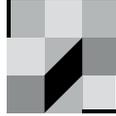




Bundesministerium  
für Verkehr, Bau  
und Stadtentwicklung



Bundesamt  
für Bauwesen und  
Raumordnung

BBSR-Online-Publikation, Nr. 18/2009

## Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen für die Berechnung von Nichtwohngebäuden

### Impressum

#### Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr,  
Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)

Bundesinstitut für Bau-, Stadt-  
und Raumforschung (BBSR)  
im Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung (BBR)

#### Bearbeitung

Zentrum für Umweltbewusstes Bauen e.V., Kassel (Auftragnehmer)  
Prof. Dr.-Ing. Anton Maas  
Sven Klauß

in Zusammenarbeit mit

Universität Kassel, Fachgebiet Bauphysik  
Andrea Schneider

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn  
Andrea Vilz (Leitung)

#### Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

#### Zitierhinweise

BMVBS / BBSR (Hrsg.): Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen für die  
Berechnung von Nichtwohngebäuden. BBSR-Online-Publikation 18/2009.  
urn:nbn:de:0093-ON1809R226

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist  
nicht unbedingt mit der der Herausgeber identisch.

ISSN 1868-0097

urn:nbn:de:0093-ON1809R226

© BMVBS / BBSR Juli 2009

Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für  
Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt-  
und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Normungsarbeit.....	5
2.1	Treffen AdHoc-Gruppe.....	5
2.2	Hauptausschusssitzung DIN V 18599 .....	6
3	Nutzungsrandbedingungen gemäß DIN V 18599-10.....	7
3.1	Nutzungs- und Betriebszeiten.....	7
3.2	Raumklima .....	7
3.3	Raumtemperatur .....	8
3.4	Mindestaußenluftvolumenstrom.....	8
3.5	Beleuchtung .....	9
3.6	Personenbelegung.....	10
3.7	Wärmequellen .....	10
3.8	Trinkwarmwasser .....	10
4	Schwimmbäder.....	11
4.1	Definitionen .....	12
4.2	Nutzungs- und Betriebszeiten von Schwimmbädern.....	12
4.3	Raumklima .....	12
4.4	Raumtemperaturen .....	14
4.5	Mindestaußenluftvolumenstrom.....	14
4.6	Mindestaußenluftvolumenstrom von Nebenräumen in Bäderbauten [7] .....	18
4.7	Personenbelegung.....	21
4.8	Wärmequellen .....	21
4.9	Trinkwarmwasser .....	22
4.10	Hotelschwimmhalle .....	24
4.11	Lehrschwimmhalle Schule.....	25
4.12	Schwimmhalle .....	28
4.13	Umkleiden Schwimmbad.....	30
4.14	Duschen- und Sanitärräume Schwimmbad.....	31
4.15	Aufsichtsraum Schwimmbad.....	32
4.16	Eingangsbereich Schwimmbad.....	33
5	Saunabereich .....	34
5.1	Saunabereich Beispiel 1 [A3].....	36
5.2	Saunabereich Beispiel 2 [A4].....	36

5.3	Saunabereich Beispiel 3 [A5].....	36
6	Fitnessräume.....	38
6.1	Definition [17] .....	38
6.2	Raumklima .....	38
6.3	Mindestaußenluftvolumenstrom nach [18].....	38
6.4	Beleuchtung .....	39
6.5	Personenbelegung.....	39
7	Laboratorien .....	40
7.1	Vorgehensweise .....	40
7.2	Definition [20] .....	40
7.3	Raumklima .....	43
7.4	Raumtemperaturen .....	43
7.5	Nutzungs- und Betriebszeiten.....	43
7.6	Mindestaußenluftvolumenstrom.....	43
7.7	Beleuchtung .....	47
7.8	Personenbelegung.....	47
7.9	Wärmequellen .....	47
7.10	Trinkwarmwasser / Medien .....	48
7.11	Beispiele für Laboratorien .....	48
8	Gesundheitswesen.....	50
8.1	Gliederung der Funktionseinheiten .....	50
8.2	Nutzungs- und Betriebszeiten.....	51
8.3	Raumklima .....	52
8.4	Raumtemperaturen .....	52
8.5	Mindestaußenluftvolumenstrom.....	53
8.6	Beleuchtung .....	54
8.7	Personenbelegung.....	55
8.8	Wärmequellen.....	56
8.9	Trinkwarmwasser .....	57
9	Gewerbliche und industrielle Hallen für Fertigung, Montage und Lagerung.....	58
9.1	Gliederung der Hallentypen .....	59
9.2	Nutzungs- und Betriebszeiten.....	59
9.3	Raumklima .....	59
9.4	Raumtemperaturen .....	60
9.5	Mindestaußenluftvolumenstrom.....	61

