die besonderen Bedingungen medizinischer Forschungszentren ausgerichtet. Als **Standardlabore** werden Laborräume ohne spezielle Sicherheitsvorkehrungen bezeichnet, in denen die normalen experimentellen Arbeitsabläufe durchgeführt werden. Demgegenüber erfüllen **Sicherheitsräume** zusätzliche Sicherheitsanforderungen, um in ihnen mit risikoträchtigen biologischen Arbeitsstoffen, gentechnisch veränderten Organismen oder Radionukliden experimentieren zu können. Den Sicherheitsräumen werden auch funktional mit den Laborräumen verbundene Schleusen und Lagerräume zugerechnet, da an diese die gleichen baulichen und gebäudetechnischen Sicherheitsanforderungen gestellt werden. Labornebenräume werden in der biomedizinischen Forschung als **Auxiliarräume** bezeichnet. Zu den **Büroräumen** werden neben Büros auch Besprechungs-, Kopierer- und Rechnerräume gezählt. Medizinische Forschungszentren benötigen außerdem **Sozialräume**, da Laboranten in der Regel keine persönlichen Büroarbeitsplätze zugewiesen werden und ihnen daher nach § 10 der Arbeitsstättenverordnung ein Aufenthaltsraum zur Verfügung zu stellen ist. Zu den **Tierräumen** gehören die Räume zur Haltung von Versuchstieren, zur Durchführung von Tierexperimenten sowie die erforderlichen Nebenräume.

<b>Standardlabore</b>	RNA	<b>Sicherheitsräume</b>	RNA	<b>Auxiliarräume</b>	RNA
molekularbiologische Labore	354	S 3-Labore	352	Geräteräume	344
Zellkulturlabore	354	Isotopenlabore	358	Kühlgeräteräume	345
biochemische Labore	355	Materialschleusen	397	Spülräume	394
gemischte Labore	354	Abklingräume	416	Lagerräume	411
Histologielabore	355	Personenschleusen	723	Chemikalienlager	415
Kryokonservierungslabore	354			Gasflaschenlager	415
				Kühlräume	434
				Entsorgung	446
<b>Büroräume</b>	RNA	<b>Sozialräume</b>	RNA	<b>Tierräume</b>	RNA
Professorenbüros	211	Aufenthaltsräume	121	Tierhaltungsräume	364
Einzel-/Doppelbüros	211	Umkleideräume	722	Tierlabore	364
Viererbüros	211			Tier-OPs	637
Sekretariate	212			Futterküche	367
Besprechungsräume	231			Käfigspülraum	396
Kopierer/Drucker	281			Kadaverraum	369
Rechnerräume	284			Futterlager	418
Archive	421				

**Abb. 3.4: Raumarten medizinischer Forschungszentren**

Planungsgrundlage der nachfolgenden quantitativen Ansätze ist – wie im Hochschulbau üblich – die **Hauptnutzfläche (HNF)**, d. h. die Summe der für die Zweckbestimmung des Gebäudes typischen Flächen der RNA-Klassen 100 bis 600. Anders als in der Klinikplanung werden Nebennutzflächen, d. h. die unabhängig von der konkreten Gebäudenutzung erforderlichen Nutzflächen (RNA-Klassen 700 bis 900), z. B. Sanitärräume, nur pauschal mit einem Zuschlagsfaktor geplant. Sofern jedoch aufgrund besonderer Sicherheitsanforderungen Umkleideräume (RNA 722) oder Personenschleusen (RNA 723) benötigt werden, wird dieser Bedarf aufgezeigt. Eine Verrechnung in den qualitativen Planungsansätzen erfolgt allerdings nicht.

### 3.2.2 Biomedizinische Standardlabore

#### **Baukonstruktive Merkmale**

Die übliche **Raumtiefe** für biomedizinische Labore beträgt 6,00 m. Die Raumbreite basiert auf dem der Planung zugrunde gelegten **Ausbauraster**. In der Praxis werden sowohl Ausbauraster von 1,15 m als auch von 1,10 m verwendet. Mit der aus dem kleineren Ausbauraster resultierenden Verringerung der Raumbreiten wird eine Flächenreduzierung und damit Einsparungen bei den Baukosten angestrebt. Aus dem gleichen Grund wird das früher für Laborbauten übliche Ausbauraster von 1,20 m bei aktuellen Neubauplanungen in der Regel nicht mehr eingesetzt.

Aus einem Ausbauraster von 1,15 m resultiert für **kleine Standardlabore** mit einer Achse unter Berücksichtigung einer Wandstärke von 0,15 m eine lichte Raumbreite von 3,30 m und damit eine Grundfläche von 19,80 m<sup>2</sup>. Die Verringerung des Ausbaurasters auf 1,10 m führt zu einer lichten Raumbreite von 3,15 m und einer Grundfläche von 18,90 m<sup>2</sup>.

20-m<sup>2</sup>-Standardlabore mit Dauerarbeitsplätzen für jeweils zwei bis drei Experimentatoren sind in medizinischen Forschungszentren weit verbreitet. Häufig sind die Räume untereinander mit Zwischentüren verbunden. Als Vorteil von 20-m<sup>2</sup>-Laboren wird oftmals angeführt, dass solche Verfügungslabore immer einer einzelnen Forschergruppe zugeordnet werden könnten. Die gemeinsame Nutzung eines größeren Labors durch mehrere Forschergruppen sei dagegen häufig mit Problemen verbunden. Dem ist entgegenzuhalten, dass kleine Forschergruppen mit nur 2 bis 3 Experimentatoren eher Ausnahmefälle sind. Die durchschnittliche biomedizinische Forschergruppe umfasst 6 bis 7 Experimentatoren (vgl. Abbildung 2.2). In den Verfügungsbereichen mit 20-m<sup>2</sup>-Laboren werden daher vielen Gruppen zwei, etlichen drei Laborräume zugeordnet. Auch in Verfügungsbereichen sollten daher größere Standardlabore mit zwei oder drei Laborachsen eingeplant werden. Dafür spricht auch, dass mit der Zahl der Experimentatoren die Gelegenheiten zur Kommunikation zunehmen. Außerdem werden Situationen seltener, in denen ein Experimentator außerhalb der Sichtweite von Kollegen mit gefährlichen Stoffen arbeitet, was nach § 36 (3) der Unfallverhütungsvorschriften vermieden werden muss.

**Mittlere Standardlabore** ergeben sich bei Raumbreiten von 6,45 bis 6,75 m. Auf den resultierenden Grundflächen von 38,70 bzw. 40,50 m<sup>2</sup> können experimentelle Dauerarbeitsplätze für drei bis vier Experimentatoren eingerichtet werden.

**Große Standardlabore** besitzen Raumbreiten zwischen 9,75 und 10,20 m und Grundflächen von 58,50 bzw. 61,20 m<sup>2</sup>. Sie bieten experimentelle Arbeitsplätze für fünf bis sechs Personen.

Die übliche lichte **Deckenhöhe** in biomedizinischen Standardlaboren beträgt 3,00 bis 3,30 m, woraus Geschosshöhen zwischen 3,80 bis 4,00 m resultieren (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 138f.).

#### **Medienversorgung**

Für die geräte- und computergestützten Arbeitsabläufe sollten alle Räume mit Strom- (230 Volt, 380 Volt), Telefon- und EDV-Anschlüssen ausgestattet sein. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Bioinformatik benötigen medizinische Forschungsgebäude leistungsfähige Datennetze.

Zur Durchführung nasspräparativer Versuche und zum Betrieb von Laborspülmaschinen werden neben kaltem und heißem Trinkwasser unterschiedliche Sorten von aufbereitetem Wasser benötigt. Entionisiertes Wasser kann in einer zentralen Anlage erzeugt und durch ein eigenes Leitungsnetz in alle Labore geführt werden. Reinstwasser muss dagegen dezentral in den Laborräumen oder für einzelne Laborgruppen aufbereitet werden, da auf längeren Leitungswegen die Gefahr der Verunreinigung besteht (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 146).

Eine zentrale Sondergasversorgung empfiehlt sich für Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und Stickstoff ( $\text{N}$ ), wobei insbesondere Kohlendioxid für die vielfach eingesetzten Inkubatoren unverzichtbar ist. Weitere Sondergase sollten bei Bedarf dezentral zur Verfügung gestellt werden. Die dazu erforderlichen Gasschränke können an die Abluftleitungen der Abzüge angeschlossen werden. Ob Standardlabore mit Erdgasanschlüssen ausgerüstet werden sollten, lässt sich nicht generell beantworten. Obwohl Bunsenbrenner mit offenen Flammen in der biomedizinischen Forschung nur vereinzelt eingesetzt werden, halten viele Nutzer Erdgasanschlüsse für unverzichtbar.

Die verschiedenen Anschlüsse sollten in Medienleisten entlang der Querwände bzw. Mittelkonsolen geführt werden, sodass jeder Arbeitsplatz versorgt werden kann.

### Ausstattungsvarianten

Die Ausstattung der Standardlabore ergibt sich aus den in den jeweiligen Räumen einzurichtenden experimentellen und theoretischen Arbeitsbereichen. Häufig werden mehrere zellbiologische Arbeitsbereiche zu Zellkultur-Laboren zusammengefasst. Biochemische Arbeitsbereiche werden zu meist in molekularbiologische Labore integriert. Da biochemische Arbeitsabläufe nur in geringem Umfang anfallen, reicht erfahrungsgemäß **ein Abzug für sechs bis acht Experimentatoren** aus. Im Durchschnitt ist nur in jedem dritten  $20\text{-m}^2$ - bzw. jedem zweiten  $40\text{-m}^2$ -Labor ein biochemischer Arbeitsbereich erforderlich. Beobachtungen aus in Betrieb befindlichen Forschungszentren zeigen, dass bei einer höheren Dichte viele Abzüge zweckentfremdet werden.

Ein weiteres Ausstattungsmerkmal ergibt sich daraus, ob in den Laborräumen **Schreibe-arbeitsplätze** für theoretische Arbeitsabläufe eingerichtet werden oder nicht. Abbildung 3.5 zeigt die exemplarische Ausstattung eines  $20\text{-m}^2$ - und eines  $40\text{-m}^2$  Standardlabors ohne Schreibe-arbeitsplätze.

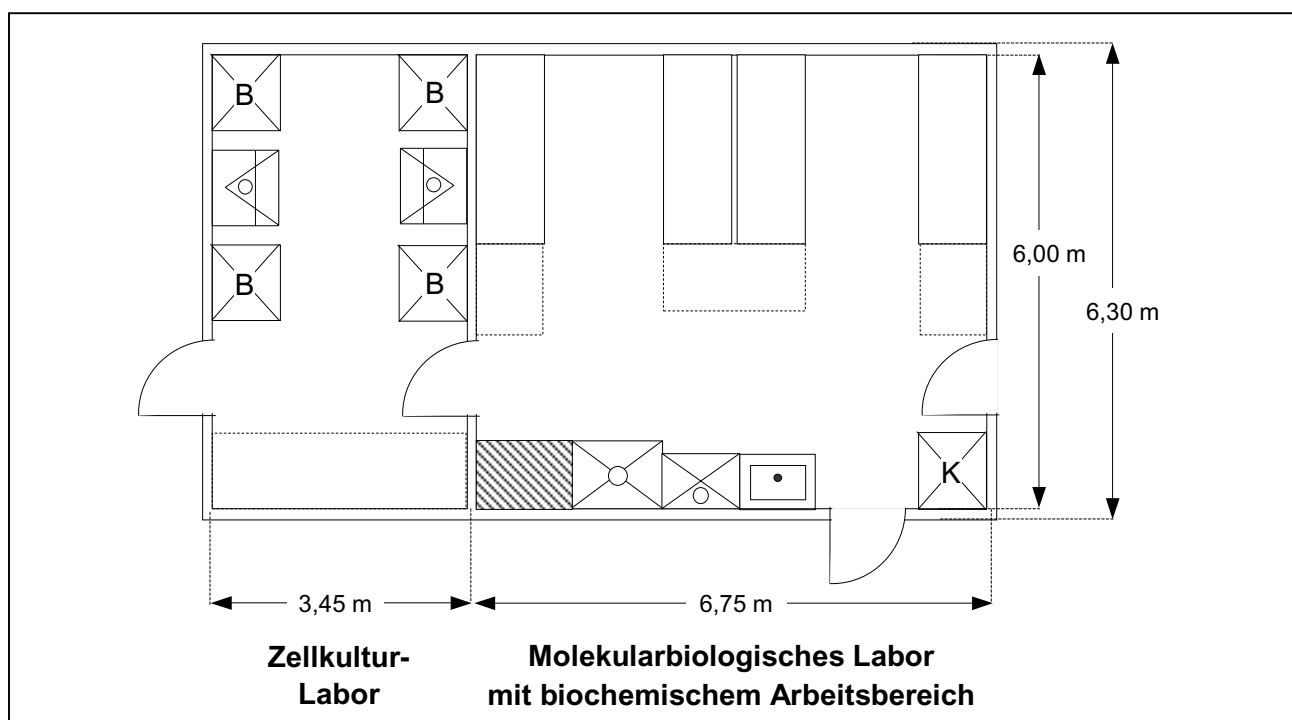
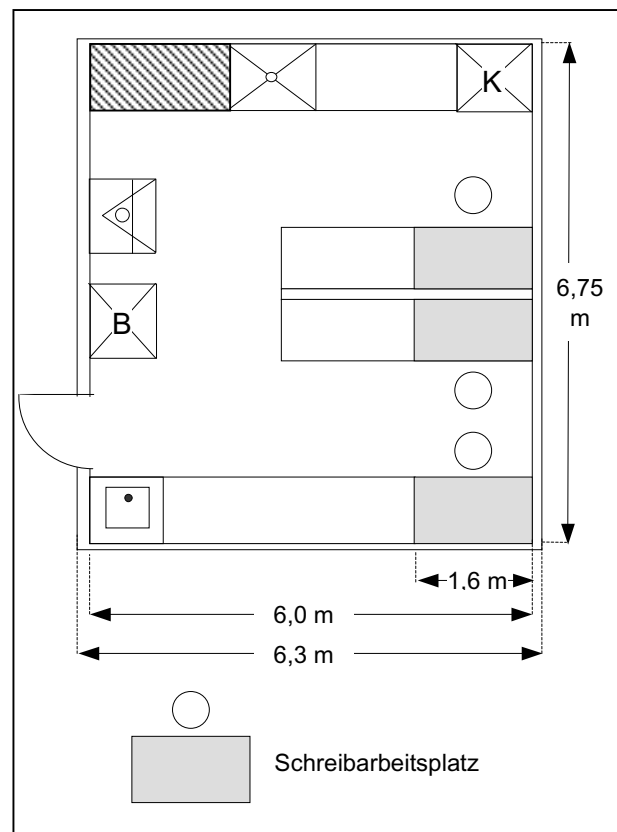


Abb. 3.5:  $20\text{-m}^2$ - und  $40\text{-m}^2$ -Standardlabore ohne Schreibe-arbeitsplätze

Zusammen decken die beiden Labore den Bedarf an experimentellen Arbeitsplätzen einer durchschnittlichen Vollzeit-Forschergruppe mit sechs Experimentatoren und einem Gruppenleiter ab (vgl. Abbildung 2.2). Dies entspricht einer durchschnittlichen Laborfläche von ca. 10 m<sup>2</sup> pro Experimentator. Zusätzlich zu den sechs experimentellen Arbeitsplätzen benötigt die exemplarische Forschergruppe einen Dauerbüroarbeitsplatz für den Gruppenleiter sowie vier Zusatzbüroarbeitsplätze für die beiden wissenschaftlichen Mitarbeiter und die beiden medizinischen Doktoranden bzw. naturwissenschaftlichen Diplomanden. Den beiden Laboranten sind Plätze in einem Aufenthaltsraum zur Verfügung zu stellen. Außerdem benötigt die Forschergruppe verschiedene Auxiliarräume zur gemeinsamen Nutzung mit anderen Gruppen.

Abbildung 3.6 skizziert ein **40-m<sup>2</sup>-Standardlabor**, in dem neben den experimentellen Arbeitsbereichen auch drei Schreibarbeitsplätze eingerichtet sind (vgl. Vogel/ Holzkamm 1998, S. 170). Im dargestellten Beispiel sind die Schreibarbeitsplätze in Fortsetzung der Laborzeilen und damit senkrecht zur Fensterfront angeordnet. Dies vermeidet Störungen bei der Schreibtisch- und Bildschirmarbeit durch blendendes Sonnenlicht. Um die experimentellen Arbeitstische reinigen und desinfizieren zu können, darf keine durchlaufende Arbeitsplatte verwendet werden. Zweckmäßig ist eine zusätzliche gestalterische Abtrennung beispielsweise mit einer Glasplatte (vgl. Vogel/Holzkamm 1998, S. 161).

Zur Unterbringung einer durchschnittlichen Vollzeit-Forschergruppe (vgl. Abbildung 2.2) mit sechs Experimentatoren sind zwei der beschriebenen 40-m<sup>2</sup>-Labore erforderlich, wobei im zweiten Raum auf den biochemischen Arbeitsbereich verzichtet werden kann. Da sich zusätzlich keine behelfsmäßigen Dokumentationsplätze einrichten lassen, sind dabei allerdings auch den Laboranten Schreibarbeitsplätze zuzuordnen. Durchschnittlich ergibt sich eine Fläche von 13,4 m<sup>2</sup> pro Experimentator, wovon 10,7 m<sup>2</sup> auf die experimentellen Arbeitsbereiche und 2,7 m<sup>2</sup> auf den Schreibarbeitsplatz entfallen. Neben den beiden Laborräumen benötigt die Forschergruppe zusätzlich lediglich einen Dauerbüroarbeitsplatz für den Gruppenleiter und Zugang zu verschiedenen Auxiliarräumen.



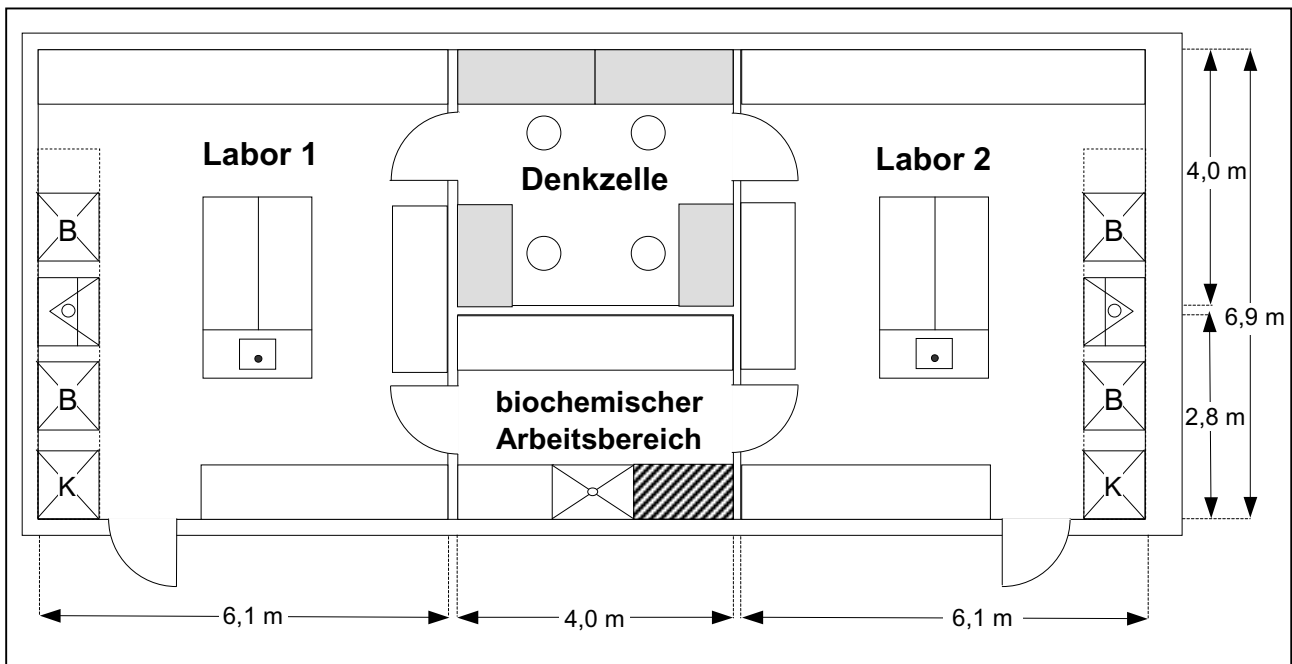
**Abb. 3.6: 40-m<sup>2</sup>-Standardlabor mit drei Schreibarbeitsplätzen**

### 3.2.3 Alternative Laborkonzepte

Alternative Laborkonzepte durchbrechen die Reihung gleichgeschnittener Räume in den Laborbündeln durch die Integration von Denkkzellen, Büros oder Auxiliarräumen. Um die Wege der Forscher zwischen den verschiedenen Arbeitsbereichen bzw. -plätzen zu minimieren, werden alle von einer Forschergruppe benötigten Räume in unmittelbarer Nachbarschaft angeordnet. Im Folgenden werden exemplarisch zwei solcher Laborkonzepte aus biomedizinischen Forschungsgebäuden vorgestellt, mit denen die Nutzer überwiegend positive Erfahrungen gemacht haben.

Abbildung 3.7 zeigt ein Labormodul, in dem die molekularbiologischen, zellbiologischen und biochemischen Arbeitsbereiche in zwei 42 m<sup>2</sup> großen Laborräumen und zwei dazwischen angeordnete-

ten Nebenräumen zusammengefasst werden. Das Laborkonzept ist mit verschiedenen Modifikationen in mehreren Forschungsgebäuden an der Universität Freiburg realisiert und liegt auch den Planungen für ein weiteres biomedizinisches Forschungszentrum zu Grunde. In dem skizzierten Nutzungsbeispiel wird der innere Mittelraum mit  $11 \text{ m}^2$  als biochemischer Arbeitsbereich, der äußere mit  $16 \text{ m}^2$  Grundfläche als Denkhalle für wissenschaftliche Mitarbeiter genutzt.

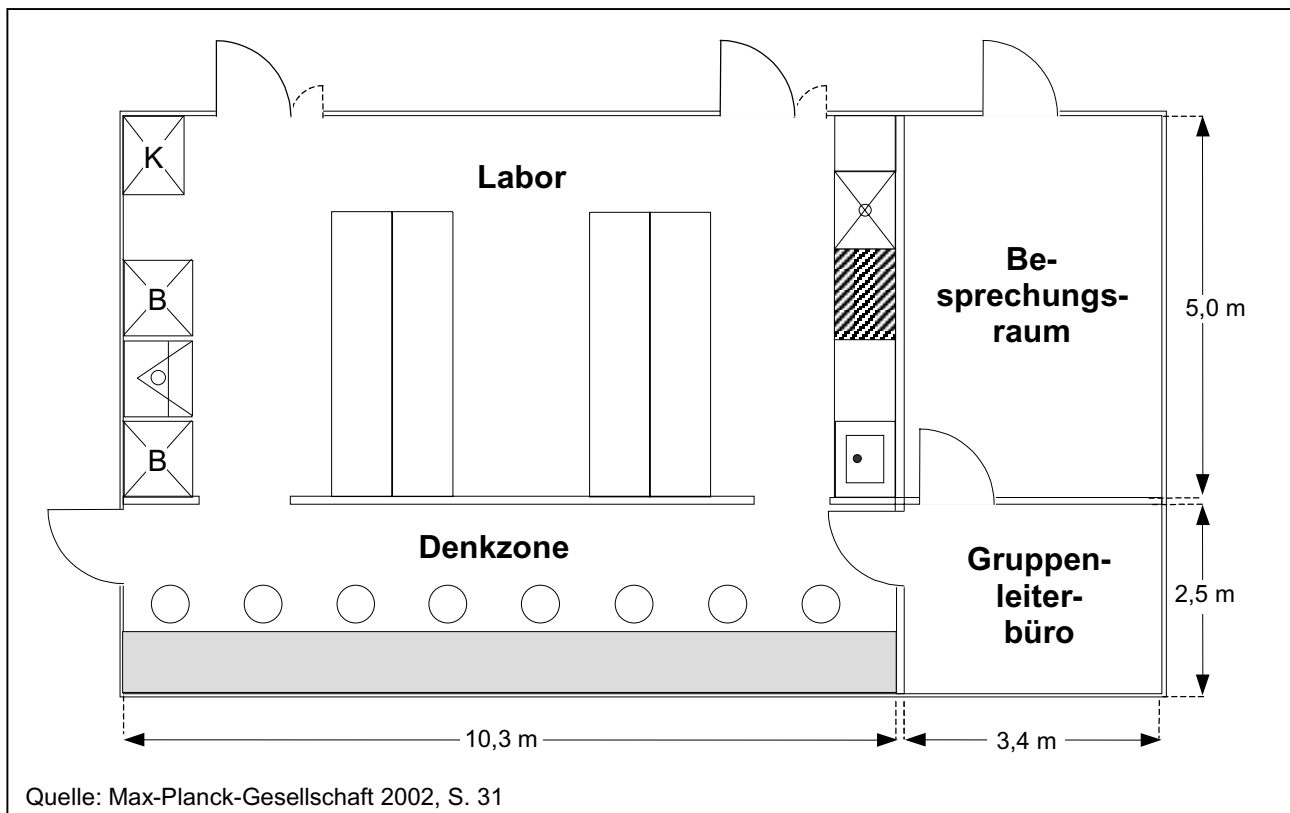


**Abb. 3.7: Integriertes Labor- und Denkhallenmodul**

Die beiden Laborzonen bieten experimentelle Arbeitsplätze für jeweils vier bis fünf Experimentatoren. Zusammen mit dem biochemischen Arbeitsbereich führt dies zu durchschnittlichen Flächenansätzen zwischen  $10$  und  $12 \text{ m}^2$  pro Person. In der Denkhalle können maximal vier Schreibarbeitsplätze mit jeweils  $4 \text{ m}^2$  eingerichtet werden. Es ist zweckmäßig, diese wissenschaftlichen Mitarbeitern oder Doktoranden zuzuweisen und für die beiden Gruppenleiter Dauerbüroarbeitsplätze in separaten Räumen vorzusehen. Zusätzlich werden drei bis vier Zusatzbüroarbeitsplätze sowie die üblichen Auxiliarräume außerhalb der Laboreinheit benötigt.

Denkhallen können nicht nur in unmittelbar benachbarten Nebenräumen, sondern auch innerhalb des Laborraumes eingerichtet werden. Vielfach wird dazu ein einzelner Schreibarbeitsplatz für den Gruppenleiter mit Glas- oder Holzwänden vom Rest des Raumes gestalterisch abgetrennt. Solche Lösungen decken jedoch den Bedarf biomedizinischer Forschergruppen an theoretischen Arbeitsplätzen nicht ab. Aufgrund seiner administrativen Aufgaben ist der Schreibarbeitsplatz in der Denkhalle für den Gruppenleiter in der Regel zu eng. Zudem sind die übrigen wissenschaftlichen Mitarbeiter und Doktoranden in der Praxis zumeist auf behelfsmäßige Dokumentationsplätze zur Ausführung ihrer theoretischen Arbeitsabläufe angewiesen.

In Abbildung 3.8 ist ein anderes Laborkonzept aus dem MPI für Molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden skizziert. Dessen Kennzeichen ist eine vor der Fensterfront angeordnete und mit einer Glaswand vom Laborbereich abgetrennte Schreibzone, in der persönlich zugeordnete Schreibarbeitsplätze eingerichtet werden können. Durch die Hintereinanderschaltung von Labor- und Schreibarbeitsbereich vergrößert sich die Raumtiefe auf  $7,5 \text{ m}$  im Vergleich zu  $6 \text{ m}$  bei reinen Laborbündeln. Zusammen bieten die  $51,5 \text{ m}^2$  Labor- und die  $25,75 \text{ m}^2$  Denkhallenfläche Arbeitsplätze für sechs bis maximal acht Experimentatoren einschließlich der Laboranten. Bei einer durchschnittlichen Belegung mit sechs Experimentatoren sind dies  $12,9 \text{ m}^2$  pro Person, wovon  $4,3 \text{ m}^2$  auf den Schreib- und  $8,6 \text{ m}^2$  auf den Laborarbeitsplatz entfallen. Außerdem sind zwischen den Arbeitsräumen Gruppenleiterbüros von  $8,5 \text{ m}^2$  und Besprechungsräume von  $17 \text{ m}^2$  angeordnet.



**Abb. 3.8: Kombinierte Labor- und Fensterfront-Denkzone**

Die Einrichtung von Schreibarbeitsplätzen an der Fensterfront erfolgt vielfach auch in Standardlaboren (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 161). Durch die Einbeziehung der Fensterbank führt dies in der Regel zu platzsparenden Lösungen. Damit das einfallende Sonnenlicht in Fensterrichtung blinde Personen nicht blendet, muss an den Fenstern allerdings ein technisch aufwendiger Blendschutz angebracht werden. Darüber hinaus verleitet die fehlende Abgrenzung zwischen den einzelnen Schreibtischflächen zu einer zu engen Bestuhlung, was zu wechselseitigen Störungen der nebeneinander arbeitenden Experimentatoren führt. Die positiven Erfahrungen der Wissenschaftler des MPI für Molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden mit ihren Arbeitsräumen lassen sich daher nicht unbedingt verallgemeinern.

### 3.2.4 Büroräume

#### Büros

Zur Unterbringung von Büroarbeitsplätzen eignen sich besonders **Standardbüroräume** mit Grundflächen von 10 bis 12 m<sup>2</sup>, 16 bis 18 m<sup>2</sup> und 21 bis 24 m<sup>2</sup>. Solche Standardbüroräume sind allerdings zweckmäßigerweise nur zwischen 4,60 und 5,00 m tief und zwischen 2,25 und 2,45 m, 3,45 und 3,75 m oder 4,65 und 5,05 m breit. Zudem reicht für Büroräume mit einer maximalen Grundfläche von 50 m<sup>2</sup> eine lichte Raumhöhe von 2,50 m aus (vgl. König/Kreuter 1997, S. 33). Standardbüroräume lassen sich daher nicht innerhalb 6 m tiefer Laborbünde und auch nicht mit den für die Laborplanung zweckmäßigen Ausbaustärken von 1,10 m oder 1,15 m realisieren.

In vielen Forschungszentren werden die Büroräume daher in besonderen Mittel- oder Seitentrakten eingerichtet, während die Laborräume in symmetrischen Dreibünden aus zwei Laborbünden und einem Mittelbund bestehen. Solche Lösungen führen in der Regel jedoch zu relativ weiten Wegen zwischen den Büro- und Laborräumen. Vielfach werden sie nur realisiert, wenn die Büroflächen zwischen 10 bis 15 % der Hauptnutzfläche belegen. Zur Unterbringung von einem Drittel

oder mehr Büroflächen werden dagegen asymmetrische Dreibünde mit einem Laborbund auf der einen Seite, einem Mittelbund für die Auxiliarräume und einem Bürobund auf der gegenüberliegenden Seite bevorzugt. Allerdings können bei dieser Lösung die Bürobünde nicht niedriger als die für Labore erforderliche Raumhöhe von 3 m ausgelegt werden. Zudem müssen zwischen den Auxiliarräumen im Mittelbund ausreichend Durchgänge vorgesehen werden, um tatsächlich kurze Wege zwischen Büro- und Laborräumen zu gewährleisten.

### **Nebenräume**

Neben den Büros sind in medizinischen Forschungszentren in ausreichendem Umfang **Kopierer- und Archivräume** einzuplanen. Darüber hinaus werden in zunehmendem Maße **Rechnerräume** für Server oder andere Zentralrechner benötigt, die aufgrund der Wärmelast der Geräte zumindest mit einer Lüftung auszustatten sind.

**Besprechungsräume** dienen nicht nur für Besprechungen innerhalb der Forschergruppen, sondern auch für Doktorandenkolloquien und gruppenübergreifende Zusammenkünfte. In den Institutsbereichen werden sie außerdem für Kleingruppenveranstaltungen mit Studierenden genutzt. Besprechungsräume sollten daher zwischen 40 und 50 m<sup>2</sup> groß und wie Seminarräume ausgestattet sein.

### **3.2.5 Auxiliarräume**

Zu den **Auxiliarräumen** gehören alle Labornebenräume, in denen Forschungsgeräte aufgestellt sowie Geräte und Materialien gelagert oder gereinigt bzw. desinfiziert werden.

Da in Auxiliarräumen allenfalls Bedarfsarbeitsplätze eingerichtet werden, werden sie in Gebäuden, die als Dreibund konzipiert sind, regelmäßig im dunklen Mittelbund untergebracht. Häufig besitzen sie den gleichen Grundriss wie 20-m<sup>2</sup>-Standardlabore. Ihre gebäudetechnische Ausstattung und Einrichtung hängt von ihrer jeweiligen Nutzung ab.

### **Geräteräume**

In Geräteräumen werden üblicherweise komplexe Großgeräte aufgestellt, die von mehreren Forschergruppen gemeinsam genutzt werden. Dabei handelt es sich beispielsweise um Ultrahoch-Zentrifugen, konfokale Mikroskope, NMR-Spektroskope, automatische PCR-Analyser, Zellsorter oder Sequenzierungsgeräte. Obwohl ihre Bedienung und Reinigung eine große Sorgfalt erfordert, sind die Geräte üblicherweise allen Forschern des jeweiligen Zentrums nach einer Einweisung zugänglich. Auch wenn die Verantwortung über die Geräte einzelnen wissenschaftlichen Mitarbeiter übertragen wird, sind zur Betreuung der Gemeinschaftsgeräte ein bis zwei Laboranten erforderlich.

Abgesehen von 380-Volt-Stromanschlüssen, die teilweise auch in den Laborräumen benötigt werden, kommen Geräteräume zumeist ohne besondere Ausstattungen aus. Allerdings sollten zumindest einige Geräteräume zum Aufstellen von Mikroskopen abdunkelbar sein.

### **Kühlgeräte- und Kühlräume**

Biomedizinische Forschung arbeitet mit verschiedensten organischen Substanzen, deren Lagerung eine Kühlung erfordert. Vielfach werden zur Kühlung Haushalts-Kühlschränke mit einer Temperatur von 4° Celsius eingesetzt. Darüber hinaus werden Spezialgefrierschränke mit Temperaturen von -20° und -80° Celsius benötigt. Während die Haushaltskühlschränke in den Laborräumen aufgestellt werden, werden die Gefrierschränke häufig in separaten Kühlgeräteräumen zusammengefasst, um die Laborräume von Betriebsgeräuschen und -schwingungen abzuschirmen. Zur Abführung der Abwärme der Gefrierschränke benötigen Kühlgeräteräume eine Raumluftkühlung. Außerdem sind sie an die Gebäudeleittechnik anzuschließen, um sie gegen ein unkontrolliertes Auftauen bei Störungen abzusichern.



Zusätzlich zu elektronischen Kühlgeräten werden in der biomedizinischen Forschung Stickstofftanks zum Einfrieren von Proben genutzt. Da es sich dabei um die einzigen Verbraucher flüssigen Stickstoffes handelt, reicht eine dezentrale Stickstoffversorgung aus.

Die Kühlung eines ganzen Raumes erfordert weniger Energie als der Betrieb einer Vielzahl von Kühlschränken mit dem gleichen Lagervolumen. In medizinischen Forschungszentren werden daher regelmäßig Kühlräume eingerichtet, deren Innentemperatur zumeist auf 4° Celsius gekühlt wird. Sofern in den Kühlräumen auch Experimente durchgeführt werden können, werden sie als Kühl labore bezeichnet. Die Erfahrungen mit den in Betrieb befindlichen Forschungszentren zeigen allerdings, dass in den Kühl laboren nur sehr wenige Experimente durchgeführt werden. Zudem weichen die Forschergruppen regelmäßig auf Kühlschränke aus, wenn die Kühlräume nicht in unmittelbarer Nähe ihrer Laborräume liegen.

### **Spülküchen und Autoklavenräume**

Biomedizinische Experimente liefern nur dann sinnvolle Ergebnisse, wenn sie ohne chemische und mikrobiologische Verunreinigungen durchgeführt werden. Daraus ergeben sich nicht nur besondere Hygieneanforderungen an die Durchführung der Versuche, sondern auch an die Reinigung der Laborgeräte. Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden außerhalb der Laborräume spezielle Spülküchen und Autoklavenräume eingerichtet. Als besondere Ausstattungsmerkmale und Einrichtungsgegenstände benötigen sie Anschlüsse für kaltes, warmes und entionisiertes Wasser, Abflüsse, Laborspülen, Stromanschlüsse sowie Bodenstellplätze für Spülmaschinen.

Sofern dafür nicht eigene Räume vorgesehen sind, werden in Spülküchen regelmäßig Autoklaven aufgestellt. Autoklaven sind Geräte, in denen das Reinigungsgut unter hohem Druck und mit heißem Dampf sterilisiert, d. h. von mikrobiologischen Verunreinigungen gereinigt wird. Sie eignen sich für alle Laborgeräte und Materialien, die Feuchtigkeit und Hitze ausgesetzt werden können (Küng/Thalmann 2000). Für Laborräume mit der Sicherheitsstufe 2 ist das Bereitstellen von Autoklaven in naheliegenden Auxiliarräumen vorgeschrieben. Durchreicheautoklaven, durch die kontaminiertes Material in den bzw. aus dem Sicherheitsbereich ein- und ausgeschleust werden kann, sind erst ab Sicherheitsstufe S 3 erforderlich.

