

Handbuch für nachhaltige Laboratorien

Herausgegeben von

Egbert Dittrich

Mit Beiträgen von

Dr. Markus Bauch, Dr. Thomas Brock, Egbert Dittrich, Eberhard Dürr, Tobias Ell, Oliver Engel, Wolfgang Fränzel, Thomas Gasdorf, Walter Glück, Markus Hammes, Dr. Christoph Heinekamp, Dr. Stefan Krause, Andreas Kühne, Thomas Lischke, Hansjürg Lüdi, Helmut Martens, Ines Merten, Dr. Bernhard Mohr, Dr. Ina Maria Müller, Andreas Nuhn, Ali Yetkin Özcan, Jörg Petri, Prof. Dr. Fritz Runge, Dr. Roland Rydzewski, Dr. Berthold Schiemenz, Bernd Schubert, Dr. Michael Staniszewski, Dr. Norbert Teufelhart, Christian Völk, Franz Wermelinger, Dr. Burkhard Winter und Hermann Zeltner

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Weitere Informationen zu diesem Titel finden Sie im Internet unter [ESV.info/978 3 503 13053 5](http://ESV.info/9783503130535)

ISBN 978 3 503 13053 5

Alle Rechte vorbehalten

© Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, Berlin 2012

www.ESV.info

Dieses Papier erfüllt die Frankfurter Forderungen der Deutschen Nationalbibliothek und der Gesellschaft für das Buch bezüglich der Alterungsbeständigkeit und entspricht sowohl den strengen Bestimmungen der US Norm Ansi/Niso Z 39.48-1992 als auch der ISO-Norm 9706.

Gesetzt aus der 11 Punkt Chaparral Pro

Satz: MedienProfis, Leipzig

Druck und Bindung: Danuvia, Neuburg an der Donau

*Ich widme dieses Werk
meinem Vater Hanns Dittrich und Herrn Anton Waldner,
zwei Männern, welche mich in diese spannende Branche brachten,
die mich mein ganzes Berufsleben lang nicht mehr losließ.*

Vorwort

Die Laborwelt ist immer in Bewegung, es gibt keinen Stillstand, denn es liegt in der Natur von Forschung im Allgemeinen, stets zu neuen Ufern aufzubrechen. Infolgedessen sind auch Gebäude, ihre technische Ausrüstung, die Laboreinrichtung, der Gerätepark oder das architektonische Konzept stetigen Veränderungen unterworfen.

Forschungsaufgaben sind komplex und erfordern interdisziplinäre Teams aus Chemikern, Biologen, Pharmazeuten und Experten aus allen Life Science Bereichen, die in Teams unter zunehmendem Zeitdruck arbeiten. Die unumgängliche, verbindende Klammer ist die Kommunikation, die erst durch eine entsprechende Architektur möglich gemacht wird. Aber auch die permanente Kommunikation unter den Entscheidungsträgern und Planern ist Vorbedingung für einen erfolgreichen Planungsprozess.

In diesem Werk soll neben dem Stand der Technik der Weg auf der Suche nach einem optimal gestalteten aber auch effizient zu betreibenden Labor abgebildet werden. Dabei ergeben sich Widersprüche und unterschiedliche Ansätze einzelner Autoren, deren gleichberechtigte ungewertete Nennung mir als Herausgeber wichtig ist.

Wir können keine Generalkonzepte für die Planung und das Management vorlegen, sondern allein auf eine Fülle von Szenarien und Strategien verweisen, die sorgfältig auf ihre Eignung für die jeweilige Laborsituation von Betreibern, Planern und Nutzern zu verifizieren sind. Der Leser sei daher nicht überrascht, wenn sich aus der Lektüre nicht immer unmittelbar umzusetzenden Lösungen ergeben, sondern erst in einem iterativen Näherungsprozess, der möglicherweise bis zum letzten Tag verändert wird, um das bestmögliche Konzept gerungen werden muss.