9.6	Beleuchtung .....	62
9.7	Personenbelegung .....	62
9.8	Wärmequellen .....	63
9.9	Trinkwarmwasser .....	64
10	Werte der erstellten und vom Normungsausschuss aufgenommenen Nutzungsprofile .....	65
10.1	Werte für das Nutzungsprofil Saunabereich .....	65
10.2	Werte für das Nutzungsprofil Fitnessraum .....	65
10.3	Werte für das Nutzungsprofil Labor .....	66
10.4	Werte für das Nutzungsprofil Untersuchungs- und Behandlungsräume.....	67
10.5	Werte für das Nutzungsprofil Bettenzimmer .....	68
10.6	Werte für das Nutzungsprofil Spezialpflegebereiche .....	69
10.7	Werte für die Nutzungsprofile Flure des allgemeinen Pflegebereichs .....	70
10.8	Werte für das Nutzungsprofil Arztpraxen und Therapeutische Praxen.....	71
10.9	Werte für das Nutzungsprofil Lagerhallen, Logistikhallen.....	72
10.10	Werte für die Nutzungsprofile gewerbliche und industrielle Hallen – grobe Arbeit .....	72
10.11	Werte für die Nutzungsprofile Gewerbliche und industrielle Hallen – feine Arbeit.....	73
11	Erstellung eines Nutzungsprofils am Beispiel einer Fertigungshalle .....	75
11.1	Ansatz.....	75
11.2	Nutzungs- und Betriebszeiten .....	75
11.3	Raumklima .....	75
11.4	Mindestaußenluftvolumenstrom .....	75
11.5	Beleuchtung .....	76
11.6	Personenbelegung .....	76
11.7	Wärmequellen .....	76
11.8	Trinkwarmwasser .....	76
12	Zusammenfassung .....	77
13	Literaturverzeichnis .....	79

# 1 Einleitung

Die Nutzungsrandbedingungen nach DIN V 18599 [49] Tabelle 4 und 5 (Richtwerte) sind beim Nachweis nach der EnEV [1] grundsätzlich zu verwenden. Die Verordnung lässt die Verwendung anderer Nutzungsprofile nur insoweit zu, wie die jeweilige Nutzung nicht explizit in Teil 10 aufgeführt ist. In diesem Fall ist entweder das allgemeine Nutzungsprofil der Norm (Nr.17) zu verwenden oder auf Basis „gesicherten allgemeinen Wissenstandes“ ein individuelles Profil zu bestimmen. Für die energetische Gebäudebewertung, die nicht im Rahmen eines EnEV-Nachweises Anwendung findet, z.B. im Planungsprozess oder bei der Beurteilung eines Bestandsgebäudes, können die im Anhang A des Normenteils dargestellten, ausführlichen Nutzungsprofile herangezogen werden. DIN V 18599: 2007-02 Teil 10 enthält jedoch nicht für alle in Nichtwohngebäuden vorkommenden Nutzungen spezifische Randbedingungen.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen dieses Projektes die fehlenden Nutzungsrandbedingungen für folgende Gebäudetypen entwickelt:

- Freizeit- und Sporteinrichtungen
- Laboratorien
- Krankenhäuser
- Lager- und Montagehallen

In der Kategorie Freizeit/Sport wurden Festlegungen für Hallenschwimmbäder und Finesseinrichtungen erstellt. Dabei wird das Schwimmbad in die Zonen Schwimmhalle, Duschen und Sanitärräume, Umkleiden, Eingangsbereich, Aufsichtsraum, Saunabereich und Technikraum unterteilt. Es gibt außerdem eine Zone Schwimmhalle für das Hotelschwimmbad und eine Zone Schwimmhalle für das Lehrschwimmbaden einer Schule.

Für den Bereich Wissenschaft und Forschung wurden Nutzungsrandbedingungen für Laboratorien erarbeitet.

Im Gesundheitswesen sind es Behandlungsbereiche in Krankenhäusern (mögliche Zonen sind z.B. Operationssäle, Intensivstationen, Untersuchungs- und Behandlungsräume, Patientenzimmer), Arztpraxen sowie Therapeutische Praxen, für die neue Nutzungsprofile erstellt wurden.

Die in der aktuellen Fassung der DIN V 18599:2007-02 enthaltenen Nutzungsrandbedingungen „Lager“ und „Montage“ wurden auf Anwendbarkeit für den Bereich Lager- und Fertigungshallen sowie auf Stimmigkeit und eventuell erforderlichen Anpassungs- oder Erweiterungsbedarfs überprüft.

Diese Arbeit bildet die Basis für eine Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen in DIN V 18599:2007-02 Teil 10.