### **Lagerräume**

Biomedizinische Forschergruppen müssen in erheblichem Umfang anorganische Labormaterialien, z. B. Reagenzgläser oder Schalen für Zellkulturen, lagern. Erfahrungen aus den in Betrieb befindlichen Forschungszentren zeigen, dass dieser Bedarf durch die in den Laboren untergebrachten Schränke nicht abgedeckt wird. Bei Neubauplanungen sind daher in ausreichendem Umfang (ca. 5 % der Hauptnutzfläche) einfache Lagerräume einzuplanen.

Darüber hinaus benötigen medizinische Forschungszentren Speziallagerräume für Chemikalien und Gasflaschen sowie Ver- und Entsorgungsräume für organische Materialien. Während deren bautechnische Ausstattung von verschiedenen Sicherheitsvorschriften bestimmt wird, hängt ihr erforderlicher Umfang vom gewählten Ver- und Entsorgungskonzept ab (vgl. Vogel/Holzmann 1998, S. 171-175).

## **3.3 Sicherheitsanforderungen**

### **3.3.1 Gentechnische und mikrobiologische Sicherheitsstufen**

Sofern biomedizinische Forscher mit gentechnisch veränderten Organismen arbeiten, sind sie dem Gentechnikrecht unterworfen, dessen zentrale Rechtsgrundlagen das Gentechnikgesetz (GenTG)

und die Gentechnikschutzverordnung (GenTSchV) bilden. Als gentechnisch veränderte Organismen gelten biologische Einheiten, die fähig sind sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen und deren Gencode in einer Weise verändert worden ist, wie sie unter natürlichen Bedingungen durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt (§ 3 GenTG). Für Forschungsarbeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, die beim Menschen Infektionen, sensibilisierende oder toxische Wirkungen hervorrufen können, gilt die Biostoffverordnung (BioStoffV), welche durch Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe (TRBA) konkretisiert wird.

Das Gentechnikrecht stuft gemäß § 7 GenTG Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen nach dem von ihnen ausgehenden Risiko für Leben und Gesundheit von Menschen, Tieren, Pflanzen und sonstiger Umwelt in **vier Sicherheitsstufen** (S 1 bis S 4) ein. Dagegen orientiert sich die Biostoffverordnung bei der Einstufung von Biostoffen in vier Risikogruppen (§ 3 BioStoffV) und der Zuordnung der Schutzstufen (§ 6 BioStoffV) nicht nur an dem Risiko, eine Krankheit bei den Beschäftigten oder der Bevölkerung zu verursachen. Zusätzlich werden die Gefahr, die von dieser Krankheit ausgeht, sowie die existierenden Behandlungs- und Vorbeugungsmöglichkeiten berücksichtigt. Da sich die Molekulare Medizin überwiegend gentechnischer Verfahren bedient, sind zur Einstufung ihrer Untersuchungsobjekte sowohl die Infektions- als auch die Umweltrisiken abzuschätzen. Dabei unterscheiden sich die Sicherheitsphilosophien der vier Stufen wie folgt:

- 1) Da in der **Sicherheitsstufe 1** nur mit ungefährlichen Mikroorganismen, z. B. probiotischen Joghurtbakterien, gearbeitet wird, sind lediglich die allgemeinen Hygienestandards eines ordnungsgemäßen Laborbetriebes einzuhalten.
- 2) In der **Sicherheitsstufe 2** wird zwar mit Krankheitserregern, z. B. dem Masern-Virus, experimentiert, gegen die von ihnen ausgelösten Krankheiten gibt es jedoch wirksame Therapien. Da sie zudem auch in der natürlichen Umwelt vorkommen, reicht die Minimierung ihrer Ausbreitung als Schutzziel aus.
- 3) Forschungsobjekte der **Sicherheitsstufe 3** sind gefährliche Mikroorganismen, wie z. B. Aids-Erreger, die langwierige und teilweise auch unheilbare Krankheiten hervorrufen können. Zweck der baulichen, technischen und organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen ist es daher, die Verbreitung der Krankheitserreger im normalen Laborbetrieb auszuschließen.
- 4) Die in **Sicherheitsstufe 4** eingestuften Untersuchungsobjekte, z. B. Ebola-Viren, können zu sich schnell ausbreitenden Epidemien führen. Es ist daher sicherzustellen, dass auch bei Störfällen im Laborbetrieb keine Mikroorganismen in die Umwelt gelangen können.

Sowohl im Gentechnikrecht (siehe Anhang III GenTSchV) als auch in der Biostoffverordnung (Anhang II) werden für das Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen bzw. Biostoffen und die Laborräume, in denen diese Arbeiten stattfinden, detaillierte Sicherheitsanforderungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Sicherheits- bzw. Schutzstufe definiert. Da § 1 BioStoffV den strengereren Vorgaben der GenTSchV den Vorrang lässt, ist für die biomedizinische Forschung eine Orientierung am Gentechnikrecht zweckmäßig. Dies gilt sowohl für den Betrieb als auch für den Bau biomedizinischer Forschungslabore, weil nach § 8 GenTG gentechnische Arbeiten nur in sogenannten „gentechnischen Anlagen“ durchgeführt werden dürfen.

Die Sicherheitsanforderungen der **Sicherheitsstufe 1** beschränken sich weitgehend auf organisatorische Maßnahmen, wie z. B. die Kennzeichnungspflicht, das Verbot des Mundpipetieren und das Tragen von Schutzkleidung (z. B. Laborkitteln). Darüber hinaus sollen Arbeitsflächen, daran angrenzende Wandflächen und Fußböden leicht zu reinigen sein. Dazu müssen sie dicht und beständig gegenüber den verwendeten Stoffen und Reinigungsmitteln sein.

Für die **Sicherheitsstufe 2** sind als zusätzliche Maßnahmen insbesondere technische Sicherheitseinrichtungen vorzusehen, wie z. B. Möglichkeiten zur Handdesinfektion, Sicherheitswerkbänke oder Abzüge mit Filtern bei Aerosolbildung und Autoklaven im Labortrakt. Die leichte Reinigung und Desinfizierbarkeit aller Oberflächen muss gewährleistet sein.

Bei Laboren der **Sicherheitsstufe 3** handelt es sich um abgeschlossene Bereiche, die nur über Personenschleusen zu betreten und zum Aufrechterhalten eines permanenten Unterdrucks sowie zum Desinfizieren gasdicht sein müssen. Unter den zusätzlichen Sicherheitsanforderungen ist die Filterung der Abluft, die Sterilisation der Abwässer, die Aufstellung von Autoklaven im Laborbereich und das Verbot hervorzuheben, Laborgeräte auch in anderen Laboren zu verwenden.

Die **Sicherheitsstufe 4** fordert zusätzlich eine hermetisch Abschottung. Die Labore sind dazu mit einem eigenen Lüftungssystem, Rückflusssicherungen in allen Ver- und Entsorgungsleitungen, Dreikammerschleusen für Personen und Durchreicheautoklaven für Materialien auszustatten. Außerdem haben die Experimentatoren besondere Schutzkleidung und Schutzhandschuhe zu tragen.

Da die Sicherheitsanforderungen der GenTSchV an die Auslegung der lokalen Genehmigungsbehörde gebunden sind, lassen sich keine allgemeingültigen Empfehlungen für die Laborplanung zusammenstellen. Beispielsweise wird die Vorgabe für die Sicherheitsstufe 2, dass Oberflächen leicht zu reinigen und beständig gegenüber den eingesetzten Desinfektionsmitteln sein müssen, in einigen Bundesländern als Verbot offener Decken interpretiert. Demgegenüber sehen andere Genehmigungsbehörden die leichte Reinigungsfähigkeit und Desinfizierbarkeit durch offene Decken besser als durch nicht gasdichte Deckenabhängungen gewährleistet. Darüber hinaus beziehen die verschiedenen Behörden in unterschiedlichem Ausmaß andere Rechtsgebiete, beispielsweise den Brandschutz, in die Genehmigungsverfahren ein. Eine gewisse Orientierung für die Gestaltung mikrobiologischer Labore bietet die DIN EN 12128.

In der Hochschulpraxis spielt die Trennlinie zwischen den Sicherheitsstufen S 1 und S 2 einerseits und S 3 und S 4 andererseits eine besondere Rolle. Zwar ist der überwiegende Teil der gentechnischen Arbeiten der Sicherheitsstufe 1 zuzuordnen. – eine Schätzung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen (o. J.) geht von 70 % aus – Da die Erforschung von Alltagskrankheiten wie Masern oder Tetanus mit molekularbiologischen Methoden die Einstufung in S 2 nach sich zieht, können biomedizinische Forscher sich jedoch nicht dauerhaft auf Experimente der Sicherheitsstufe 1 beschränken. Entsprechend fällt mindestens ein Fünftel der gentechnischen Arbeiten in der Molekularen Medizin in die Sicherheitsstufe 2. Dagegen werden Forschungsaktivitäten der Sicherheitsstufe 3 an Hochschulen nur in Einzelfällen durchgeführt. Eine Ausnahme bilden lediglich Forschungseinrichtungen, die schwerpunktmäßig lebensbedrohliche Infektionskrankheiten, z. B. HIV, erforschen. Forschungsaktivitäten der Sicherheitsstufe 4 werden an Hochschulen nicht durchgeführt. Zwar hat der Bioterrorismus mit Antrax-Sporen und die Atemwegserkrankung SARS einen verstärkten Analyse- und Forschungsbedarf in der Sicherheitsstufe 4 entstehen lassen. Die Übernahme entsprechender hoheitlicher Aufgaben durch Hochschulen, die in einigen Bundesländern angedacht wird, sprengt aber den Rahmen der Ressourcenplanung für den normalen Forschungsbetrieb.

Aufgrund der beschriebenen Bedarfssituation erscheint es zweckmäßig, biomedizinische Standardlabore bei Neubau- oder Sanierungsmaßnahmen von vornherein für die Anforderungen der Sicherheitsstufe 2 auszulegen. Dafür spricht auch, dass seit der Novelle des Gentechnik-Gesetzes zum 16.08.2002 die Errichtung und der Betrieb von S 2-Laboren, ebenso wie bereits zuvor der von S 1-Laboren, nur noch anmeldepflichtig ist. Genehmigungspflichtig ist dagegen die Errichtung und der Betrieb von S 3- und S 4-Laboren.

Abgesehen von standortspezifischen Schwerpunkten führen biomedizinische Forscher nur in geringem Umfang Experimente der Sicherheitsstufe 3 durch. Aufgrund der aufwendigen organisatorischen Sicherheitsmaßnahmen wählen sie – sofern möglich – alternative Untersuchungskonzepte, sodass vorhandene S 3-Labore häufig nur zweckentfremdet genutzt werden. Bei Neubau- und Sanierungsplanungen sollten daher – wenn überhaupt – nur kleinere S 3-Bedarfslaborbereiche vorgesehen werden.

### 3.3.2 Isotopenlabore

Zu den Arbeitsschritten der biomedizinischen Forschung gehören nasspräparative Experimente mit radioaktiven Chemikalien, insbesondere mit den Isotopen Chrom 51, Kohlenstoff 14, Jod 123, 131, Phosphor 32, 33, 35 und Tritium (H 3). Nach § 7 (1) Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) ist der Umgang mit radioaktiven Stoffen genehmigungspflichtig. Gemäß § 8 (1) StrlSchV sind allerdings solche Tätigkeiten genehmigungsfrei, bei denen die in Anlage III StrlSchV aufgeführten Freigrenzen nicht überschritten werden. Die Freigrenzen beziehen sich auf die gesamte Aktivität der eingesetzten Radionuklidmenge, gemessen in Becquerel (Bq) und auf die spezifische Aktivität in Becquerel pro Gramm (Bq/g), wobei die Überschreitung beider Freigrenzen zur Genehmigungspflicht führt. Bei der Verwendung mehrerer Radionuklide ist die Freigrenze nach einer vorgegebenen Summenformel zu berechnen.

Schutzklasse S0
Zutrittsverbot für Unbefugte Abklingraum für Abfälle flüssigkeitsdichte, dekontaminierbare Oberflächen Keramikarbeitsflächen Rückhaltung radioaktiv kontaminierten Abwassers
Schutzklasse S1
Kunststoffbodenbeläge mit fugendichten Abschlüssen Personenschleuse (Soll) Öffnungssicherung an Türen und Fenstern netzunabhängige Kommunikations- und Alarmanlage
Schutzklasse S2
Personenschleuse (Muss) Abzüge Waschbecken mit anderer als Handbedienung (Muss) kontrolliertes Abluftsystem Vorinstallation einer Abluftfilterung
Schutzklasse S3
Messraum für Strahlenschutz Radionuklidabzüge (DIN 25466) Türen und Fenster mit erhöhter Dichtigkeit Waschbecken mit anderer als Handbedienung (Muss) eigenständiges, kontrolliertes Abluftsystem Abluftfilterung (Soll)
Schutzklasse S4
Abluftfilterung (Muss) Überwachung der Radioaktivitätskonzentration

**Abb. 3.9: Merkmale von Radionuklidlaboratorien (DIN 42425-1 alt)**

Genehmigungspflichtige Experimente mit offenen Radionukliden dürfen nur in **Radionuklidlaboratorien** – vielfach wird auch von Isotopenlaboren gesprochen – unter der Aufsicht eines Strahlenschutzbeauftragten durchgeführt werden. Radionuklidlaboratorien sind biochemische Laboratorien, die durch zusätzliche organisatorische, bauliche und gebäudetechnische Sicherheitsvorkehrungen einen besonderen Strahlenschutz bieten. Die baulichen und gebäudetechnischen Anforderungen an Radionuklidlaboratorien sind in der DIN 25425-1 geregelt, wobei anhand der Menge der in dem jeweiligen Raum eingesetzten Radioaktivität und ihrer Freisetzungswahrscheinlichkeit die fünf Schutzklassen S0, S1, S2, S3 und S4 unterschieden werden. In Abbildung 3.9 sind die wichtigsten Sicherheitsvorkehrungen für die verschiedenen Schutzklassen zusammengestellt. Dabei sind die Anforderungen der niedrigeren Schutzklassen in den höheren jeweils eingeschlossen. In der Regel benötigen biomedizinische Forscher Radionuklidlaboratorien der Schutzklassen S1 oder S2.

Die derzeitige Fassung der DIN 25425-1 hat den Stand vom September 1995. Mit der Novelle der Strahlenschutzverordnung zum 20.07.2001 haben sich jedoch erhebliche Änderungen ergeben, die auch die Ausgestaltung der Radionuklidlaboratorien betreffen. Im Mittel-

punkt steht dabei die Einstufung der Radioaktivität, mit der in einem Radionuklidlaboratorium umgegangen wird. Eine Aktualisierung der DIN 25425-1 mit neuen Schutzklassen (SK 0, SK 1, SK 2, SK3) ist derzeit in Bearbeitung, aber noch nicht beschlossen. Für Neubauplanungen bietet die vorliegende DIN 25425-1 daher nur eine Orientierungshilfe.

Der Umfang der nasspräparativen Experimente mit offenen Radionukliden in der biomedizinischen Forschung ist in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Dies liegt zum einen an der zunehmenden Verbreitung von fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Alternativverfahren zum radioaktiven Markieren von Stoffwechselprozessen. Zum anderen ermöglicht die Weiterentwicklung

der Auswertungsgeräte immer geringere Konzentrationen der eingesetzten Radionuklide. Zum Teil fallen die Experimente damit sogar unter die Freigrenzen der aktuellen Strahlenschutzverordnung, sodass sie in Standardlaboren durchgeführt werden dürfen.

Dennoch wird die biomedizinische Forschung in absehbarer Zukunft in geringem Umfang Radionuklidlabore benötigen. Erstens werden die Freigrenzen der Strahlenschutzverordnung nur unterschritten, wenn in den Standardlaboren lediglich die für ein einzelnes Experiment benötigten Radionuklide vorhanden sind. Dies macht ein Radionuklidlabor zur zentralen Lagerung der radioaktiven Isotope erforderlich. Zweitens sind die Freigrenzen des in der biomedizinischen Forschung häufig verwendeten Phosphor 32 bei der Novellierung der Strahlenschutzverordnung im Gegensatz zu anderen Radionukliden deutlich verschärft worden. Solange Phosphor 32 nicht durch andere Phosphorisotope oder Alternativverfahren ersetzt werden kann, ist auch für solche Versuche ein Radionuklidlabor erforderlich.

Gewöhnlich decken ein bis zwei Radionuklidlabore zusammen mit den erforderlichen Funktionsräumen den Bedarf eines medizinischen Forschungszentrums ab. Unter Umständen reicht auch der Zugang zu einem in der Nähe liegenden Isotopenlabor einer anderen Hochschuleinrichtung.



## 4 Versuchstierhaltung

Tierversuche erlauben die Erforschung pathologischer und physiologischer Zusammenhänge unter den komplexen Rahmenbedingungen eines lebenden Organismus. Im Methodenspektrum der biomedizinischen Forschung spielen sie daher eine unverzichtbare Rolle als Brücke zwischen Untersuchungen an isolierten Zellen bzw. Mikroorganismen und der klinischen Forschung am Menschen. Mit der Fokussierung der Molekularen Medizin auf die genetischen Ursachen der Krankheitsentstehung sind in den letzten Jahren sogenannte Tiermodelle zu einem Schwerpunkt der tierexperimentellen Forschung geworden. Dabei handelt es sich zumeist um gentechnisch veränderte Mäuse mit gezielt hervorgerufenen Krankheiten. Aufgrund der besonderen Hygieneanforderungen solcher Tiere benötigen die Tierhaltungseinrichtungen in medizinischen Forschungszentren eine hochinstallierte und sowohl im Bau als auch im Betrieb kostenintensive Gebäudetechnik. Zumindest qualitativ, tendenziell aber auch quantitativ ist daher von einem wachsenden Ressourcenbedarf der biomedizinischen Tierhaltung auszugehen.

Das vorliegende Kapitel skizziert Anhaltspunkte zur Ressourcenplanung biomedizinischer Tierhaltungseinrichtungen. Zunächst werden in Abschnitt 4.1 die wesentlichen Grundlagen der Versuchstierhaltung erläutert. Abschnitt 4.2 wendet sich den Anforderungen an moderne Tierräume zu. Abschnitt 4.3 erörtert schließlich unterschiedliche Konzepte die Versuchstierhaltung als wissenschaftliche Dienstleistung zu betreiben.

### 4.1 Grundlagen

#### 4.1.1 Biomedizinische Tierversuche

**Tierversuche** sind Eingriffe an oder Behandlungen von lebenden Tieren bzw. ihrem Erbgut, um unter kontrollierten Bedingungen deren Wirkungen erproben zu können. Für die hier im Blickpunkt stehende biomedizinische Forschung spielen zwei Felder der tierexperimentellen Forschung eine zentrale Rolle.

Etwa ein Drittel der biomedizinischen Tierversuche entfällt auf **operative Versuche** unter der Federführung der experimentellen Chirurgie. Dazu gehören vielfältigste Eingriffe zur Entwicklung und Erprobung neuer operativer und diagnostischer Techniken sowie zur ärztlichen Aus- und Fortbildung. Neben Akutversuchen, bei denen die Durchführung der Operation im Mittelpunkt des Interesses steht, haben in den letzten Jahren langfristige Tierversuche an Bedeutung gewonnen, in denen über einen längeren Zeitraum hinweg der Heilungserfolg und der Bedarf an Folgeeingriffen untersucht werden. Als Versuchstiere verwendet die experimentelle Chirurgie typischerweise Großtiere wie Schafe und Schweine. Aus Kostengründen wird an einigen Standorten auf handelsübliche Hausschweine zurückgegriffen, während an anderen speziell für Tierversuche gezüchtete Minipigs eingesetzt werden. Aufgrund der Minimalisierung chirurgischer Techniken werden operative Versuche insbesondere für Aus- und Fortbildungszwecke zunehmend an Kleintieren wie Ratten und Kaninchen durchgeführt. Andere Tierarten, z. B. Primaten oder Hunde, werden dagegen nur in inhaltlich begründeten Ausnahmen eingesetzt.

Den Schwerpunkt der biomedizinischen Tierexperimente bilden **Versuche mit gentechnisch veränderten Mäusen** (Windschief 2003). Da die Molekulare Medizin gezielt nach Störungen der Übersetzung genetischer Informationen in die Synthese von Proteinen und Nukleinsäuren sucht, werden Versuchstiere benötigt, in deren Stoffwechsel die molekularen Entstehungsprozesse der

zu untersuchenden Krankheit ablaufen. Um solche **Tiermodelle** zu erzeugen, wird das Erbgut der Versuchstiere gentechnisch so verändert, dass sie besonders anfällig für die zu erforschende Krankheit werden. Inzwischen existieren eine Reihe gentechnischer Verfahren, mit denen sich der Gencode von Mäusen gezielt verändern lässt, wie z. B. die Mikroinjektion in befruchtete Eizellen, der Gentransfer in embryonale Stammzellen und das sogenannte Gene-Targeting mittels als Vektoren eingesetzter Viren. Dabei wird zwischen *transgenen Mäusen*, denen ein fremdes Gen zusätzlich oder an Stelle eines eigenen Gens eingefügt wird, und *Knock-out-Mäusen* unterschieden, bei denen die Funktion eines körpereigenen Gens abgeschaltet wird (Riewenherm 1999). Da diese Verfahren bei anderen Tierarten nicht oder nur unzuverlässig funktionieren und die genetische Ähnlichkeiten zwischen Mäusen und Menschen am ehesten Rückschlüsse von den Tierexperimenten auf humanpathologische oder -physiologische Prozesse erlaubt, handelt es sich bei Tiermodellen überwiegend um gentechnisch veränderte Mausstämmen. Andere Spezies, z. B. gentechnisch veränderte Ratten, besitzen derzeit nur eine untergeordnete Bedeutung. Möglicherweise werden in der Zukunft jedoch andere Versuchstierarten Mäuse als Tiermodelle ablösen.

Für eine Vielzahl von Krankheiten können Mausmodelle von kommerziellen Anbietern fremdbezogen werden (vgl. Eberle 2002). Dennoch gehört auch die Entwicklung neuer gentechnisch veränderter Mausstämmen zu den originären Forschungsinteressen der Molekularen Medizin. Solche Versuche erfordern regelmäßig eine größere Zahl von Versuchstieren, da die gentechnisch veränderten Tiere nicht nur in mehreren Generationen vermehrt, sondern auch mit unterschiedlichen Versuchen auf die Eigenschaften ihres Phänotyps getestet werden müssen.

Der Boom der Molekularen Medizin hat zu einem Strukturwandel in der tierexperimentellen Forschung an den Hochschulen geführt. Mit der Weiterentwicklung der Gentechnik erschließen sich laufend neue biomedizinische Forschungsfragen für tierexperimentelle Untersuchungen mit gentechnisch veränderten Tiermodellen. Allerdings ist zurzeit nicht zu erkennen, inwieweit sich diese qualitative Veränderung in einer Zunahme der insgesamt eingesetzten Versuchstiere niederschlägt. Während in der Tierversuchstatistik des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft im Jahr 2001 ein Anstieg der in der Grundlagenforschung eingesetzten Tiere im Vergleich zum Vorjahr um 36 % abzulesen ist (Tierschutzbericht 2003, S. 68f.), führen andere Quellen dies auf eine Umstellung des Erfassungsverfahrens im Jahr 2000 zurück (Nobiling 2003).

Die tierexperimentelle Forschung ist an die bioethischen Anforderungen des Tierschutzes gebunden. Nach §§ 7, 8 des Tierschutzgesetzes sind Versuche mit Wirbeltieren genehmigungspflichtig, sofern sie mit Schmerzen, Leiden oder Schäden für die Tiere oder ihre Nachkommen verbunden sind. Um eine Genehmigung zu erhalten, muss der Antragsteller die Notwendigkeit des beantragten Tierversuches und die Unmöglichkeit, die angestrebten Ergebnisse mit alternativen Methoden zu gewinnen, wissenschaftlich begründen. Angestoßen durch die Vorgaben des Tierschutzes sucht die tierexperimentelle Forschung verstärkt nach Möglichkeiten, Tierversuche durch alternative Methoden zu ersetzen, die Zahl der Tiere in den unverzichtbaren Versuchen zu begrenzen und die von ihnen zu erleidenden Belastungen zu reduzieren. Dennoch werden Tierversuche in der öffentlichen Meinung vielfach kritisch beurteilt. Inwieweit sich diese Kritik durch die Verankerung des Tierschutzes in Artikel 20a des Grundgesetzes Mitte 2002 noch verstärkt, ist zurzeit nicht abzusehen.

#### 4.1.2 Tierexperimentelle Arbeitsabläufe

Zur Begründung qualitativer Ressourcenanforderungen biomedizinischer Forscher dienen ihre typischen Arbeitsabläufe, d. h. charakteristische Tätigkeitsmuster aus einem oder mehreren eng zusammenhängenden Arbeitsschritten (vgl. Abschnitt 3.1.1). Die tierexperimentellen Arbeitsabläufe, zu denen Abbildung 4.1 einen Überblick gibt, lassen sich unter die Oberbegriffe Züchten, Generieren, Halten, Kryokonservieren, Experimentieren und Untersuchen einordnen.



Generieren:	Züchten:	Halten:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugen gentechnisch veränderter Tierstämme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermehrungszucht</li> <li>• experimentelle Zucht</li> <li>• Zucht zur Bestandssanierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorratshaltung</li> <li>• experimentelle Haltung</li> <li>• Quarantänehaltung</li> </ul>
Kryokonservieren:	Experimentieren:	Untersuchen:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embryokonservierung in flüssigem Stickstoff</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhaltensexperimente</li> <li>• operative Experimente</li> <li>• Infektionsexperimente</li> <li>• pharmakologische Experimente</li> <li>• reproduktionsmed. Experimente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mikrobiologische Untersuchungen</li> <li>• tierklinische Untersuchungen</li> <li>• postmortale Untersuchungen</li> </ul>

**Abb. 4.1: Tierexperimentelle Arbeitsabläufe im Überblick**

Als **Generieren** wird das Erzeugen gentechnisch veränderter Versuchstierlinien durch gezielte Eingriffe in das Erbgut bezeichnet. Dabei werden mit aufwendigen gentechnischen Verfahren („Vorkerninjektion“ und „homologe Rekombination“) fremde Gene in den Gencode eingeschleust und/oder tiereigene Gene abgeschaltet.

Zum **Züchten** gehören alle Arbeitsabläufe, die das Vermehren von Versuchstieren zum Ziel haben. In der Regel werden dazu die Maßnahmen der tierärztlichen Reproduktionsmedizin (In-vitro-Befruchtung, Embryotransfer etc.) eingesetzt. Wichtiger als die Betrachtung der einzelnen, dafür erforderlichen Arbeitsschritte ist aus der Perspektive der Ressourcenplanung die Differenzierung der Vermehrungszwecke. Die *Vermehrungszucht* dient dazu, die von der tierexperimentellen Forschung verwendeten Versuchstiere in den benötigten Stückzahlen zu erzeugen. Die früher weit verbreitete Vermehrungszucht von Standardtieren hat nur noch untergeordnete Bedeutung, da standardisierte Versuchstiere von kommerziellen Anbietern kostengünstiger fremdbezogen werden können. Im Mittelpunkt steht heute die Vermehrung gentechnisch veränderter Tiermodelle. Davon abzugrenzen ist die *experimentelle Zucht*, mit der neue Versuchstierlinien durch die klassische Kreuzung vorhandener Stämme generiert werden. Die *Zucht zur Bestandssanierung* ist erforderlich, um eine Versuchstierlinie mit unbekanntem oder unerwünschtem Hygienestatus durch Embryotransfer in einen SPF-Status zu überführen (vgl. Abschnitt 4.1.3).

Als **Halten** von Versuchstieren wird hier die Unterbringung und Pflege von Versuchstieren über einen mehr oder weniger langen Zeitraum bezeichnet, die (noch) nicht in einen Tierversuch einbezogen sind. Bei der *Vorratshaltung* werden Versuchstiere auf Vorrat gehalten, bis sie von den Experimentatoren abgerufen werden. In der *Zwischenhaltung* sind Versuchstiere zwischen zeitlich auseinanderliegenden Versuchsphasen unterzubringen und zu pflegen. Die *Quarantänehaltung* dient demgegenüber der Isolierung von Versuchstieren mit unbekanntem oder unerwünschtem Hygienestatus (vgl. Abschnitt 4.1.3), um ein mögliches Übergreifen von Krankheitserregern auf Tiere mit anderem Hygienestatus zu verhindern.

Falls einzelne gentechnisch veränderte Versuchstierstämme längerfristig nicht für Experimente benötigt werden, bietet sich als Alternative zur Vorratshaltung lebender Tiere die **Kryokonservierung** an, d. h. das Einfrieren und Lagern von Embryonen in flüssigem Stickstoff.

Unter dem Oberbegriff **Experimentieren** werden alle mit dem Durchführen von Tierversuchen verbundenen Arbeitsabläufe zusammengefasst. In *Verhaltensexperimenten* werden definierte Reize erzeugt, um das Verhalten, mit dem die Tiere darauf reagieren, beobachten zu können. *Operative Versuche* erproben chirurgische Eingriffe, z. B. Organtransplantationen oder minimalinvasive Ope-

rationstechniken, und untersuchen deren Folgen. In *Infektionsexperimenten* werden Tiere gezielt mit (ansteckenden) Krankheiten infiziert, um deren Verlauf beobachten oder Behandlungsmaßnahmen erproben zu können. In *pharmakologischen Experimenten* werden Tiere pharmazeutischen Wirkstoffen oder anderen Substanzen ausgesetzt, um deren Behandlungserfolge und sonstige Wirkungen auf die Gesundheit zu erkennen. In *reproduktionsmedizinischen Experimenten* werden Techniken zur gezielten Vermehrung von Versuchstieren erprobt. Die beschriebenen Tierversuchsformen lassen sich nur idealtypisch von einander abgrenzen, in der Praxis handelt es sich dagegen zumeist um Kombinationsversuche. So lassen sich z. B. bestimmte Eigenschaften experimentell gezüchteter Mäuse nur mit Verhaltensexperimenten erkennen und die Wirkungen eines Medikamentes nur an Tieren erproben, die mit der zu behandelnden Krankheit infiziert wurden.

Ein nicht zu vernachlässigender Bereich der tierexperimentellen Forschung sind veterinärmedizinische **Untersuchungen** der Versuchstiere. *Mikrobiologische Analysen* dienen dem Feststellen und wiederholten Kontrollieren des Hygienestatus. In *tierklinischen Untersuchungen* werden die Wirkungen der Experimente auf die wichtigsten Körperfunktionen (Blutdruck, Stoffwechsel etc.) der lebenden Versuchstiere untersucht. Besondere Bedeutung hat dabei das standardisierte Screening von Merkmalen des Phänotyps gentechnisch veränderter Tiermodelle. Demgegenüber werden die Versuchstiere für *postmortale Untersuchungen* getötet und sezziert.

#### 4.1.3 Formen der Tierhaltung

Die Formen der Tierhaltung werden zum einen durch die tierschutzrechtlichen Anforderungen einer artgerechten Unterbringung und zum anderen durch die Standards der tierexperimentellen Forschung bestimmt. Standardisierung dient in der experimentellen Forschung dazu, durch Einhaltung definierter Umweltbedingungen aussagekräftige Ergebnisse zu generieren, die sich gegebenenfalls in Wiederholungsexperimenten überprüfen lassen. Bei der Durchführung biomedizinischer Tierexperimente sind insbesondere das Raumklima (Temperatur, Luftfeuchtigkeit), die Beleuchtung (Lichtrythmus, Lichtstärke), die Atemluft (Stickstoffkonzentration), das Trinkwasser sowie Spezies und Hygienestatus der Versuchstiere zu standardisieren.

Der **Hygienestatus** umschreibt Art und Umfang der pathogenen Mikroorganismen, d. h. Bakterien, Viren und sonstige Krankheitserreger, denen die Tiere während des Versuches ausgesetzt bzw. mit denen sie besiedelt sind. Dabei werden folgende fünf Ebenen unterschieden:

##### a) **Gnotobiologischer Status**

Gnotobiologische Versuchstiere sind frei von allen nachweisbaren Mikroorganismen mit Ausnahme gezielt angesiedelter, lebensnotwendiger Keime (z. B. Kolibakterien im Darm). Experimente mit gnotobiologischen Tieren werden in Hochschulen nur selten durchgeführt.

##### b) **SPF-Status (= Spezifiziert Pathogen Frei)**

Die Tiere sind frei von bestimmten, in einer Liste der Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) spezifizierten, (potenziell) pathogenen Mikroorganismen. Die Feststellung des SPF-Status erfordert aufwendige und wiederholte mikrobiologische Untersuchungen der jeweiligen Tiere.

Der SPF-Status spielt für die Versuchstiere der biomedizinischen Forschung eine zentrale Rolle. Einerseits können pathogene Mikroorganismen die Ergebnisse mikro- und molekularbiologischer Tierexperimente erheblich verfälschen. Andererseits sollte der Hygienestatus auch aus der Perspektive des Tierschutzes kontrolliert werden, da pathogene Mikroorganismen das Wohlbefinden der Tiere erheblich beeinträchtigen und sich aufgrund der großen Zahl der Mäuse leicht ausbreiten können. Der SPF-Status betrifft nicht nur einzelne Tiere, sondern jeweils den Bestand innerhalb dessen potenzielle Kontaminationen nicht auszuschließen sind. Daher dürfen in SPF-Bestände nur Tiere mit SPF-Status eingesetzt werden. Darüber hinaus müssen

SPF-Tiere von SPF-Weibchen geboren und gesäugt werden, um die Weitergabe von Keimen zu verhindern. Versuchstierstämme mit kontaminiertem oder unbekanntem Hygienestatus können daher lediglich durch einen Embryotransfer in einen SPF-Status überführt werden.

c) **SPF-naher-Status**

Nachdem SPF-Tiere aufgrund reduzierter Hygienemaßnahmen nicht vollständig kontrollierten Umweltbedingungen ausgesetzt waren, kann nicht mehr mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass sie von einigen der spezifizierten Mikroorganismen besiedelt wurden. Auch bei geringer Kontaminationswahrscheinlichkeit kann der Hygienestatus daher nur noch als SPF-nah charakterisiert werden.

Für viele Experimente kann eine geringe Kontaminationswahrscheinlichkeit in Kauf genommen werden, wie sie sich z. B. durch den Verzicht auf das Einschleusen von Experimentatoren und Material in den Tierraum ergibt. Die Rückführung SPF-naher Tiere in ihren SPF-Ursprungsbestand ist allerdings ausgeschlossen.

d) **Nicht kontrollierter Hygienestatus**

Da nicht kontrolliert wird, mit welchen Keimen die Tiere in Berührung kommen bzw. gekommen sind, können die Tiere während des Versuches mit verschiedensten Mikroorganismen besiedelt sein, sofern diese keine für den Versuch relevanten Krankheiten auslösen.

Bei Schweinen und Schafen kann in der Regel auf die Kontrolle des Hygienestatus verzichtet werden, da für operative Experimente der experimentellen Chirurgie der Einsatz von Tieren ohne erkennbare Krankheiten zumeist eine genügende Standardisierung bietet.

Gentechnisch veränderte Mäuse werden weltweit zwischen Forschungseinrichtungen ausgetauscht. Ihr Hygienestatus ist daher oftmals nicht sichergestellt, sodass sie nicht zusammen mit SPF-Mäusen gehalten werden können. Sofern die Versuche einen SPF-Status voraussetzen, müssen zunächst die entsprechenden mikrobiologischen Untersuchungen durchgeführt werden. Falls eine Kontamination festgestellt wird, muss der gentechnisch veränderte Tierstamm mittels Embryotransfer in den SPF-Status überführt werden.

e) **Infektiöser Status**

Von infektiösen Tieren ist bekannt, dass sie mit einem Krankheitserreger infiziert und daher für andere Tiere, unter Umständen auch für Menschen eine Ansteckungsgefahr darstellen.

In der Regel ergibt sich der infektiöse Status durch den Einsatz von SPF-Mäusen in einem Infektionsexperiment, unter Umständen kann er auch die Folge einer unkontrollierten Ansteckung der Versuchstiere sein.

Zur Sicherstellung der verschiedenen hygienischen Anforderungen erfordert die Haltung eines Tierbestandes in unterschiedlichem Umfang bauliche, gebäudetechnische und organisatorische Maßnahmen, um die Einschleppung von Krankheitserregern durch Tiere, Personen und über die Luft zu vermeiden. Idealtypisch lassen sich folgende Tierhaltungsformen unterscheiden:

1) **Isolator-Haltung**

Ein Isolator ist ein geschlossener Behälter zur keimdichten Abriegelung von Versuchstieren mit standardisiertem Binnenklima und Hochleistungsschwebstofffiltern für Zu- und Abluft, der je nach Bedarf mit Über- oder Unterdruck betrieben werden kann. Zum Ein- und Ausbringen von Tieren und Materialien besitzt der Isolator verschiedene Desinfektionsschleusen, zum Arbeiten an den Tieren Handschuheingriffe.