Laborbau, -planung und -technik sind wie Laborforschung interdisziplinär, und haben bedauerlicherweise bis auf den heutigen Tag weder einen Studiengang noch einen Ausbildungsberuf hervorgebracht. Daher gibt es weder ein anerkanntes Curriculum, noch allgemein gültiges Basiswissen als Voraussetzung. Fachkräfte wurden bisher aus verwandten Disziplinen rekrutiert und weitergebildet. Dieses Werk möge auch dazu beitragen, all jenen, die mit den unterschiedlichsten Ausbildungen an

Laboreinrichtungen arbeiten, ein breites Basiswissen zu vermitteln. Der Heterogenität der Laborwelt ist die hohe Zahl der Autoren geschuldet.

Ich danke den Autoren, die beigefügter Liste zu entnehmen sind, für ihre Beiträge, die sie neben einem erheblichen täglichen Arbeitspensum erstellt haben.

Die Gliederung des Werks folgt dem chronologischen Konzept eines Laborgebäudes. Am Anfang stehen die Planungsinhalte gefolgt von Eigenschaften der technischen Ausstattung, Laboreinrichtungen und individueller Einrichtungen mit Sicherheitspotenzialen. Der letzte Teil widmet sich dem Betrieb und Management eines Labors. Dabei geht es sowohl um die Einhaltung von Sicherheitsvorschriften und Standards als auch um Effizienz und Qualität.

Verbindend ist im zweiten Teil ein Kapitel über Aspekte der Nachhaltigkeit vorangestellt. Damit soll zum Ausdruck gebracht werden, dass Nachhaltigkeit nur im Kontext zwischen Planung, Technik und den Nutzern zu realisieren ist und zu einem wesentlichen Teil von der Motivation der Nutzer abhängt. Tatsächlich haben die gegenwärtigen Initiativen hinsichtlich nachhaltiger Laboratorien, an erster Stelle sei die „Europäische Gesellschaft für Nachhaltige Labortechnologien – EGNATON e.V.“ genannt, zu einer Fülle von neuen Erkenntnissen geführt, die in dieses Werk ansatzweise eingebracht wurden. Des Weiteren hat die „Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. – DGNB“ mit ihren Zertifizierungskriterien für Laborbauten ebenfalls erstmalig und dankenswerter Weise einen hilfreichen Leitfaden geschaffen, der im Frühjahr 2011 allerdings noch nicht ganz fertig gestellt war.

Das Werk soll auch dazu dienen, Laborstandorten zu mehr Attraktivität und Produktivität zu verhelfen und mit perfekter Planung und optimaler Ausstattung die Rekrutierung exzellenter Wissenschaftler im internationalen Wettbewerb zu ermöglichen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Nachhaltigkeit sind die Humanfaktoren, wozu auch die Befindlichkeit der Menschen gehört, die wiederum eng mit ihrer unmittelbaren Umgebung korreliert. Hier spielt die Gebäudegestaltung eine große Rolle. Die Architektur von Forschungsgebäuden ist weiterhin die Brücke zum öffentlichen Raum, insofern lege ich als Herausgeber Wert auf die Feststellung, dass dem Architekten eine große Verantwortung auferlegt wird, einerseits hinsichtlich der richtigen Signale die sein Gebäude aussenden soll und andererseits hinsichtlich der Funktionalität und der effizienten Technik des Bauwerks.

Egbert Dittrich
Bensheim, im Sommer 2011

Inhaltsübersicht

Vorwort	5
Inhaltsverzeichnis	9
I. Laborgebäude und Laborausstattung	17
Planungsinhalte des Gebäudes und Labors	17
1. Einführung: Labortypologien	19
2. Bedarfsermittlung und Anforderungen	30
3. Laborkonzept und Arbeitsplätze	38
4. Ermittlung der Nutzerbedürfnisse Die zielgerichtete Kommunikation zwischen Planern und Nutzern als Basis für nachhaltiges Bauen	47
5. Corporate Architecture – Architektur des Wissens	54
6. Planeraufgaben im Planungsprozess	60
7. Raum für Kommunikation	65
8. Brandschutzmaßnahmen	75
Planungsinhalte der Technischen Gebäudeausstattung	91
1. Gebäudetechnische Erschließung und Anforderungen an die TGA	94
2. Raumlufttechnik	108
3. Elektrische Installationen	134
4. Deckenversorgungssysteme	152
5. Laborlogistik	169
6. Tierhaltung	180
7. Technika – Beispiele hochanspruchsvoller, nicht schematisierbarer Laborplanung	195
8. Reinräume	198
9. Sicherheitslabore	203
II. Labortechnische Gewerke	217
1. Laboreinrichtung	218
2. Laboreinrichtungen aus Edelstahl – für Reinräume,	
3. Sicherheits- und Zytostatikawerkbänke	280
4. Sicherheitsschränke	307
5. Laborarmaturen für Wässer, Brenngase und technische Gase	331
6. Gase und Gasversorgungssysteme für Reinstgase bis Reinheit 6.0	350
7. Notduscheneinrichtungen	367