Im Einzelnen sind folgende Standardnutzungen beschrieben und dem Normungsausschuss der DIN V 18599 vorgestellt worden:

1. Hotelschwimmhalle
2. Lehrschwimmhalle Schule
3. Schwimmhalle
4. Umkleiden Schwimmbad
5. Duschen- und Sanitärräume Schwimmbad
6. Aufsichtsräume Schwimmbad

7. Eingangsbereich Schwimmbad
8. Technikraum Schwimmbad
9. Saunabereich
10. Fitnesscenter
11. Labor Gefahrstoff intensiv
12. Labor Gefahrstoff wenig intensiv
13. Operationsräume
14. Untersuchungs- und Behandlungsräume
15. Bettzimmer
16. Spezialpflegebereiche
17. Flure der Spezialpflege- und OP-Bereiche
18. Flure der allgemeinen Pflegebereiche
19. Arztpraxen und Therapeutische Praxen
20. Lagerhallen, Logistikhallen
21. Fertigungshallen (grobe Arbeit)
  - a. einschichtig
  - b. zweischichtig
  - c. dreischichtig
22. Fertigungshallen (feine Arbeit)
  - a. einschichtig
  - b. zweischichtig
  - c. dreischichtig

Die genannten Nutzungsprofile sind im Anhang A1 und A2 aufgenommen.

Im Anhang A3 wurden Beispielberechnungen durchgeführt, wobei die neu geschaffenen Nutzungsprofile für die unterschiedlichen Gebäudetypen verwendet wurden.

Eine Stellungnahme des Normenausschusses Laborgeräte und Laboreinrichtungen zur Energieeffizienz von Laborgebäuden ist im Anhang A4 aufgeführt.

## 2 Normungsarbeit

### 2.1 Treffen AdHoc-Gruppe

Im Zuge der Fortschreibung der Nutzungsrandbedingungen für Nichtwohngebäude fand ein Treffen der AdHoc-Gruppe „Nutzungsrandbedingungen 18599“ am 15.7.2008 in Kassel statt.

In dieser Sitzung wurden erste Änderungen in der Anzahl der in diesem Bericht erarbeiteten Profile getroffen.

Die beschlossenen Festlegungen zu den neuen Nutzungsprofilen:

- Für Laboratorien wird nur EIN Profil mit Mindestaußenluftvolumenstrom von  $25 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  aufgenommen
- Die Notwendigkeit zur Reduzierung der Luftvolumenströme während der Nichtnutzungsstunden muss in der Berechnung gegeben sein.

- Es soll ZWEI Profile für gewerbliche und industrielle Hallen, differenziert nach feiner und grober Tätigkeit geben. Das bestehende Profil Nr. 22 Werkstatt, Montage, Fertigung wird gestrichen.
- EIN Profil für Lager- / Logistikhalle mit 12 °C Raumsolltemperatur.
- Momentan ist KEIN eigenes Profil für Operationsräume vertretbar (aktuelle nicht abgeschlossene Fachdiskussion, unklarer Stand der technischen Festlegungen / normativen Regelungen). Die Planungsgrundlagen müssen verwendet werden.
- EIN Profil für Untersuchungs- und Behandlungsräume mit einem Mindestaußenluftvolumenstrom von 10 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>).
- KEIN separates Profil für Flure des Spezialpflegebereichs, entsprechende Bereich sollen direkt dem Spezialpflegebereich als eigenes Profil zugewiesen werden.
- EIN Profil Spezialpflegebereiche, wie vorgeschlagen.
- Vorhandenes Profil Nr. 10 BETTENZIMMER wird nach neuem Erkenntnisstand geändert.
- EIN Profil Flure des allgemeinen Pflegebereichs
- EIN Profil „Arztpraxen und therapeutische Praxen“
- EIN Profil Saunabereich
- EIN Profil Fitnesscenter.

Im Laufe der Sitzung wurde favorisiert, kein Profil für den Bereich Schwimmbäder aufzunehmen, da derzeit keine Rechenregeln vorliegen.

Im Nachgang zur Besprechung wurde über die Möglichkeit der Berechnung einer Schwimmhalle mit einer einfachen Raumluftechnischen Anlage nachgedacht.

Dazu müssen folgende Ergänzungen in der DIN V 18599 vorgenommen werden:

- Berücksichtigung des Wasserdampfs, Wasserdampffreisetzung als Änderung und Ergänzung im Teil 3 der Norm.
- Anwendung des detaillierten Verfahrens für spezielle Anlagenkonzepte aus Teil 3 im Stundenschrittverfahren (stündliche Klimadaten) möglich, bedingt programmtechnische Umsetzung.
- Implementierung einer „einfachen RLT- Anlage“ für Schwimmbäder.
- Abstimmung der Rechenregeln für die Raumtemperatur 30 °C.