Isolatoren werden zum Züchten, Halten und Experimentieren von bzw. mit gnotobiologischen Kleinnagern genutzt.

## 2) Barriere-Haltung

Als Barriere werden in der Tierhaltung lüftungstechnisch abgeschlossene Reinraumbereiche mit gefilterter Zuluft und standardisiertem Raumklima bezeichnet, in die Menschen und Tiere nur durch Zugangsschleusen und Materialien nur nach Sterilisation in einem Durchreicheautoklaven hinein- und hinausgelangen können (GV-SOLAS 1988, S. 15). In **SPF-Barrier-Haltungen** wird ein geringer Luftüberdruck erzeugt, damit bei Undichtigkeiten keine Keime aus der Außenluft hineingelangen und die SPF-Tiere kontaminieren können. Dagegen verhindern **Infektions-Barrier-Haltungen** mit einem geringen Luftunterdruck auch bei Störfällen ein Entweichen der Krankheitserreger von den infektiösen Tieren in die Umwelt.

SPF-Barrieren dienen zur Zucht und Bevorratung von SPF-Mäusen, Infektions-Barrieren dagegen zum Durchführen von Infektionsexperimenten und zur Quarantänehaltung kranker Tiere.

## 3) Semi-Barrier-Haltung

Bei der Semi-Barrierhaltung werden Versuchstiere in lüftungstechnisch von der Umwelt abgeschotteten Reinräumen mit gefilterter Zuluft und standardisiertem Raumklima untergebracht. Geringe Kontaminationswahrscheinlichkeiten beim Betreten der Räume durch Tierpfleger und Experimentatoren sowie dem Ein- bzw. Ausbringen von Futter, Einstreu, Geräten und Abfällen werden in Kauf genommen, da weder Personen- noch Materialschleusen vorhanden sind.

Semi-Barriereräume werden in der Regel für die Durchführung von Experimenten mit SPF-nahen Tieren genutzt. Zumeist werden auch gentechnisch veränderte Mäuse mit unbekanntem Keimstatus wegen ihrer Empfindlichkeit in Semi-Barrier-Haltungen untergebracht.

## 4) konventionelle Haltung

Die konventionelle Haltung kommt ohne besondere bauliche und lüftungstechnische Hygienemaßnahmen aus, die über die Erfordernisse einer artgerechten Unterbringung hinausgehen. In der Regel wird auf die Filterung der Zuluft verzichtet. Eine Abluftfilterung erfolgt nur, falls emissionsrechtliche Vorschriften dies vorschreiben.

Die konventionelle Haltung eignet sich für alle Versuchstiere ohne kontrollierten Hygienestatus. Gewöhnlich werden die von der experimentellen Chirurgie verwendeten Schweine und Schafe konventionell gehalten. Darüber hinaus werden gewöhnlich Kleinnager mit unkontrolliertem Hygienestatus in größerem Umfang für operative und Verhaltensexperimente verwendet.

Abbildung 4.2 fasst die Formen der Versuchstierhaltung und ihre Einsatzbereiche zusammen.

	Kennzeichen	Hygienestatus	Tierarten
<b>Isolator-Haltung</b>	keimdichte Kammern	gnotobiologisch	Kleinnager
<b>SPF-Barrier-Haltung</b>	baulich und lüftungstechnisch abgeriegelte Raumeinheit mit Überdruck	SPF	Kleinnager
<b>Infektions-Barrier-Haltung</b>	baulich und lüftungstechnisch abgeriegelte Raumeinheit mit Unterdruck	infektiös	Kleinnager
<b>Semi-Barrier-Haltung</b>	lüftungstechnisch optimierte Einzelräume	SPF-nah	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SPF-Kleinnager im Experiment</li> <li>• Transgene u. Knock-out Mäuse</li> </ul>
<b>konventionelle Haltung</b>	Tierräume ohne lüftungstechnische Abschrückung	unkontrolliert	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Großtiere</li> <li>• Kleinnager</li> </ul>

**Abb. 4.2: Formen der Versuchstierhaltung und ihre Einsatzbereiche**

Dennoch lässt es sich nicht vermeiden, Tiere unterschiedlicher Herkunft bzw. aus verschiedenen Experimenten in einem Raum unterzubringen. Eine Möglichkeit, einzelne Tiergruppen innerhalb eines Raumes mikrobiologisch voneinander abzuschotten, bieten **IVC-Systeme** („Individually Ventilated Cages“). Dabei handelt es sich um einzeln belüftete Käfige, die regelweise an eigene Belüftungs-, Entlüftungs- und Filteraggregate angeschlossen sind. IVCs eignen sich jedoch nur zur Tierhaltung. Um Eingriffe an den Tieren unter einer mikrobiologischen Abschottung vornehmen zu können, sind zusätzlich Sicherheitswerkbänke erforderlich.

Prinzipiell kann mit IVC-Systemen ein zumindest SPF-naher Hygienestatus in normalen Laborräumen sichergestellt werden, wenn außerhalb zentraler Versuchstiereinrichtungen wenige Tiere unter kontrollierten Hygienebedingungen zu halten sind. IVC-Systeme werden aber auch in lüftungstechnisch hochinstallierten Tierräumen aufgestellt, um einen doppelten Schutz vor Kontaminationen insbesondere zwischen verschiedenen Tiergruppen zu erreichen. Die Aufstellung von IVCs in Reinräumen mag trotz hoher Kosten sinnvoll sein, wenn viele unterschiedliche Tiergruppen in einem Raum unterzubringen sind, es sich um gentechnisch veränderte Tiere handelt, deren Ersatz mit hohem Aufwand verbunden ist, oder sich der Zugang zu den Tierräumen nicht auf das Stammpersonal beschränken lässt. In vielen Fällen können aber auch organisatorische Maßnahmen das Infektionsrisiko in erheblichem Umfang reduzieren, sodass in Reinräumen keine IVC-Systeme eingesetzt werden müssen.

## 4.2 Versuchstierräume

### 4.2.1 Standardtierräume

Der Standardraum der modernen Tierhaltung ist kein einfacher Tierstall, sondern ein raumluftechnisch hochinstallierter, an die Bedingungen der Versuchstierhaltung angepasster Spezialraum. Richtungsweisend für die Gestaltung von Standardtierräumen sind nach wie vor die Empfehlungen der Gesellschaft für Versuchstierkunde (GV-SOLAS 1988), obwohl deren letzte Aktualisierung bereits 15 Jahre zurückliegt und sich in der Zwischenzeit eine Reihe von technischen Änderungen ergeben haben. Nach Informationen der Gesellschaft für Versuchstierkunde ist eine Neuauflage in Arbeit, ein Veröffentlichungstermin aber noch nicht absehbar.

#### ***Baukonstruktive und gebäudetechnische Merkmale***

Viele biomedizinische Versuchstiereinrichtungen besitzen 20-m<sup>2</sup>-Standardtierräume entsprechend den Empfehlungen der Gesellschaft für Versuchstierkunde (vgl. GV-SOLAS 1988, S. 26). Um möglichst viele Käfigregale für Kleintiere entlang der Wände aufstellen zu können, sind **Raumtiefen zwischen 6,00 und 6,50 m** und **Raubreiten von 3,00 bis 3,15 m** üblich. Da die Zahl der Versuche in der tierexperimentellen Forschung tendenziell zu-, die Durchschnittszahl der pro Experiment eingesetzten Tiere jedoch abnimmt, ist für die Zukunft eine kleinräumigere Abteilung der Tierhaltungsflächen zu erwägen. Dies kann z. B. durch Hintereinanderschalten von jeweils zwei vier bis fünf Meter tiefen Tierräumen mit 12 bis 16 m<sup>2</sup> Grundfläche geschehen.

Zur Standardisierung der Umweltbedingungen gehört eine konstante Lichtstärke mit festen Tag-Nacht-Rhythmus. Zudem sind viele Versuchstiere Albinos, die nur einem abgeschwächten Licht ausgesetzt werden dürfen. Entsprechend sollten Standardtierräume vom Tageslicht abgeschottet und künstlich beleuchtet werden. Moderne Beleuchtungsanlagen können mit digitalen Steuersignalen über ein Bus-System jede einzelne Leuchte computergestützt steuern.

Im Mittelpunkt der gebäudetechnischen Ausstattung steht die Lüftungsanlage. Zum Schutz der Tiere vor Keimen aus der Außenluft ist die Zuluft, zur Vermeidung von Emissionen auch die Abluft

über Hochleistungsschwebstofffilter zu führen. Um Kontaminationen innerhalb der Versuchstieranlage zu unterbinden, sollten die Lüftungssysteme der einzelnen Tierräume voneinander abgetrennt sein. Der Umfang des Luftaustausches hängt von der Zahl der pro Raum untergebrachten Tiere ab und kann bis zum einem 15-fachen Luftwechsel pro Stunde reichen. Dabei dürfen die Tiere allerdings keiner Zugluft ausgesetzt werden. Anstelle der in GV-SOLAS (1988, S. 40f.) empfohlenen Injektionslüftung, haben sich Quellaüftungen knapp oberhalb des Bodens bewährt. Durch das Aufsteigen der Frischluft zu den Entlüftungsschächten an der Decke werden Luftwirbel vermieden.

Wände und Türen müssen zur Desinfizierung und zum Halten des Luftüber- oder -unterdrucks **gasdicht** sein. Generell sollten Standardtierräume die Anforderungen der Sicherheitsstufe 2 erfüllen. Dazu ist insbesondere darauf zu achten, dass alle Oberflächen (Böden, Wände, Decken) leicht zu reinigen und zu desinfizieren sind (vgl. Abschnitt 3.3.1).

### Einrichtungsgegenstände

Käfig- typ:	Außenmaße			Boden- fläche (cm <sup>2</sup> )
	Breite (cm)	Tiefe (cm)	Höhe (cm)	
I	13,5	24,0	13,0	205
II	20,7	26,7	14,0	410
II L	20,7	36,5	14,0	530
III	26,6	42,5	15,5	820
III H	26,6	42,5	18,5	820
IV	38,0	59,5	20,0	1.820

Abb. 4.3: Kunststoffkäfige für Kleinnager

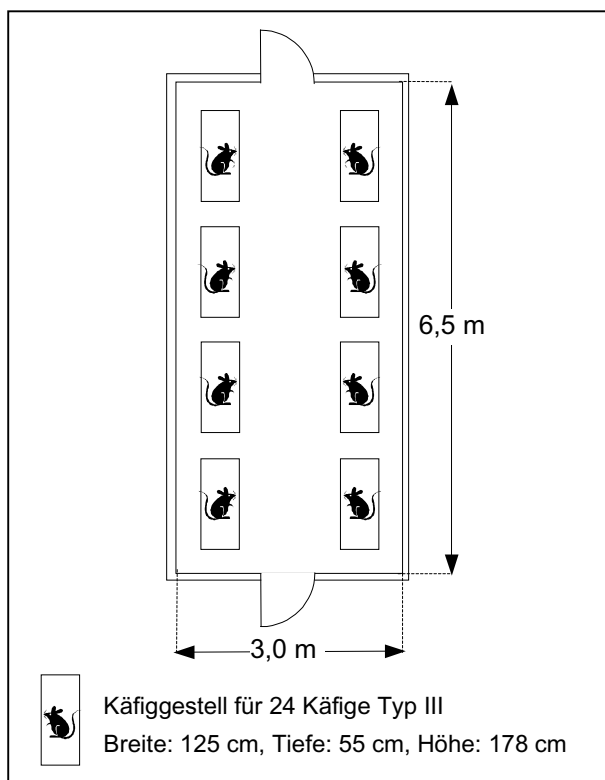


Abb. 4.4: 20-m<sup>2</sup>-Standardtierraum mit 8 Gestellen à 24 Käfigen

Kleinnager werden in **Kunststoffkäfigen** gehalten. Herstellerübergreifend werden die in Abbildung 4.3 beschriebenen Typen unterschieden. In der Hochschulpraxis werden für Mäuse überwiegend Käfige vom Typ II L und Typ III, für Ratten vom Typ IV verwendet. Zum Aufstellen im Tierraum werden jeweils 20 bis 60 Kunststoffkäfige in ein fahrbares **Käfiggestell** eingehängt. Käfiggestelle werden in unterschiedlichsten Varianten und Abmessungen angeboten.

In Abbildung 4.4 ist exemplarisch die Aufstellung von 8 Käfiggestellen für jeweils 24 Käfige vom Typ III in einem Standardtierraum von 19,50 m<sup>2</sup> skizziert. Dabei ist berücksichtigt, dass die Gestelle zum Austausch der Käfige und Umsetzen der Tiere innerhalb des Raumes hin- und hergeschoben werden müssen. Bei einem Besatz von 5 Mäusen pro Käfig ergibt sich so eine **Maximalbelegung von 960 Mäusen pro Raum**.

Gestelle für Ratten mit vergleichbaren Abmessungen nehmen typischerweise 18 Käfige vom Typ IV auf, sodass in einem Standardtierraum 144 Käfige untergebracht werden können. Bei einem Besatz von 4 Ratten pro Käfig führt dies zu einer rechnerischen Maximalbelegung von 576 Ratten je Standardtierraum.

Die zum Teil deutlich höheren Belegungsdichten in den Empfehlungen der GV-SOLAS (1988, S. 27) ergeben sich daraus, dass sich bei Vorratshaltung die Käfige mit fast doppelt so vielen Tieren wie in der experimentellen Haltung belegen lassen. Allerdings hat die reine Vorratshaltung wegen des heute üblichen Fremdbezugs von Standardtieren nur noch ei-

ne geringe Bedeutung. Zucht und Haltung gentechnisch veränderter Mäuse erfordern dagegen geringere Käfigbelegungen als die experimentelle Haltung von Standardtieren. Die **durchschnittliche Belegung eines Standardtierraumes** liegt daher **zwischen 700 und 800 Mäusen**.

Einzel belüftete Käfigsysteme (IVC-Systeme) bestehen im Wesentlichen aus den beschriebenen Kunststoffkäfigen, die an Stelle des herkömmlichen Abdeckgitters mit einer Filterhaube ausgestattet sind, Käfiggestellen mit Zu- und Abluftkanälen und einer Gebläseeinheit. Eine Gebläseeinheit kann zwei bis vier Käfiggestelle versorgen. Da sie im Tierraum neben den Käfiggestellen aufgestellt werden muss, kann sich durch den Einsatz von IVC-Systemen je nach Bauart die Belegungsdichte weiter verringern.

#### 4.2.2 Sonstige Tierräume

##### **Tierlabore**

Tierlabore besitzen einen **tierexperimentellen Arbeitsbereich**, der einen Arbeitstisch mit Edelstahlarbeitsfläche zum Durchführen von Eingriffen an Kleinnagern, eine Laborspüle und teilweise eine mikrobiologische Sicherheitswerkbank umfasst. Da es sich dabei lediglich um Bedarfsarbeitsplätze für die biomedizinischen Forscher handelt, können sie vom Tageslicht abgeschottet sein. Dies ermöglicht es bei entsprechender Ausstattung, Kleinnager während der Durchführung der Tierversuche im Tierlabor zu halten.

Bezüglich der baukonstruktiven Merkmale und der gebäudetechnischen Ausstattung entsprechen Tierlabore für Kleinnager zumeist den Standardtierräumen.

##### **Großtierräume**

Großtiere werden üblicherweise in Bodenboxen gehalten, von denen sich 10 bis 12 in einem Großtierraum mit einer Grundfläche von 35 bis 40 m<sup>2</sup> aufstellen lassen. Da für die von der experimentellen Chirurgie verwendeten Tiere eine konventionelle Haltung ausreicht, müssen Großtierräume nicht mit einer aufwendigen Lüftungstechnik ausgestattet werden. In der Regel genügt eine Zwangsentlüftung mit Filterung zur Verhinderung von Geruchsbelästigungen. Anders als in vom Tageslicht abgeschotteten Kleinterräumen sollten in Großtierräumen allerdings Fenster vorgesehen werden. Darüber hinaus sind für einige Tierarten gesonderte Vorschriften zu beachten. Beispielsweise schreibt die Halteverordnung für Hunde bestimmte Mindestauslaufmöglichkeiten vor.

##### **Tier-Operationssäle**

Tier-Operationssäle dienen zur Durchführung operativer Experimente an Großtieren. Damit die Experimente mit Operationen am Menschen vergleichbar sind, müssen Tier-Operationssäle im Prinzip genauso wie Human-Operationssäle ausgestattet sein. Lediglich auf die doppelte Ausstattung zur Fortführung der Operation bei technischen Störungen kann verzichtet werden.

Zur Einrichtung eines Tier-Operationssaales wird in der Regel ein Raum mit einer Grundfläche zwischen 35 und 40 m<sup>2</sup> benötigt.

#### 4.2.3 Auxiliarräume

##### **Kryokonservierungsraum**

Zum Aufstellen der Stickstofftanks und zum Vorbereiten, Präparieren und Einfrieren der Embryos im Rahmen der Kryokonservierung wird ein separater Laborraum benötigt. Dabei handelt es sich in der Regel um einen 20-m<sup>2</sup>-Standardlaborraum, in dem neben einem mikrobiologischen Arbeitsbereich (vgl. Abschnitt 3.1.2) mehrere Bodenstellplätze für Stickstofftanks eingerichtet sind.

### **Tierklinischer Geräteraum**

Tierklinische Untersuchungen der Körperfunktionen von Versuchstieren sind üblicherweise stark automatisiert. Zur Aufstellung der an Kleinnager angepassten gerätemedizinischen Ausstattung ist daher in der Regel ein separater Geräteraum erforderlich.

### **Käfigspülraum**

Zum Reinigen der Kunststoffkäfige benötigt jede Tierhaltung eine Käfigspülmaschine. In Abhängigkeit von der erforderlichen Kapazität kann zwischen unterschiedlichen Systemen gewählt werden. Standspülautomaten für kleinere bis mittlere Einrichtungen lassen sich unter Umständen in einem 30-m<sup>2</sup>-Spülraum aufstellen. Durchschubanlagen und Bandspülmaschinen, wie sie in größeren Tierhaltungseinrichtungen eingesetzt werden, haben dagegen einen erheblich größeren Platzbedarf. Käfigspülräume mit einer Grundfläche von 100 m<sup>2</sup> oder mehr sind daher nicht ungewöhnlich.

### **Autoklavenraum**

In einer Tierhaltung ist in erheblichem Umfang Material zu sterilisieren. Jede Tierhaltung benötigt daher einen Autoklaven. Dabei kann es sich um ein in einem separaten Autoklavenraum untergebrachtes Standgerät oder um einen als Materialschleuse eingesetzten Durchreicheautoklaven handeln. Zum Aufstellen eines Autoklaven reichen in der Regel 20-m<sup>2</sup>-Räume aus.

### **Futterküche**

Zum Zubereiten des Tierfutters ist ein üblicherweise als Futterküche bezeichneter Raum von ca. 20 m<sup>2</sup> erforderlich.

Gemeinsame Ausstattungsmerkmale von Käfigspülräumen, Autoklaveräumen und Futterküchen sind Anschlüsse für kaltes, warmes und entionisiertes Wasser, Kacheln am Boden und (teilweise) den Wänden, Bodenabflüsse, Spülbecken sowie Stromanschlüsse und Bodenstellplätze für Geräte.

### **Lagerräume**

Tierhaltungseinrichtungen sind durch einen erheblichen Materialumschlag gekennzeichnet. Für organische Materialien wie (verunreinigter) Einstreu und Tierkadaver werden spezielle Entsorgungsräume sowie gekühlte Kadaverräume benötigt. Für die anorganischen Materialien wie Käfige, Zubehörteile und Gestelle sind zusätzlich einfache Lagerräume vorzusehen. Dabei sollte die Lagerfläche ca. 15 bis 20 % der Tierraumfläche betragen.

## **4.3 Versorgungskonzepte**

### **4.3.1 Zentrale und dezentrale Tierhaltungsbereiche**

Der Ressourcenbedarf der tierexperimentellen Forschung wirft die Frage auf, inwieweit Versuchstiereinrichtungen zentralisiert und den biomedizinischen Forschergruppen und Instituten als wissenschaftliche Dienstleistung zur Verfügung gestellt werden können. Prinzipiell lassen sich für die Versuchstierhaltung – wie für andere wissenschaftliche Dienstleistungen, beispielsweise Werkstätten und Bibliotheken – zentrale, dezentrale und gemischte Versorgungskonzepte unterscheiden. Hier wie dort sprechen für die Zentralisierung aus der Perspektive potenzieller Kosteneinsparungen die Spezialisierung der Mitarbeiter, die Anschaffung von Spezialgeräten, die bessere Kapazitätsauslastung und die Entlastung der Wissenschaftler von organisatorischen Aufgaben. Dagegen schätzen Forscher an dezentralen Dienstleistungseinrichtungen die kurzen Wege, die persönliche Kommunikation und die unmittelbaren Einflussmöglichkeiten.



Allerdings werden die generellen Argumente für bzw. gegen eine Zentralisierung der Versuchstierhaltung von der Kontrolle des Hygienestatus der Versuchstiere dominiert. Einerseits erfordert gerade die SPF-Haltung von Kleinnagern hochinstallierte bauliche Ressourcen, was ihre Zentralisierung nahe legt, andererseits steigt mit der Zahl der in einer Einrichtung gehaltenen Tiere und der sie betreuenden Beschäftigten die Infektionsgefahr und damit das Risiko, den gesamten Bestand zu verlieren, überproportional an. Ein zweckmäßiges Versorgungskonzept wird daher zwischen verschiedenen Teilbereichen der Tierhaltung unterscheiden und diese teilweise zentral, teilweise aber auch dezentral Instituten oder Forschergruppen zuordnen. Abbildung 4.5 beschreibt exemplarisch ein solches Versorgungskonzept.

Tierarten:	Tierhaltungen:	Arbeitsabläufe:	Zuordnung:
Großtiere	konventionelle Haltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• experim. Haltung</li> <li>• Experimentieren</li> </ul>	zentral
Kleinnager	SPF-Barriere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Züchten</li> <li>• Bevorraten</li> </ul>	zentral
	Semi-Barriere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• experim. Haltung</li> <li>• Experimentieren</li> </ul>	zentral
	Infektions-Barriere	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentieren</li> <li>• Quarantänehaltung</li> </ul>	dezentral
	konventionelle Haltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• experim. Haltung</li> <li>• Experimentieren</li> </ul>	dezentral
	Isolator-Haltung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Züchten, Halten</li> <li>• Experimentieren</li> </ul>	dezentral/zentral

**Abb. 4.5: Tierexperimentelles Versorgungskonzept für die biomedizinische Forschung**

Die konventionelle **Großtierhaltung** einer Medizineinrichtung lässt sich zweckmäßigerweise unter der Obhut der experimentellen Chirurgie zentralisieren, die bei Bedarf Forscher aus anderen klinischen Abteilungen bei deren Tierexperimenten unterstützen können. Für die überwiegend operativen Experimente mit Großtieren werden neben Großtierräumen hochinstallierte Tieroperationssäle benötigt. In den häufig im Stadtgebiet liegenden medizinischen Forschungszentren ist eine längerfristige Haltung von Schweinen und Schafen zumeist nicht möglich. Großtierräume werden daher nur für die kurzfristige Vorrathaltung vor Beginn der Experimente und die postoperative Beobachtung der Tiere ausgelegt. Längerfristige Bevorratung und gegebenenfalls Vermehrungszucht werden dagegen in der Regel ausgelagert. An einigen Medizinstandorten sind diese Arbeitsabläufe einem Landwirt aus dem Umland übertragen.

Schwerpunktmäßig werden in biomedizinischen Tierversuchen **Kleinnager**, insbesondere Mäuse, eingesetzt. Deren Haltung lässt sich in fünf Haltungsbereiche aufteilen:

- Hauptaufgaben einer **SPF-Barriere-Haltung** sind das Züchten und Bevorraten von SPF-Tieren. Da sich SPF-Tiere in allen Haltungsformen einsetzen lassen, kann die SPF-Barriere-Haltung die zentrale Beschaffung und Bevorratung von Kleinnagern für alle Nutzer übernehmen. Zur Minimierung des Risikos, von außen Keime in den SPF-Bestand einzuschleppen, sollte der Zugang zur SPF-Barriere auf das Stammpersonal beschränkt bleiben.

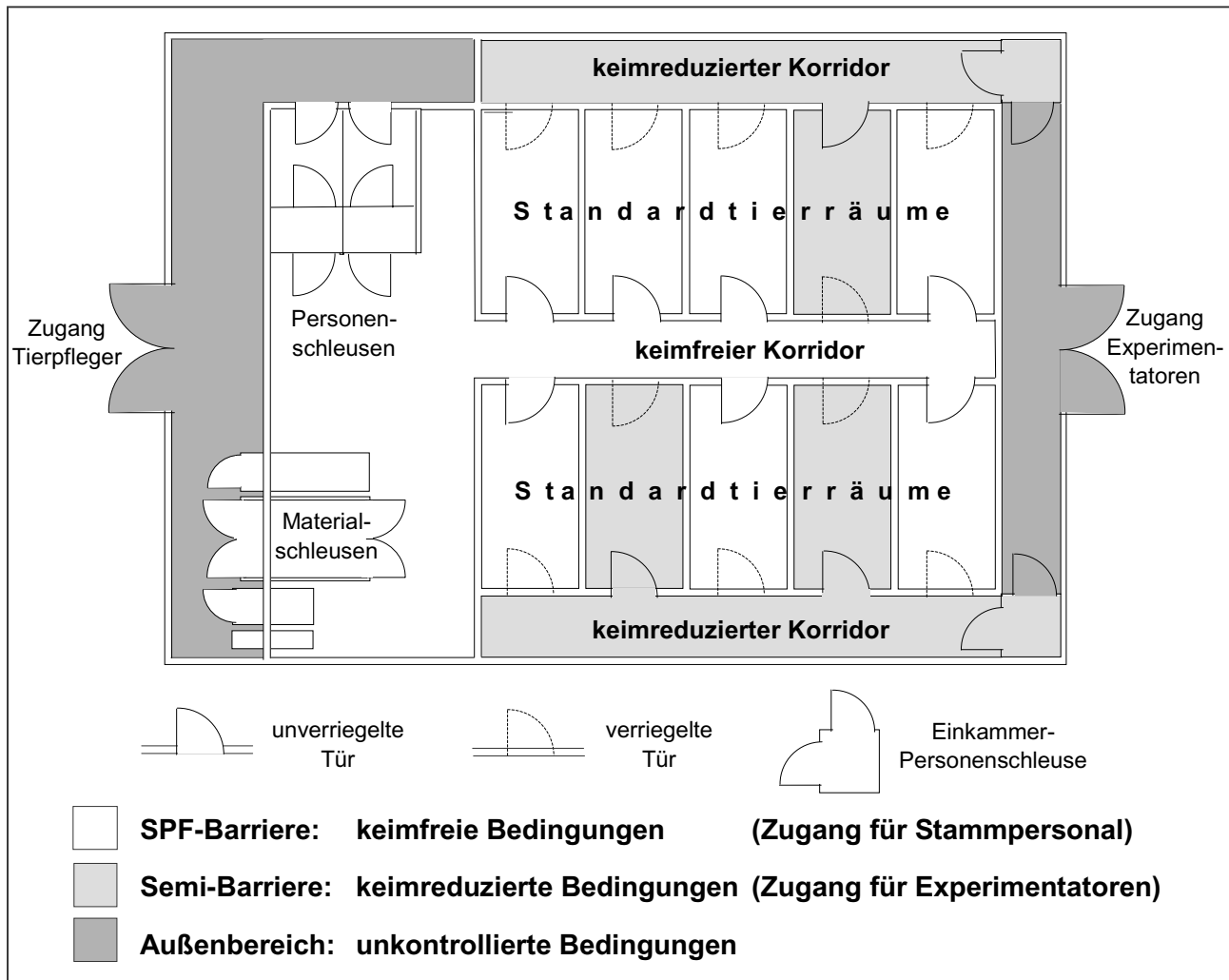
- b) Eine **Semi-Barriere-Haltung** dient dazu, Experimentatoren aus Forschergruppen und Instituten die benötigten Versuchstiere in Tierlaboren bereitzustellen, um ihnen die eigenständige Durchführung ihrer Tierexperimente zu ermöglichen. Da in einer Semi-Barriere nur ein SPF-naher Hygienestatus sichergestellt werden kann, dürfen die Tiere nach Versuchsende allerdings nicht mehr in die SPF-Barriere-Haltung zurück. Mit geeigneten Grundriss- und Organisationskonzepten lässt sich die Semi-Barriere-Haltung zusammen mit der SPF-Barriere-Haltung zentralisieren, ohne die mikrobiologische Abschottung zwischen beiden Bereichen zu gefährden (siehe Abschnitt 4.3.2).
- c) Die **Infektion-Barriere-Haltung** birgt ein besonders hohes Kontaminationsrisiko für den SPF-Bestand. Beide Bereiche sollten daher räumlich und organisatorisch getrennt werden. Sofern nur ein einzelner Nutzer, z. B. ein Institut für Virologie, Infektionsexperimente durchführt, bietet sich eine dezentrale Zuordnung der Infektions-Barriere-Haltung an. Eine zentrale Infektionsbarriere-Haltung kommt allenfalls dann in Betracht, wenn aufgrund eines Forschungsschwerpunktes bei Infektionskrankheiten eine größere Zahl von Instituten und Forschergruppen Infektionsexperimente an Tieren durchführt.
- d) Sofern einzelne Forschergruppen Experimente mit wenigen Mäusen ohne kontrollierten Hygienestatus durchführen wollen, können für diese dezentrale **konventionelle Haltungen** in den Laborräumen eingerichtet werden. Eine Zentralisierung solcher Experimente sollte dagegen in einer Semi-Barriere erfolgen, um das Ausbreitungsrisiko von Krankheiten zu minimieren.
- e) Keimdichte Kammern zur **Isolator-Haltung** können bei Bedarf dezentral in Gerätelaboren der jeweiligen Forschergruppen oder Institute, aber auch in zentralen Versuchstiereinrichtungen aufgestellt werden.

#### 4.3.2 Drei-Korridor-Konzept einer Barriere-Haltung

Um eine SPF-Barriere-Haltung als hygienisch geschlossenes System betreiben zu können, sind umfangreiche bauliche, technische und organisatorische Maßnahmen erforderlich (vgl. GV-SOLAS 1988, S. 15f.). Der Lüftungstechnischen Abschottung dient die kontrollierte Be- und Entlüftung der gasdichten Tierräume über Hochleistungsschwebstofffilter und die Erzeugung eines Überdrucks, um auch bei Undichtigkeiten das Eindringen potenziell kontaminierter Außenluft zu verhindern. Ein weiteres Element ist die Desinfizierung des in die bzw. aus der Barriere zu transportierenden Materials und der ein- bzw. ausgehenden Personen. Materialien werden desinfiziert, indem sie durch einen Durchreicheautoklav oder einen Tauchtank mit Desinfektionsmittel geschleust werden. Die Personendesinfizierung umfasst in der Regel Kleidungswechsel und Zwangsduschen mit Wasser oder Luft in einer Zwei- oder Dreikammer-Schleuse. Zu den organisatorischen Abschottungsmaßnahmen einer Barriere-Haltung gehört die Kontrolle des Hygienestatus der eingesetzten Tiere und die Beschränkung des Zugangs auf einen kleinen Kreis von Tierpflegern und Tierärzten. Demgegenüber darf eine Semi-Barriere-Haltung auch von den Experimentatoren aus Forschergruppen und Instituten betreten werden, um die tierexperimentelle Forschung durchzuführen.

Das **Drei-Korridor-Konzept**, das in Abbildung 4.6 skizziert wird, ermöglicht es, eine Barriere- und eine Semi-Barriere-Haltung zusammenzufassen, ohne die Lüftungstechnische, bauliche und organisatorische Abschottung der Barriere zu durchbrechen. Dazu werden eine Gruppe von Standardtierräumen zwischen einem keimfreien („weißen“) Korridor in der Mitte und zwei äußeren, keimreduzierten („grauen“) Korridoren angeordnet (vgl. GV-SOLAS 1988, S. 15). Zur Abschottung der Barriere-Haltung („weißer Bereich“) werden die Außentüren zwischen den Tierräumen und den äußeren Korridoren verriegelt. Um einer Forschergruppe die Durchführung eines Tierexperimentes zu ermöglichen, werden ihnen die benötigten Tiere in einem Tierraum bereitgestellt sowie die äußere Tür ent- und die innere Tür verriegelt. Anschließend können die Experimentatoren den Tierraum über den grauen Korridor betreten und verlassen, ohne in den geschlossenen Bereich der

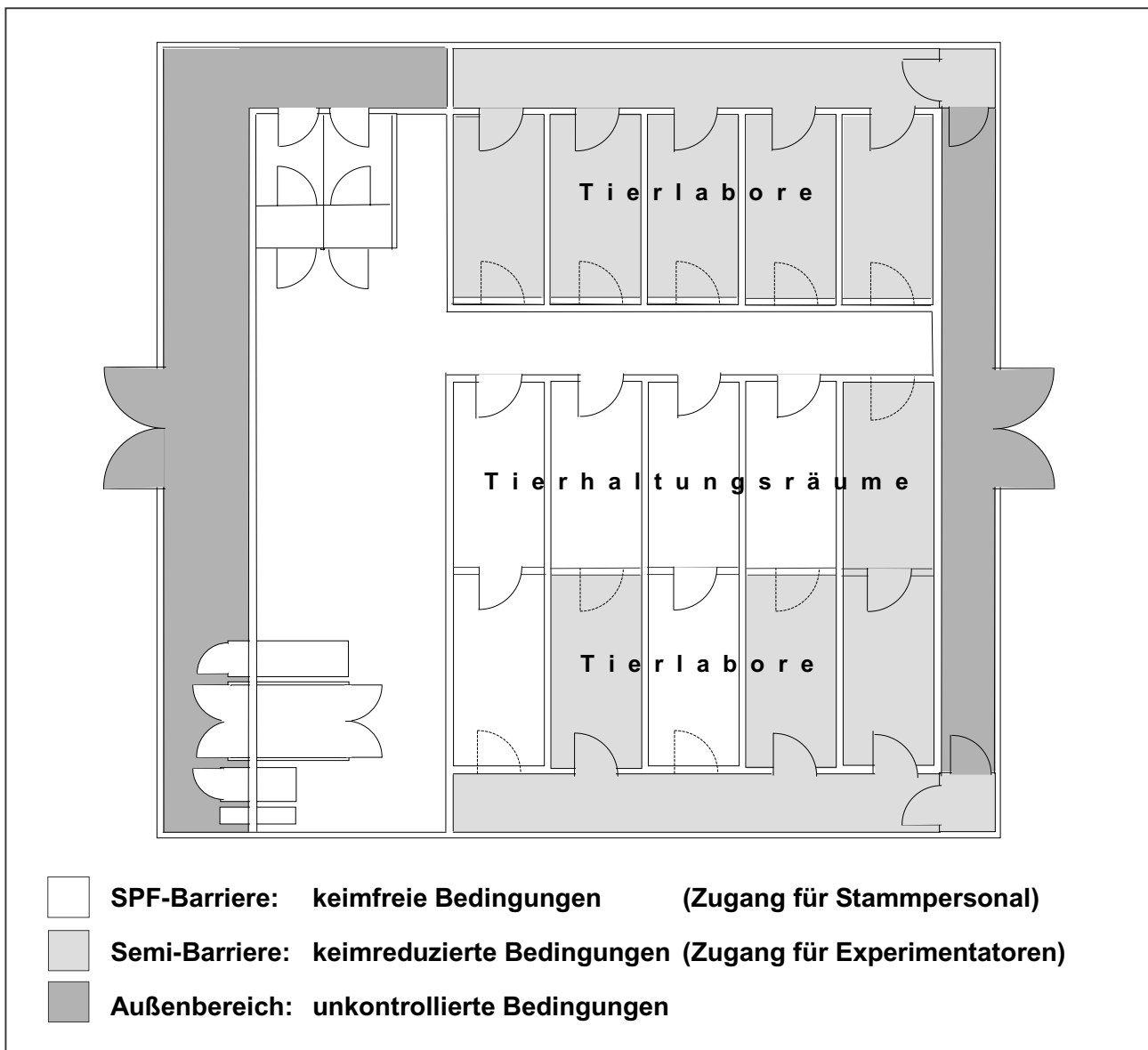
Barriere-Haltung zu gelangen. Nach Abschluss des Experimentes kann der Tierraum geräumt, durch Begasen desinfiziert und bei Bedarf wieder an den keimfreien Bereich zugeschaltet werden. Sofern von den Experimentatoren nur ein Kleidungswechsel in einer Einkammer-Personenschleuse verlangt und das Material außerhalb desinfiziert wird, handelt es sich bei dem grauen Bereich lediglich um eine Semi-Barriere-Haltung für SPF-nahe Tiere.