III. Nachhaltigkeit und Laborbetrieb	373
1. Bewertungskriterien und Empfehlungen für Nachhaltigkeit von Laboratorien	373
2. Konsequenzen der Energieeinsparverordnung 2009 für Laboratorien	383
IV. Normen und Prüfverfahren	405
1. Regelwerke und Normen	405
2. Prüfung, Anforderungen und Umgang von und mit Laborabzügen	426
V. Sicherheit im Labor	455
1. Berufsgenossenschaftliche Anforderungen	455
2. Betriebliche Sicherheit im Labor	476
VI. Laborbetrieb	523
1. Facility- und Lifecycle Management für Laboratorien	524
2. Laboroptimierung	537
3. Qualitätsmanagement	554
4. Daten	568
Die Autoren stellen sich vor	585
Stichwortverzeichnis	598

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Inhaltsübersicht	7
I. Laborgebäude und Laborausstattung	17
Planungsinhalte des Gebäudes und Labors	17
1. Einführung: Labortypologien	19
2. Bedarfsermittlung und Anforderungen	30
3. Laborkonzept und Arbeitsplätze	38
4. Ermittlung der Nutzerbedürfnisse	
Die zielgerichtete Kommunikation zwischen Planern und Nutzern als Basis für nachhaltiges Bauen	47
5. Corporate Architecture – Architektur des Wissens	54
6. Planeraufgaben im Planungsprozess	60
7. Raum für Kommunikation	65
8. Brandschutzmaßnahmen	75
8.1. Vorbeugender Brandschutz	75
8.1.1. Einleitung	75
8.1.2. Rechtliche Rahmenbedingungen Baurecht	76
8.1.3. Musterbauordnung	76
8.1.4. Sonderbauvorschriften	81
8.1.5. Andere Vorschriften und Regelwerke, die bauliche Brandschutzauflagen für Labore beinhalten	81
8.2. Brandschutzlösungen für Laborbauten	83
8.3. Brandschutzlösungen für Laborbauten – Beispiele	84
8.3.1. Klassisches Labor	84
8.3.2. Labornutzungseinheiten	85
8.3.3. Großraumlabor	87
8.3.4. Sonderfälle	88
8.3.5. Problematik von Bestandsgebäuden	88
Planungsinhalte der Technischen Gebäudeausstattung	91
1. Gebäudetechnische Erschließung und Anforderungen an die TGA	94
2. Raumlufttechnik	108
2.1. Einleitung	108
2.2. Lufttechnische Versorgung von Laborräumen	109
2.3. Luftführungen im Raum	113
2.4. Numerische Strömungssimulation (CFD)	117