## 2.2 Hauptausschusssitzung DIN V 18599

Auf dem Treffen des DIN V 18599 Hauptausschusses am 4. September 2008 in Berlin wurde der Beschluss gefasst, die Profile, die zur Berechnung eines Schwimmbades erarbeitet wurden, nicht in die Korrekturfassung Teil 100 der DIN V 18599 aufzunehmen. Vielmehr soll ein gesonderter Teil „Schwimmbäder“ für die DIN V 18599 erarbeitet werden.

Die Nutzungsprofile, die in die Korrektur der DIN V 18599 Teil 100 eingehen sind im Teil A1 dieses Berichts dokumentiert.

Über die Aufnahme von Profilen hinaus, wird in der Norm ein informativer Anhang mit einem Beispiel für die Erstellung eines Nutzungsprofils bereit gestellt.

## 3 Nutzungsrandbedingungen gemäß DIN V 18599-10

### 3.1 Nutzungs- und Betriebszeiten

**Tägliche Nutzungszeit:** In der Regel ist dies die Zeit der Anwesenheit von Personen und/oder Betrieb der Einrichtung.

**Jährliche Nutzungstage:** Es wird zwischen Fünf-, Sechs- oder Sieben- Tageweche unterschieden (250, 300, 365 d/a). Für Schulen ergeben sich unter Berücksichtigung der Schulferien 200 d/a, für Hörsäle 150 d/a.

**Jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit:** Dies ist die Anzahl der Nutzungsstunden innerhalb der Nutzungszeit während eines Jahres, zu denen Tageslicht vorhanden ist, also die Nutzungszeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang.

**Jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit:** Hierbei handelt es sich um die Anzahl der Nutzungsstunden innerhalb der Nutzungszeit eines Jahres, zu denen kein Tageslicht vorhanden ist, also die Nutzungszeit zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang.

#### **Anhang E DIN V 18599-2**

E.1 Allgemeines. Zur Bestimmung der Wärmequellen oder -senken durch die Zuluft einer mechanischen Lüftungsanlage sollten die Zulufttemperatur und der Volumenstrom der Anlage bekannt sein. Soweit sie in der Vorplanung einer ersten Abschätzung für übliche Klimasysteme bekannt sind. Standardwerte für die Zulufttemperaturen sind in DIN V 18599-7:2007-02 enthalten.

**Tägliche Betriebsstunden von RLT und Kühlung:** Dies ist die Dauer der täglichen Betriebszeit der RLT- und Kühlanlage. Sofern die jeweilige Anlage nicht durchlaufen muss, wird gegenüber der Nutzungszeit ein zweistündiger Vorlauf angenommen. Eine Ausnahme bilden hierbei die Profile Nr. 22.1 und Nr. 22.2, die Vorlaufzeit beträgt hier nur eine Stunde.

Beträgt die tägliche Betriebszeit der RLT- Anlage und Kühlung 24 Stunden, kann sich diese Betriebszeit auch in

- Betriebszeiten mit Normalbetrieb bei Anwesenheit von Personen  
sowie in
- Betriebszeiten außerhalb der Nutzungszeit durch Personen aufteilen.

**Jährliche Betriebstage von jeweils RLT, Kühlung und Heizung:** Anzahl der Tage im Jahr, an denen jeweils die RLT- Anlage, die Kühlung und die Heizung mit dem täglichen Profil betrieben werden.

**Tägliche Betriebsstunden Heizung:** diese entspricht der Dauer der täglichen Betriebszeit. Beschrieben ist der Zeitraum, in dem der nutzungsbedingte Sollwert realisiert wird. Außerhalb der Betriebszeit wird, ausgehend von der Nutzungszeit, ein zweistündiger Aufheizzeitraum am Morgen ergänzt. Eine Ausnahme bilden die Profile Nr. 22 und Nr. 23, die Vorlaufzeit beträgt hier nur eine Stunde.

### 3.2 Raumklima

**Feuchteanforderung:** Sie definiert, ob die RLT- Anlage mit oder ohne Toleranz der Feuchteregelung beschrieben werden kann. **Mindestaußenluftvolumenstrom:** Hierbei handelt es sich um den flächenbezogenen Luftvolumenstrom, der in der Regel aus hygienischen Aspekten resultiert.

Die Angaben zu „mechanischer Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel (Praxis)“ berücksichtigen die bei Bestandsbauten praktisch auftretenden Luftvolumenströme bzw. Luftwechsel. In einigen Nutzungsprofilen wird weiterhin nach Lüftungsanlagen mit primärer Lüftungsfunktion und Lüftungsanlagen, die eine volle Kühlfunktion übernehmen, unterschieden.

Die Standardwerte ersetzen nicht eine genaue Planung des Lüftungssystems durch den Fachmann für den jeweiligen Anwendungsfall. Die sich aus der planerischen Festlegung der Luftvolumenströme ergebenden Werte sind in der Berechnung zu verwenden.