**Abb. 4.6: Drei-Korridor-Konzept einer Barriere-Haltung**

Aufgrund der identischen Anordnung und Ausstattung aller Tierräume kann der Umfang der Barriere- und der Semi-Barriere flexibel dem Bedarf angepasst werden. Um den Schaden durch Infektionen zu begrenzen, sollten nicht mehr als 10 Standardtierräume, was einem Tierbestand von z. B. 7.000 bis 8.000 Mäuse entspricht, in einer Barriere zusammengefasst werden (vgl. GV-SOLAS 1988, S. 39f.). Eine solche Barriere-Haltung deckt jedoch nur den Bedarf einer kleineren Medizin-Einrichtung ab. Gegebenenfalls können mehrere in sich geschlossene Barriere-Haltungen gemeinsam in einem zentralen Tierhaltungsgebäude untergebracht werden.

Eine weitere Nutzungsflexibilisierung erlaubt die Differenzierung zwischen Tierhaltungsräumen zum Züchten und Bevorraten und Tierlaboren zum Durchführen der Tierexperimente. In Abbildung 4.7 wird dazu ein Konzept dargestellt, in dem jeweils ein Tierhaltungsraum und ein Tierlabor unmittelbar hintereinander liegen. Dies ermöglicht die Ausdehnung der experimentellen Haltung in der Semi-Barriere ohne die experimentelle Zucht in der SPF-Barriere einzuschränken. In der prinzipiell aus 5 Tierhaltungsräumen bestehenden SPF-Barriere-Haltung können so 3.000 bis 4.000 SPF-Mäuse gezüchtet und bevorratet werden, während in den 10 Tierlaboren der Semi-Barriere-Haltung zusätzlich mit 7.000 bis 8.000 Mäusen experimentiert werden kann.



**Abb. 4.7: Drei-Korridor-Konzept mit getrennten Tierräumen und -laboren**

Das Drei-Korridor-Konzept eignet sich prinzipiell auch zur Einrichtung einer zentralen Infektions-Barriere-Haltung. Dazu sind allerdings zusätzliche lüftungstechnische und bauliche Maßnahmen erforderlich, um die Gefahr von Kreuzinfektionen zwischen den Tieren aus verschiedenen Infektionsexperimenten zu minimieren. Beispielsweise kann im Mittelkorridor Überdruck erzeugt werden, um einen Luftaustausch zwischen den Räumen auf der linken und der rechten Seiten zu verhindern. Da infektiöse Tiere jedoch in einem Unterdruck zu halten sind, um den unkontrollierten Austritt von Krankheitserregern zu vermeiden, erfordert dies zusätzliche Schleusen zwischen dem Mittelkorridor und den Tierräumen.

#### 4.3.3 Personalbereitstellung

##### **Qualitativer Personalbedarf**

Auch wenn die tierexperimentelle Forschung größtenteils von den Experimentatoren der jeweiligen Forschergruppen und Institute durchgeführt wird, wird zusätzliches Personal zur Betreuung der Tiere und zum Betrieb der Versuchstiereinrichtung benötigt:

- **Tierpfleger** betreuen und pflegen die Versuchstiere, teilweise führen sie auch kleinere Eingriffe wie Blut- und Gewebeabnahmen durch. Insbesondere die Betreuung gentechnisch veränderter Kleinnager und die Barriere-Haltung von SPF-Tieren stellen besondere Anforderungen an diese Beschäftigtengruppe, sodass es sich zumindest bei einem Teil um ausgebildete Fachkräfte handeln sollte. Für einfache Pflegetätigkeiten wie das Umsetzen der Tiere in frische Käfige – was durchschnittlich einmal pro Woche erfolgen muss – lassen sich dagegen angelernte Kräfte einsetzen. An einigen Standorten wird das Umsetzen der Tiere sogar Fremdfirmen übertragen. Zusätzliche Hilfskräfte sind für das Reinigen und Desinfizieren der Käfige und des sonstigen Materials erforderlich.
- Zu den Aufgaben von **Tierärzten** gehören üblicherweise die Einhaltung tierschutzrechtlicher Vorgaben und die Durchführung der reproduktionsmedizinischen Verfahren im Rahmen der experimentellen Zucht, insbesondere von gentechnisch veränderten Mäusen.
- Darüber hinaus werden auch in den Versuchstiereinrichtungen **medizinisch-technische Assistenten** benötigt, um tierklinische Routineuntersuchungen der Körperfunktionen, mikrobiologische Überprüfungen des SPF-Hygienestatus und vor- und nachbereitende Tätigkeiten für die Kryokonservierung durchzuführen.

### Quantitativer Personalbedarf

Grundlage zur Abschätzung des Personalbedarf einer Versuchstiereinrichtung bilden Relationen zwischen den zu betreuenden Versuchstieren und den Tierpflegerstellen. Von der Gesellschaft für Versuchstierkunde wurden Ende der 80er und Ende der 90er Jahren Betreuungsrelationen für Versuchstiere veröffentlicht (GV-SOLAS 1988, Nebendahl u.a. 1999). In Abbildung 4.8 sind die in beiden Studien empirisch ermittelten Betreuungsrelationen für Mäuse zusammengestellt.

Trotz der Abweichungen zeigen beide Untersuchungen, dass in der Vorratshaltung deutlich mehr Mäuse von einem Tierpfleger betreut werden können als bei den übrigen tierexperimentellen Arbeitsabläufen. Die Vorratshaltung von Standardtieren, die Ende der 80er Jahre

noch eine zentrale Aufgabe von Versuchstiereinrichtungen war, entspricht allerdings nicht der Haltung gentechnisch veränderter Mäuse. Der zumeist kritische Gesundheitszustand, die daraus resultierenden Hygieneanforderungen und die Vielzahl parallel zu haltender Stämme führen für transgene und Knock-out-Mäuse zu einem ähnlichen Betreuungsaufwand wie für die Zucht und experimentelle Haltung konventioneller Mäuse. Da inzwischen mehr als die Hälfte der in Versuchstiereinrichtungen gehaltenen Mäuse gentechnisch verändert ist, erscheint eine Betreuungsrelation von einem Tierpfleger für 900 bis 1.000 Mäuse angemessen. Die Verwendung von IVC-Systemen erhöht den Tierpflegerbedarf allerdings, da das Umsetzen der Tiere in neue Käfige zum Aufrechterhalten des Hygienestatus in einer speziellen Sicherheitswerkbank erfolgen muss.

Sofern man neben den Tierpflegern auch Laboranten und Hilfskräfte zum Spülen der Käfige mitrechnet, kann als grober Orientierungswert für die Personalausstattung von Tierhaltungseinrichtungen von einem Mitarbeiter pro Standardtierraum ausgegangen werden.

	Mäuse pro Tierpfleger	
	gemäß GV-SOLAS (1988)	gemäß Nebendahl u.a. (1999)
Vorratshaltung	4.500	3.750
Zucht	800	1.000
Experiment	810	955
gentechn. veränderte Tiere	—	860

**Abb. 4.8: Betreuungsrelationen für Mäuse**

## Personalzuordnung

Üblicherweise ermöglicht die Zentralisierung wissenschaftlicher Dienstleistungseinrichtungen Personaleinsparungen durch die Ausnutzung von Synergieeffekten. Bei Versuchstiereinrichtungen steht dem jedoch das Risiko der Krankheitsübertragung zwischen den Tierbeständen entgegen. Streng genommen dürfen Tierbestände, die von den gleichen Tierpflegern betreut werden, nicht als getrennte hygienische Einheiten betrachtet werden. In der Praxis reicht es in der Regel aus, wenn Tierpfleger aus infektiösen Beständen nicht in anderen Beständen eingesetzt werden und zwischen Einsätzen in einer konventionellen und einer Semi-Barriere-Haltung bzw. in einer Semi- und einer SPF-Barriere-Haltung Abstände von einer Woche eingehalten werden. Eine zentrale Personaleinsatzplanung von Tierpflegern ist somit zwar nicht ausgeschlossen, in ihrer Flexibilität jedoch erheblich eingeschränkt.

### 4.3.4 Kostenverrechnung

Eine auf globale Kennzahlen gestützte Abschätzung des Versuchstierbedarfs scheitert an den stark divergierenden Forschungsschwerpunkten. Planungen für Versuchstiereinrichtungen müssen daher weitgehend auf die individuellen Anforderungen der zum Planungszeitpunkt bereits tierexperimentell arbeitenden Forschergruppen und Institute gestützt werden. Um den nach Inbetriebnahme einer neuen Versuchstierhaltung häufig wachsenden Bedarf zu steuern, erscheint eine Kostenverrechnung zu Lasten der Budgets der Nutzer zweckmäßig. Darüber hinaus ermöglicht die Berechnung der Tierversuchskosten einzelner Projekte eine Weiterverrechnung an private und unter gewissen Bedingungen auch an öffentliche Drittmittelgeber. Die spätere Kostenverrechnung an die Nutzer sollte daher bereits während der Planung einer neuen Versuchstiereinrichtung konzipiert werden.

Kostenarten	Einzelkosten	Gemeinkosten	
		variabel	fix
1) Tiereinkauf			
a) Einkaufspreise	X		
b) Versand-/Transportkosten	X		
2) Pflege/Betreuung			
a) Futter/Einstreu		X	
b) Verbrauchsmaterial		X	
c) Hygieneuntersuchungen		X	
d) Personal		(X)	X
3) Unterbringung			
a) Käfige/Zubehör (Ersatzbeschaffung)		X	
b) Gebäudetechnik			
ba) Betriebskosten		X	
ba) Abschreibungen			X
c) Räume (Miete oder Abschreibungen)			X
4) tierexperimentelle Dienstleistungen			
a) tierklinische Untersuchungen	X		
b) reproduktionstechnische Verfahren	X		
c) gentechnische Eingriffe	X		
5) Over-Head			
a) Verwaltung			X
b) Umlagen			X

**Abb. 4.9: Kostenarten der tierexperimentellen Forschung**

Von vielen zentralen Versuchstiereinrichtungen in der Hochschulmedizin werden bereits Kosten an die Nutzer verrechnet, an den anderen Standorten sind entsprechende Konzepte zumindest in Planung. Allerdings unterscheiden sich der Umfang der verrechneten Kosten und die Bezugsgrößen, über die abgerechnet wird. Abbildung 4.9 gibt einen Überblick zu den Kostenarten der tierexperimentellen Forschung. Dabei wird zwischen Einzelkosten, die sich einzelnen Nutzern unmittelbar zuordnen lassen, und Gemeinkosten unterschieden, für die dies nicht möglich ist. Die Gemeinkosten werden zudem in variable Kosten, deren Umfang mit dem Auftragsvolumen schwankt, und fixe Kosten unterteilt, die unabhängig von der Auslastung der Versuchstiereinrichtung anfallen.

In der Hochschulpraxis werden die Einzelkosten des Tiereinkaufs zumeist direkt von den Nutzern getragen. In der Kostenrechnung der Versuchstiereinrichtungen tauchen diese Kosten daher nicht auf. Üblich ist dagegen die Verrechnung der variablen Gemeinkosten von Futter, Einstreu und des übrigen Verbrauchs-

materials. Teilweise werden auch die Kosten der Hygieneuntersuchungen und der Ersatzbeschaffung von Käfigen mit Zubehör in Rechnung gestellt. Darüber hinaus weit verbreitet ist die Berechnung der Einzelkosten tierexperimenteller Dienstleistungen, die die Versuchstiereinrichtung im Auftrag der jeweiligen Forscher durchführt. Dagegen sind die fixen Kosten der Unterbringung der Tiere, zu denen neben den Abschreibungen auf die Gebäudetechnik auch die Raumkosten zählen, und die Over-Head-Kosten der Versuchstiereinrichtung in der Regel nicht Gegenstand der Kostenverrechnung. Die deutlichsten Unterschiede bestehen bezüglich der Verrechnung der Personalkosten, die in einigen Konzepten vollständig, in anderen teilweise und in den übrigen gar nicht an die Nutzer weiterverrechnet werden.

Als Bezugsgröße dienen üblicherweise die Tage, die die Tiere in der Versuchstiereinrichtung gehalten werden, wobei zwischen den Tierarten differenziert wird. Pro Maus ergeben sich dabei Tagessätze je nach Haltungsform und Umfang der verrechneten Kosten zwischen 0,50 und 1,00 €. An anderen Standorten basieren die Rechnungen an die Nutzer auf Wochensätzen pro Käfig oder Monatssätzen für einzelne Käfiggestelle. Eine exemplarische Preisliste für die Versuchstierhaltung und tierexperimentelle Dienstleistungen kann auf der Homepage des Instituts für Labortierkunde der Universität Zürich (2003) eingesehen werden.

Die Beurteilung eines Kostenrechnungskonzepts hängt von den damit verfolgten Zwecken ab. Die **Bedarfssteuerung** soll den Forschern Anreize geben, in ihren Entscheidungen über Zahl und Haltedauer der Versuchstiere die zu erwartenden Ergebnisse gegen deren Kosten abzuwägen. Auf den ersten Blick scheint dies eine anteilige Verrechnung der vollen Kosten der Tierhaltung zu erfordern. Allerdings müssen die berechneten Kosten aus dem Budget der Forschergruppen und Institute finanzierbar sein, damit nicht auf wissenschaftlich sinnvolle Tierexperimente verzichtet werden muss. Eine Verrechnung von Vollkosten würde daher die Aufteilung des gesamten Budgets für die tierexperimentelle Forschung auf die Nutzer und die Organisation der Versuchstiereinrichtung als Profit-Center voraussetzen. Dies birgt die Gefahr struktureller Defizite bei der Versuchstiereinrichtung, falls auf eine Reduktion der tierexperimentellen Forschung nicht mit dem Abbau fixer Gemeinkosten reagiert werden kann. Für die Bedarfssteuerung ist es daher zweckmäßiger, den Nutzern nur Einzel- und variable Gemeinkosten in Rechnung zu stellen, deren Umfang tatsächlich durch ihre Entscheidungen über Art und Umfang der Tierexperimente bestimmt wird. Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass bereits geringe Kostensätze die Forschergruppen und Institute dazu veranlassen, durch wiederholte Inventuren die Haltedauer der Tiere deutlich zu reduzieren.

Die Personalkosten einer Versuchstiereinrichtung sind als fix einzustufen, wenn alle Tierpfleger auf unbefristeten Stellen beschäftigt sind und daher eine Anpassung der personellen Kapazität an eine reduzierte Auslastung nur mit großen Schwierigkeiten möglich ist. Variabel sind sie nur dann, wenn die fest angestellten Tierpfleger voll ausgelastet sind, sodass zusätzliche Aufträge nur mit Überstunden oder Aushilfskräften zu bewältigen sind. Dennoch ist es zweckmäßig, die Personalkosten anteilig an die Nutzer weiterzuverrechnen, um den unterschiedlichen Pflege- und Betreuungsaufwand für die verschiedenen Haltungsformen in differenzierten Kostensätzen abzubilden. Sinnvoll ist auch, in den Kostensätzen einen Anteil für Ersatzbeschaffungen von Käfigen und Zubehör zu berücksichtigen, da diese Ausrüstungsgegenstände bei stärkerer Nutzung öfter zu ersetzen sind.

Inwieweit die Kostenverrechnung an die Nutzer die **Refinanzierung** der Tierhaltungskosten ermöglicht, hängt insbesondere von den Förderungsrichtlinien der öffentlichen Drittmittelgeber ab. Die DFG als wichtigster Drittmittelgeber der biomedizinischen Forschung setzt beispielsweise voraus, dass ein angemessener Anteil der Tierhaltungskosten aus der Grundausrüstung der Hochschule finanziert wird. Refinanziert werden nur darüber hinausgehende Ergänzungsausrüstungen, die speziell für die Durchführung des geförderten Projekts erforderlich sind. Dies trifft im Wesentlichen nur auf Einzelkosten und variable Gemeinkosten zu, sodass eine Weiterverrechnung der fixen Gemeinkosten der Tierhaltungseinrichtung an die Nutzer auch für diesen Zweck nicht unbedingt erforderlich ist.





## 5 Bedarfsplanung

Das vorliegende Kapitel entwickelt Bedarfsmodelle zur Planung medizinischer Forschungszentren. Dazu werden typische Funktionsbereiche modelliert, die sich nach dem Baukastenprinzip zu verschiedenen Zentrumsmodellen zusammensetzen lassen.

Zunächst gibt Abschnitt 5.1 einen Überblick über die anschließend ausgearbeiteten Modelle und ihre Bausteine und zeigt die methodischen Besonderheiten der Bedarfsplanung für medizinische Forschungszentren auf. Abschnitt 5.2 erarbeitet die Bedarfsmodelle für die verschiedenen Funktionsbereiche eines Forschungszentrums (Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereiche) und ihre typischen Belegungen mit Forschungspersonal. Abschnitt 5.3 zeigt exemplarisch, wie sich diese Bausteine zu Zentrumsmodellen kombinieren lassen. Abschnitt 5.4 leitet aus der Gegenüberstellung von Flächen- und Personalstrukturen der exemplarischen Zentrumsmodelle Bedarfsrelationen her. Abschnitt 5.5 wendet sich schließlich der Nutzungssteuerung der Verfügungsbereiche zu.

### 5.1 Überblick

Medizinische Forschungszentren setzen sich aus Funktionsbereichen zusammen. Als **Funktionsbereiche** werden abgegrenzte Ensembles von Räumen bezeichnet, die innerhalb eines Forschungsgebäudes eine gemeinsame Funktion erfüllen, beispielsweise die befristete Bereitstellung von Verfügungslaboren oder die dauerhafte Unterbringung von Instituten. Beide Ebenen werden im Folgenden exemplarisch in Bedarfsmodellen abgebildet, wobei die Funktionsbereichsmodelle Bausteine der Zentrumsmodelle sind.

Ausgangspunkte der Modellentwicklung bilden die Raumprogramme von fünf Funktionsbereichen. Dazu gehören ein **Verfügungsbereich** zur befristeten Bereitstellung von Labor-, Auxiliar- und Büroräumen an durchschnittlich acht Forschergruppen, ein **Institutsbereich I** zur dauerhaften Unterbringung von zwei theoretischen Instituten, ein **Institutsbereichs II** für zwei theoretische und zwei klinisch-theoretische Institute, ein **Servicebereich** mit den für ein Forschungszentrum erforderlichen Gemeinschafts- und Infrastruktureinrichtungen sowie die drei **Tierbereiche I, II und III**.

Für die Raumprogramme des Verfügungsbereichs und der beiden Institutsbereiche werden auf Basis alternativer Laborkonzepte drei Varianten vorgestellt. **Variante A** unterstellt 40- und 20-m<sup>2</sup>-Standardlabore und zusätzliche Büroräume für wissenschaftliche Mitarbeiter, medizinische Doktoranden und naturwissenschaftliche Diplomanden (vgl. Abbildung 3.5). Dagegen werden in **Variante B** 40-m<sup>2</sup>-Standardlaborräume eingeplant, in denen neben experimentellen Arbeitsbereichen jeweils auch Schreibarbeitsplätze eingerichtet sind (vgl. Abbildung 3.6). **Variante C** basiert auf kombinierten Labor- und Denkkzonen mit Grundflächen von 50 bzw. 25 m<sup>2</sup> für jeweils sechs bis maximal acht Experimentatoren (vgl. Abbildung 3.8).

Abbildung 5.1 auf der folgenden Seite zeigt, wie diese Bausteine exemplarisch zu den **Zentrumsmodellen 1, 2 und 3** verknüpft werden. Dabei führen die drei alternativen Raumprogramme des Verfügungs- und der Institutsbereiche zu entsprechenden Varianten bei den Zentrumsmodellen.

Die vorgestellten Zentrumsmodelle dienen in erster Linie zur Illustration der Konstruktionsprinzipien. Ihre Auswahl zeigt zwar ein Spektrum unterschiedlich großer Objekte, kann die Variationsbreite medizinischer Forschungszentren jedoch nicht vollständig abdecken. Zur Anpassung an die Rahmenbedingungen konkreter Planungsprozesse lassen sich die Funktionsbereichsmodelle auch in anderen als den hier vorgestellten Kombinationen verknüpfen. Gegebenenfalls sind zudem mehr oder weniger große Modifikationen an den Bausteinen selbst erforderlich.

		Zentrumsmodell 1			Zentrumsmodell 2			Zentrumsmodell 3		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
<b>Verfügungs- bereich</b>	Variante A	X			X			2 x		
	Variante B		X			X			2 x	
	Variante C			X			X			2 x
<b>Instituts- bereich I</b>	Variante A				X					
	Variante B					X				
	Variante C						X			
<b>Instituts- bereich II</b>	Variante A							X		
	Variante B								X	
	Variante C									X
<b>Servicebereich</b>		X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Tierbereich I</b>		X	X	X						
<b>Tierbereich II</b>					X	X	X			
<b>Tierbereich III</b>								X	X	X

**Abb. 5.1: Exemplarische Bedarfsmodelle und ihre Bausteine im Überblick**

Bedarfsmodelle stellen quantitative und qualitative Zusammenhänge zwischen der Personal- und der Flächenstruktur einer Hochschuleinrichtung dar. Gewöhnlich dienen die Personaldaten als Mengengerüst, um den Flächenbedarf zu ermitteln. Medizinische Forschungszentren werden jedoch nicht dauerhaft bestimmten Organisationseinheiten zugeordnet. Vielmehr ist insbesondere für die Verfügungsbereiche eine flexible Nutzung durch sich verändernde Forschergruppen typisch. Daher beginnt die Bedarfsplanung hier mit der Modellierung der Raumprogramme und Flächenstrukturen. Erst im zweiten Schritt wird nach möglichen Belegungen durch Forschungspersonal gefragt. Dabei geht es nicht nur um die maximale Aufnahmekapazität, sondern auch um die Nutzungsflexibilität des jeweiligen Raumprogramms.

## 5.2 Bedarfsmodelle Funktionsbereiche

### 5.2.1 Verfügungsbereiche

Ein **Verfügungsbereich** ist ein Teilbereich eines Forschungsgebäudes mit Labor-, Auxiliar- und Büroräumen, der zur befristeten Unterbringung drittmittelfinanzierter Forschergruppen dient.

Der in Abbildung 5.2 modellierte Verfügungsbereich ist in allen drei Varianten für acht durchschnittliche Forschergruppen ausgelegt. Die Zahl der Schreivarbeitsplätze in den Modellen B und C übersteigt die Zahl der Büroarbeitsplätze in Modell A lediglich deshalb, weil sich neben den Schreivarbeitsplätzen keine zusätzlichen Dokumentationsplätze für die Laboranten einrichten lassen. Der Vergleich der drei Modelle zeigt, dass die Einrichtung von Schreivarbeitsplätzen in den Laborräumen zu einer Reduktion der Gesamtfläche von ca. 3 % führt, allerdings bei einer Ausdehnung der Laborfläche um 33 %. Demgegenüber ermöglichen die kombinierte Labor- und Denkbereiche sowohl Einsparungen bei der Laborfläche (- 17 %) als auch bei der Gesamtfläche (- 7%).

Verfügungsbereich - Modell A: separate Büroarbeitsplätze (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
8 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 320 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	8 Einzelbüros à 12 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze
8 Standard-Labore à 20 m <sup>2</sup> 160 m <sup>2</sup>	2 Geräte-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Doppelbüros à 12 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>	2 Umkleide-räume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	8 Dauerbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräte-raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	4 Viererbüros à 24 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		32 Zusatzbüroarbeitsplätze
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		24 Sozialraumplätze
		2 Kopierer-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		
Σ 480 m <sup>2</sup>	Σ 120 m <sup>2</sup>	Σ 408 m <sup>2</sup>	Σ 24 m <sup>2</sup>	
Gesamtfläche: 1032 m <sup>2</sup>				

Verfügungsbereich - Modell B: Schreibarbeitsplätze im Labor (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
16 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 640 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	8 Einzelbüros à 12 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze
	2 Geräte-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>	2 Umkleide-räume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	8 Dauerbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräte-raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Kopierer-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		48 Schreibarbeitsplätze
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>			24 Sozialraumplätze
Σ 640 m <sup>2</sup>	Σ 120 m <sup>2</sup>	Σ 216 m <sup>2</sup>	Σ 24 m <sup>2</sup>	
Gesamtfläche: 1000 m <sup>2</sup>				

Verfügungsbereich - Modell C: kombinierte Labor- und Denkzone (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
8 Standard-Labore à 50 m <sup>2</sup> 400 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	8 Einzelbüros à 12 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze (64 bei max. Belegung)
	2 Geräte-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Denkkonen à 25 m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup>	2 Umkleide-räume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	8 Dauerbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräte-raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		48 Schreibarbeitsplätze (64 bei max. Belegung)
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Kopierer-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		24 Sozialraumplätze
Σ 400 m <sup>2</sup>	Σ 120 m <sup>2</sup>	Σ 416 m <sup>2</sup>	Σ 24 m <sup>2</sup>	
Gesamtfläche: 960 m <sup>2</sup>				

Abb. 5.2: Alternative Bedarfsmodelle eines Verfügungsbereichs

Belegungsvarianten:		minimal ←			ideal	→ maximal			
		a	b	c	d	e	f	g	h
kleine Vollzeitgruppe(n)		1					1		1
Ø Vollzeitgruppe(n)				8	4		1	3	1
große Vollzeitgruppe(n)		5					1		1
kleine Teilzeitgruppe(n)			1			4			1
Ø Teilzeitgruppe(n)					4		1	3	1
große Teilzeitgruppe(n)			5			4	2		1
Klinikergruppe(n)							3	6	6
<b>Zahl der Gruppen</b>		<b>6</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Personal:</b>									
Gruppenleiter	ohne Klinikdienst	6	5	8	8	4	6	6	5
	mit Klinikdienst	0	1	0	0	4	3	6	7
wiss. Mitarbeiter	ohne Klinikdienst	16	10	16	16	8	12	12	10
	mit Klinikdienst	0	11	0	4	12	8	9	10
med. Dokt./ naturwiss. Dipl.	Vollzeitforschung	16	11	16	12	12	11	9	10
	Teilzeitforschung	0	11	0	4	12	8	9	10
Laboranten		16	16	16	16	16	17	18	18
Personen (insgesamt):		54	65	56	60	68	65	69	70
<b>Arbeitsplatzbedarf:</b>									
Laborarbeitsplätze		48	48	48	48	48	48	48	48
davon doppelt belegt		0	22	0	8	24	16	18	20
Dauerbüroarbeitsplätze		6	5	8	8	4	6	6	5
Zusatzbüro-/Schreivarbeitsplätze		32	33	32	32	36	34	36	37
davon doppelt belegt		0	22	0	8	24	16	18	20
Sozialraumplätze		16	16	16	16	16	17	18	18

**Abb. 5.3: Exemplarische Belegungen des Verfügungsbereichs**

In der späteren Nutzung des Verfügungsbereichs wird das Forschungspersonal im Zeitablauf schwanken. Dies erschwert nicht nur die Auslastungskontrolle, da weder aus niedrigen Personalzahlen auf eine Unterauslastung noch aus beengten Platzverhältnissen auf einen Zusatzbedarf geschlossen werden kann. Bereits in der Planung sind unterschiedliche Belegungen zu berücksichtigen. Abbildung 5.3 zeigt dazu weitere Belegungsvarianten neben der Idealbelegung von acht durchschnittlichen Forschergruppen, für die das Raumprogramm zusammengestellt ist. Dabei wird unterstellt, dass klinisch tätige Gruppenleiter lediglich einen Zusatzbüroarbeitsplatz benötigen und dass sich zwei klinisch tätige wissenschaftliche Mitarbeiter oder Doktoranden jeweils einen Labor- und einen Zusatzbüro- bzw. Schreivarbeitsplatz teilen können. Im Ergebnis können in dem Verfügungsbereich zwischen sechs und zwölf Forschergruppen untergebracht werden, je nachdem, ob es sich eher um große oder kleine und stärker klinisch tätige Gruppen handelt. Die Zahl der insgesamt in dem Verfügungsbereich tätigen Personen schwankt dabei zwischen 54 und 70 Personen.

### 5.2.2 Institutsbereiche

**Institutsbereiche** mit ihren Labor-, Auxiliar- und Büroräumen dienen zur dauerhaften Unterbringung theoretischer und/oder klinisch-theoretischer Institute.

Abbildung 5.4 zeigt einen Institutsbereich I für zwei theoretische Institute in den oben beschriebenen Varianten für separate Büroarbeitsplätze (Modell A), Schreivarbeitsplätze im Labor (Modell B) und kombinierte Labor- und Denkbereiche (Modell C). Die Raumprogramme entsprechen im Wesentlichen denen des in Abbildung 5.2 dargestellten Verfügungsbereichs, es werden lediglich Räume für Professorenbüros, Sekretariate und EDV-Techniker mit zusammen 168 m<sup>2</sup> ergänzt.

<b>Institutsbereich I (2 theoretische Institute)</b> (Modell A: separate Büroarbeitsplätze; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
8 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 320 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	4 Büros à 18 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze
8 Standard-Labore à 20 m <sup>2</sup> 160 m <sup>2</sup>	2 Gerätrräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	21 Büros à 12 m <sup>2</sup> 252 m <sup>2</sup>	2 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	4 Leitungsbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräterraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	4 Büros à 24 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		3 Sekretariatsarbeitsplätze
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		10 Dauerbüroarbeitsplätze
		2 Rechner-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		32 Zusatzbüroarbeitsplätze
		3 Kopierer/Archiv à 12 m <sup>2</sup> 36 m <sup>2</sup>		24 Sozialraumplätze
<b>Σ 480 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 120 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 576 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 24 m<sup>2</sup></b>	
<b>Gesamtfläche: 1.200 m<sup>2</sup></b>				

<b>Institutsbereich I (2 theoretische Institute)</b> (Modell B: Schreibarbeitsplätze im Labor; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
16 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 640 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	4 Büros à 18 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze
	2 Gerätrräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	13 Büros à 12 m <sup>2</sup> 156 m <sup>2</sup>	2 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	4 Leitungsbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräterraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		3 Sekretariatsarbeitsplätze
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Rechner-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		10 Dauerbüroarbeitsplätze
		3 Kopierer/Archiv à 12 m <sup>2</sup> 36 m <sup>2</sup>		48 Schreibarbeitsplätze
<b>Σ 640 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 120 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 384 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 24 m<sup>2</sup></b>	24 Sozialraumplätze
<b>Gesamtfläche: 1.168 m<sup>2</sup></b>				

<b>Institutsbereich I (2 theoretische Institute)</b> (Modell C: kombinierte Labor- und Denkkzone; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
8 Standard-Labore à 50 m <sup>2</sup> 400 m <sup>2</sup>	1 Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	4 Büros à 18 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>	1 Aufenthaltsraum à 24 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>	48 Laborarbeitsplätze (64 bei max. Belegung)
	2 Gerätrräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	13 Büros à 12 m <sup>2</sup> 156 m <sup>2</sup>	2 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> (NNF) 12 m <sup>2</sup>	4 Leitungsbüroarbeitsplätze
	1 Kühlgeräterraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	8 Denkkzonen à 25 m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup>		3 Sekretariatsarbeitsplätze
	2 Lager-räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	2 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 96 m <sup>2</sup>		10 Dauerbüroarbeitsplätze
		2 Rechner-räume à 12 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup>		48 Schreibarbeitsplätze (64 bei max. Belegung)
		3 Kopierer/Archiv à 12 m <sup>2</sup> 36 m <sup>2</sup>		24 Sozialraumplätze
<b>Σ 400 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 120 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 584 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 24 m<sup>2</sup></b>	
<b>Gesamtfläche: 1.128 m<sup>2</sup></b>				

Abb. 5.4: Institutsbereich I für zwei theoretische Institute

Belegungsvarianten:	minimal ←		ideal	→ maximal		
	a	b		d	e	f
kleine theoretische Institute	1	1		2	4	
Ø theoretische Institute	1		2	1		1
große theoretische Institute		1				1
Zahl der Institute	2	2	2	3	4	2
<b>Personalstruktur:</b>						
Professoren	3	4	4	4	4	5
Gruppenleiter	6	8	8	8	8	10
wiss. Mitarbeiter	12	16	16	16	16	20
med. Dokt./naturw. Dipl.	12	16	16	16	16	20
Laboranten	12	16	16	16	16	20
EDV-Techniker	2	2	2	2	2	2
Verwaltungsmitarbeiter	2	3	3	3	3	3
<b>Personen (insgesamt):</b>	<b>49</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>65</b>	<b>80</b>
<b>Arbeitsplatzbedarf:</b>						
Laborarbeitsplätze	36	48	48	48	48	60
Leitungsbüroarbeitsplätze	3	4	4	4	4	5
Sekretariatsplätze	2	3	3	3	3	3
Dauerbüroarbeitsplätze	8	10	10	10	10	12
Zusatzbüro-/Schreibarbeitsplätze	24	32	32	32	32	40
Sozialraumplätze	12	16	16	16	16	20

**Abb. 5.5: Exemplarische Belegungen des Institutsbereichs I**

In Abbildung 5.5 werden einige mögliche Belegungen des Institutsbereichs I durch verschiedene theoretische Institute mit unterschiedlicher Personalstärke vorgestellt. Konzipiert ist das Raumprogramm für zwei durchschnittlich große Institute (Belegungsvariante c). Vergleichbare Personalzahlen ergeben sich bei der Belegung mit einem kleinen und einem großen Institut (Variante b) sowie mit zwei kleinen und einem durchschnittlichen Institut (Variante d). Vier kleine Institute können im Institutsbereich I untergebracht werden, sofern sich davon zwei Institute jeweils ein Sekretariat und einen EDV-Techniker teilen (Variante e). Die Varianten a und f veranschaulichen eine minimale und eine maximale Belegung, wenn ausgehend von zwei durchschnittlichen Instituten eines der beiden im Zeitablauf schrumpft bzw. wächst. Im letzten Fall wird ein Zusammenrücken in den Laboren und Büroräumen unvermeidlich sein, was am leichtesten in großen Räumen mit kombinierten Labor- und Denkbereichen möglich ist (Modell C).

Abbildung 5.6 beschreibt das Raumprogramm eines Institutsbereichs II, der für zwei theoretische und zwei klinisch-theoretische Institute konzipiert ist. Dabei wird – wie im Institutsbereich I – unterstellt, dass sich jeweils zwei Institute ein Set von Auxiliar- und Sozialräumen teilen. Charakteristisch für klinisch-theoretische Institute sind Dienstleistungen für den Klinikbetrieb, beispielsweise mikrobiologische oder virologische Analysen, die sie neben den Aufgaben in Forschung und Lehre durchführen. Daher ist ihre Personalausstattung um durchschnittlich ein Viertel größer als die vergleichbarer theoretischer Institute (vgl. Abbildung 2.4). Dies schlägt sich in der Gesamtfläche des Institutsbereichs II in einem Mehrbedarf je nach Modellvariante zwischen 200 und 240 m<sup>2</sup> im Vergleich zu einer Verdoppelung des Institutsbereichs I nieder.