2.5. Energieeffiziente Anlagentechnik	122
2.6. Installationskonzepte für Laborgebäude aus Sicht der RLT-Planung	124
3. Elektrische Installationen	134
3.1. Stromversorgung	134
3.1.1. Allgemeinverteilung	134
3.1.2. Abschaltungen	135
3.1.3. Verbraucher	136
3.1.4. Trassen	137
3.1.5. Gefährdungsanalyse	141
3.1.6. Unterweisung	142
3.1.7. Verhalten bei elektrischen Unfällen	143
3.2. Beleuchtungen	143
3.2.1. Beleuchtungsarten	143
3.2.2. Beleuchtungsstärken	143
3.2.3. Lichtsteuerung	144
3.2.4. Lichtregelung	144
3.2.5. Notbeleuchtung	144
3.3. Datennetzwerke	144
3.3.1. Datentechnik	144
3.3.2. Brandmeldetechnik	145
3.3.3. Telefonanlage	145
3.3.4. Zutrittskontrolle	146
3.3.5. Weiteres	146
3.4. Gebäudeleittechnik	146
3.4.1. Knotenpunkte	146
3.4.2. Regelung	147
3.4.3. Betriebsarten	149
3.4.4. Monitoring	149
4. Deckenversorgungssysteme	152
4.1. Einleitung	152
4.2. Flexible Raumgrößen	153
4.3. Anforderungen durch Veränderung der Arbeitsinhalte	156
4.4. Systematische Mediierschließung	157
4.5. Raumerschließung	158
4.6. Laborlüftungen	159
4.7. Sanitärmedien	163
4.8. Elektro- und Kommunikationsversorgung	163
4.9. Vorgefertigte Deckenversorgung (Mediendecke)	165
4.10. Planung versus 3D-Konstruktion	166

5. Laborlogistik	169
5.1. Klassische Systeme	169
5.2. Zentralisierung und Implementierung von Logistiksystemen im Gebäude	170
5.2.1. Vertikale Verknüpfung mehrerer Spülküchen	170
5.2.2. Materialflusssysteme	171
5.3. Kommissionierung und Automatische Lager	174
5.4. Lösungsmittel Ver- und Entsorgungssysteme	174
5.5. Laborarbeit 2030 – Zielvorstellung?	176
5.6. Vom Kleinen zum großen Ganzen	177
5.7. Lokale Transportsysteme	177
5.8. Chemikalien Ver- und Entsorgung am Arbeitsplatz	179
5.9. Ausblick	179
6. Tierhaltung	180
7. Technika – Beispiele hochanspruchsvoller, nicht schematisierbarer Laborplanung	195
8. Reinräume	198
9. Sicherheitslabore	203
II. Labortechnische Gewerke	217
1. Laboreinrichtung	218
1.1. Design	218
1.2. Spülen	224
1.3. Unterbauten, Schränke, Stauräume	226
1.4. Ver- und Entsorgungssysteme	229
1.5. Medienträger	235
1.5.1. Medienzelle	235
1.5.2. Medienampel	237
1.5.3. Mediensäule	238
1.5.4. Medienwandkanal	238
1.5.5. Medienflügel	239
1.5.6. Mediendecke	241
1.6. Abzüge und abgesaugte Einheiten	244
1.7. Lufttechnische Regelung und Überwachung	252
1.8. Abzugsüberwachung, Abzugsregelung und Laborraumregelung	255
2. Laboreinrichtungen aus Edelstahl – für Reinräume, Laboratorien, Medizin und Industrie	261
2.1. Bereiche für Edelstahleinrichtungen	261
2.2. Die Hygieneanforderung an Oberflächen	263

2.3. Zur Reinigung und Desinfektion von Edelstahl- oberflächen	264
2.4. Reinheitsklassen für Sterilbereiche	267
2.5. Mikroorganismen	269
3. Sicherheits- und Zytostatikawerkbänke	280
3.1. Reinluftgeräte fürs Laboratorien	280
3.2. Mögliche Gemeinsamkeiten Reinluftgeräte & Sicherheitswerkbänke	281
3.3. Laborreinluftgeräte zum Kontaminationsschutz des Bearbeitungsgutes – „Reine Werkbänke“	284
3.4. Mikrobiologische Sicherheitswerkbänke für Laboratorien	288
3.5. Mikrobiologische Sicherheitswerkbank der Klasse 1	292
3.6. Mikrobiologische Sicherheitswerkbank der Klasse 2	293
3.7. Verstärkte Sicherheit der Werkbank der Klasse 2 durch Ankopplung an bauseitige Abluftsysteme	296
3.8. Verstärkte Sicherheit der Werkbank der Klasse 2 durch redundanten HEPA-Filter	300
3.9. Mikrobiologische Sicherheitswerkbank der Klasse 3	303
3.10. Inaktivierung von belasteten Mikrobiologischen Sicherheitswerkbänken und der HEPA-Filter	305
4. Sicherheitsschränke	307
4.1. Sicherheitsschränke für brennbare Flüssigkeiten	307
4.2. Sicherheitsschränke für Druckgasflaschen	319
4.3. Sicherheitsschränke für Säuren und Laugen	323
4.4. Prüfzeichen für Sicherheitsschränke	326
4.5. Sonderlösungen zur Lagerung brennbarer Flüssigkeiten	326
4.5.1. Aktive Lagerung	327
4.5.2. Gekühlte Lagerung	328
4.5.3. Reinraumschränke	328
5. Laborarmaturen für Wässer, Brenngase und technische Gase	331
5.1. Wässer	336
5.2. Brenngas	343
5.3. Technische Gase bis Reinheit 4.5	345
5.4. Vakuum	347
6. Gase und Gasversorgungssysteme für Reinstgase bis Reinheit 6.0	350
6.1. Gase und Zustandsarten	350
6.2. Materialverträglichkeit	352
6.3. Verbindungsstellen	352
6.4. Verunreinigungen	353