Die thermische Behaglichkeit nach DIN EN 13779:2008-07 ist durch das Lüftungssystem sicherzustellen.

### 3.3 Raumtemperatur

Raum- Solltemperatur Heizung: Diese ist der Sollwert der Monatsmitteltemperatur im Raum. Der Wert berücksichtigt keine räumliche und zeitliche Teilbeheizung.

Temperaturabsenkung bei reduziertem Betrieb: Für einige Nutzungen wird eine Absenkung des Sollwertes um 4 K vorgenommen. Welche Nutzungen eine Absenkung erfahren ist aus den Nutzungsprofilen in A1 ersichtlich.

Raum- Solltemperatur Kühlung: Dieser ist der Sollwert der Monatsmitteltemperatur im Raum. Die Raum- Solltemperatur für den Kühlfall ist die während der normalen Nutzungszeit im Mittel einzuhaltende Temperatur, wenn die Kühlung in Betrieb ist. Ausgehend von gängigen Regelungen von Kühlsystemen ist anzunehmen, dass bei hohen Außentemperaturen höhere Raumtemperaturen zugelassen werden. Daher wird ein Mittelwert angesetzt.

### 3.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Für den Nachweis des Primärenergiebedarfs für Nichtwohngebäude nach der Energieeinsparverordnung [1] vom 24.07.2007 ist der Luftvolumenstrom in Tabelle 4, Spalte 19 zu verwenden.

Die Mindestaußenluftvolumenströme sind in DIN V 18599:2007-02 Teil 10 festgelegt worden. Bei freier Lüftung (Fensterlüftung) sind die Werte aus den Nutzungsrandbedingungen der Tabelle 4 zu verwenden.

Bei Lüftung über RLT- Anlagen (mechanische Lüftungsanlagen) ist der Mindestaußenluftvolumenstrom nach DIN V 18599-7, Anhang H zu bestimmen und bei der energetischen Bewertung zu berücksichtigen. Der Mindestaußenluftvolumenstrom aus Tabelle 4, Spalte 19, ist zu verwenden, falls der nach DIN 18599-7, Anhang H ermittelte Wert kleiner ist als der Wert aus Tabelle 4, Spalte 19.

Zuluft- und/ oder Abluftvolumenstrom werden für alle Nutzungen gleich dem Außenluftvolumenstrom angenommen. Je nach Nutzung wird der Luftwechsel personen- oder flächenbezogen angegeben. Die Umrechnung kann über die Belegungsdichte erfolgen. Bei stark abweichenden Belegungen müssen die Außenluftvolumenströme mit speziellen Annahmen bzw. nach den geltenden Regeln der Technik angesetzt werden. Das Standard-Büro ist mit einem Luftwechsel von 40 bzw. 60 m<sup>3</sup>/(h·Person) zu berechnen. Für Standardnutzungen mit kurzzeitiger Belegung (Versammlungscharakter) werden 20 m<sup>3</sup>/(h·Person) angesetzt. Die hier angegebenen Luftvolumenströme sind nicht für die Dimensionierung von Lüftungstechnischen Anlagen bestimmt. In Tabelle 4 des Teils 10 der DIN 18599:2007- 02 wird nur ein Wert für den Luftvolumenstrom angegeben.

Für die Berechnung von Anlagen mit zeit- oder nutzungsabhängiger Steuerung des Volumenstroms, wie sie Laboratorien vorkommen, gibt es Berechnungshinweise in 5.3 **DIN V**

**18599-3:2007-02:** der Zuluftvolumenstrom von Anlagen mit konstantem Volumenstrom und mit zeit- oder nutzungsabhängiger Steuerung des Volumenstroms kann berechnet werden.

Beispiele für eine Steuerung hierfür sind die raumluftqualitätsabhängige Steuerung des Zuluftvolumenstroms, die Steuerung des Volumenstroms nach festen Zeitsteuerplänen, z.B. Nachtabsenkung; die Steuerung des Volumenstroms nach der Benutzung von Abzügen in einem Laboratorium.

Der zu erwartende mittlere monatliche Bilanzierungsvolumenstrom  $V_{\text{mech,b,m}}$  nach DIN V 18599:2007-02 Teil 2, in diesem Fall identisch mit  $V_{\text{mech,m}}$ , ist über die zeitliche Wichtung der Teillastfälle zu bestimmen. In die Tabelle 4 der DIN V 18599:2007-02 Teil 10 sollte eine weitere Spalte für den reduzierten Luftvolumenstrom während der Nichtnutzungszeit eingeführt werden.