<b>Institutsbereich II (2 theoretische + 2 klinisch-theoretische Institute)</b> (Modell A: separate Büroarbeitsplätze; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
19 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 760 m <sup>2</sup>	2 Spülräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Büros à 18 m <sup>2</sup> 144 m <sup>2</sup>	2 Aufenthaltsräume à 24 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>	112 Laborarbeitsplätze
18 Standard-Labore à 20 m <sup>2</sup> 360 m <sup>2</sup>	4 Geräteräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	48 Büros à 12 m <sup>2</sup> 576 m <sup>2</sup>	4 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup> (NNF)	8 Leitungsbüroarbeitsplätze
	2 Kühlgeräteräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Viererbüros à 24 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>		6 Sekretariatsarbeitsplätze
	4 Lagerräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	4 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>		20 Dauerbüroarbeitsplätze
		4 Rechnerräume à 12 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>		76 Zusatzbüroarbeitsplätze
		6 Kopierer/Archive à 12 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>		36 Sozialraumplätze
<b>Σ</b> 1.120 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 240 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 1.224 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 48 m <sup>2</sup>	
<b>Gesamtfläche: 2.632 m<sup>2</sup></b>				

<b>Institutsbereich II (2 theoretische + 2 klinisch-theoretische Institute)</b> (Modell B: Schreibarbeitsplätze im Labor; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
38 Standard-Labore à 40 m <sup>2</sup> 1.520 m <sup>2</sup>	2 Spülräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Büros à 18 m <sup>2</sup> 144 m <sup>2</sup>	2 Aufenthaltsräume à 24 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>	114 Laborarbeitsplätze
	4 Geräteräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	26 Büros à 12 m <sup>2</sup> 312 m <sup>2</sup>	2 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> 12 m <sup>2</sup> (NNF)	8 Leitungsbüroarbeitsplätze
	2 Kühlgeräteräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	4 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>		6 Sekretariatsarbeitsplätze
	4 Lagerräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	4 Rechnerräume à 12 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>		20 Dauerbüroarbeitsplätze
		6 Kopierer/Archive à 12 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>		114 Schreibarbeitsplätze
<b>Σ</b> 1.520 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 240 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 768 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 48 m <sup>2</sup>	36 Sozialraumplätze
<b>Gesamtfläche: 2.576 m<sup>2</sup></b>				

<b>Institutsbereich II (2 theoretische + 2 klinisch-theoretische Institute)</b> (Modell C: kombinierte Labor- und Denkkzone; Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Labore	Auxiliarräume	Büroräume	Sozialräume	Arbeitsplätze:
19 Standard-Labore à 50 m <sup>2</sup> 950 m <sup>2</sup>	2 Spülräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	8 Büros à 18 m <sup>2</sup> 144 m <sup>2</sup>	2 Aufenthaltsräume à 24 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>	114 Laborarbeitsplätze (152 bei max. Belegung)
	4 Geräteräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	26 Büros à 12 m <sup>2</sup> 312 m <sup>2</sup>	4 Umkleideräume à 6 m <sup>2</sup> 24 m <sup>2</sup> (NNF)	8 Leitungsbüroarbeitsplätze
	2 Kühlgeräteräume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	19 Denkkzonen à 25 m <sup>2</sup> 475 m <sup>2</sup>		3 Sekretariatsarbeitsplätze
	4 Lagerräume à 20 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	4 Besprech.-räume à 48 m <sup>2</sup> 192 m <sup>2</sup>		20 Dauerbüroarbeitsplätze
		4 Rechnerräume à 12 m <sup>2</sup> 48 m <sup>2</sup>		114 Schreibarbeitsplätze (152 bei max. Belegung)
		6 Kopierer/Archive à 12 m <sup>2</sup> 72 m <sup>2</sup>		36 Sozialraumplätze
<b>Σ</b> 950 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 240 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 1.243 m <sup>2</sup>	<b>Σ</b> 48 m <sup>2</sup>	
<b>Gesamtfläche: 2.481 m<sup>2</sup></b>				

Abb. 5.6: Institutsbereich II für zwei theoretische und zwei klinisch-theoretische Institute

Belegungsvarianten:	minimal ←		ideal	→ maximal		
	a	b		d	e	f
kleine theoretische Institute	1	1		2	4	
Ø theoretische Institute	1		2	1		2
große theoretische Institute		1				
kleine klinisch-theoretische Institute		1		2	4	
Ø klinisch-theoretische Institute	2		2	1		1
große klinisch-theoretische Institute		1				1
Zahl der Institute	4	4	4	6	8	4
<b>Personalstruktur:</b>						
Professoren	7	8	8	8	8	9
Gruppenleiter	14	16	16	16	16	18
wiss. Mitarbeiter	36	40	40	40	40	46
med. Dokt./naturw. Dipl.	28	32	32	32	32	36
Laboranten	36	40	40	40	40	46
EDV-Techniker	4	4	4	4	4	4
Verwaltungsmitarbeiter	4	6	6	6	6	5
<b>Personen (insgesamt):</b>	<b>129</b>	<b>146</b>	<b>146</b>	<b>146</b>	<b>146</b>	<b>164</b>
<b>Arbeitsplatzbedarf:</b>						
Laborarbeitsplätze	100	112	112	112	112	128
Leitungsbüroarbeitsplätze	7	8	8	8	8	9
Sekretariatsplätze	4	6	6	6	6	5
Dauerbüroarbeitsplätze	14	16	16	16	16	18
Zusatzbüro-/Schreibarbeitsplätze	64	72	72	72	72	82
Sozialraumplätze	36	40	40	40	40	46

**Abb. 5.7: Exemplarische Belegungen des Institutsbereichs II**

Die in Abbildung 5.7 beschriebenen Belegungsvarianten zeigen, dass sich im Institutsbereich II statt vier durchschnittlichen Instituten (Varianten b und c) bis zu 8 kleine Institute unterbringen lassen, falls sich einige Institute mit gemeinsamen Sekretariaten und EDV-Technikern begnügen (Varianten d und e). Sofern ausgehend von einer Belegung mit zwei durchschnittlichen theoretischen und zwei durchschnittlichen klinisch-theoretischen Instituten eine Organisationseinheit schrumpft (Variante a) oder wächst (Variante f), ergeben sich Schwankungen in der Gesamtzahl der unterzubringenden Personen zwischen 129 und 164.

### 5.2.3 Servicebereich

Der **Servicebereich** eines Forschungszentrums umfasst alle Labor-, Geräte- und Lagerräume, in denen von den Forschergruppen und Instituten gemeinsam genutzte Forschungs- und Infrastruktureinrichtungen untergebracht sind.

Das in Abbildung 5.8 dargestellte Raumprogramm orientiert sich an den Nutzererfahrungen aus den von HIS besichtigten Forschungszentren. Bei den eingeplanten S 3- und Isotopeneinheiten handelt es sich um funktionsfähige Mindestausstattungen. Im Zusammenhang mit der tierexperimentellen Forschung werden regelmäßig ein Histologielabor und für die Unterbringung von Großgeräten, z. B. konfokaler Mikroskope, Zellsorter oder PCR-Analyser, Geräteräume benötigt.



Servicebereich (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
S-3-Einheit	Isotopeneinheit	Gerätelabore	Lagerräume	Büroräume
1 mol.-bio. Labor à 20 m <sup>2</sup>	1 biochem. Labor à 20 m <sup>2</sup>	1 Histologie- labor à 20 m <sup>2</sup>	1 Chem.- lager à 20 m <sup>2</sup>	1 Büro Koodinator à 12 m <sup>2</sup>
1 Zellkultur- Labor à 20 m <sup>2</sup>	1 mol.-bio. Labor à 20 m <sup>2</sup>	1 Kühlraum à 20 m <sup>2</sup>	1 Gasfl.- lager à 10 m <sup>2</sup>	1 Sekretariat à 12 m <sup>2</sup>
1 Autoklav à 10 m <sup>2</sup>	1 Abkling- raum à 10 m <sup>2</sup>	2 Geräte- räume à 10 m <sup>2</sup>	1 Entsorgung à 20 m <sup>2</sup>	2 Büros für EDV- à 12 m <sup>2</sup>
1 Schleuse à 10 m <sup>2</sup> (NNF)	1 Schleuse à 10 m <sup>2</sup> (NNF)	2 Geräte- räume à 20 m <sup>2</sup>		2 Rechner- räume à 12 m <sup>2</sup>
Σ 50 m <sup>2</sup>	Σ 50 m <sup>2</sup>	Σ 100 m <sup>2</sup>	Σ 50 m <sup>2</sup>	Σ 72 m <sup>2</sup>
				<b>Gesamtfläche: 322 m<sup>2</sup></b>

**Abb. 5.8: Servicebereich eines Forschungszentrums**

Die Größe der einzelnen Module und damit des Servicebereiches als Ganzes hängt weniger von der Zahl der im Forschungszentrum untergebrachten Forscher, sondern von deren Forschungsschwerpunkten ab. Im Einzelfall müssen daher an einzelnen Standorten wesentlich mehr S 3-Labore oder Geräteräume eingeplant werden, während an anderen Standorten ganz auf S 3- oder Isotopenlabore verzichtet werden kann.

Das modellierte Raumprogramm geht von einer Personalausstattung mit einem Koordinator, einem Sekretariat, zwei EDV-Technikern sowie zwei Laboranten aus (vgl. Abschnitt 3.3.3). Dabei wird unterstellt, dass letztere den Aufenthaltsraum des Verfügungsbereich mitnutzen können.

#### 5.2.4 Tierbereiche

Als **Tierbereiche** werden von den Laborräumen abgegrenzte Gebäudebereiche für die Haltung von Versuchstieren und die Durchführung von Tierexperimenten bezeichnet. In Abbildung 5.9 auf der folgenden Seite sind die Raumprogramme von drei typischen Tierbereichen zusammengestellt.

Bei **Tierbereich I** handelt es sich um eine Barriere-Haltung mit 10 Standardtierräumen für 7.000 bis 8.000 Mäuse (vgl. Abbildung 4.6). Zu den erforderlichen Nebenräumen außerhalb der Barriere gehören das Büro für den leitenden Tierarzt und einen Sozialraum für die Tierpfleger. Eine solche Einrichtung kann in verkleinerter Form auch als dezentrale Infektions-Barriere-Haltung genutzt werden. Mit beispielsweise 5 Standardtierräumen für 3.000 bis 4.000 Mäusen und den notwendigen Nebenräumen lässt sich die Gesamtfläche auf 200 m<sup>2</sup> HNF reduzieren. **Tierbereich II** besteht im Kern aus einer kombinierten Semi-Barriere- und Barriere-Haltung mit hintereinandergeschalteten Tierhaltungsräumen und Tierlaboren für insgesamt 10.000 bis 12.000 Mäuse (vgl. Abbildung 4.7). Mit **Tierbereich III** wird schließlich eine zentrale Tierhaltung für eine Medizineinrichtung modelliert. Neben zwei SPF-Barrieren mit jeweils 10 Standardtierräumen sind dort auch die typischerweise von einer experimentellen Chirurgie benötigten Großtierräume untergebracht.

Als Personalausstattung zum Betrieb der Tierhaltungen sind neben einem Tierarzt als Leiter schätzungsweise 8 bis 10 Tierpfleger im Tierbereich I (siehe Abbildung 5.11), 12 bis 14 Tierpfleger und ein Laborant im Tierbereich II (siehe Abbildung 5.13) und 16 bis 18 Tierpfleger sowie zwei Laboranten im Tierbereich III (siehe Abbildung 5.15) erforderlich. Dabei wird unterstellt, dass Tierhaltungseinrichtungen im Durchschnitt pro Standardtierraum einen Mitarbeiter benötigen (vgl. Abschnitt 4.3.3). Zusätzlich wird im Tierbereich III ein Tierpfleger für die Großtiere eingeplant.

Tierbereich I: Barriere-Haltung (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Tierräume (rein)	Tierräume (konventionell)	Servicebereiche	Lagerbereiche	sonstige Räume
10 Standard- tierräume à 20 m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup>		1 Käfig- Spülraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Lager- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Büro à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>
1 Durchreiche- Autoklav à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>		1 Futter- küche à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>	1 Futter- lager à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Sozial- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>
2 Personen- schleusen à 10 m <sup>2</sup> (NNF) 20 m <sup>2</sup>		1 Kryokon- servierung à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Entsorg.- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Umkleide- räume à 5 m <sup>2</sup> (NNF) 10 m <sup>2</sup>
<b>Σ 210 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 0 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 50 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 60 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 30 m<sup>2</sup></b>
<b>Gesamtfläche:</b>				<b>350 m<sup>2</sup></b>

Tierbereich II: Kombinierte Semi-Barriere- und Barriere-Haltung (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Tierräume (rein)	Tierräume (konventionell)	Servicebereiche	Lagerbereiche	sonstige Räume
5 Tierhalt- räume à 20 m <sup>2</sup> 100 m <sup>2</sup>	1 Tier- labor à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Käfig- Spülraum à 30 m <sup>2</sup> 30 m <sup>2</sup>	1 Lager- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Büro à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>
10 Tier- labore à 20 m <sup>2</sup> 200 m <sup>2</sup>		1 Futter- küche à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>	1 Futter- lager à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Sozial- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>
1 Durchreiche- Autoklav à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>		1 Kryokon- servierung à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Entsorg.- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Umkleide- räume à 5 m <sup>2</sup> (NNF) 10 m <sup>2</sup>
2 Personen- schleusen à 10 m <sup>2</sup> (NNF) 20 m <sup>2</sup>		1 tierklinisch. Geräteraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>		
<b>Σ 310 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 20 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 80 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 60 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 30 m<sup>2</sup></b>
<b>Gesamtfläche:</b>				<b>500 m<sup>2</sup></b>

Tierbereich III: Zentrale Tierhaltung (Flächenangaben in m <sup>2</sup> HNF)				
Tierräume (rein)	Tierräume (konventionell)	Servicebereiche	Lagerbereiche	sonstige Räume
20 Standard- tierräume à 20 m <sup>2</sup> 400 m <sup>2</sup>	4 Großtier- räume à 40 m <sup>2</sup> 160 m <sup>2</sup>	1 Käfig- Spülraum à 100 m <sup>2</sup> 100 m <sup>2</sup>	2 Lager- räume à 20 m <sup>2</sup> 40 m <sup>2</sup>	1 Büro à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>
2 Durchreiche- Autoklaven à 10 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Tier- OPs à 40 m <sup>2</sup> 80 m <sup>2</sup>	1 Futter- küche à 10 m <sup>2</sup> 10 m <sup>2</sup>	1 Futter- lager à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Sozial- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>
4 Personen- schleusen à 10 m <sup>2</sup> (NNF) 40 m <sup>2</sup>	3 Tier- labore à 20 m <sup>2</sup> 60 m <sup>2</sup>	1 Kryokon- servierung à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Entsorg.- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	2 Umkleide- räume à 5 m <sup>2</sup> (NNF) 10 m <sup>2</sup>
		1 tierklinisch. Geräteraum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	1 Kadaver- raum à 20 m <sup>2</sup> 20 m <sup>2</sup>	
<b>Σ 420 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 300 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 150 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 100 m<sup>2</sup></b>	<b>Σ 30 m<sup>2</sup></b>
<b>Gesamtfläche:</b>				<b>1.000 m<sup>2</sup></b>

Abb. 5.9: Raumprogramme verschiedener Tierbereiche

### 5.3 Bedarfsmodelle Forschungszentren

Die vorgestellten Funktionsbereichsmodelle lassen sich in unterschiedlichen Kombinationen zu Forschungszentren zusammensetzen. Im Folgenden wird dies an drei verschiedenen Beispielen vorgeführt.

**Zentrumsmodell 1** bildet ein kleines Forschungszentrum mit 48 Laborarbeitsplätzen und – je nach Laborkonzept – einer Gesamtfläche zwischen 1.600 und 1.700 m<sup>2</sup> HNF ab. Es umfasst einen Verfügungsbereich für acht durchschnittliche Vollzeitgruppen (vgl. Abbildung 5.2), einen Servicebereich (vgl. Abbildung 5.8) und eine Barrierehaltung für 7.000 bis 8.000 Mäuse (vgl. Tierbereich I in Abbildung 5.9). Stammflächen für Institute sind in diesem Forschungszentrum nicht vorgesehen.

**Zentrumsmodell 2** beschreibt ein mittleres Forschungszentrum mit einem Verfügungsbereich (vgl. Abbildung 5.2) und einem Institutsbereich I für zwei theoretische Institute (vgl. Abbildung 5.4), dem erforderlichen Servicebereich (vgl. Abbildung 5.8) sowie einer kombinierten Semi-Barrier- und Barriere-Haltung für 10.000 bis 12.000 Mäuse (vgl. Tierbereich II in Abbildung 5.9). Das Modell ist für 96 Laborarbeitsplätze ausgelegt. Je nach Laborkonzept schwankt die Gesamtfläche zwischen 2.900 und 3.100 m<sup>2</sup> HNF.

Zu dem im **Zentrumsmodell 3** modellierten Forschungszentrum gehören zwei Verfügungsbereiche (vgl. Abbildung 5.2), ein Institutsbereich II für zwei theoretische und zwei klinisch-theoretische Institute (vgl. Abbildung 5.6), ein Servicebereich (vgl. Abbildung 5.8) sowie eine zentrale Tierhaltung. Diese umfasst zwei Kleinnager-Barrierhaltungen sowie Tierräume und Tier-OPs für Großtiere (vgl. Tierbereich III in Abbildung 5.9). Mit einer Gesamtfläche zwischen 5.700 und 6.000 m<sup>2</sup> HNF charakterisiert das Modell 3 ein großes Forschungszentrum, das für 208 Laborarbeitsplätze konzipiert ist.

In Abbildung 5.10 auf der folgenden Seite sind die Flächenausstattungen in den Raumnutzungsarten (vgl. dazu Abschnitt 3.2.1) und die zugehörigen Nutzungsprofile für die Varianten des Zentrumsmodells 1 zusammengestellt. Im Ergebnis führen die kombinierten Labor- und Denkbereiche (Variante C) im Vergleich zu separaten Labor- und Büroräumen (Variante A) zu einer Flächenreduktion von 70 m<sup>2</sup> oder 4 %. Allerdings werden solche Kombinationslösungen nicht an allen Standorten von den Forschern gleichermaßen akzeptiert.

Zentrumsmodell 1 - Variante A: separate Büroarbeitsplätze (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)					
	Ver- fügungs- bereich	Service- bereich	Tier- bereich I	$\Sigma$	Profil
Standardlabore	480	20	20	520	30,5%
Sicherheitsräume		100		100	5,9%
Auxiliarräume	120	130	90	340	20,0%
Tierräume			210	210	12,3%
Büroräume	408	72	10	490	28,8%
Sozialräume	24		20	44	2,6%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1.032</b>	<b>322</b>	<b>350</b>	<b>1.704</b>	<b>100,0%</b>

Zentrumsmodell 1 - Variante B: Schreivarbeitsplätze im Labor (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)					
	Ver- fügungs- bereich	Service- bereich	Tier- bereich I	$\Sigma$	Profil
Standardlabore	640	20	20	680	40,7%
Sicherheitsräume		100		100	6,0%
Auxiliarräume	120	130	90	340	20,3%
Tierräume			210	210	12,6%
Büroräume	216	72	10	298	17,8%
Sozialräume	24		20	44	2,6%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1.000</b>	<b>322</b>	<b>350</b>	<b>1.672</b>	<b>100,0%</b>

Zentrumsmodell 1 - Variante C: Kombinierte Labor- und Denkbereiche (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)					
	Ver- fügungs- bereich	Service- bereich	Tier- bereich I	$\Sigma$	Profil
Standardlabore	400	20	20	440	27,0%
Sicherheitsräume		100		100	6,1%
Auxiliarräume	120	130	90	340	20,8%
Tierräume			210	210	12,9%
Büroräume	416	72	10	498	30,5%
Sozialräume	24		20	44	2,7%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>960</b>	<b>322</b>	<b>350</b>	<b>1.632</b>	<b>100,0%</b>

Abb. 5.10: Zentrumsmodell 1 - Flächenausstattung

<b>Zentrumsmodell 1 - Personalstruktur</b>				
	<b>Ver- fügungs- bereich</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich I</b>	<b>Σ</b>
Professoren				0
Gruppenleiter	6 – 12	1	1	8 – 14
<b>Leitungspersonal</b>	<b>6 – 12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>8 – 14</b>
wiss. Mitarbeiter	16 – 21			16 – 21
med. Dokt./nat. Dipl.	16 – 24			16 – 24
Laboranten	16 – 18	2		18 – 20
<b>Experimentatoren</b>	<b>48 – 60</b>	<b>2</b>		<b>50 – 62</b>
Tierpfleger			8 – 10	8 – 10
Verw.-Mitarbeiter		1		1
EDV-Techniker		2		2
<b>nicht wiss. Mitarbeiter</b>		<b>3</b>	<b>8 – 10</b>	<b>11 – 13</b>
<b>Personen (insgesamt)</b>	<b>54 – 70</b>	<b>6</b>	<b>9 – 11</b>	<b>69 – 87</b>

**Abb. 5.11: Zentrumsmodell 1 - Personalstruktur**

Abbildung 5.11 zeigt Bandbreiten der Personalstruktur für das Zentrumsmodell 1. Dabei ergeben sich die Schwankungsbereiche aus den in Abbildung 5.3 zusammengestellten Belegungsvarianten. Da für jede Personalkategorie jeweils die minimale und die maximale Zahl angegeben wird, obwohl nicht alle Minima bzw. Maxima gleichzeitig auftreten, entsprechen die Unter- und Obergrenzen für die Gesamtzahl der Personen nicht unbedingt den Summen für die einzelnen Beschäftigtengruppen.

Abbildung 5.12 auf der nächsten Seite beschreibt die Flächenausstattungen und Nutzungsprofile für das Zentrumsmodell 2 in Abhängigkeit der drei alternativen Laborkonzepte. Die Gegenüberstellung der Flächen in den verschiedenen Raumnutzungsbereichen verdeutlicht, dass der Institutsbereich I bis auf die Räume für Professoren, Sekretariate, Archive und EDV-Techniker mit zusammen 168 m<sup>2</sup> HNF dem Verfügungsbereich entspricht. Für das Zentrumsmodell 2 ermöglichen die kombinierten Labor- und Denkbereiche (Variante C) im Vergleich zu separaten Labor- und Büroräumen (Variante A) eine Flächeneinsparung von 144 m<sup>2</sup> oder 5 %.

<b>Zentrumsmodell 2 - Variante A: separate Büroarbeitsplätze</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>Ver- fügungs- bereich</b>	<b>Instituts- bereich I</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich II</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	480	480	20	20	1000	32,7%
Sicherheitsräume			100		100	3,3%
Auxiliarräume	120	120	130	120	490	16,0%
Tierräume				330	330	10,8%
Büroräume	408	576	72	10	1066	34,9%
Sozialräume	24	24		20	68	2,2%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1.032</b>	<b>1.200</b>	<b>322</b>	<b>500</b>	<b>3.054</b>	<b>100,0%</b>

<b>Zentrumsmodell 2 - Variante B: Schreibarbeitsplätze im Labor</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>Ver- fügungs- bereich</b>	<b>Instituts- bereich I</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich II</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	640	640	20	20	1320	44,1%
Sicherheitsräume			100		100	3,3%
Auxiliarräume	120	120	130	120	490	16,4%
Tierräume				330	330	11,0%
Büroräume	216	384	72	10	682	22,8%
Sozialräume	24	24		20	68	2,3%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1.000</b>	<b>1.168</b>	<b>322</b>	<b>500</b>	<b>2.990</b>	<b>100,0%</b>

<b>Zentrumsmodell 2 - Variante C: Kombinierte Labor- und Denkzonen</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>Ver- fügungs- bereich</b>	<b>Instituts- bereich I</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich II</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	400	400	20	20	840	28,9%
Sicherheitsräume			100		100	3,4%
Auxiliarräume	120	120	130	120	490	16,8%
Tierräume				330	330	11,3%
Büroräume	416	584	72	10	1082	37,2%
Sozialräume	24	24		20	68	2,3%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>960</b>	<b>1.128</b>	<b>322</b>	<b>500</b>	<b>2.910</b>	<b>100,0%</b>

Abb. 5.12: Zentrumsmodell 2 - Flächenausstattung

<b>Zentrumsmodell 2 - Personalstruktur</b>					
	<b>Ver- fügungs- bereich</b>	<b>Instituts- bereich I</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich II</b>	<b>Σ</b>
Professoren		3 – 5			3 – 5
Gruppenleiter	6 – 12	6 – 10	1	1	14 – 24
<b>Leitungspersonal</b>	<b>6 – 12</b>	<b>9 – 15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>17 – 29</b>
wiss. Mitarbeiter	16 – 21	12 – 20			28 – 41
med. Dokt./nat. Dipl.	16 – 24	12 – 20			28 – 44
Laboranten	16 – 18	12 – 20	2	1	28 – 38
<b>Experimentatoren</b>	<b>48 – 60</b>	<b>36 – 60</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>86 – 122</b>
Tierpfleger				12 – 14	12 – 14
Verw.-Mitarbeiter		2 – 3	1		3 – 3
EDV-Techniker		2	2		4
<b>nicht wiss. Mitarbeiter</b>		<b>4 – 5</b>	<b>3</b>	<b>12 – 14</b>	<b>19 – 22</b>
<b>Personen (insgesamt)</b>	<b>54 – 70</b>	<b>49 – 80</b>	<b>6</b>	<b>14 – 16</b>	<b>123 – 172</b>

**Abb. 5.13: Zentrumsmodell 2 - Personalstruktur**

In Abbildung 5.13 sind Schwankungsbereiche für die Personalstruktur des Zentrumsmodells 2 dargestellt. Die Unter- und Obergrenzen für die im Verfügungsbereich beschäftigten Personen basieren auf den in Abbildung 5.3 zusammengestellten Belegungsvarianten, die Bandbreiten für den Institutsbereich I sind aus Abbildung 5.5 übernommen. Im Verfügungsbereich ergeben sich lediglich Schwankungen nach oben, je nach Anteil der in den Klinikdienst eingebundenen Teilzeitforscher. Die nach unten und oben um einen Mittelwert streuenden Bandbreiten beim Institutspersonal basieren dagegen auf alternativen Belegungen durch Institute mit unterschiedlichen Personalstärken.

Abbildung 5.14 auf der folgenden Seite zeigt die Flächenausstattungen und Nutzungsprofile für das Zentrumsmodell 3, wiederum in Abhängigkeit der drei Laborvarianten. Vergleichbar zu den beiden anderen Modellen beträgt die Flächenreduktion von Variante C (kombinierte Labor- und Denkbereiche) im Vergleich zu Variante A (separate Labor- und Büroräume) etwa 5 %, was bei einer Gesamtfläche von 6.018 m<sup>2</sup> einer Einsparung von 295 m<sup>2</sup> entspricht.

In Abbildung 5.15 auf der übernächsten Seite wird die Personalstruktur des Zentrumsmodells 3 dargestellt. Die Bandbreiten für die beiden Verfügungsbereiche ergeben sich durch Verdoppelung der Unter- und Obergrenzen aus den Abbildung 5.11 bzw. 5.13. Die Schwankungsbreiten für den Institutsbereich II sind aus den möglichen Belegungsvarianten in Abbildung 5.7 hergeleitet.

<b>Zentrumsmodell 3 - Variante A: separate Büroarbeitsplätze</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>2 Ver- fügungs- bereiche</b>	<b>Instituts- bereich II</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich III</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	960	1120	20	20	2120	35,2%
Sicherheitsräume			100		100	1,7%
Auxiliarräume	240	240	130	230	840	14,0%
Tierräume				720	720	12,0%
Büroräume	816	1224	72	10	2122	35,3%
Sozialräume	48	48		20	116	1,9%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>2.064</b>	<b>2.632</b>	<b>322</b>	<b>1.000</b>	<b>6.018</b>	<b>100,0%</b>

<b>Zentrumsmodell 3 - Variante B: Schreibarbeitsplätze im Labor</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>2 Ver- fügungs- bereiche</b>	<b>Instituts- bereich II</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich III</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	1280	1520	20	20	2840	48,2%
Sicherheitsräume			100		100	1,7%
Auxiliarräume	240	240	130	230	840	14,2%
Tierräume				720	720	12,2%
Büroräume	432	768	72	10	1282	21,7%
Sozialräume	48	48		20	116	2,0%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>2.000</b>	<b>2.576</b>	<b>322</b>	<b>1.000</b>	<b>5.898</b>	<b>100,0%</b>

<b>Zentrumsmodell 3 - Variante C: Kombinierte Labor- und Denkzonen</b> (Flächenausstattung in m <sup>2</sup> HNF)						
	<b>2 Ver- fügungs- bereiche</b>	<b>Instituts- bereich II</b>	<b>Service- bereich</b>	<b>Tier- bereich III</b>	<b>Σ</b>	<b>Profil</b>
Standardlabore	800	950	20	20	1790	31,3%
Sicherheitsräume			100		100	1,7%
Auxiliarräume	240	240	130	230	840	14,7%
Tierräume				720	720	12,6%
Büroräume	832	1243	72	10	2157	37,7%
Sozialräume	48	48		20	116	2,0%
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1.920</b>	<b>2.481</b>	<b>322</b>	<b>1.000</b>	<b>5.723</b>	<b>100,0%</b>

Abb. 5.14: Zentrumsmodell 3 - Flächenausstattung



Zentrumsmodell 3 - Personalstruktur					
	2 Ver- fügungs- bereiche	Instituts- bereich II	Service- bereich	Tier- bereich III	$\Sigma$
Professoren		7 – 9			7 – 9
Gruppenleiter	12 – 24	14 – 18	1	1	28 – 44
<b>Leitungspersonal</b>	<b>12 – 24</b>	<b>21 – 27</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>35 – 53</b>
wiss. Mitarbeiter	32 – 42	36 – 46			68 – 88
med. Dokt./nat. Dipl.	32 – 48	28 – 36			60 – 84
Laboranten	32 – 36	36 – 46		2	68 – 82
<b>Experimentatoren</b>	<b>96 – 120</b>	<b>100 – 128</b>		<b>2</b>	<b>198 – 250</b>
Tierpfleger				16 – 18	16 – 18
Verw.-Mitarbeiter		4 – 6	1	–	5 – 7
EDV-Techniker		4	2		6
<b>nicht wiss. Mitarbeiter</b>		<b>8 – 10</b>	<b>3</b>	<b>16 – 18</b>	<b>27 – 31</b>
<b>Personen (insgesamt)</b>	<b>108 – 140</b>	<b>129 – 164</b>	<b>6</b>	<b>19 – 21</b>	<b>262 – 331</b>

Abb. 5.15: Zentrumsmodell 3 - Personalstruktur

## 5.4 Bedarfsrelationen

### 5.4.1 Nutzungsprofile im Vergleich

Die Gegenüberstellung der Nutzungsprofile der drei Zentrumsmodelle – exemplarisch für Variante A – in Abbildung 5.16 zeigt als Vorteil größerer Forschungsgebäude einen abnehmenden Anteil der Sicherheits- und Auxiliarräume. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Umfang der gemeinsam genutzten Serviceräume weitgehend funktional bestimmt wird und daher nicht proportional zur Größe des Zentrums wächst. Allerdings trifft dies nicht auf die Tierräume zu, da größere Tierbereiche verstärkt Dienstleistungsfunktionen für Forscher außerhalb des Zentrums übernehmen.

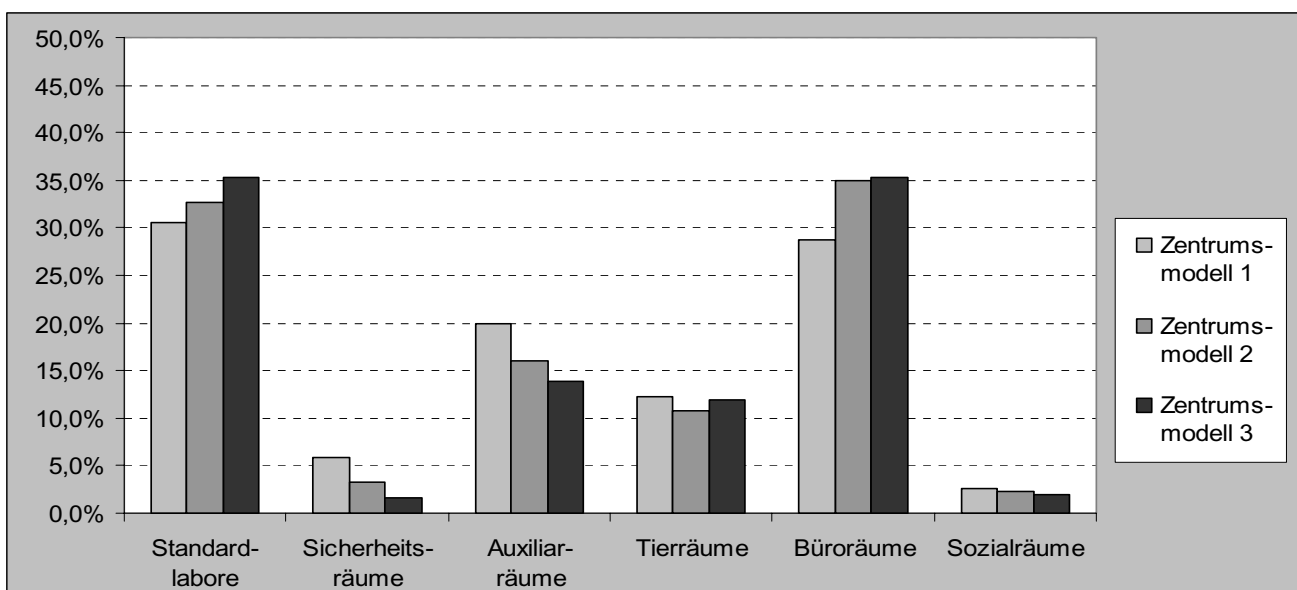
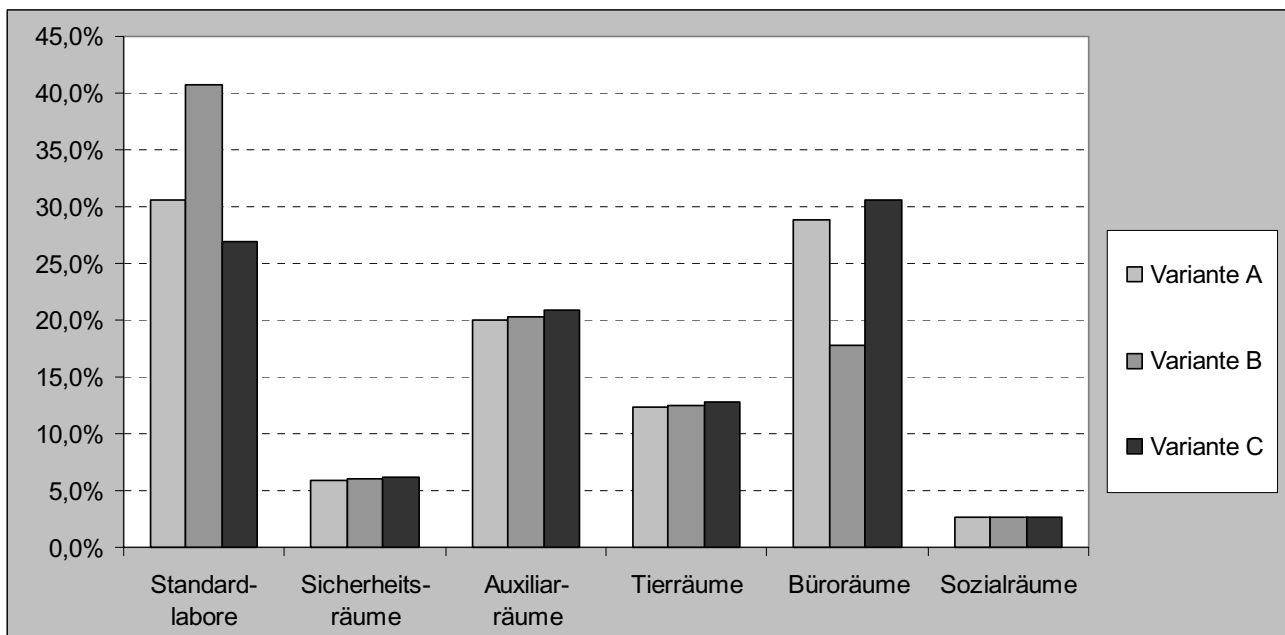


Abb. 5.16: Nutzungsprofile der drei Zentrumsmodelle im Vergleich (Variante A)



**Abb. 5.17: Nutzungsprofile bei alternativen Laborkonzepten (Zentrumsmodell 1)**

Abbildung 5.17 vergleicht am Beispiel des Zentrumsmodells 1 die Nutzungsprofile der alternativen Laborkonzepte. Deutlich zeigt sich die Verschiebung zwischen Standardlaboren und Büroräumen beim Wechsel von Variante A zu Variante B, die etwa 11 % der Gesamtfläche umfasst. Demgegenüber ist der Büroflächenanteil bei Variante C sogar größer als bei Variante A, da die Denkbereiche den Büroräumen zugerechnet werden und die größeren Räume bei den Standardlaborflächen zu einer Einsparung von 80 m<sup>2</sup> führen. Zusammen mit der um ca. 4 % geringeren Gesamtfläche ergeben sich aus bautechnischer Perspektive damit deutliche Vorteile von Variante C.

Die Unterbringung von Schreibarbeiten in Denkbereichen bzw. -zellen ist folglich nicht nur aus Nutzersicht aufgrund der geringen Entfernungen zwischen theoretischen und experimentellen Arbeitsplätzen günstiger als die Einrichtung separater Büroräume. Allerdings können Denkbereiche oder -zellen nicht den gesamten Bedarf an theoretischen Arbeitsplätzen abdecken. Neben Professoren und Sekretariaten benötigen auch die Leiter der Forschergruppen eigene Büroräume. Aufgrund der wachsenden Bedeutung der Bioinformatik und der Systembiologie wird in Zukunft zudem der Anteil der rein computerbezogen arbeitenden Wissenschaftler und EDV-Techniker am biomedizinischen Forschungspersonal zunehmen.

#### 5.4.2 Flächenansätze und Flächenrelationen

Flächenansätze für Forschergruppen und Institute sowie Flächenrelationen für unterschiedliche Personalkategorien bieten eine Orientierungshilfe bei der Anpassung der hier vorgestellten exemplarischen Bedarfsmodelle an die Bedingungen konkreter Planungsprozesse.

Abbildung 5.18 zeigt die in den Bedarfsmodellen angesetzten Flächenansätze für Forschergruppen sowie theoretische und klinisch-theoretische Institute. In Abhängigkeit von der Personalstärke (vgl. Abbildung 2.2) und dem Laborkonzept schwankt der Flächenbedarf einer Forschergruppe zwischen 80 und 170 m<sup>2</sup>, im Durchschnitt beträgt er etwa 125 m<sup>2</sup>, wovon etwa 90 m<sup>2</sup> unmittelbar zugeordnete Labor- und Büroräume und rund 30 m<sup>2</sup> Anteile an gemeinsam mit anderen Gruppen genutzten Auxiliar-, Besprechungs- und Kopiererräumen darstellen.