6.5. Versorgungssysteme: Zentrale Gebäudeversorgung/ lokale Versorgung Laborversorgung	357
6.6. Zentrale Gebäudeversorgung (ZGV)	357
6.7. Leitungsnetze, Zonenabsperungen mit Filter	358
6.8. Armaturenräger, Entnahmestellen	361
6.9. Lokale Laborgasversorgung	362
6.10. Oberflächen	363
6.11. Prüfungen	364
6.12. Inbetriebnahme und Instruktion des Bedienungspersonals	364
7. Notduscheneinrichtungen	367
7.1. Körperduschen	368
7.2. Augenduschen	368
7.3. Notduschenkombinationen	368
7.4. Hygiene	369
7.5. Prüfung und Wartung	369
7.6. Ergänzende Produkte	370
III. Nachhaltigkeit und Laborbetrieb	373
1. Bewertungskriterien und Empfehlungen für Nachhaltigkeit von Laboratorien	373
1.1. Zertifizierungssysteme	374
1.2. Individuelle Strategien zur Umsetzung von Nachhaltigkeit	377
1.2.1. Simulationen	378
1.2.2. Bench Marking	378
1.2.3. Messen-Steuern-Regeln	379
1.2.4. Lüftungs- und Kühlungskonzept	380
1.2.5. Arbeitsbedingungen	381
1.2.6. Verbrauchsmaterial	382
2. Konsequenzen der Energieeinsparverordnung 2009 für Laboratorien	383
2.1. Der Arbeitskreis	383
2.2. Energieausweise für Laborgebäude	384
2.2.1. Ausstellung von Energiebedarfsausweisen	385
2.2.2. Ausstellung von Energieverbrauchsausweisen	387
2.3. Energetische Besonderheiten von Laborgebäuden	390
2.4. Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Laborgebäuden	392
2.5. Energieverbrauchswerte	392
2.6. Bezugsgrößen	393

2.7. Merkmalshomogene Gruppen	396
2.8. Schlussfolgerungen aus den Untersuchungsergebnissen	398
2.9. Beispiel zur Erstellung eines Energieverbrauchsausweises für ein Laborgebäude	401
2.10. Zusammenfassung	403
IV. Normen und Prüfverfahren	405
1. Regelwerke und Normen	405
1.1. Einführung	405
1.2. Laborplanung und Errichtung	407
1.2.1. Einleitung	407
1.2.2. Regelwerke zur Energieeffizienz	408
1.3. Regelwerke zu Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	412
1.3.1. Arbeitsschutzgesetz und Arbeitsstättenverordnung	412
1.3.2. Chemikaliengesetz und Gefahrstoffverordnung	413
1.3.3. GPSG und Betriebssicherheitsverordnung	413
1.4. Regelwerke zu biologischen Arbeitsstoffen	414
1.4.1. Biostoffverordnung	414
1.4.2. Gentechnikrecht	414
1.5. Laborbetrieb	415
1.5.1. Einleitung	415
1.5.2. TRBS – Betriebssicherheit	416
1.5.3. TRGS – Gefahrstoffrecht	416
1.5.4. TRBA – Biologische Arbeitsstoffe	416
1.5.5. ASR – Arbeitsstättenrecht	417
1.6. Praxisorientierte Vorgehensweise für Laborbetreiber	417
2. Prüfung, Anforderungen und Umgang von und mit Laborabzügen	426
2.1. Einführung	426
2.2. Funktionsprinzip	427
2.3. Bauarten	430
2.3.1. Standardabzüge	430
2.3.2. Begehbare Abzüge	430
2.3.3. Abzüge für thermische Lasten	430
2.3.4. Sonderkonstruktionen	431
2.3.5. Regalsysteme	434
2.3.6. Fensterschließsystem	437
2.4. Standards	438
2.4.1. US Norm (ASHRAE)	438
2.4.2. Europäische Norm	440