#### Hinweise zum Außenluftvolumenstrom:

Anhang H (normativ) DIN V 18599-7: 2007-02. Außenluftvolumenstrom und spezifische Leistungsaufnahme der Ventilatoren bei Bestandsanlagen

H.1 Bewertung des Energiebedarfs. Für die Bewertung des Energiebedarfs der Raumluftechnik bei Bestandsanlagen müssen folgende Kennwerte im Rahmen einer Begehung oder einer energetischen Inspektion von Lüftungsanlagen ermittelt werden:

Außenluftvolumenstrom je Anlage bzw. Fläche der Nutzungseinheit  $V_{\text{mech}}$ ;

Spezifische Leistungsaufnahme Zuluftventilator, spezifische Leistungsaufnahme Abluftventilator, statische Druckerhöhung des Zuluftventilators, statische Druckerhöhung des Abluftventilators.

ANMERKUNG: Hinweise für die Ermittlung dieser Werte sind in DIN 13779 und E DIN EN 15239 aufgeführt.

H.2 Verwendung der ermittelten Werte. Wenn diese Werte im Rahmen einer Inspektion ermittelt und seit der Ermittlung keine Änderungen an dieser Anlage vorgenommen wurden, dann können ersatzweise diese Werte verwendet werden.

ANMERKUNG: Hinweise können z.B. VDM 24186, AMEV Wartung 2006 und FGK Status- Report Nr. 5 geben. Liegen keine Daten in der Dokumentation vor, dann können die Angaben auf dem Typenschild des Ventilators verwendet werden.

### 3.5 Beleuchtung

Der Wartungswert der Beleuchtungsstärke: angegeben ist der für den Bereich der Sehaufgabe geforderte Wartungswert der Beleuchtungsstärke in lx.

Höhe der Nutzebene: Hier ist die Höhe der Nachweisebene für den Wartungswert der Beleuchtungsstärke über dem Boden gemeint. Bei den meisten Nutzungsprofilen ist ein Wert von 0,8 m vorgegeben, der sich als Mittelwert aus den Ansätzen für überwiegend sitzende (0,75 m) und überwiegend stehende Tätigkeiten (0,85 m) ergibt.

Minderungsfaktor Bereich Sehaufgabe: Der Minderungsfaktor wird aufgrund eines für die Nutzung angenommenen Flächenverhältnisses des Bereichs der Sehaufgabe zu dem Umgebungsbereich und des Verhältnisses des für den Bereich der Sehaufgabe und des für den Umgebungsbereich geforderten Wartungswert der Beleuchtungsstärke ermittelt.

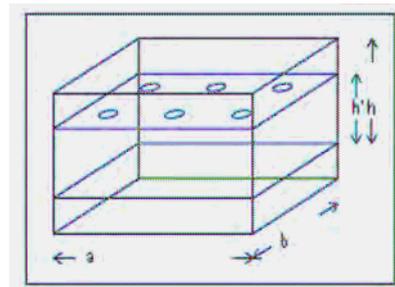


Abbildung 1: Ermittlung des Raumindex

$$k = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

$$k = 1,5 \cdot \frac{a \cdot b}{h'(a + b)}$$

Relative Abwesenheit: Diese gibt den Anteil der Nutzungszeit an, zu dem sich in einem Berechnungsbereich keine Person aufhält ( $C_{a,m} = 0$ : permanenter Aufenthalt,  $C_{A,m} = 1$ : kein Aufenthalt). Die relative Abwesenheit berücksichtigt einen zeitlichen Teilbetrieb eines Nutzungstages (z.B. Besprechungen, Pausen, usw.) Der Raumindex ist eine dimensionslose geometrische Kenngröße zur Bestimmung des Raumwirkungsgrades.

Der Teilbetriebsfaktor der Gebäudebetriebszeit gibt an, um wie viel die für das jeweilige Nutzungsprofil angegebene Nutzungszeit bei der Berechnung des Energiebedarfs für die Beleuchtung gemindert werden darf. Der Teilbetriebsfaktor berücksichtigt einen zeitlichen Teilbetrieb im Bilanzzeitraum (z.B. Urlaub, Ferien, Krankheit, usw.)

### 3.6 Personenbelegung

Die max. Belegungsdichte gibt an, wie viel Fläche (NGF) pro Person während der Vollbelegung (Gleichzeitigkeit = 1) zur Verfügung steht. Es wird in den Profilen unterschieden zwischen den Belegungsdichten „tief“, „mittel“ und „hoch“.

### 3.7 Wärmequellen

#### 3.7.1 Personen

Personen: Die Personenwärme wird in Abhängigkeit vom Betätigungsgrad und der Belegungsdichte angesetzt. Sie ergibt sich aus den Vollnutzungsstunden und einer sensiblen Wärmeabgabe von in der Regel 70 W je Person. Bei Klassenzimmern werden 60 W je Person, bei Küchen und Werkstätten 80 W je Person zugrunde gelegt. Auf Grund des hohen Aktivitätsgrad im Fitnessraum wird von einer Wärmeabgabe von 110 W für jede Person ausgegangen.