Bei den theoretischen Instituten liegt der durchschnittliche Flächenbedarf je nach Laborkonzept bei 560 bis 600 m<sup>2</sup>, bei den klinisch-theoretischen bei 660 bis 700 m<sup>2</sup>. Die klinischen Dienstleistungen, die die hier modellierten klinisch-theoretischen Institute neben ihren Aufgaben in Forschung und

	Variante A:			Variante B:			Variante C:		
	direkt zugeordnet	gemeinsame Nutzung	$\Sigma$	direkt zugeordnet	gemeinsame Nutzung	$\Sigma$	direkt zugeordnet	gemeinsame Nutzung	$\Sigma$
	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)	(m <sup>2</sup> HNF)
kleine Forschergruppe	54	33	87	52	33	85	50	33	83
Ø Forschergruppe	96	33	129	92	33	125	87	33	120
große Forschergruppe	138	33	171	132	33	165	125	33	158
kleines theoretisches Institut	234	150	384	226	150	376	216	150	366
Ø theoretisches Institut	450	150	600	434	150	584	414	150	564
großes theoretisches Institut	666	150	816	642	150	792	612	150	762
kleines klinisch-theo. Institut	286	150	436	279	150	429	266	150	416
Ø klinisch-theo. Institut	554	150	704	541	150	691	514	150	664
großes klinisch-theo. Institut	822	150	972	802	150	952	762	150	912

**Abb. 5.18: Flächenansätze für typische Organisationseinheiten**

Lehre zu erfüllen haben, führen somit zu einem Mehrbedarf von rund 100 m<sup>2</sup> pro Institut. Dabei ist allerdings zu beachten, dass in medizinischen Forschungszentren üblicherweise nur Institute mit überwiegend biomedizinischer Forschung untergebracht werden (vgl. Abbildung 2.3). Sofern klinisch-theoretische Institute in größerem Umfang für ihre spezifische Aufgaben eingerichtete Sonderräume benötigen wie z. B. die Pathologie, lassen sich die hier ermittelten Flächenansätze nicht verwenden.

Abbildung 5.19 auf der folgenden Seite stellt den obigen Flächenansätzen empirische Flächenrelationen aus den drei exemplarischen Zentrumsmodellen für verschiedene Personalkategorien gegenüber. Ausgangsgrößen für die Zähler der Relationen sind die Gesamtflächen der Zentren ohne Tierbereiche. Dabei werden – anders als in Abbildung 5.18 – auch Anteile an den Servicebereichen verrechnet. Die Flächenangaben pro Professor beziehen sich nur auf die Institute und Anteile am Servicebereich, da ihnen die Forschergruppen in den Verfügungsbereichen in der Regel nicht zugeordnet sind. Aus den Flächen pro Gruppenleiter sind die Büroräume der Professoren und die Sekretariate, aus den Flächen pro Experimentator auch die Büros der Gruppenleiter herausgerechnet. Als zusätzliche Kennzahlen werden die Gesamtflächen ohne Tierbereich pro Wissenschaftler und pro im Forschungszentrum beschäftigte Person ausgewiesen. Dabei werden unter der Bezeichnung Wissenschaftler die Hochschullehrer, die Gruppenleiter und die wissenschaftlichen Mitarbeiter zusammengefasst. Die Schwankungsbreiten der Relationen ergeben sich durch die Berücksichtigung der in den Abbildungen 5.11, 5.13 bzw. 5.15 dargestellten Maximal- bzw. Minimalbelegung mit Forschungspersonal im Nenner.

Ein Hochschullehrer belegt in den modellierten Forschungszentren zwischen 260 und 460 m<sup>2</sup> HNF. Der Flächenbedarf einer Forschergruppe schwankt zwischen 100 und 230 m<sup>2</sup> HNF. Der durchschnittliche Flächenbedarf pro Experimentator – dazu gehören die wissenschaftlichen Mitarbeiter, die Doktoranden, Diplomanden und Laboranten – liegt zwischen 16 und 26 m<sup>2</sup>. Davon werden 10 bis 16 m<sup>2</sup> von persönlich zugeordneten Arbeitsplätzen belegt, während 6 bis 12 m<sup>2</sup> Anteile an Gemeinschaftsflächen beschreiben.

Aufgrund der weitgehend funktional determinierten Auxiliar- und Serviceflächen fallen alle Flächenrelationen desto kleiner aus, je größer die Gesamtfläche des Zentrums ist. Zudem ist der Flächenbedarf bei separaten Büroräumen (Variante A) tendenziell größer als bei Schreibarbeitsplätzen bei in den Laborräumen (Variante B) oder Denkkzellen (Variante C).

	<b>Zentrumsmodell 1</b> ohne Tierbereich		<b>Zentrumsmodell 2</b> ohne Tierbereich		<b>Zentrumsmodell 3</b> ohne Tierbereich	
	bei Maximal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)	bei Minimal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)	bei Maximal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)	bei Minimal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)	bei Maximal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)	bei Minimal- belegung (m <sup>2</sup> HNF)
<b>Variante A: separate Büroräume</b>						
Fläche pro Professor			272	454	310	399
Fläche pro Gruppenleiter	113	226	111	204	114	185
Fläche pro Experimentator	21,0	26,2	18,8	26,8	17,8	22,5
davon experimentelle Arbeitsbereiche	8,0	10,0	8,0	11,4	8,4	10,6
davon theoretische Arbeitsbereiche	3,2	4,0	3,2	4,6	3,4	4,3
davon gemeinsam genutzt	9,8	12,2	7,6	10,8	6,0	7,6
Gesamtfläche pro Wissenschaftler	40	59	37	58	36	49
Gesamtfläche pro Person	18	23	16	23	16	21
<b>Variante B: Schreivarbeitsplätze im Labor</b>						
Fläche pro Professor			266	443	304	391
Fläche pro Gruppenleiter	110	220	108	199	111	180
Fläche pro Experimentator	20,4	25,5	18,3	26,1	17,3	21,9
davon experimentelle Arbeitsbereiche	8,5	10,7	8,5	12,2	9,0	11,4
davon theoretische Arbeitsbereiche	2,1	2,7	2,1	3,0	2,3	2,9
davon gemeinsam genutzt	9,8	12,2	7,6	10,8	6,0	7,6
Gesamtfläche pro Wissenschaftler	39	57	36	57	35	48
Gesamtfläche pro Person	17	22	16	23	16	20
<b>Variante C: Kombinierte Labor- und Denkzonen</b>						
Fläche pro Professor			258	430	294	377
Fläche pro Gruppenleiter	107	214	105	192	107	173
Fläche pro Experimentator	19,8	24,7	17,6	25,1	16,6	21,0
davon experimentelle Arbeitsbereiche	6,7	8,3	6,7	9,5	7,1	8,9
davon theoretische Arbeitsbereiche	3,3	4,2	3,3	4,8	3,5	4,5
davon gemeinsam genutzt	9,8	12,2	7,6	10,8	6,0	7,6
Gesamtfläche pro Wissenschaftler	38	56	35	55	34	46
Gesamtfläche pro Person	17	21	15	22	15	19

**Abb. 5.19: Flächenrelationen für verschiedene Personalkategorien**

### 5.4.3 Baukosten

Die Baukosten der exemplarisch modellierten Forschungszentren lassen sich mit der von der Zentralstelle für Bedarfsbemessung und wirtschaftliches Bauen der staatlichen Vermögens- und Hochbauverwaltung Baden-Württemberg (ZBWB) entwickelten **Kostenflächenarten-Methode** abschätzen. Dazu sind die Flächenausstattungen der Zentrumsmodelle nach Raumnutzungsarten getrennt Kostenflächenarten (KFA) zuzuordnen. Abbildung 5.20 zeigt die hier auf Basis der Richtlinien für die Baukostenplanung (ZBWB 1998) verwendete Zuordnung.

Bei der Einstufung der Standardlabore ist zu berücksichtigen, dass biomedizinische Experimentatoren im Gegensatz zu Chemikern nur gelegentlich mit aggressiven Chemikalien arbeiten und daher nur einzelne biochemische Labore mit Abzügen und Sicherheits-schränken benötigen. In den Modellrechnungen wird daher nur ein Drittel der Standardlabore der KFA 7 zugeordnet.

Die Kostenflächenarten-Methode berücksichtigt auch Nebennutzflächen, welche hier pauschal mit Zuschlägen zur gesamten Hauptnutzfläche von 8 % in KFA 2 bzw. 2 % in KFA 5 eingeplant werden. Die Zuschläge für Funktionsflächen, für horizontale und für vertikale Verkehrsflächen sowie der Faktor für den Bruttorauminhalt können Abbildung 5.20 entnommen werden. Die Kostensätze basieren ebenfalls auf den Richtlinien für wirtschaftliches Bauen (ZBWB 1998), sind jedoch in Euro und auf den Preisstand 04/2003 umgerechnet.

Unter diesen Annahmen ergeben sich je nach Laborkonzept für das Zentrumsmodell 1 Gebäudekosten zwischen 5.200 und 5.400 € pro m<sup>2</sup> HNF. Die Werte für das Zentrumsmodell 2 liegen zwischen 4.900 und 5.200 € und für das Zentrumsmodell 3 zwischen 4.800 und 5.100 € pro m<sup>2</sup> HNF. In diesen Ergebnissen sind allerdings die baukonstruktiv und gebäudetechnisch aufwendigen Tiereinrichtungen eingerechnet.

Kostenflächenart	Raumnutzungsarten
KFA 1	nicht vorhanden
KFA 2	Archive (421) Lagerräume (411) Umkleideräume (722) Abstellräume (731)
KFA 3	Besprechungsräume (231) Kopierer (281) Ver- und Entsorgung (446)
KFA 4	Aufenthaltsräume (121) Büroräume (211) Sekretariate (212) Geräteräume (344) Futterlager (418)
KFA 5	Denkzellen (216) Futterküche (367) Kadaverraum (369) Gasflaschenlager (415) Toiletten- und Waschräume (711, 712)
KFA 6	Rechnerräume (284) molekularbiologische Labore (354) Zellkultur-Labore (354) Spülräume (394), Käfigspülräume (396) konventionelle Tierhaltungsräume (364) Chemikalienlager (415)
KFA 7	biochemische Labore (355) S 3-Labore (352) Kühlgeräteräume (345) Tierlabore, konventionell (364)
KFA 8	Isotopenlabore (358) Tierhaltungsräume, rein (364) Tierlabore, rein (364) Kühlräume (434) Tier-OPs (637)
KFA 9	nicht vorhanden
KFA 10	Funktionsfläche (pauschal 26%)
KFA 11	Verkehrsfläche horizontal (pauschal 32 %)
KFA 12	Verkehrsfläche vertikal (pauschal 5%)
KFA 13	BRI-Faktor BRI/BGF (pauschal 4,2)

Quelle: ZBWB (1998):  
Richtlinien für die Baukostenplanung

**Abb. 5.20: Zuordnung von Raumnutzungs- zu Kostenflächenarten**

Kosten- flächen- art	Kosten- kenn- wert <sup>a</sup> (€ / m <sup>2</sup> )	Zentrumsmodell 1 (ohne Tierbereich)						Tierbereich I (350 m <sup>2</sup> HNF)	
		Variante A (1.354 m <sup>2</sup> HNF)		Variante B (1.322 m <sup>2</sup> HNF)		Variante C (1.282 m <sup>2</sup> HNF)		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)
		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)		
KFA 1	430	0	0	0	0	0	0	0	0
KFA 2	550	148	81.576	146	80.168	143	78.408	48	26.400
KFA 3	891	140	124.740	140	124.740	140	124.740	40	35.640
KFA 4	1.340	460	616.400	268	359.120	268	359.120	30	40.200
KFA 5	2.035	27	55.108	26	53.805	226	459.177	17	34.595
KFA 6	2.914	394	1.148.116	501	1.458.943	341	992.703	40	116.560
KFA 7	5.201	280	1.456.280	333	1.733.667	253	1.317.587	0	0
KFA 8	8.861	40	354.440	40	354.440	40	354.440	210	1.860.810
KFA 9	13.430	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σ KFA 1 - 9</b>		<b>1.489</b>	<b>3.836.660</b>	<b>1.454</b>	<b>4.164.883</b>	<b>1.410</b>	<b>3.686.175</b>	<b>385</b>	<b>2.114.205</b>
KFA 10	1.618	387	626.561	378	611.753	367	593.243	100	161.962
KFA 11	841	477	400.827	465	391.354	451	379.513	123	103.611
KFA 12	2.877	74	214.250	73	209.187	71	202.857	19	55.382
KFA 13	93	4,2 x BGF <sup>c</sup>	1.047.167	4,2 x BGF <sup>c</sup>	1.022.419	4,2 x BGF <sup>c</sup>	991.483	4,2 x BGF <sup>c</sup>	270.686
<b>Σ KFA 10 - 13</b>			<b>2.288.806</b>		<b>2.234.713</b>		<b>2.167.097</b>		<b>591.641</b>
<b>Summe</b>			<b>6.125.465</b>		<b>6.399.595</b>		<b>5.853.271</b>		<b>2.705.846</b>
<b>Gebäudekosten (€ / m<sup>2</sup> HNF)</b>			<b>4.524</b>		<b>4.841</b>		<b>4.566</b>		<b>7.731</b>

<sup>a</sup> Preisstand 04/2003 <sup>b</sup> Nutzfläche, HNF nach Modell, NNF pauschal 10 % Zuschlag auf HNF (8 % KFA 2, 2 % KFA 5) <sup>c</sup> inkl. 17 % KGF

**Abb. 5.21: Baukosten für Zentrumsmodell 1**

In den Abbildungen 5.21, 5.22 und 5.23 werden daher die Baukosten für die Tierbereiche einerseits und die übrigen Funktionsbereiche der drei Zentrumsmodelle andererseits getrennt berechnet. Die rechten Spalten der drei Abbildungen zeigen, dass die Gebäudekosten der Tierbereiche mit Werten von 7.500 bis 8.000 € pro m<sup>2</sup> HNF die Quadratmeterkosten der übrigen Zentrumsbereiche um mehr als die Hälfte übersteigen. Dabei sind sie desto höher, je größer der Anteil der Reinraumflächen für die Barriere- und Semi-Barriere-Haltung (KFA 8) an der Gesamtfläche ist.

Der Vergleich der jeweils in den ersten drei Spalten ermittelten Baukosten für die drei Zentrumsmodelle ohne Tierbereiche zeigt, dass die durchschnittlichen Gebäudekosten pro m<sup>2</sup> HNF bei allen Laborkonzepten umso niedriger ausfallen, je größer die Gesamtfläche ist. Je m<sup>2</sup> HNF ist Zentrumsmodell 3 mit durchschnittlich 4.400 € kostengünstiger als Zentrumsmodell 2 mit durchschnittlich 4.440 € und Zentrumsmodell 1 mit durchschnittlich 4.640 €.

Allerdings kann die Analyse der Quadratmeterkosten zu verzerrten Ergebnissen führen. So kostet der Quadratmeter HNF bei Variante C (kombinierte Labor- und Denkbereiche) in allen drei Modellen ca. 40 € mehr als bei Variante A (separate Büroräume). Die Gesamtkosten der funktional gleichwertigen Gebäuden sind jedoch bei Variante C aufgrund der geringeren Fläche um knapp 5 % niedriger als bei Variante A.

Die errechneten Baukosten der exemplarischen Zentrumsmodelle zeigen, dass sich medizinische Forschungszentren aufgrund der besonderen Anforderungen der biomedizinischen und tierexperimentellen Forschung nicht ohne weiteres mit den Kostenrichtwerten für Institutsbauten aus dem Rahmenplan (2003, S. 89) beurteilen lassen. Nur durch Ausblenden der Tierbereiche erreichen die ermittelten Gebäudekosten pro m<sup>2</sup> HNF den Kostenrichtwert für die Richtwertgruppe 5 „Chemie, Pharmazie, Biologie“ in Höhe von 4.556 € pro m<sup>2</sup> HNF. Eine rein fachlich begründete Zuordnung zur Richtwertgruppe 4 „Vorklinische Medizin, Klinisch-theoretische Medizin“ erscheint nicht sachgerecht, da die baulichen und gebäudetechnischen Anforderungen an medizinische Forschungszentren von den dort eingesetzten biowissenschaftlichen Methoden bestimmt werden.

Kosten- flächen- art	Kosten- kenn- wert <sup>a</sup> (€ / m <sup>2</sup> )	Zentrumsmodell 2 (ohne Tierbereich)						Tierbereich II (500 m <sup>2</sup> HNF)	
		Variante A (2.554 m <sup>2</sup> HNF)		Variante B (2.490 m <sup>2</sup> HNF)		Variante C (2.410 m <sup>2</sup> HNF)		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)
		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)		
KFA 1	430	0	0	0	0	0	0	0	0
KFA 2	550	296	162.976	291	160.160	285	156.640	60	33.000
KFA 3	891	260	231.660	260	231.660	260	231.660	40	35.640
KFA 4	1.340	944	1.264.960	560	750.400	560	750.400	50	67.000
KFA 5	2.035	51	103.948	50	101.343	448	912.087	20	40.700
KFA 6	2.914	758	2.208.812	971	2.830.465	651	1.897.985	50	145.700
KFA 7	5.201	460	2.392.460	567	2.947.233	407	2.115.073	20	104.020
KFA 8	8.861	40	354.440	40	354.440	40	354.440	310	2.746.910
KFA 9	13.430	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σ KFA 1 - 9</b>		<b>2.809</b>	<b>6.719.256</b>	<b>2.739</b>	<b>7.375.702</b>	<b>2.651</b>	<b>6.418.286</b>	<b>550</b>	<b>3.172.970</b>
KFA 10	1.618	730	1.181.858	712	1.152.243	689	1.115.223	143	231.374
KFA 11	841	899	756.066	876	737.120	848	713.437	176	148.016
KFA 12	2.877	140	404.132	137	394.005	133	381.346	28	79.118
KFA 13	93	4,2 x BGF <sup>c</sup>	1.975.233	4,2 x BGF <sup>c</sup>	1.925.736	4,2 x BGF <sup>c</sup>	1.863.865	4,2 x BGF <sup>c</sup>	386.694
<b>Σ KFA 10 - 13</b>			<b>4.317.289</b>		<b>4.209.103</b>		<b>4.073.871</b>		<b>845.202</b>
<b>Summe</b>			<b>11.036.545</b>		<b>11.584.805</b>		<b>10.492.157</b>		<b>4.018.172</b>
<b>Gebäudekosten (€ / m<sup>2</sup> HNF)</b>			<b>4.321</b>		<b>4.653</b>		<b>4.354</b>		<b>8.036</b>

<sup>a</sup> Preisstand 04/2003 <sup>b</sup> Nutzfläche, HNF nach Modell, NNF pauschal 10 % Zuschlag auf HNF (8 % KFA 2, 2 % KFA 5) <sup>c</sup> inkl. 17 % KGF

Abb. 5.22: Baukosten für Zentrumsmodell 2

Kosten- flächen- art	Kosten- kenn- wert <sup>a</sup> (€ / m <sup>2</sup> )	Zentrumsmodell 3 (ohne Tierbereich)						Tierbereich III (1.000 m <sup>2</sup> HNF)	
		Variante A (5.018 m <sup>2</sup> HNF)		Variante B (4.898 m <sup>2</sup> HNF)		Variante C (4.723 m <sup>2</sup> HNF)		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)
		Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)	Fläche <sup>b</sup> (m <sup>2</sup> )	Kosten (€)		
KFA 1	430	0	0	0	0	0	0	0	0
KFA 2	550	585	321.992	576	316.712	562	309.012	120	66.000
KFA 3	891	500	445.500	500	445.500	500	445.500	40	35.640
KFA 4	1.340	1.852	2.481.680	1.012	1.356.080	1.012	1.356.080	50	67.000
KFA 5	2.035	100	204.233	98	199.349	969	1.972.851	50	101.750
KFA 6	2.914	1.582	4.609.948	2.049	5.969.815	1.349	3.930.015	280	815.920
KFA 7	5.201	860	4.472.860	1.113	5.790.447	763	3.970.097	60	312.060
KFA 8	8.861	40	354.440	40	354.440	40	354.440	500	4.430.500
KFA 9	13.430	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σ KFA 1 - 9</b>		<b>5.520</b>	<b>12.890.653</b>	<b>5.388</b>	<b>14.432.342</b>	<b>5.195</b>	<b>12.337.994</b>	<b>1.100</b>	<b>5.828.870</b>
KFA 10	1.618	1.435	2.322.069	1.401	2.266.540	1.351	2.185.559	286	462.748
KFA 11	841	1.766	1.485.489	1.724	1.449.965	1.662	1.398.159	352	296.032
KFA 12	2.877	276	794.023	269	775.035	260	747.344	55	158.235
KFA 13	93	4,2 x BGF <sup>c</sup>	3.880.861	4,2 x BGF <sup>c</sup>	3.788.054	4,2 x BGF <sup>c</sup>	3.652.712	4,2 x BGF <sup>c</sup>	773.388
<b>Σ KFA 10 - 13</b>			<b>8.482.442</b>		<b>8.279.594</b>		<b>7.983.773</b>		<b>1.690.403</b>
<b>Summe</b>			<b>21.373.095</b>		<b>22.711.936</b>		<b>20.321.768</b>		<b>7.519.273</b>
<b>Gebäudekosten (€ / m<sup>2</sup> HNF)</b>			<b>4.259</b>		<b>4.637</b>		<b>4.303</b>		<b>7.519</b>

<sup>a</sup> Preisstand 04/2003 <sup>b</sup> Nutzfläche, HNF nach Modell, NNF pauschal 10 % Zuschlag auf HNF (8 % KFA 2, 2 % KFA 5) <sup>c</sup> inkl. 17 % KGF

Abb. 5.23: Baukosten für Zentrumsmodell 3

## 5.5 Nutzungssteuerung

Angesichts der erheblichen finanziellen Mittel, die der Bau eines modernen Forschungsgebäudes bindet, ist eine möglichst zweckentsprechende Nutzung entscheidend für den Erfolg der Investition. Die meisten Bauprojekte im Hochschulbau werden fest den dort unterzubringenden Instituten, Lehrstühlen oder sonstigen Einrichtungen zugeordnet. Entsprechend wird die Planung an den qualitativen Anforderungen und dem quantitativen Bedarf der zukünftigen Nutzer ausgerichtet. Nach der Inbetriebnahme resultieren daraus jedoch häufig Anpassungsprobleme bei inhaltlichen oder personellen Veränderungen der Nutzerstruktur. Mit der befristeten Vergabe von Verfügungslaboren auf Basis einer wissenschaftlichen Begutachtung wird in medizinischen Forschungszentren ein alternatives Konzept der Nutzungssteuerung erprobt.

An vielen Medizinstandorten wird die Raumvergabe in den Verfügungsbereichen - zumindest formell – an ein Vergabeverfahren geknüpft, in dem die Projektanträge der an Räumen interessierten Forschergruppen von einer Kommission begutachtet werden. Kriterien sind dabei die wissenschaftliche Qualität der geplanten Forschungsprojekte und ihr Bezug zu den Forschungsschwerpunkten der jeweiligen Einrichtung. Der Raumbedarf der Antragsteller wird zwar als Voraussetzung geprüft, gehört in der Regel aber nicht zu den Hauptkriterien des Verfahrens. Sofern die beantragten die verfügbaren Flächen überschreiten, wird eine Rangfolge der Antragsteller erstellt. Der offizielle Vergabezeitraum orientiert sich an der Laufzeit von Drittmittelprojekten und beträgt zwischen zwei und drei Jahren. Verlängerungen sind auf einen neuen Antrag hin zumindest einmal möglich (vgl. z.B. Kräusslich 2002, Universität Halle-Wittenberg 2000). In den meisten Forschungszentren werden die Nutzer der Verfügungsräume proportional zu den ihnen zugewiesenen Flächen an den Betriebskosten beteiligt. Raummieten müssen die Forschergruppen dagegen nur an wenigen Standorten zahlen. Neben der individuellen Zuordnung von Labor- und Büroräumen ist in medizinischen Forschungszentren die gemeinsame Nutzung von Auxiliarräumen, komplexen Geräten und Sonderlaboren üblich.

In den seit einigen Jahren bestehenden Forschungszentren konnten bereits Erfahrungen mit der befristeten Vergabe von Verfügungsräumen gesammelt werden. In der Regel übersteigt die Nachfrage nach einer kurzen Anlaufzeit das Angebot an Verfügungsflächen. Dies gilt auch dort, wo der Neubau des Forschungszentrums als Anreiz zur Intensivierung biomedizinischer Forschungsaktivitäten diene und nicht vorrangig den Mangel an modernen Forschungsflächen beseitigen sollte. Dabei stammen die Antragsteller sowohl aus den klinischen Abteilungen als auch aus den medizinisch-theoretischen Instituten. Unabhängig von der Herkunft übersteigt allerdings der Anteil der Vollzeit-Forscher den der parallel in den Klinikdienst eingebundenen Mediziner deutlich. Dies führt zum Teil zu einem Mangel an Büro- oder Schreibarbeitsplätzen.

Die Erfahrungen mit der Durchführung des Vergabeverfahrens sind größtenteils positiv, auch wenn sich die Nutzer eine noch stärkere Unabhängigkeit der wissenschaftlichen Begutachtung von der Person des Antragsstellers bzw. seiner institutionellen Zuordnung wünschen. Aus der Perspektive der zuständigen Hochschullehrer sollte die Raumvergabe nicht nur an die anfänglichen Projektanträge gebunden werden, sondern auch an nachträgliche Evaluationen der tatsächlich durchgeführten Forschungsaktivitäten. Denn insbesondere bei reinen Klinikerguppen (vgl. Abschnitt 2.3.1) stellen die Belastungen des Klinikdienstes trotz wissenschaftlich anspruchsvoller Projektanträge eine erfolgreiche Laborforschung zum Teil in Frage. Da noch keines der besuchten Forschungszentren länger als fünf Jahre in Betrieb ist, liegen HIS keine Erfahrungen mit der Räumung von Verfügungsflächen nach Ablauf der Vergabefrist vor.

Die Nutzung der Forschungszentren und insbesondere der Gemeinschaftseinrichtungen durch eine Vielzahl von Forschergruppen aus unterschiedlichen klinischen Abteilungen und Instituten ist zwar nicht immer reibungslos, funktioniert in der Regel jedoch zufriedenstellend. Von einigen Forschern wird es allerdings als problematisch angesehen, wenn mehreren Gruppen gemeinsam ein



Laborraum zugewiesen wird. Andere Wissenschaftler heben dagegen die kommunikationsfördernde Wirkung einer engen Zusammenarbeit hervor.

Insgesamt ist die befristete Vergabe von Verfügungsflächen in den medizinischen Forschungszentren als innovatives Verfahren der Nutzungssteuerung zu beurteilen. Durch die Flächenüberlassung auf Zeit wird der Etablierung von Besitzständen entgegengesteuert. Hervorzuheben ist außerdem die Ressourcenvergabe nach den Erfolgsaussichten der Nutzer und nicht nach ihrem Bedarf, auch wenn die Funktionsfähigkeit dieser Konzepte an die strukturellen Besonderheiten der biomedizinischen Forschung gebunden ist. Dazu zählen insbesondere die relative Selbständigkeit der klinischen Forschergruppen und das übergeordnete Ziel, gerade diesen Forschungsbereich zu intensivieren. Gegebenenfalls lassen sich ähnliche Vergabekonzepte auch für Drittmittelflächen in anderen experimentellen Naturwissenschaften einsetzen.



## 6 Planungsschritte: Checkliste

Der vorliegende Bericht enthält konzeptionelle Planungshilfen und Bedarfsmodelle zur Planung medizinischer Forschungszentren. Dabei handelt es sich um Gebäude, in denen bauliche und apparative Ressourcen für die biomedizinische Laborforschung und die Versuchstierhaltung gebündelt zur Verfügung gestellt werden. Medizinische Forschungszentren setzen sich aus Funktionsbereichen zusammen, d. h. aus abgegrenzten Ensembles von Räumen, die jeweils eine gemeinsame Funktion erfüllen. Dazu gehören Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereiche. Aus deren typischen Raumprogrammen werden Funktionsbereichsmodelle entwickelt, die sich ihrerseits in unterschiedlichen Kombinationen zu Zentrumsmodellen zusammensetzen lassen.

Bedarfsmodelle beschreiben quantitative und qualitative Zusammenhänge zwischen Flächen- und Personalstrukturen. Da die späteren Nutzer zumindest der Verfügungsbereiche nicht im voraus feststehen, beginnt die Modellierung der medizinischen Forschungszentren im Gegensatz zur Bedarfsplanung für Fachbereiche bzw. Fakultäten mit den Flächenstrukturen. Erst im zweiten Schritt wird nach ihrer möglichen Belegung durch Forschungspersonal gefragt.

Die Checkliste in Abbildung 6.1 gibt einen Überblick zu den Planungsschritten, die auch in Planungsprozessen für konkrete Forschungszentren durchzuführen sind. Anschließend werden die zentralen Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst.

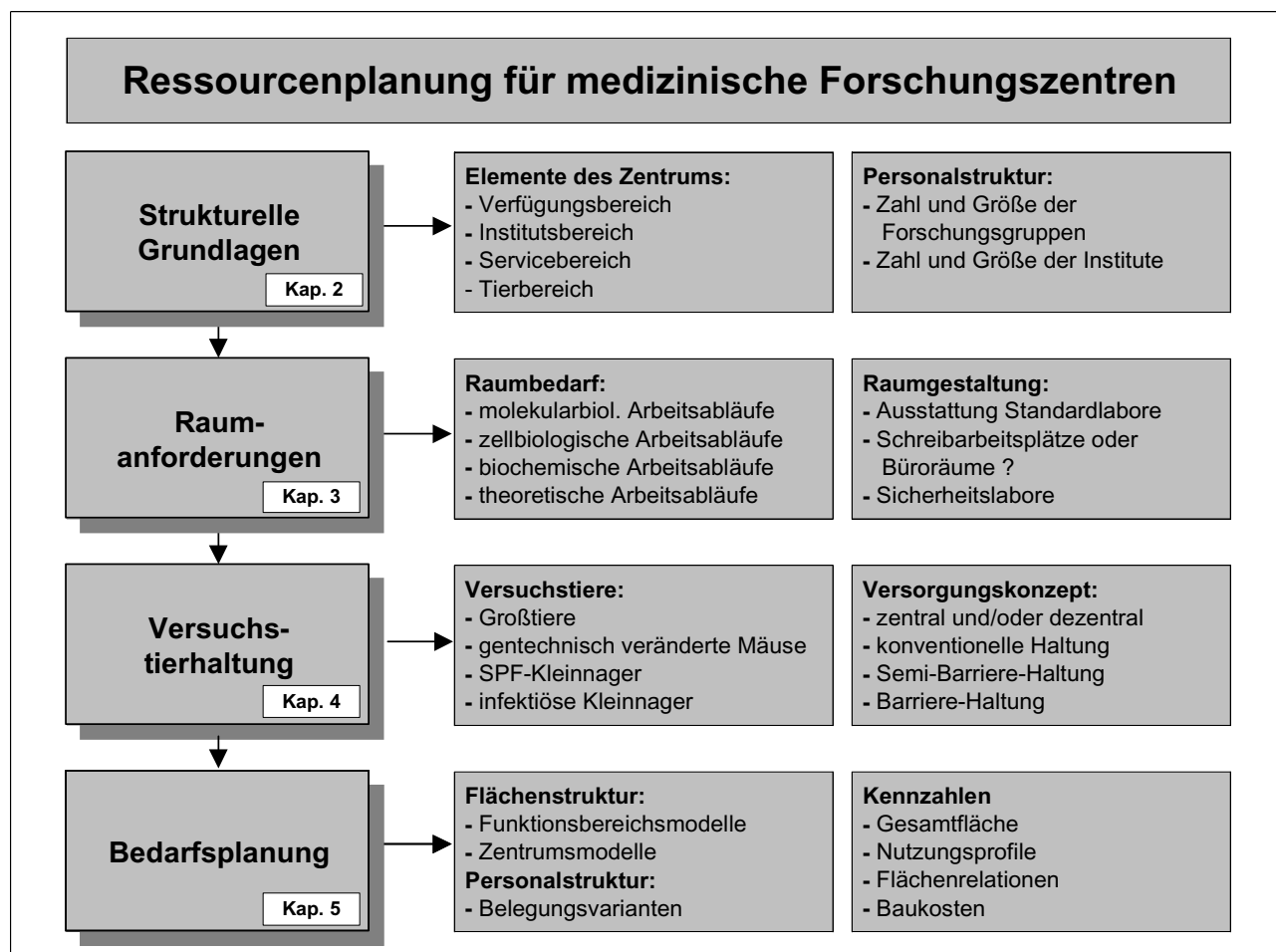


Abb. 6.1: Planungsschritte im Überblick

## Strukturelle Grundlagen

<b>Forschung</b>	<p>Die biomedizinische Forschung untersucht medizinische Fragestellungen mit den experimentellen Methoden der modernen Biowissenschaften. Die Untersuchungsobjekte reichen dabei bis auf die Ebene der einzelnen Moleküle, d. h. derjenigen Proteine und Nukleinsäuren, die physiologische und pathologische Zellfunktionen steuern.</p> <table><tr><td><b>Untersuchungsmethoden:</b></td><td><b>Untersuchungsobjekte:</b></td></tr><tr><td><ul style="list-style-type: none"><li>• Molekularbiologische Verfahren</li><li>• Zellbiologische Verfahren</li><li>• Biochemische Verfahren</li><li>• Gentechnische Verfahren</li><li>• Biophysikalische Verfahren</li><li>• Tierexperimentelle Verfahren</li></ul></td><td><ul style="list-style-type: none"><li>• Moleküle</li><li>• Zellen</li><li>• Organe</li><li>• Mikroorganismen</li><li>• Versuchstiere</li></ul></td></tr></table> <p>Typischerweise wenden biomedizinische Forscher ein breites Methodenspektrum auf eine Stufenleiter von Untersuchungsobjekten an, die von einzelnen Molekülen über isolierte Zellen bis zu Tiermodellen reichen. Spezialisierungen finden nur auf der inhaltlichen Ebene statt.</p>	<b>Untersuchungsmethoden:</b>	<b>Untersuchungsobjekte:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Molekularbiologische Verfahren</li><li>• Zellbiologische Verfahren</li><li>• Biochemische Verfahren</li><li>• Gentechnische Verfahren</li><li>• Biophysikalische Verfahren</li><li>• Tierexperimentelle Verfahren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Moleküle</li><li>• Zellen</li><li>• Organe</li><li>• Mikroorganismen</li><li>• Versuchstiere</li></ul>	<b>Kap. 2.1</b>
<b>Untersuchungsmethoden:</b>	<b>Untersuchungsobjekte:</b>					
<ul style="list-style-type: none"><li>• Molekularbiologische Verfahren</li><li>• Zellbiologische Verfahren</li><li>• Biochemische Verfahren</li><li>• Gentechnische Verfahren</li><li>• Biophysikalische Verfahren</li><li>• Tierexperimentelle Verfahren</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Moleküle</li><li>• Zellen</li><li>• Organe</li><li>• Mikroorganismen</li><li>• Versuchstiere</li></ul>					
<b>Forschungspersonal</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• In der biomedizinischen Forschung arbeiten viele Wissenschaftler aus der Biologie, der Biochemie, der Chemie und der Pharmazie.</li><li>• Aufgrund der starken Beanspruchung durch den Klinikdienst und den hohen Anforderungen der modernen Laborforschung sind nur wenige Ärzte und Oberärzte parallel zu ihrem Klinikdienst in der biomedizinischen Forschung tätig.</li><li>• Im Gegensatz zu naturwissenschaftlichen Doktoranden können medizinische Promotionsstudenten aufgrund ihrer begrenzten Methodenkenntnisse vielfach nur unterstützende Forschungstätigkeiten leisten.</li><li>• Niedrige Absolventenzahlen, unsichere Forschungskarrieren und lukrative Alternativen erschweren der biomedizinischen Forschung sowohl die Rekrutierung von Medizinerinnen als auch von Angehörigen anderer Lebenswissenschaften.</li></ul>	<b>Kap. 2.2</b>				
<b>Organisationsstrukturen</b>	<p>Organisatorisch lassen sich die Nutzer medizinischer Forschungszentren entweder Forschergruppen oder theoretischen bzw. klinisch-theoretischen Instituten zuordnen.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Forschergruppen</b> sind mehr oder weniger eigenständig agierende, zumeist drittmittelfinanzierte Arbeitsgruppen unter der Leitung eines Nachwuchswissenschaftlers. Je nach Anteils der parallel in der Klinik tätigen Ärzte lassen sich reine Klinikerguppen, gemischte und Vollzeitgruppen unterscheiden, wobei Klinikerguppen in der Minderheit sind.</li><li>• <b>Theoretische Institute</b> sind Einrichtungen der Grundlagenfächer, die ausschließlich Aufgaben in Forschung und Lehre übernehmen. Für <b>klinisch-theoretische Institute</b> sind zusätzliche Dienstleistungen für die Krankenversorgung, z. B. Gewebe- oder Blutuntersuchungen, charakteristisch.</li></ul> <p>Auch innerhalb der Institute existieren von Nachwuchswissenschaftlern geleitete Arbeitsgruppen. Im Gegensatz zu den Forschergruppen sind diese jedoch unmittelbar einem Hochschullehrer zugeordnet.</p>	<b>Kap. 2.3</b>				