2.4.3. Andere Normen	441
2.4.4. Vergleich	442
2.5. Sicherheitskriterium	442
2.6. Prüfung von Abzügen	444
2.6.1. Baumusterprüfung	444
2.6.2. Prüfung im Labor	446
2.7. Einflüsse bei realen Bedingungen	448
2.7.1. Änderungen an Abzügen	449
2.7.2. Standort	450
2.7.3. Luftströmungen im Labor	451
2.7.4. Lüftungssystem	452
2.7.5. Nutzerverhalten	452
V. Sicherheit im Labor	455
1. Berufsgenossenschaftliche Anforderungen	455
1.1. Sicherheit und Gesundheitsschutz als integraler Bestandteil der Nachhaltigkeit	455
1.2. Rechtliche Grundlagen	457
1.3. Gefahrstoffe	463
1.4. Biologische Arbeitsstoffe	464
1.5. Andere Gefährdungen	465
1.6. Unfall- und Erkrankungsgeschehen	466
1.7. Gefährdungsbeurteilung und Maßnahmen	467
2. Betriebliche Sicherheit im Labor	476
2.1. Sicherheitsmanagement	477
2.2. Regelung innerbetrieblicher Abläufe	481
2.3. Funktionstüchtigkeit von Anlagen und Einrichtungen	486
2.4. Arbeitsmedizinische Vorsorge	488
2.5. Beschäftigungsbeschränkungen	495
2.6. Zugangsregelungen und Diebstahlschutz	497
2.7. Sauberkeit und Hygiene	498
2.7.1. Hygienische Mindeststandards	499
2.7.2. Desinfektionsmaßnahmen und Hygieneplan	501
2.7.3. Personenbezogene Schutzmaßnahmen	503
2.8. Bestimmungsgemäßer Betrieb von Sicherheitseinrichtungen	507
2.8.1. Bauliche Barrieren	507
2.8.2. Technische Barrieren	511
2.8.3. Lager- und Entsorgungseinrichtungen	516
2.9. Betriebliche Sicherheit im Labor – Fazit	519

VI. Laborbetrieb	523
1. Facility- und Lifecycle Management für Laboratorien	524
1.1. Prozessoptimierung	525
1.2. FM im Lebenszyklus eines Laborgebäudes	525
1.3. Konzeptphase Laborgebäude	527
1.3.1. Gebäudegrobkonzept	528
1.3.2. Konzeptfindung	528
1.3.3. Projektaufstellung	528
1.3.4. Grundlagenermittlung	529
1.4. Planungsphase	529
1.5. Errichtungsphase	530
1.6. Nutzungsphase	532
1.7. Revitalisierungsphase	533
1.8. Rückbauphase	535
1.9. Nutzen des Facility Managements	536
2. Laboroptimierung	537
3. Qualitätsmanagement	554
4. Daten	568
Datensysteme	569
Datensysteme auf Unternehmensleitebene	569
LIMS	570
LIMS-Auswahl und Beschaffung	571
Anforderungen an ein Lastenheft	575
Inhalt und Einteilung	575
Rahmenbedingungen	575
Funktionsbeschreibungen	576
Auswahl geeigneter Anbieter	576
Datenschutz und Datensicherheit	577
Risikoabschätzung	578
Sicherungsmanagement	579
Systemdokumentation	582
Notfallkonzept	583
Die Autoren stellen sich vor	585
Stichwortverzeichnis	598