#### 3.7.2 Arbeitshilfen

Unter Arbeitshilfen werden alle steckbaren elektrischen Geräte zusammengefasst, die einer bestimmten Nutzungszone zugeordnet werden können. Bürogeräte, Kaffeeautomaten, kleine Maschinen oder Geräte zählen dazu.

Erfolgt die Benutzung der Arbeitshilfen nicht nach der Personenbelegung, ist ein separates Nutzungsprofil aufgeführt. Die Vollnutzungsstunden der Arbeitshilfen wird analog denen der Personenbelegung ermittelt.

Für die Arbeitshilfen ist die flächenbezogene Wärmezufuhr je Tag für angegeben. Diese ergibt sich aus den Vollnutzungsstunden und der spezifischen Leistung der Wärmequellen. Die Beleuchtung ist nicht enthalten, da sie extra bilanziert wird.

### 3.8 Trinkwarmwasser

Nutzenergiebedarf Warmwasser: Der Nutzenergiebedarf für Warmwasser wird nutzungsbezogen und z. T. flächenbezogen (unter Berücksichtigung einer entsprechenden Belegungsdichte) angegeben. Für alle Nichtwohngebäude gilt als Flächenbezug die Nettogrundfläche (NGF) der Hauptnutzung.

Anzahl der Spitzenzapfungen am Tag: Die Gleichzeitigkeit der Trinkwarmwasserzapfung ( $n_{Sp} = 1$ : Bedarf über den Tag verteilt;  $n_{Sp} = 2$ : Bedarf zu bestimmten Zeiten des Tages) wird berücksichtigt.

In Tabelle 6 der DIN V 18599:2007-02 Teil 10 sind die Richtwerte des Nutzenergiebedarfs für das Trinkwarmwasser in Nichtwohngebäuden festgelegt, dieser wird nutzungsbezogen und flächenbezogen auf die Hauptnutzfläche angegeben. Beträgt der tägliche Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser weniger als 0,2 kWh je Person und Tag bzw. weniger als 0,2 kWh je Beschäftigte und Tag, darf der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser vernachlässigt werden.

Dies ist zum Beispiel der Fall bei Bürogebäuden oder Schulen mit einzelnen Trinkwarmwasser-Zapfstellen (Handwaschbecken, Teeküche, Getränkeausgabe, Putzraum).

Die Kennwerte für den Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser von Nichtwohngebäuden für die bestehenden Nutzungen wurde überarbeitet [50], die neuen Kennwerte werden in diesem Bericht verwendet.

## 4 Schwimmbäder

### 4.1 Definitionen

„Schwimmbäder“ ist ein Sammelbegriff für Anlagen zum Schwimmen und Baden. Nach Anlage, Einrichtung und Angebot unterscheiden sie sich nach [3] in:

**Hallenbäder:** mit künstlichen, überdachten Wasserflächen.

**Hallenfreibäder:** Kombination von Hallen- und Freibädern.

**Naturbäder:** Bäder mit natürlichen Wasserflächen und Uferzonen.

**Kur-, Heil- und Medizinische Bäder:** Bäder mit vorrangiger Nutzung für Regeneration, Therapie und Rehabilitation. Sie weisen neben speziellen Beckenarten und Beckenwässern ergänzende Behandlungseinrichtungen auf.

Nach Angebot und Nutzung unterscheiden sich Schwimmbäder auch als:

**Schulbäder:** Bäder mit überwiegender Nutzung durch den Schulschwimmsport. Sie weisen in der Regel kleinere Beckenabmessungen und spezifische Wassertiefen auf.

**Leistungssportbäder:** Bäder mit ausschließlicher oder überwiegender Nutzung durch den Leistungsschwimmsport (Leistungszentren und Stützpunkte): Sie weisen wettkampfgerechte Beckenabmessungen und Sprunganlagen auf.

**Sportorientierte Bäder:** Bäder mit Nutzung durch Schul- und Schwimmsport sowie durch die Öffentlichkeit. Sie weisen an Sportregeln orientierte Beckenabmessungen und Wassertiefen auf.

**Freizeitbäder:** Bäder mit Nutzung durch die Öffentlichkeit sowie durch den Schul- und Schwimmsport. Sie weisen stärker freizeitorientierte Anlagen und Einrichtungen auf.

**Spaßbäder:** Bäder mit allein dem Freizeitbedürfnis dienenden Bademöglichkeiten und sonstigen auf Entspannung ausgerichteten Einrichtungen.