## Raumanforderungen

<b>Raumbedarf</b>	<p>Der Raumbedarf einer typischen biomedizinischen Forschergruppe ergibt sich aus ihren verschiedenen Arbeitsabläufen.</p> <p><b>Arbeitsabläufe</b> sind charakteristische Tätigkeitsmuster aus einem oder mehreren eng zusammenhängenden Arbeitsschritten.</p> <p>Jeder Arbeitsablauf erfordert einen speziellen <b>Arbeitsbereich</b>, mit besonderen Geräten, Einrichtungsgegenständen und Ausstattungselementen.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><b>Biomedizinische Arbeitsabläufe:</b></p> <p>experimentelle Arbeitsabläufe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Molekularbiol. Experimentieren</li> <li>• zellbiologisches Experimentieren</li> <li>• biochemisches Experimentieren</li> <li>• histologisches Präparieren</li> </ul> <p>theoretische Arbeitsabläufe</p> <p>administrative Arbeitsabläufe</p> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kap. 3.1</div>
<b>Raumgestaltung</b>	<p>Die Raumprogramme medizinischer Forschungszentren setzen sich aus wenigen, standortübergreifend ähnlichen Raumtypen zusammen. Individuelle Unterschiede ergeben sich bei den <b>Labor- und Bürokonzepten</b>:</p> <p>a) Molekularbiologische, zellbiologische und biochemische Arbeitsbereiche werden getrennt in 20-m<sup>2</sup>-Laboren untergebracht oder in größeren Räumen kombiniert.</p> <p>Da zu einer durchschnittlichen Forschergruppe 5 bis 6 Experimentatoren gehören, besitzen Laborräume mit 40 und 50 m<sup>2</sup> Grundfläche deutliche arbeitsorganisatorische Vorteile.</p> <p>b) Experimentell tätige Forscher erhalten theoretische Arbeitsplätze in separaten Büroräumen oder lediglich Schreivarbeitsplätze in den Laborräumen bzw. in mit diesen verbundenen Denkbereichen.</p> <p>Aus Nutzersicht sprechen für Schreivarbeitsplätze die kurzen Wege. Die üblichen bautechnischen Argumente gegen eine Vermischung niedrig- und hochinstallierter Flächen lassen sich durch die im 5. Kapitel ermittelten Baukosten bei alternativen Labor- und Bürokonzepten entkräften. In jedem Fall werden jedoch zusätzliche Büroräume für Professoren, Sekretariate, Gruppenleiter und eine zunehmende Zahl rein computerbezogen arbeitender Bioinformatiker benötigt.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kap. 3.2</div>
<b>Sicherheitsanforderungen</b>	<p>Bei den im <b>Gentechnikgesetz</b> und der <b>Biostoffverordnung</b> unterschiedenen Sicherheitsstufen spielt für die Hochschulpraxis die Trennlinie zwischen S 1 und S 2 einerseits sowie S 3 und S 4 andererseits eine besondere Rolle:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Da sich Experimente der Sicherheitsstufen 1 und 2 in allen Forschungsprojekten ergeben können und dies nur wenige zusätzliche bauliche Sicherheitsmaßnahmen erfordert, sollten bei Neubauten und Sanierungen alle Labore für S 2-Anforderungen ausgelegt werden.</li> <li>• Für die lediglich in geringem Umfang durchgeführten Experimente der Sicherheitsstufe 3 reichen in der Regel kleinere entsprechend ausgestattete Bedarfslabore aus. S 4-Labore werden in den Hochschulen allenfalls in Ausnahmefällen benötigt.</li> </ul> <p>Der Umfang der biomedizinischen Experimente mit Radionukliden ist aufgrund der Entwicklung von Alternativverfahren deutlich zurückgegangen. Wenn überhaupt, wird daher in medizinischen Forschungszentren nur eine Mindestausstattung von <b>ein bis zwei Radionuklidlaboren</b> benötigt.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">Kap. 3.3</div>

# Versuchstierhaltung

<b>Versuchshaltung</b>	<p>Etwa ein Drittel der medizinischen Tierversuche entfällt auf operative Experimente überwiegend an Schweinen und Schafen. Den Schwerpunkt bilden jedoch Experimente mit gentechnisch veränderten Mäusen, die aufgrund ihrer großen Infektionsanfälligkeit in hochinstallierten Tierhaltungseinrichtungen untergebracht werden müssen.</p> <p>In Abhängigkeit vom gewünschten Hygienestatus lassen sich insgesamt fünf Haltungsformen unterscheiden.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tierart:</th><th>Hygienestatus:</th><th>Haltungsform:</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kleinnager</td><td>keimfrei („gnotobiologisch“)</td><td>in keimdichten Kammern („Isolator-Haltung“)</td></tr> <tr> <td>Kleinnager</td><td>frei von bestimmten Keimen („Spezifiziert Pathogen Frei“)</td><td>in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Überdruck („SPF-Barriere-Haltung“)</td></tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gentechnisch veränderte Kleinnager</li> <li>Kleinnager im Experiment</li> </ul> </td><td>fast frei von bestimmten Keimen („SPF-nah“)</td><td>in einzelnen Reinnräumen („Semi-Barriere-Haltung“)</td></tr> <tr> <td>Kleinnager</td><td>mit Krankheits- erregern infiziert („infektiös“)</td><td>in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Unterdruck („Infektions-Barriere-Haltung“)</td></tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kleinnager</li> <li>Großtiere</li> </ul> </td><td>ohne Keimkontrolle („unkontrolliert“)</td><td>In Tierräumen ohne Lüftungstechnische Abschirmung („konventionelle Haltung“)</td></tr> </tbody> </table>	Tierart:	Hygienestatus:	Haltungsform:	Kleinnager	keimfrei („gnotobiologisch“)	in keimdichten Kammern („Isolator-Haltung“)	Kleinnager	frei von bestimmten Keimen („Spezifiziert Pathogen Frei“)	in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Überdruck („SPF-Barriere-Haltung“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gentechnisch veränderte Kleinnager</li> <li>Kleinnager im Experiment</li> </ul>	fast frei von bestimmten Keimen („SPF-nah“)	in einzelnen Reinnräumen („Semi-Barriere-Haltung“)	Kleinnager	mit Krankheits- erregern infiziert („infektiös“)	in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Unterdruck („Infektions-Barriere-Haltung“)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kleinnager</li> <li>Großtiere</li> </ul>	ohne Keimkontrolle („unkontrolliert“)	In Tierräumen ohne Lüftungstechnische Abschirmung („konventionelle Haltung“)	<b>Kap. 4.1</b>
Tierart:	Hygienestatus:	Haltungsform:																		
Kleinnager	keimfrei („gnotobiologisch“)	in keimdichten Kammern („Isolator-Haltung“)																		
Kleinnager	frei von bestimmten Keimen („Spezifiziert Pathogen Frei“)	in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Überdruck („SPF-Barriere-Haltung“)																		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gentechnisch veränderte Kleinnager</li> <li>Kleinnager im Experiment</li> </ul>	fast frei von bestimmten Keimen („SPF-nah“)	in einzelnen Reinnräumen („Semi-Barriere-Haltung“)																		
Kleinnager	mit Krankheits- erregern infiziert („infektiös“)	in abgeriegelten Reinraumeinheiten mit Unterdruck („Infektions-Barriere-Haltung“)																		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kleinnager</li> <li>Großtiere</li> </ul>	ohne Keimkontrolle („unkontrolliert“)	In Tierräumen ohne Lüftungstechnische Abschirmung („konventionelle Haltung“)																		
<b>Versuchsterräume</b>	<p>Typische Räume in modernen Versuchstiereinrichtungen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 m<sup>2</sup>-Standardtierräume (Reinnräume für z. B. 700 bis 800 Mäuse)</li> <li>• Großtierräume (30 bis 40 m<sup>2</sup>)</li> <li>• Tier-OPs</li> <li>• Tierlabore/Eingriffsräume</li> <li>• diverse Nebenräume (Käfigspülküchen, Autoklavenräume etc.)</li> </ul> <p>Zur Gestaltung von Barriere-Haltungen hat sich das <b>3-Korridor-Konzept</b> bewährt. Danach werden bis zu zehn Standardtierräume zwischen einem reinen und zwei unreinen Korridoren angeordnet. Durch Öffnen oder Verriegeln der luftdichten Türen kann jeder Raum entweder der reinen Barriere-Haltung in der Mitte zugeordnet oder mit Zugang nach außen als Semi-Barriere-Haltung genutzt werden.</p>	<b>Kap. 4.2</b>          <b>Kap. 4.3.2</b>																		
<b>Versorgungskonzepte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Entscheidung über zentrale, dezentrale oder gemischte Versorgungskonzepte für die Versuchstierhaltung spielen die Möglichkeiten und Grenzen der Hygienekontrolle eine besondere Rolle.</li> <li>• Auf Fakultäts- oder Klinikumsebene zentralisieren lassen sich die konventionelle Großtierhaltung, die SPF-Barriere-Haltung und die Semi-Barriere-Haltung für SPF-nahe Kleinnager.</li> <li>• Die Infektions-Barriere sollte dezentral beim Nutzer, zumeist dem Institut für Virologie, angesiedelt werden. Bei kurzzeitigem Bedarf können bei einzelnen Forschungsgruppen zusätzlich zur zentralen Tierhaltung dezentral kleine konventionelle Tierhaltungen eingerichtet werden.</li> </ul>	<b>Kap. 4.3</b>																		

## Bedarfsplanung

<b>Funktionsbereichsmodelle</b>	<p>Funktionsbereichsmodelle beschreiben die Raumprogramme typischer Verfügungs-, Instituts-, Service- und Tierbereiche und ihre mögliche Belegung mit Forschungspersonal. Im vorliegenden Bericht werden exemplarisch sieben Funktionsbereichsmodelle entwickelt, aus denen bei konkreten Planungen – gegebenenfalls mit Modifikationen – unterschiedliche Forschungszentren gebildet werden können. Die Variante A unterstellt dabei separate Labor- und Büroräume, die Variante B Schreibarbeitsplätze in den Laboren und die Variante C kombinierte Labor- und Denkbereiche.</p> <table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Belegung</th><th colspan="3">Fläche (m<sup>2</sup> HNF)</th><th rowspan="2">Personal</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr><tr><td>Verfügungsbereich</td><td>8 Ø Forschergruppen</td><td>988</td><td>956</td><td>916</td><td>54 – 70 Pers.</td></tr><tr><td>Institutsbereich I</td><td>2 theoretische Institute</td><td>1.200</td><td>1.168</td><td>1.128</td><td>49 – 80 Pers.</td></tr><tr><td>Institutsbereich II</td><td>2 theo. Institute + 2 klinisch-theo. Inst.</td><td>2.632</td><td>2.576</td><td>2.481</td><td>129-164 Pers.</td></tr><tr><td>Servicebereich</td><td></td><td colspan="3">322</td><td></td></tr><tr><td>Tierbereich I</td><td>Barriere-Haltung</td><td colspan="3">350</td><td>9 – 11 Pers.</td></tr><tr><td>Tierbereich II</td><td>Semi-Barriere- + Barriere-Haltung</td><td colspan="3">500</td><td>14 – 16 Pers.</td></tr><tr><td>Tierbereich III</td><td>Zentrale Tierhaltung</td><td colspan="3">1.000</td><td>19 – 21 Pers.</td></tr></table>		Belegung	Fläche (m <sup>2</sup> HNF)			Personal	A	B	C	Verfügungsbereich	8 Ø Forschergruppen	988	956	916	54 – 70 Pers.	Institutsbereich I	2 theoretische Institute	1.200	1.168	1.128	49 – 80 Pers.	Institutsbereich II	2 theo. Institute + 2 klinisch-theo. Inst.	2.632	2.576	2.481	129-164 Pers.	Servicebereich		322				Tierbereich I	Barriere-Haltung	350			9 – 11 Pers.	Tierbereich II	Semi-Barriere- + Barriere-Haltung	500			14 – 16 Pers.	Tierbereich III	Zentrale Tierhaltung	1.000			19 – 21 Pers.	<b>Kap. 5.1</b>
	Belegung			Fläche (m <sup>2</sup> HNF)				Personal																																													
		A	B	C																																																	
Verfügungsbereich	8 Ø Forschergruppen	988	956	916	54 – 70 Pers.																																																
Institutsbereich I	2 theoretische Institute	1.200	1.168	1.128	49 – 80 Pers.																																																
Institutsbereich II	2 theo. Institute + 2 klinisch-theo. Inst.	2.632	2.576	2.481	129-164 Pers.																																																
Servicebereich		322																																																			
Tierbereich I	Barriere-Haltung	350			9 – 11 Pers.																																																
Tierbereich II	Semi-Barriere- + Barriere-Haltung	500			14 – 16 Pers.																																																
Tierbereich III	Zentrale Tierhaltung	1.000			19 – 21 Pers.																																																
<b>Zentrumsmodelle</b>	<p>Zur Illustration der Konstruktionsprinzipien werden aus den Funktionsbereichsmodellen exemplarisch drei Zentrumsmodelle gebildet.</p> <table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Bausteine</th><th colspan="3">Fläche (m<sup>2</sup> HNF)</th><th rowspan="2">Personal</th></tr><tr><th>A</th><th>B</th><th>C</th></tr><tr><td>Zentrumsmodell 1</td><td>1 Verfügungsbereich 1 Servicebereich 1 Tierbereich I</td><td>1.704</td><td>1.672</td><td>1.632</td><td>69 – 87 Personen</td></tr><tr><td>Zentrumsmodell 2</td><td>1 Verfügungsbereich 1 Institutsbereich I 1 Servicebereich 1 Tierbereich II</td><td>3.054</td><td>2.990</td><td>2.910</td><td>123 – 172 Personen</td></tr><tr><td>Zentrumsmodell 3</td><td>2 Verfügungsbereiche 1 Institutsbereich II 1 Servicebereich 1 Tierbereich III</td><td>6.018</td><td>5.898</td><td>5.723</td><td>262 – 331 Personen</td></tr></table>		Bausteine	Fläche (m <sup>2</sup> HNF)			Personal	A	B	C	Zentrumsmodell 1	1 Verfügungsbereich 1 Servicebereich 1 Tierbereich I	1.704	1.672	1.632	69 – 87 Personen	Zentrumsmodell 2	1 Verfügungsbereich 1 Institutsbereich I 1 Servicebereich 1 Tierbereich II	3.054	2.990	2.910	123 – 172 Personen	Zentrumsmodell 3	2 Verfügungsbereiche 1 Institutsbereich II 1 Servicebereich 1 Tierbereich III	6.018	5.898	5.723	262 – 331 Personen	<b>Kap. 5.2</b>																								
	Bausteine			Fläche (m <sup>2</sup> HNF)				Personal																																													
		A	B	C																																																	
Zentrumsmodell 1	1 Verfügungsbereich 1 Servicebereich 1 Tierbereich I	1.704	1.672	1.632	69 – 87 Personen																																																
Zentrumsmodell 2	1 Verfügungsbereich 1 Institutsbereich I 1 Servicebereich 1 Tierbereich II	3.054	2.990	2.910	123 – 172 Personen																																																
Zentrumsmodell 3	2 Verfügungsbereiche 1 Institutsbereich II 1 Servicebereich 1 Tierbereich III	6.018	5.898	5.723	262 – 331 Personen																																																
<b>Kennzahlen</b>	<p>Aus den Bedarfsmodellen lassen sich u. a. folgende Kennzahlen herleiten:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Der durchschnittliche Flächenbedarf pro Experimentator liegt zwischen 16 und 26 m<sup>2</sup> HNF, davon entfallen je nach Laborkonzept 7 bis 12 m<sup>2</sup> auf den experimentellen, 2 bis 5 m<sup>2</sup> auf den theoretischen Arbeitsplatz und 6 bis 12 m<sup>2</sup> auf Anteile an Gemeinschaftsflächen.</li><li>• Die durchschnittlichen Gebäudekosten liegen für medizinische Forschungszentren ohne Tierhaltung zwischen 4.300 und 4.800 € pro m<sup>2</sup> HNF und für die Tierbereiche zwischen 7.500 und 8.000 € pro m<sup>2</sup> HNF (Preisstand 04/2003).</li></ul>	<b>Kap. 5.3</b>																																																			





## Literaturverzeichnis

**Adler, Guido (2001):** Probleme und Perspektiven der Hochschulmedizin, Reden und Aufsätze der Universität Ulm, Ulm 2001

**Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz (o. J.):** Gentechnik in Bayern, Häufig gestellte Fragen zur Gentechnik: Antwort auf die Frage: Warum gibt es verschiedene Sicherheitsstufen für gentechnische Arbeiten im Labor?  
(<http://www.umweltministerium.bayern.de/bereiche/gentech/chancen/ant49.htm>)

**Biedermann, Babara C. (1999):** Molekulare Medizin des Erwachsenen 1999 – Von der Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen zur Genom-Navigation, in: Schweizerische Medizinische Wochenschrift, 1999, S. 1193-1995

**Clade, Harald (2002):** Für Extras und Zusatzentgelte – DRG-Forum der Bundesärztekammer: Uniklinken-Verband hat leistungsbedingte Ausnahmen angemahnt, in: Deutsches Ärzteblatt, Jg. 99, 31-32/2002, S. A 2085ff.

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (1999):** Klinische Forschung – Denkschrift, Weinheim u.a. 1999

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (2001):** Förderung von Klinischen Forschergruppen, Merkblatt 1.051 – 12/01- 10.1

**Deutsche Forschungsgemeinschaft (2002):** Perspektiven der Forschung und ihrer Förderung-Aufgaben und Finanzierung 2002 – 2006, Weinheim 2002

**Eberle, Ute (2002):** Mäuse – in: Die Zeit, 30/2002 vom 18.07.02

**Fülgraff, Georges (1990):** Die Universitätsklinik als ‚Großgerät‘ für Forschung und Lehre, in: Waller, Hans Dierck/Rössler, Dietrich/Sandberger, Georg (Hrsg.): Die Universitätskliniken im Spannungsfeld zwischen Gesundheitspolitik und Forschungsauftrag, Tübingen 1990, S. 96-102

**Gesellschaft für Versuchstierkunde – Society for Laboratory Animal Sciences (GV-SOLAS 1988):** Veröffentlichung des Ausschusses für Ausbildung und tiergerechte Haltung zur Planung und Struktur von Versuchstierbereichen tierexperimentell tätiger Institutionen, 4. Aufl., Biberach an der Riss 1988

**Grund, Uta (2003):** Wissenschaftsrat empfiehlt vollständige Vereinigung der Berliner Hochschulmedizin, in: Informationsdienst Wissenschaft vom 17.01.2003 (<http://www.idw-online.de>)

**Horstkotte, Hermann(2003):** Vereinbarte Trennung, in: DUZ, 12/2003, S. 10f.

**Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung der Fraunhofer-Gesellschaft (ISI 2002):** Forschungslandkarte der Hochschulmedizin, hrsg. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und vom Medizinischen Fakultätentag, Stuttgart 2002

**Kochsiek, Kurt (1990):** Krankenversorgung. Ärztliche Wirklichkeit, in: Waller, Hans Dierck/Rössler, Dietrich/Sandberger, Georg (Hrsg.): Die Universitätskliniken im Spannungsfeld zwischen Gesundheitspolitik und Forschungsauftrag, Tübingen 1990, S. 24-36

**Kräusslich, Hans-Georg (2002):** Nutzung des Otto-Meyerhof-Zentrums für Ambulante Medizin und Klinische Forschung an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Heidelberg 2002, Homepage der Universitätsklinik und der Medizinischen Fakultät Heidelberg  
(<http://www.med.uni-heidelberg.de/einrichtungen/omz/nutzung.html>)

- Küng, V./Thalmann, P. (2000):** Autoklaven – Dampfaktivierung, Faktenblatt, hrsg. von der Kontrollstelle für Chemie- und Biosicherheit (KCB) des Kantonalen Laboratoriums Basel-Stadt, Basel 2000 (<http://www.kantonslabor-bs.ch/files/Autoklav.pdf>)
- Lange, P. (1997):** Förderung der strukturellen Entwicklung der klinischen Forschung, in: Schölmerich, J./Landthaler, M. (Hrsg.): Klinische Forschung in Deutschland – Jetzt und in Zukunft, Stuttgart/New York 1997, S. 87-94
- Latusseck, Rolf H. (2003):** Gentherapie – Ende einer Illusion, in: Welt am Sonntag vom 05.01.2003
- Max-Delbrück-Zentrum (2003):** Forschungsschwerpunkte, Homepage ([www.mdc-berlin.de](http://www.mdc-berlin.de)), Stand: April 2003
- Max-Planck-Gesellschaft (2002):** Bauten der Max-Planck-Gesellschaft: Max-Planck-Institut für Molekulare Zellbiologie und Genetik Dresden, München 2002
- Moog, Horst/Federbusch, Kerstin (2002):** Physik an Universitäten – Organisations- und Ressourcenplanung, HIS Hochschulplanung 160, Hannover 2002
- Nebendahl, K./Maeß, J./Treiber, A./Weiß, J. (1999):** Aus dem Ausschuss für Ausbildung der GV-SOLAS: Auswertung der Umfrage zum Personalbedarf, in: Tierlaboratorium, (22) 1999, S. 249-260
- Nobiling, Rainer (2003):** Keine Zunahme von Tierversuchen, Pressemitteilung der Universität Heidelberg vom 28.03.2003 (<http://www.uni-heidelberg.de/presse/news/2303tier.html>)
- Pahl, Heike (2000):** Vom Reagenzglas zum Krankenbett – Festvortrag anlässlich des Dies academicus Universitatis der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg am 23. Mai 1999, in: Freiburger Universitätsblätter, 147. Jg. 2000, S. 79-84
- o.V. (Der Tagesspiegel 2003):** Fusion der Uni-Kliniken Kiel und Lübeck ab Januar, in: Der Tagesspiegel vom 20.12.2003
- o.V. (Die Welt 2003):** Die kreative Arbeit der Gen-Forscher beginnt erst – Offizielles Ende des Humangenomprojektes, in: Die Welt vom 14.04.2003
- Rahmenplan (2002):** 32. Rahmenplan für den Hochschulbau nach dem Hochschulbauförderungsgesetz 2003-2006, vom Planungsausschuss für den Hochschulbau mit Wirkung von 20.09.2002 beschlossen
- Reiß, Thomas (2002):** Systeme des Lebens – Systembiologie, hrsg. vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Bonn 2002 (<http://www.bmbf.de/pub/systembiologie.pdf>)
- Riewemherm, Sabine (1999):** Am Anfang war die Maus, in: Gentechnischer Informationsdienst (GID), 312/1999
- Roller, Carsten (2003):** Die Qual der Wahl – Inflation an Studiengängen in den Biowissenschaften/Viele neue Bezeichnungen, viele fachliche Kreuzungen, in: Frankfurter Rundschau vom 23.04.2003, Beilage Wissen & Bildung, S. WB 6
- Schlicht, Uwe (2003):** Operation Sparschwein – Jetzt wird's ernst: Den Berliner Uniklinken steht mit der geplanten Fusion ein großer Eingriff bevor – ein Modell für andere Fächer?, in: Der Tagesspiegel vom 09.01.2003, S. 30
- Schubert, Bärbel (2003):** Eine eigene Hochschule für Medizin – Vorschläge aus dem Wissenschaftsrat für Berlin, in: Der Tagesspiegel vom 10.01.2003
- Siewert, R./Niethammer (2002):** Klinische Forschung in Deutschland – Zu den Problemen der patientenorientierten Forschung und der Durchführung von klinischen Studien in den deutschen Universitätskliniken, in: Deutsche Medizinische Wochenschrift, 46/2002

**Söling, Hans-Dieter (1999):** Klinische Forschung in Deutschland, in: Medizinische Klinik, 5/1999, S. 282-289

**Sandberger, Georg (2002):** Zum Stand der Verselbständigung der Universitätsklinika, Vortragsmanuskript für die Tagung „Neuordnung der Hochschulmedizin – Neue Ordnung?“ der Arbeitsgruppe Fortbildung im Sprecherkreis der Universitätskanzler, Magdeburg 28. bis 30.11.2002

**Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2002a):** Studierende an Hochschulen – Wintersemester 2001/2002, Fachserie 11, Reihe 4.1, Wiesbaden 2002

**Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2002b):** Personal an Hochschulen – 2001, Fachserie 11, Reihe 4.4, Wiesbaden 2002

**Strehl, Rüdiger (2002):** Schwächen im System, in: DUZ, 6/2002, S. 23

**Tierschutzbericht 2003 – Bericht über den Stand der Entwicklung des Tierschutzes**, hrsg. vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, veröffentlicht als Drucksache 15/723 des Deutschen Bundestages am 26.03.2003 (<http://dip.bundestag.de/btd/15/007/1500723.pdf>)

**Universität Frankfurt (2002):** Sicherheitswerkbänke, Homepage der Verwaltung der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt am Main, Bereich Sicherheit - Gentechnik (<http://www.uni-frankfurt.de/si/gentech/>) Stand: Oktober 2002

**Universität Freiburg (2003):** Inhalt und Ziele des Studienganges Molekulare Medizin, Homepage (<http://www.molmed.uni-freiburg.de/Studiengang/inhalte.de>), Stand: April 2003

**Universität Halle-Wittenberg (2000):** Vergabeordnung für Forschungsverfügungsflächen an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg vom 08.12.1999, in: Amtsblatt der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1/2000, S. 5 (<http://www.medizin.uni-halle.de/zamed/>)

**Universität Zürich (2003):** Homepage des Instituts für Labortierkunde der Universität Zürich (<http://www.ltk.unizh.ch/de/home.html>), Stand: Juli 2003

**Vogel, Bernd/Holzmann, Ingo (1998):** Chemie und Biowissenschaften an Universitäten, HIS Hochschulplanung 131, Hannover 1998

**Waller, Hans Dierck (1990):** Aufgaben und Voraussetzungen medizinischer Forschung, in: Waller, Hans Dierck/Rössler, Dietrich/Sandberger, Georg (Hrsg.): Die Universitätskliniken im Spannungsfeld zwischen Gesundheitspolitik und Forschungsauftrag, Tübingen 1990, S. 37-50

**Windschief, Christoph (2003):** Tierversuche – Die Medizin und ihre Mäuse, in: Stuttgarter Nachrichten vom 22.04.2003

**Wissenschaftsrat (1994):** Stellungnahme zum Programm „Klinische Forschergruppen in Hochschulen“, Januar 1994, in: Wissenschaftsrat (Hrsg.): Empfehlungen und Stellungnahmen 1994, Band 1, S. 429-451

**Wissenschaftsrat (1999):** Empfehlungen zur Struktur der Hochschulmedizin – Aufgaben, Organisation, Finanzierung, Würzburg 1999

**Wissenschaftsrat (2002):** Empfehlungen zum 32. Rahmenplan für den Hochschulbau 2003 – 2006 – Allgemeiner Teil, Köln 2002

**Wüsthof, Achim (2001):** Das Studium als Patient, in: Die Zeit, Nr. 43/2001, 18.10.2001, S. 21

**Zentralstelle für Bedarfsbemessung und wirtschaftliches Bauen (ZBWB 1998):** Richtlinien für die Baukostenplanung, Freiburg 1998



## Stichwortverzeichnis

- Abzug** ..... 32, 36, 38f., 85  
**Approbationsordnung** ..... 8  
**Arbeitsabläufe**, ..... 29, 93  
     administrative ..... 30  
     experimentelle ..... 29f.  
     histologische ..... 30  
     theoretische ..... 30  
     tierexperimentelle ..... 48f.  
**Arbeitsbereich**, ..... 30, 93  
     biochemischer ..... 32  
     histologischer ..... 32  
     molekularbiologischer ..... 30ff.  
     zellbiologischer ..... 31f.  
**Autoklav** ..... 41, 56  
**Auxiliarräume** ..... 34, 40f., 55f.  
**Barriere-Haltung** ..... 52, 57ff.  
**Baukosten** ..... 85ff.  
**Bedarfsmodell** ..... 65f.  
**Belegungsmodelle** ..... 68, 70, 72  
**Beschäftigtengruppen** ..... 21ff., 92  
**Biochemisches Labor** ..... 34, 85  
**Bioinformatik** ..... 19, 82  
**Brutschrank / Inkubator** ..... 31f.  
**Büroarbeitsplätze** ..... 33f., 67, 69, 71  
**Büroräume** ..... 33, 39f., 76, 78, 80  
**Checkliste** ..... 91  
**Denkzelle / Denkzone** .....  
     33, 38f., 67, 69, 71, 76, 78, 80  
**DFG** ..... 26, 63  
**Doktoranden**,  
     medizinische ..... 22, 25, 27  
     aus anderen Naturwissen-  
     schaften ..... 23, 24, 27  
**Drei-Korridor-Konzept** ..... 58ff.  
**Entwicklungstendenzen** ..... 20  
**Experimentatoren** ..... 25, 27  
**Fakultät, medizinische** ..... 10  
**Flächenansätze** ..... 82f.  
**Flächenbedarf** ..... 37ff., 82ff.  
**Flächenrelationen** ..... 83f.  
**Forschergruppen** ..... 24ff., 92  
     gemischte Gruppen ..... 25, 68, 82f.  
     Klinikergruppen ..... 25, 68, 82f.  
     Vollzeitgruppen ..... 25, 68, 82f.  
**Forschung**,  
     biomedizinische ..... 17  
     klinische ..... 7, 19  
     medizinische ..... 7  
     tierexperimentelle ..... 19, 47f.  
**Forschungsmethoden** ..... 18f., 92  
**Forschungspersonal**  
     Mediziner mit Klinikdiensten ..... 21  
     Mediziner ohne Klinikdienste ..... 21f.  
     Nicht-Mediziner ..... 22f.  
**Forschungsprofessur** ..... 26  
**Forschungszentrum, medizinisches** ... 1ff., 91  
**Funktionsbereich / Funktionsbereichs-**  
     **modelle** ..... 4, 66ff., 95  
**Geräteräume** ..... 40, 56, 67, 69, 71, 73, 74  
**Großtierraum** ..... 55, 74  
**Gruppenleiter** ..... 24f., 27  
**Hauptnutzfläche (HNF)** ..... 35  
**Histologie-Labor** ..... 34, 72f.  
**Hygienestatus** ..... 50f.  
**Inkubator / Brutschrank** ..... 31f.  
**Institut**,  
     klinisch-theoretisches ..... 10f., 27, 92  
     medizinisch-theoretisches ..... 21, 26f.  
     theoretisches ..... 10, 27, 92  
**Institutsbereich** ..... 4, 68ff.  
**Integrationsmodell** ..... 11  
**Interdisziplinäres Zentrum für Klinische**  
     **Forschung (IZKF)** ..... 26  
**Isolator-Haltung** ..... 51f., 58  
**Isotopen- / Radionuklidlabore** ..... 44f., 73, 93  
**IVC (Individual Ventilated Cages)** . 53, 55, 61  
**Käfigspülraum** ..... 56, 74  
**Kennzahlen** ..... 82ff., 95  
**Klinische Abteilungen** ..... 11, 26  
**Knock-out Mäuse** ..... 19, 48  
**Konventionelle Tierhaltung** ..... 57f.  
**Kooperationsmodell** ..... 11  
**Kostenflächenarten (KFA)** ..... 85  
**Kostenverrechnung** ..... 62f.  
**Krankenversorgung** ..... 9  
**Kryokonservierungsraum** ..... 55, 74  
**Kühlgeräteräume** ..... 40  
**Kühlräume** ..... 40  
**Labor** ..... 34ff.  
**Laboranten** ..... 24, 25, 27, 61  
**Laborarbeitsplätze** ..... 30ff., 37ff., 84  
**Laborforschung, biomedizinische** ..... 18  
**Laborkonzepte, alternative** 37, 65, 82, 86, 93  
**Lagerräume** ..... 41, 56, 67, 69, 71, 73, 74  
**Lehre** ..... 8f., 14  
**Mausmodell / Tiermodell** ..... 19, 47f.  
**Medienversorgung** ..... 35f.  
**Medizin** ..... 1, 7

Medizinstudium.....	8	Standorte,	
Molekularbiologisches Labor.....	34, 35f., 85	medizinischer Forschungszentren .....	2
Molekulare Medizin.....	14, 17, 20, 22, 47	der Hochschulmedizin .....	13, 16
Nutzungsprofile.....	76, 78, 80, 81f.	Systembiologie .....	20
Nutzungssteuerung.....	88f.	Tierarzt .....	61, 73
Organisation .....	10ff., 22ff.	Tierbereich.....	4, 73f.
Personalmodelle .....	68, 70, 72, 77, 79, 81	Tierhaltung.....	50, 93
Personalrekrutierung .....	23, 24	Tierkäfige.....	54
Personalrelationen.....	25, 27	Tierlabor .....	55, 74
Personalstruktur.....	14f. 25, 27, 77, 79, 81	Tiermodell / Mausmodell .....	19, 47f.
Radionuklid- / Isotopenlabore .....	44f.	Tier-Operationssaal .....	55, 61, 74
Raumnutzungsarten (RNA).....	35	Tierpfleger .....	24, 61f., 73
Raumprogramm.....	67, 69, 71, 73, 74	Tierversuche, biomedizinische .....	19, 47
Raumtypen / Raumarten.....	4, 34, 85	Transgene Mäuse.....	19, 48
Ressourcenplanung .....	3ff.	Trennungsrechnung.....	12
Rotationsstellen .....	21	Universitätsklinikum .....	10
Schreibarbeitsplatz .....	33, 37ff.	Verfügungsbereich.....	4, 66ff.
Semi-Barriere-Haltung .....	52, 58	Versorgungskonzept.....	56ff., 94
Servicebereich .....	4, 72f.	Versuchstiere.....	47f.
Sicherheitsstufen .....	41ff., 93	gentechnisch veränderte .....	47f.
Sicherheitswerkbank.....	31f., 61	Versuchstierhaltung, Formen der .....	50, 93
SPF-Status .....	50	Zellkultur-Labor.....	34, 85
Spülküchen.....	41, 67, 69, 71	Zentrumsmodelle .....	4f., 75ff., 95
Standardlabor, biomedizinisches .....	35ff.	Baukosten .....	86f.
Standardtierraum .....	53f.	Flächenausstattung .....	76, 78, 80
		Personalstruktur .....	77, 79, 81

**HIS Hochschul-Informations-System GmbH, Hannover**  
**Goseriede 9, 30159 Hannover**

**Bisher erschienene Publikationen**

Sämtliche Veröffentlichungen werden seit Januar 1981 durch die HIS Hochschul-Informations-System GmbH vertrieben und sind dort direkt oder über den Buchhandel erhältlich.

**Die Bände 1-60 sind nur noch bedingt lieferbar, fehlende oder mit Sternchen gekennzeichnete Bände sind inzwischen vergriffen.** Alle Bände sind broschiert. Es besteht auch die Möglichkeit des Abonnements unserer Schriftenreihe.

**Reihe: Hochschulplanung**

- 1\*     *Das Hochschul-Informations-System*  
1973. 2. Auflage. 50 S. € 2,80. ISBN 3-923105-00-2
- 2     *J. Griese: Kapazitätsnutzung im Hochschulbereich*  
E. Dettweiler, H.W. Frey: Kurz- und langfristige Kapazitätsanalyse im Hochschulbereich  
1970. 88 S. € 3,90. ISBN 3-923105-01-0
- 3     *R. Caspar: Ökonomische Konzeption einer rationalen Hochschulplanung*  
1970. 149 S. € 6,40. ISBN 3-923105-02-9
- 4     *G. Menges, G. Elstermann, H. Rommelfanger: Kapazitätsmodelle*  
1971. 86 S. € 4,90. ISBN 3-923105-03-7
- 5     *B. Bessai: Der Einsatz von EDV-Anlagen in den Hochschulverwaltungen der Bundesrepublik*  
1971. 126 S. € 7,-. ISBN 3-923105-04-5
- 6     *W. Bayer, H. Oblasser: Betriebssteuerungssystem und Kapazitätsmodell für Hochschulen*  
1972. 253 S. € 18,-. ISBN 3-923105-05-3
- 7     *D. Schrammel, J. Griese: Prognose-Informations-System und Auslastungs-Informations-System*  
1971. 132 S. € 10,-. ISBN 3-923105-06-1
- 8     *T. Finkenstaedt, M. Redelberger: Anglistik 1970*  
1972. 132 S. € 10,-. ISBN 3-923105-07-X
- 9     *Globaler Test eines Berechnungsverfahrens zur Ermittlung der Ausbildungskapazität*  
1972. 223 S. € 16,50,-. ISBN 3-923105-08-8
- 10    *H.W. Frey, M. Utz: Untersuchung des Personal- und Raumbedarfs im Fach Anglistik mit Hilfe eines Simulationsmodells auf EDV-Basis*  
1972. 182 S. € 14,-. ISBN 3-923015-09-6
- 11    *A. Angermann, H.G. Bartels: Haushaltskonsolidierung und Finanzierungsrechnung*  
1972. 254 S. € 11,-. ISBN 3-923105-10-X
- 12    *A. Angermann, U. Blechschmidt: Hochschul-Kostenrechnung*  
1972. 298 S. € 14,-. ISBN 3-923105-11-8
- 13    *Berufsausbildung und Hochschulbereich*  
1973. 188 S. € 14,-. ISBN 3-923105-12-6
- 14    *B. Bessai: Der Aufbau einer Informationsbank, insbesondere einer Datenbank, als Voraussetzung für die Lösung von Managementproblemen im Hochschulbereich*  
1973. 347 S. € 16,-. ISBN 3-923105-13-4
- 15    *J. Beckmann: Gravitationstheoretischer Ansatz zur Ermittlung des regionalen Studentenaufkommens in NRW*  
1973. 142 S. € 11,-. ISBN 3-923105-14-7

- 16 *F. Rischkowksy*: Thesaurus Hochschulplanung  
1973. 214 S. € 14,-. ISBN 3-923105-15-0
- 17 *K.M. Hussain, H.L. Freytag*: Resource, Costing and planning Models in Higher Education  
1973. 152 S. € 11,-. ISBN 3-923105-16-9
- 18 *E. Schrader, K.D. Schmidt, H. Gerken, F. Bunzel*: Das Verfahren der Flächenbedarfsplanung  
für die Universität Bielefeld  
1974. 310 S. € 16,-. ISBN 3-923105-17-7
- 19 *H.W. Frey, W. Jüllig, R. Mauder, P. Näger*: Anwendung des HIS-  
Simulationsmodells B an der Universität Karlsruhe  
1975. 119 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-18-5
- 20 *H. Bonin, W.L. Oppenheim*: HISKAM. Ein computergestütztes Informationssystem zur  
Abwicklung des Haushalts-, Kassen- und Rechnungswesens an Hochschulen  
1975. 371 S. € 18,-. ISBN 3-923105-19-3
- 21 *R. Foerst, H.W. Frey*: Organisation der Lehre und Ausbildungskapazität in der klinischen  
Medizin  
1975. 238 S. € 16,-. ISBN 3-923105-20-7
- 22\* *D. Ipsen, G. Portele*: Organisation von Forschung und Lehre an westdeutschen Hochschulen  
1976. 287 S. € 16,-. ISBN 3-923105-21-5
- 23\* *U. Korte*: Akademische Bürokratie. Eine empirische Untersuchung über den Einfluß von  
Organisationsstrukturen auf Konflikte an westdeutschen Hochschulen  
1976. 172 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-22-3
- 24 *W. Albert, C. Oehler*: Die Kulturausgaben der Länder, des Bundes und der Gemeinden  
einschließlich Strukturausgaben zum Bildungswesen  
1976. 505 S. € 21,-. ISBN 3-923105-23-1
- 25\* *C. Oehler, L. Birk, F. Blahusch, F. Kazemzadeh, D. Kraft-Krumm*:  
Studienplanung und Organisation der Lehre  
1976. 574 S. € 21,-. ISBN 3-923105-24-X
- 26 *R. Foerst, E. Korte*: Organisation der Lehre und Ausbildungskapazität in der Zahnmedizin  
1976. 174 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-25-8
- 28 *L. Birk, H. Griesbach, K. Lewin, M. Schacher*: Abiturienten zwischen Schule, Studium und  
Beruf - Wirklichkeit und Wünsche  
1978. 115 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-26-6
- 29\* *C. Oehler, L. Birk, F. Blahusch, F. Kazemzadeh*: Organisation und Reform des Studiums -  
Eine Hochschullehrerbefragung  
1978. 102 S. DM 22,-. ISBN 3-923105-27-4
- 30 *E. Rau*: Hochschulreform in Schweden - Ein Überblick  
1978. 95 S. DM 22,-. ISBN 3-923105-28-2
- 31 *R. Foerst, E. Korte*: Pharmazie in Freiburg - Studiengang und Curricularrichtwert  
1978. 120 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-29-
- 32 Studenten zwischen Hochschule und Arbeitsmarkt  
1980. 172 S. DM 22,-. ISBN 3-923105-30-4
- 33 *K. Lewin, M. Schacher*: Studium oder Beruf? - Studienberechtigte 1976, zwei Jahre nach  
Erwerb der Hochschulreife  
1979. 220 S. DM 24,-. ISBN 3-923105-31-2
- 34 *C. Rothe*: Abiturientenberatung und weiterer Bildungslebenslauf  
1981. 191 S. € 18,-. ISBN 3-922901-00-X



- 35\* *K. Lewin, M. Schacher*: Studienberechtigte 78 - Studien- und Berufswahl im Wandel? Bestandsaufnahme und Vergleich mit Studienberechtigten 76  
1981. 199 S. € 18,-. ISBN 3-922901-01-8
- 36\* *R. v. Lützu, H. Hopf, W. Küster, D. Peschke*: Hochschulberichtssystem  
1981. 200 S. € 18,-. ISBN 3-922901-02-6
- 37 *J. Knop*: Wirtschaftlichkeit der automatisierten Datenverarbeitung in den Hochschulverwaltungen  
1981. 243 S. € 18,-. ISBN 3-922901-08-5
- 38 *F. Durrer, F. Kazemzadeh*: Beschäftigungsprobleme nicht eingestellter Lehrer - Auswirkungen, Einstellungen, Erwartungen am Beispiel von Lehrern in Hessen  
1981. 198 S. € 18,-. ISBN 3-922901-14-X
- 39 *J. Knop, H. Stichtenoth, K. Brauer, J. Hammerschick, J. Jaschke, F. Wolf*: Einsatz automatisierter Verfahrenslösungen in den Hochschul- und Klinikverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland - Eine Bestandsaufnahme  
1981. 348 S. € 20,-. ISBN 3-922901-15-8
- 40\* *F. Kazemzadeh, K.-H. Minks*: Attraktivität des Ingenieurstudiums in der Diskussion - Hintergründe, Einflüsse und Wirkungen. Zwischenergebnisse einer empirischen Untersuchung  
1982. 60 S. DM 20,-. ISBN 3-922901-16-6
- 41\* *R. Reissert, L. Birk*: Studienverlauf, Studienfinanzierung und Berufseintritt von Hochschulabsolventen und Studienabbrechern des Studienjahres 1979  
1982. 173. S. € 18,-. ISBN 3-922901-17-4
- 42\* *K. Lewin, R. Piesch, M. Schacher*: Studienberechtigte 78 - Studienaufnahme, Studienfinanzierung, Zufriedenheit. Bestandsaufnahme zwei Jahre nach Erwerb der Hochschulreife und Vergleich mit Studienberechtigten 76  
1982. 173 S. € 18,-. ISBN 3-922901-17-4
- 43 *K. Lewin, R. Piesch, M. Schacher*: Studienberechtigte 76 - Studium und Berufsausbildung: Verläufe und Übergänge. Bestandsaufnahme vier Jahre nach der Schulzeit  
1982. 80 S. € 18,-. ISBN 3-922901-19-0
- 44\* *F. Kazemzadeh, H. Schaeper*: Fachspezifische Studentenprofile - Bedingungen der Integration in das Studium, Zwischenergebnisse einer empirischen Untersuchung  
1983. 100 S. € 15,-. ISBN 3-922901-21-2
- 45\* *E. Frackmann*: Probleme der Finanzierung, Budgetierung und Evaluation im US-amerikanischen Hochschulbereich  
1983. 130 S. € 18,-. ISBN 3-922901-22-0
- 46\* *H. Gerken, W. Pietsch, M. Puttendörfer, H. Schwab, B. Weidner-Russell*: Leitfaden zur Umnutzungsplanung  
1983. 250 S. € 18,-. ISBN 3-922901-23-9
- 47\* *F. Kazemzadeh, K.-H. Minks*: Attraktivität des Ingenieurstudiums - Ergebnisse einer empirischen Untersuchung  
1983. 160 S. € 18,-. ISBN 3-922901-24-7
- 48\* *U. Hempel*: Bemessung des Flächenbedarfs zentraler Hochschulbibliotheken  
1983. 110 S. € 15,-. ISBN 3-922901-25-5
- 49 *H. Heinrich*: Ein System zur Koordination von Lehrveranstaltungen an Hochschulen  
1983. 112 S. € 15,-. ISBN 3-922901-26-3
- 50 *H. Stichtenoth, S. Grätz, J. Knop*: Einsatz der automatisierten Datenverarbeitung in der Hochschulmedizin  
1983. 216 S. € 18,-. ISBN 3-922901-27-1

- 51\* *F. Durrer-Guthof, F. Kazemzadeh:* Studienberechtigte 80 - Ausbildungspläne, Motivation und Tätigkeitsstruktur. Bestandsaufnahme ein halbes Jahr nach Schulabgang und Vergleich mit Studienberechtigten 1976 und 1978  
1984. 140 S. € 18,-. ISBN 3-922901-28-X
- 52\* *F. Kazemzadeh, H. Schaeper:* Wer findet sich im Studium zurecht? Ergebnisse einer Untersuchung von Studenten in der Eingangsphase des Studiums  
1984. 150 S. € 18,-. ISBN 3-922901-29-8
- 53\* *F. Durrer-Guthof, F. Kazemzadeh:* Berufliche Ausbildung - Alternative zum Studium? Ergebnisse einer Untersuchung zum Übergangsverhalten von Studienberechtigten von der Schule zu weiterführender Ausbildung  
1984. 180 S. € 18,-. ISBN 3-922901-301
- 54 *K. Lewin, M. Leszczensky, R. Piesch, M. Schacher:* Analyse der Situation der Studienanfänger im Wintersemester 1983/84 - Studienwünsche und Studienwahl, Berufserwartungen  
1984. 144 S. € 18,-. ISBN 3-922901-31-X
- 55 *K. Lewin, M. Leszczensky, M. Schacher:* Studienanfänger im Wintersemester 1984/85 - Studien- und Berufswahl bei rückläufigen Studienanfängerzahlen  
1985. 69 S. € 18,-. ISBN 3-922901-32-8
- 56\* *B. Weidner-Russell, D. Müller:* Untersuchung zur Unterbringung des ruhenden Verkehrs an Hochschulen  
1985. 141 S. € 18,-. ISBN 3-922901-33-6
- 57 *F. Durrer-Guthof, R. Piesch, H. Schaeper:* Studienberechtigte 83, Studienentscheidung - Einfluß von Arbeitsmarkt und Studienfinanzierung  
1986. 90 S. € 18,-. ISBN 3-922901-34-4
- 58\* *K. Schnitzer, H. Schaeper, J. Gutmann, Ch. Breustedt:* Probleme und Perspektiven des Ausländerstudiums in der Bundesrepublik Deutschland - Untersuchung über Studienverlauf, Studienbedingungen, soziale Lage und Reintegration von Studenten aus Entwicklungsländern  
1986. 309 S. € 21,-. ISBN 3-922901-35-2
- 59\* *K. Lewin, M. Schacher:* Studienanfänger im Wintersemester 1985/86 - Studium an Universität oder Fachhochschule  
1986. 87 S. € 18,-. ISBN 3-922901-36-0
- 60\* *F. Stratmann, I. Holzkamm:* Chemikalierversorgung und -entsorgung in Hochschulen - Bericht zur Beschaffung, Lagerung und Verteilung von Chemikalien und Entsorgung von chemischen Sonderabfällen in Hochschulen  
1986. 138 S. € 18,-. ISBN 3-922901-37-9
- 61\* *R. Reissert, B. Marciszewski:* Studienverlauf und Berufseintritt - Ergebnisse einer Befragung von Hochschulabsolventen und Studienabbrechern des Studienjahres 1984  
1987. 130 S. € 18,-. ISBN 3-922901-38-7
- 62 *K. Lewin, M. Schacher:* Studienanfänger im Wintersemester 1986/87 - Immer mehr Abiturienten an Fachhochschulen  
1987. 130 S. € 18,-. ISBN 3-922901-39-5
- 63 *F. Kazemzadeh, K.-H. Minks, R.-R. Nigmann:* "Studierfähigkeit" - Eine Untersuchung des Übergangs vom Gymnasium zur Universität  
1987. 300 S. € 21,-. ISBN 3-922901-40-9
- 64 *K. Schnitzer, R. Holtkamp:* Studium in Berlin - Untersuchung zur Situation von Studierenden an Berliner Hochschulen  
1987. 260 S. € 21,-. ISBN 3-922901-41-7
- 65\* *M. Kahle, F. van Dijk:* Zentrale Gebäudeleittechnik in Hochschulkliniken - Untersuchung zum ZLT-G-Einsatz  
1987. 138 S. € 18,-. ISBN 3-922901-43-4

- 66\* *H. König, C. Schnoor*: Bestandserhaltung von Hochschulgebäuden - Untersuchung zu den Rechtsgrundlagen, den Einflußgrößen und dem zukünftigen Mittelbedarf  
1988. 220 S. € 20,-. ISBN 3-922901-44-1
- 68 *B. Weidner-Russell, K. Haase*: Nachfrage an Infrastruktureinrichtungen an Hochschulen- Materialien zu den Bereichen Bibliotheken, sonstige Arbeitsplätze der Hochschulen, Fortbildung und studienbegleitende Freizeit, Erwerbstätigkeit, Verpflegungseinrichtungen, Wohnen, Verkehr  
1988. 250 S. € 20,-. ISBN 3-922901-46-8
- 69\* *K. Lewin, M. Schacher*: Studienanfänger im Wintersemester 1987/88 -Zunahme der Studienanfängerzahlen bei abnehmenden Studienberechtigtenzahlen  
1988. 130. S. € 18,-. ISBN 3-922901-47-6
- 70 Studienzeiten auf dem Prüfstand - Dokumentation des HIS-Kolloquiums am 18. u. 19. Mai im Wissenschaftszentrum Bonn - Bad Godesberg  
1988. 360 S. € 20,-. ISBN 3-922901-48-4
- 71 *F. Stratmann, I. Holzkamm*: Sonderabfallentsorgung in Hochschulen -Eine Bestandsaufnahme der derzeitigen Hochschulpraxis.  
1988. 200 S. € 19,-. ISBN 3-922901-49-2
- 72 *K. Schnitzer, W. Isserstedt*: Bildungskredit - Akzeptanzuntersuchung zu einem neuen Finanzierungsmodell im Bildungsbereich (für das Bundesministerium für Bildung und Wissenschaft  
1988. 69 S. € 15,- ISBN 3-922901-50-6
- 73\* *M. Kahle, F. van Dijk*: Zentrale Gebäudeleittechnik - Hinweise zu Planung und Betrieb von ZLT-Systemen einschließlich DDC  
1989. 65 S. € 15,-. ISBN 3-922901-51-4
- 74 *R.-R. Nigmann*: Abiturienten an Fachhochschulen - Ursachen und Auswirkungen der Attraktivität des Fachhochschulstudiums für Abiturienten  
1989. 120 S. € 18,-. ISBN 3-922901-52-2
- 75\* *K. Lewin, M. Schacher*: Studienanfänger im Wintersemester 1988/89 -Trend zum Studium setzt sich fort  
1989. 190 S. € 19,-. ISBN 3-922901-53-0
- 76 *R. Holtkamp, F. Kazemzadeh*: Das Engagement der Hochschulen in der Weiterbildung - Situation und Perspektiven  
1989. 169 S. € 18,-. ISBN 3-922901-54-9
- 77\* *R. Reissert, H. Schaeper*: Pro-forma-Studium - "Studieren" ohne Studienabsicht  
1989. 150. S. € 18,-. ISBN 3-922901-55-7
- 78 *H. Schaeper*: Studium in Berlin - Neuere Entwicklungstendenzen  
1989. 132 S. € 18,-. ISBN 3-922001-56-5
- 79\* *H. Schaeper, K. Schnitzer*: Hochschulausbildung in Japan - Abstimmung zwischen Bildungs- und Beschäftigungssystem - Exposé zum Forschungsstand und Forschungsbedarf  
1989. 102 S. € 16,-. ISBN 3-922901-57-3
- 80 *F. Kazemzadeh*: Was halten Hochschullehrer von der Weiterbildung? Ergebnisse einer empirischen Untersuchung  
1989. 65 S. € 15,-. ISBN 3-922901-54-9
- 81\* *F. Kazemzadeh*: Gebühren und Entgelte für Weiterbildungsangebote der Hochschulen - Eine Untersuchung zur Finanzierung der wissenschaftlichen Weiterbildung an Hochschulen  
1990. 140. S. € 16,-. ISBN 3-922901-59-X

- 82 *H.-G. Budde, M. Leszczensky*: Behinderte und chronisch Kranke im Studium - Ergebnisse einer Sonderauswertung der 12. Sozialerhebung des Deutschen Studentenwerkes im Sommersemester 1988  
1990. 120. S. € 18,-. ISBN 3-922901-62-X
- 83 *K. Lewin, M. Schacher*: Studienanfänger im Wintersemester 1989/90 - Optimistische Berufserwartungen fördern Studienaufnahme  
1990. 215 S. € 19,-. ISBN 3-922901-63-8
- 84 *K. Lewin, M. Schacher*: Studienberechtigte des Jahres 1976 auf dem Weg in den Beruf bis 1988 - Erwartungen alles in allem erfüllt  
1990. 110 S. € 18,-. ISBN 3-92901-65-4
- 85 *K. Schnitzer, E. Korte*: Untersuchungen über die Beteiligung der Medizin am ERASMUS-Programm - Ergebnisse einer Evaluation  
1990. 110 S. € 16,-. ISBN 3-922901-66-2
- 86 *E. Frackmann u.a.*: EDV-Unterstützung der Mittelbewirtschaftung an Hochschulen  
1991. 146 S. € 18,-. ISBN 3-922901-68-9
- 87 *R. Holtkamp*: Berufspraktische Weiterqualifizierung von Professorinnen und Professoren an Fachhochschulen und Praxisbezug des Studiums  
Eine Untersuchung zu den Möglichkeiten der Aktualisierung berufspraktischer Kenntnisse des Lehrkörpers an den Fachhochschulen  
1991. 120 S. € 18,-. ISBN 3-922901-70-0
- 88 *K. H. Minks, R. Nigmann*: Hochschulabsolventen 88/89 zwischen Studium und Beruf  
1991. 210 S. € 19,-. ISBN 3-922901-71-9
- 89 *K. Lewin, G.-W. Bathke, M. Schacher, D. Sommer*: Studienanfänger im Wintersemester 90/91 - Studienentscheidung und Studienbeginn in den alten und neuen Ländern  
1991. 324 S. € 22,50,-. ISBN 3-922901-72-7
- 90\* *U. Heublein, F. Kazemzadeh*: Studieren in den neuen Ländern 1991 - Eine Untersuchung zur Studienbefindlichkeit unter strukturell veränderten Bedingungen  
1991. 160 S. € 16,-. ISBN 3-922901-73-5
- 91\* Planungs- und Beurteilungskriterien für biotechnologische Forschungsflächen  
Bearbeitung: *H. Gerken, K. Haase, P. Jockusch, H. Küsgen*  
1991. 210 S. € 19,-. ISBN 3-922901-75-1
- 92 *R. Holtkamp, K. Schnitzer (Hg.)*: Evaluation des Lehrens und Lernens - Ansätze, Methoden, Instrumente  
Evaluationspraxis in den USA, Großbritannien und den Niederlanden  
Dokumentation der HIS-Tagung am 20. und 21. Februar 1992 im Wissenschaftszentrum Bonn-Bad Godesberg  
1992. 148 S. € 18,-. ISBN 3-922901-77-8
- 93 Bauliche Entwicklungsplanung Friedrich-Schiller-Universität Jena  
Bearbeitung: *B. Weidner-Russell, K. Haase, C. Schnoor, W. Dunkl, P. Jockusch*  
1992. 472 S. € 25,-. ISBN 3-922901-78-6
- 94 *J. Müller*: Sonderabfallentsorgung in Hochschulen der neuen Länder  
Eine Bestandsaufnahme der derzeitigen Hochschulpraxis  
1992. 168 S. € 20,-. ISBN 3-922901-79-4
- 95 *K. Lewin, G.-W. Bathke, U. Heublein, D. Sommer*: Studienanfänger im Wintersemester 1991/92 - Studienentscheidungen in den alten und neuen Ländern: Annäherungstendenzen  
1992. 318 S. € 30,-. ISBN 3-922901-80-8
- 96 *K.-H. Minks, G.-W. Bathke*: Berufliche Integration und Weiterbildung von jungen Akademikern aus den neuen Ländern  
1992. 138 S. € 18,-. ISBN 3-922901-81-6

- 97 *I. Kahle*: Studierende mit Kindern - Die Studiensituation sowie die wirtschaftliche und soziale Lage der Studierenden mit Kindern in der Bundesrepublik Deutschland.  
1993. 107 S. € 18,-. ISBN 3-922901-82-4
- 98 *K. Lewin, H. Cordier, D. Sommer*: Bilanz 12 Jahre nach Hochschulreife  
Ausbildungs- und Studienverläufe, Berufswahl von Studienberechtigten '78 bis 1990  
1993. 126 S. € 18,-. ISBN 3-922901-83-2
- 99 *M. Leszczensky*: Der Trend zur studentischen Selbstfinanzierung  
Ursachen und Folgen  
1993. 298 S. € 30,-. ISBN 3-922901-84-0
- 100\* *H. König, C. Schnoor*: Alternative Verfahren der Planung und Finanzierung von  
Hochschulbauten  
1993. 196 S. € 25,-. ISBN 3-922901-85-9
- 101\* *I. Holzkamm*: Planung von Gefahrstofflagern in Hochschulen -  
Hilfe zur Raumprogrammierung von Sonderabfallzwischenlagern und  
Chemikalienversorgungsanlagen  
1993. 122 S. € 18,-. ISBN 3-922901-86-7
- 102 *K. Lewin, H. Cordier, U. Heublein, D. Sommer*: Studienanfänger im Wintersemester 1992/93 in  
den alten und neuen Ländern - zunehmende Angleichung der Studienfächerstrukturen  
1993. 146 S. € 18,-. ISBN 3-922901-87-5
- 103 Neue Bauvorhaben an Fachhochschulen - Dokumentation  
Bearbeitung: *K. Haase, P. Pfadenhauer, H. Gerken, U. Lange, B. Weidner-Russell*  
1993. 264 S. € 30,-. ISBN 3-922901-88-3
- 104 *F. Kazemzadeh, M. Schacher, W. Steube*: Hochschulstatistische Indikatoren im  
Ländervergleich: Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Niederlande  
1994. 181 S. € 25,-. ISBN 3-922901-89-1
- 105 *W. Fricke, G. Grauer*: Hochschulsozialisation im Sozialwesen  
Entwicklung von Persönlichkeit, studienbezogene Einstellungen, berufliche Orientierungen  
1994. 336 S. € 40,-. ISBN 3-922901-90-5
- 106\* *K. Dammann-Doench, B. Vogel*: Materialien zur Mensaplanung  
Eine Dokumentation und vergleichende Auswertung von Mensa-Neubauten ab 1985  
1994. 350 S. € 40,-. ISBN 3-922901-91-1
- 107 *K. Lewin, U. Heublein, D. Sommer, H. Cordier, H. Andermann*:  
Studienanfänger im Wintersemester 1993/94 in den alten und neuen Ländern  
- Studienanfänger immer älter  
1994. 136 S. € 18,-. ISBN 3-922901-94-8
- 108 *M. Leszczensky, H. Thole*: Ausstattungsvergleich niedersächsischer Universitäten  
und Fachhochschulen - Methodenentwicklung und exemplarische Anwendung  
1995. 197 S. € 25,-. ISBN 3-922901-96-4
- 109 *B. Vogel, I. Holzkamm*: Sanierung von Chemiegebäuden an Hochschulen  
1995. 280 S. € 30,-. ISBN 3-922901-97-2
- 110 *F. Stratmann, J. Müller*: Organisation des Arbeits- und Umweltschutzes in  
Hochschulen - Bestandsaufnahme der derzeitigen Hochschulpraxis und Vorschläge zur  
Organisationsgestaltung  
1995. 220 S. € 27,50. ISBN 3-922901-98-0
- 111 *K. Haase, M. Senf*: Materialien zur Hörsaalplanung  
1995. 762 S. € 40,-. ISBN 3-922901-99-9

- 112 *K. Lewin, U. Heublein, D. Sommer*: Studienanfänger im Wintersemester 1994/95  
- Interesse am Ingenieurstudium gesunken  
1995. 150 S. € 25,-. ISBN 3-930447-00-2
- 113 *R. Holtkamp (Hg.)* Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen  
Dokumentation durchgeführter Vorhaben  
1995. 330 S. € 40,-. ISBN 3-930447-01-0
- 114 *M. Leszczensky, A. Barna, I. Kuhnert, H. Thole*:  
Ausstattungsvergleich an der Universität Hannover  
Fachbereiche - Lehreinheiten - Studiengänge  
Verfahrensbeschreibung und vorläufige Ergebnisse. Eine Untersuchung der  
HIS GmbH in Zusammenarbeit mit der Universität Hannover. 1995  
1995. 133 S. € 18,-. ISBN 3-930447-02-9
- 115 *R. Holtkamp*: Duale Studienangebote der Fachhochschulen  
1996. 144 S. € 18,-. ISBN 3-930447-03-7
- 116\* *K.-H. Minks*: Frauen aus technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen.  
Eine Untersuchung der Berufsübergänge von Absolventinnen und Absolventen  
1996. 110 S. € 18,-. ISBN 3-930447-04-5
- 117 *Th. Sand, B. Weidner-Russell*: Stellplatzerrichtung an Hochschulen  
Bauordnungsrechtliche Grundlagen und deren Handhabung  
1996. 132 S. € 25,-. ISBN 3-930447-05-3
- 118 *H. König, F. Kupfer*: Leasingfinanzierungen - Eine Alternative für den Hochschulbau?  
1996. 280 S. € 30,-. ISBN 3-930447-06-1
- 119 *M. Schacher*: Vorausschätzung des Angebotes an Absolventen der Humanmedizin und  
Auswirkungen auf den Bestand an Ärzten bis zum Jahr 2030  
1996. 115 S. € 18,-. ISBN 3-930447-07-X
- 120 *K. Lewin, U. Heublein, J. Schreiber, D. Sommer*: Studienanfänger im Wintersemester  
1995/96 - erstmals mehr Studienanfängerinnen als Studienanfänger an Universitäten  
1996. 165 S. € 25,-. ISBN 3-930447-08-8
- 121 *B. Vogel, W. Scholz*: Wissenschaftliche Werkstätten in Hochschulen  
1997. 388 S. € 47,50. ISBN 3-930447-09-6
- 122 *F. Stratmann, R. Tegtmeyer, M. Mazur*: Fremdvergabe von Aufgaben Technischer  
Dienste in Hochschulen  
1997. 189 S. € 25,-. ISBN 3-930447-10-X
- 123 *H. Gerken, U. Lange, T. Thauer, B. Weidner-Russell*: Nutzungs- und  
Kostenflächenarten-Profile im Hochschulbereich  
1997. 152 S. € 25,-. ISBN 3-930447-11-8
- 124 *H. König, H. Kreuter*: Büroräume/Büroarbeitsplätze in Hochschulen  
1997. 230 S. € 32,50. ISBN 3-930447-12-6
- 125 *M. Leszczensky, A. Barna, M. Schacher*: Ausstattungsvergleich niedersächsischer  
Universitäten und Fachhochschulen II  
Kennzahlenergebnisse für 1994 und Vergleich mit den Ergebnissen von 1992  
1997. 340 S. € 47,50. ISBN 3-930447-13-4
- 126 *T. Sand*: Bauliche Anforderungen und Auswirkungen bei verstärktem Medieneinsatz  
an Hochschulen - Szenarien  
1997. 150 S. € 25,-. ISBN 3-930447-14-2
- 127 *K. Haase, M. Senf, B. Weidner-Russell*: Struktur, Studienangebot und  
Flächen von Kunsthochschulen - Planungsmaterialien  
1997. 230 S. € 32,50. ISBN 3-930447-15-0

- 128 *K. Lewin, U. Heublein, J. Schreiber, D. Sommer:* Studienanfänger im Wintersemester 1996/97 - an Fachhochschulen erstmals mehr Abiturienten als Studienberechtigte mit Fachhochschulreife  
1997. 190 S. € 25,-. ISBN 3-930447-16-9
- 129 *R.-D. Person, R. Tegtmeyer:* Gebäudeautomation in Hochschulen  
Planung, Organisation und Betrieb  
1998. 200 S. € 25,-. ISBN 3-930447-18-5
- 130 *F. Kupfer:* Monetäre Bewertung von Hochschulliegenschaften  
1998. 154 S. € 25,-. ISBN 3-930447-19-3
- 131 *B. Vogel, I. Holzkamm:* Chemie und Biowissenschaften an Universitäten  
Struktur- und Organisationsplanung, Bedarfsplanung, Projektplanung  
1998. 300 S. € 37,50. ISBN 3-930447-21-5
- 132 *F. Kazemzadeh, M. Teichgräber:* Europäische Hochschulsysteme -  
Ein Vergleich anhand statistischer Indikatoren  
1998. 227 S. € 32,50. ISBN 3-930447-22-3
- 133 Kennzahlensystem und Ausstattungvergleich der Berliner Universitäten  
1998. 85 S. € 18,-. ISBN 3-930447-23-1
- 134 *K. Haase, M. Senf:* Struktur, Studienangebot und Flächen von Musikhochschulen  
- Planungsmaterialien  
1998. 280 S. € 37,50. ISBN 3-930447-24-X
- 135 *I. Kuhnert, M. Leszczensky:* Kostenrechnung an Hochschulen  
Erfassung und Bewertung hochschulinterner Kostenstrukturen  
Modellversuch an der Universität Bonn und der Universität – Gesamthochschule Wuppertal  
1998. 170 S. € 25,-. ISBN 3-930447-25-8
- 136 *R. Tegtmeyer:* Gebäudereinigung in Hochschulen und Hochschulkliniken  
1999. 172 S. € 25,-. ISBN 3-930447-26-6
- 137 *B. Vogel, T. Frerichs:* Maschinenbau an Universitäten und Fachhochschulen  
Struktur- und Organisationsplanung, Bedarfsplanung,  
Programmplanung  
1999. 175 S. € 25,-. ISBN 3-930447-27-4
- 138 *K. Lewin, U. Heublein, J. Schreiber, D. Sommer:* Studienanfänger im Wintersemester 1998/99  
- Strukturen im Wandel: mehr Studienanfängerinnen,  
weniger Studienanfänger mit Fachhochschulreife,  
weniger Studienanfänger mit Berufsausbildung  
1999. 170 S. € 25,-. ISBN 3-930447-28-2
- 139 *R.-D. Person:* Rationelle Energieverwendung in Hochschulen  
1999. 118 S. € 18,-. ISBN 3-930447-29-0
- 140 *T. Sand, K. Wahlen:* Mediennutzungskonzepte im Hochschulbereich  
Planung, Organisation, Strategien  
2000. 226 S. € 32,50. ISBN 3-930447-30-4
- 141 Flächenmanagement Rheinland-Pfalz  
Ein Steuerungsmodell für den Aus- und Neubau  
der Hochschulen des Landes  
2000. 166 S. € 25,-. ISBN 3-930447-31-2
- 142 *K. Haase, T. Frerichs:* Agrarwissenschaften an Universitäten und Hochschulen  
2000. 160 S. € 25,-. ISBN 3-930447-32-0

- 143 *R. Holtkamp, P. Koller, K.-H. Minks:* Hochschulabsolventen auf dem Weg in den Beruf  
Eine Untersuchung des Berufsübergangs der Absolventenkohorten  
1989, 1993 und 1997  
2000. 225 S. € 32,50. ISBN 3-930447-33-9
- 144 *M. Leszczensky, Á. Barna, M. Schacher:* Ausstattungs- und Kostenvergleich  
niedersächsischer Universitäten  
2000. 393 S. € 47,50. ISBN 3-930447-34-7
- 145 *M. Leszczensky, F. Dölle, I. Kuhnert, M. Wortmann:* Ausstattungs- und Kostenvergleich  
norddeutscher Universitäten 1998  
Kennzahlenergebnisse für die Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern,  
Niedersachsen und Schleswig-Holstein  
2000. 318 S. € 47,50. ISBN -930447-35-5
- 146 *B. Vogel, B. Stratmann:* Public Private Partnership in der Forschung  
Neue Formen der Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft  
2000. 160 S. € 25,-. ISBN 3-930447-36-3
- 147 *K. Lewin, U. Heublein, M. Teichgräber, D. Sommer:* Evaluation der Praxissemester an den  
Fachhochschulen des Landes Nordrhein-Westfalen  
2000. 117 S. € 18,-. ISBN 3-930447-37-1
- 148 *B. Vogel, H. Fenner, T. Frerichs:* Elektrotechnik und Informationstechnik an Universitäten und  
Fachhochschulen  
Struktur- und Organisationsplanung  
Bedarfsplanung  
Programmplanung  
2001. 158 S. € 25,-. ISBN 3-930447-38-X
- 149 *M. Leszczensky, Á. Barna, F. Dölle, M. Schacher, G. Winkelmann:*  
Ausstattungs- und Kostenvergleich norddeutscher Fachhochschulen 1998  
Kennzahlenergebnisse für die Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern,  
Niedersachsen und Schleswig-Holstein  
2001. 176 S. € 25,-. ISBN 3-930447-39-8
- 150 *I. Holzkamm:* Baulicher, anlagentechnischer und organisatorischer Brandschutz in  
Hochschulen  
2001. 168 S. € 25,-. ISBN 3-930447-40-1
- 151 *M. Leszczensky, Á. Barna, F. Dölle, M. Schacher, G. Winkelmann:*  
Ausstattungs- und Kostenvergleich norddeutscher Kunst- und Musikhochschulen 1998  
Kennzahlenergebnisse für die Länder Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern,  
Niedersachsen und Schleswig-Holstein  
2001. 120 S. € 18,-. ISBN 3-930447-41-X
- 152 *H. Griesbach, H.-J. Block, M. Teichgräber, S. Aspridis:* Evaluation des BMBF-Programms  
„Anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung an Fachhochschulen (aFuE)“  
2001. 120 S. € 18,-. ISBN 3-930447-42-8
- 153\* *K.-H. Minks:* Ingenieurinnen und Naturwissenschaftlerinnen – neue Chancen zwischen  
Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft  
Ergebnisse einer Längsschnittuntersuchung zur beruflichen Integration von Frauen aus  
technischen und naturwissenschaftlichen Studiengängen  
2001. 160 S. € 25,-. ISBN 3-930447-43-6
- 154 *B. Weidner-Russell, M. Senf:* Zu den Flächen niedersächsischer Hochschulen - Untersuchung  
aus Anlass der Errichtung eines integrierten Liegenschafts-, Bau- und Gebäudemanagements  
des Landes Niedersachsen  
2001. 150 S. € 25,-. ISBN 3-930447-44-4



- 155 *K. Lewin, U. Heublein, J. Schreiber, H. Spangenberg, D. Sommer:*  
Studienanfänger im Wintersemester 2000/2001: Trotz Anfangsschwierigkeiten optimistisch in die Zukunft  
2001. 187 S. € 25,-. ISBN 3-930447-45-2
- 156 *Ch. Heine, F. Durrer, M. Bechmann:* Wahrnehmung und Bedeutung der Arbeitsmarktaussichten bei Studienentscheidung und im Studienverlauf  
Ergebnisse aus HIS-Längsschnittuntersuchungen von Studienberechtigten  
2002. 92 S. € 20,-. ISBN 3-930447-46-0
- 157 *H. Fenner, B. Vogel:* Wirtschaftsingenieurwesen an Universitäten und Fachhochschulen  
Organisation und Ressourcenbedarf von Kombinationsstudiengängen  
2002. 156 S. € 25,-. ISBN 3-930447-47-9
- 158 *M. Leszczensky, Á. Barna, C. Bartels, F. Dölle, M. Schacher, G. Winkelmann:*  
Ausstattungs- und Kostenvergleich norddeutscher Fachhochschulen 2000  
2002. 145 S. € 25,-. ISBN 3-930447-49-5
- 159 *K.-H. Minks, H. Schaeper:*  
Modernisierung der Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft und Beschäftigung von Hochschulabsolventen  
Ergebnisse aus Längsschnittuntersuchungen zur beruflichen Integration von Hochschulabsolventinnen und -absolventen  
2002. 152 S. € 25,-. ISBN 3-930447-50-9
- 160 *H. Moog, K. Federbusch:*  
Physik an Universitäten – Organisations- und Ressourcenplanung  
2002. 184 S. € 25,-. ISBN 3-930447-51-7
- 161 *Frank Dölle, Peter Jenkner, Michael Leszczensky, Martin Schacher, Gert Winkelmann:*  
Ausstattungs-, Kosten- und Leistungsvergleich Universitäten 2000  
Kennzahlenergebnisse für die Länder Berlin, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein  
2002. 292 S. € 40,-. ISBN 3-93047-52-5
- 162 *Stephan Ritter, Lisa Strübel:*  
Hochschulisches Liegenschafts- und Flächenmanagement in ausgewählten europäischen Ländern  
2003. 192 S. € 25,-. ISBN 3-930447-53-3
- 163 *Ulrich Heublein, Heike Spangenberg, Dieter Sommer:*  
Ursachen des Studienabbruchs  
Analyse 2002  
2003. 236 S. € 35,-. ISBN 3-930447-54-1