### 4.2 Nutzungs- und Betriebszeiten von Schwimmbädern

Jährliche Nutzungstage: Es wird zwischen Fünf-, Sechs- oder Sieben- Tagewoche unterschieden (250, 300, 365 d/a). Für Schwimmhallen, die an Schulen angegliedert sind ergeben sich unter Berücksichtigung der Schulferien 200 d/a.

Freizeitorientierte und Spaßbäder erfordern bedarfsgerechte Öffnungszeiten, um den Kundenerwartungen Rechnung zu tragen. Dazu gehören vor allem einprägsame Öffnungszeiten und die durchgehende Öffnung über das ganze Jahr.

Hallenbäder, die nur im Winter geöffnet sind, werden in der Berechnung behandelt wie Bäder die das ganze Jahr geöffnet haben. Damit wird eine Vergleichbarkeit aller Bäder untereinander sichergestellt. Zudem besteht immer die Möglichkeit der Umstellung einer Teilbenutzung während des Jahres hin zu einer ganzjährigen Nutzung. Hotelbäder sind ganzjährig während der Zeit der Anwesenheit der Servicekräfte geöffnet.

### 4.3 Raumklima

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung befindet sich die VDI 2089 Blatt 1 noch in der Überarbeitung. Es können sich daher noch Änderungen in der Auslegung von RLT – Anlagen ergeben.

Um Bauschäden zu vermeiden, darf der Taupunkt an Außenbauteilen dauerhaft an keiner Stelle erreicht werden. Während der Winterzeit ist die absolute Feuchte der Raumluft der Schwimmhalle bei gleich bleibender Innentemperatur so vorzuhalten, dass bis zur mittleren Außentemperatur des kältesten Monats eines Jahres im zuständigen Klimagebiet eine Taupunktunterschreitung auf den Außenbauteilen unterbunden wird. [4]

Die Wassertemperatur beeinflusst den Wärme- und Stoffaustausch zwischen Körper und Wasser. Als Auslegungswerte der Wassertemperaturen  $t_w$  gelten die Werte in Tabelle 1. Die relative Feuchte der Raumluft in der Schwimmhalle muss im Bereich physiologischer Zutraglichkeit liegen. Zu hohe relative Luftfeuchte verursacht Schwüleempfinden.

Die Schwülegrenze für den unbedeckten Menschen liegt bei einem Dampfdruck  $p_D = 22,7$  hPa entsprechend einem Wasserdampfgehalt von  $x = 14,3$  g/kg trockene Luft. Ein Überschreiten dieses empirischen Wertes ist nur zulässig bei höherem Wasserdampfgehalt der Außenluft von  $x \geq 9$ g/kg trockene Luft, entsprechend einem Dampfdruck  $p_D = 14,4$  hPa. Dies tritt überwiegend in der warmen Jahreszeit auf. Zum vorbeugenden Schutz für Holz- und Metallbauteile im Schwimmhalleninnenraum soll die relative Luftfeuchte im Bereich  $40 \% \leq \varphi \leq 64 \%$  liegen. [4]

Tabelle 1: Bemessungswerte für Beckenwassertemperaturen  $t_w$

Beckenart	Wassertemperatur in °C
Nichtschwimmerbecken Schwimmerbecken Springerbecken Wellenbecken	28
Planschbecken Freizeitbecken Bewegungsbecken	32
Therapiebecken	36
Warmsprudelbecken	36
Becken in Schwitzbädern Warmbecken	35
Kaltbecken	15

[Quelle: VDI 2089 Blatt 1:2005-03]

Die Lüftungstechnische Anlage der Schwimmhalle ist der größte Wärmeverbraucher des Schwimmbades, da die Fortluft die vorhandene Hallentemperatur hat und außerdem durch die Feuchtigkeitsaufnahme in erheblichem Maße zusätzliche latente Kondensationswärme enthält [5].

Die in den Bäderrichtlinien [3] und der VDI- Richtlinie 2089 genannten Werte über die Raumluftkonditionsverhältnisse haben nur während des Badebetriebs Gültigkeit. Um Energie einzusparen, können daher in Schwimmhallen außerhalb der Betriebszeit unter Berücksichtigung der bauphysikalischen Gegebenheiten, die Klimazustände, wie Raumluftfeuchte und Raumtemperatur, variieren [5]. Durch Heraufsetzung der Hallenluftfeuchte bei gleich bleibender Wassertemperatur verringert sich die Partialdruckdifferenz und damit die Verdunstung des Beckenwassers. Der zulässige Sollwert der relativen Luftfeuchte in Schwimmhallen wird durch den festgesetzten Wassergehalt der Raumluft bestimmt. Die Regelung und Steuerung des Mischluftzustandes von Außen- oder Umluft wird stetig oder durch Schrittschaltung durchgeführt.

#### 4.4 Raumtemperaturen

Dem unbedeckten Körper wird infolge Verdunstung des an ihm haftenden Wasserfilms zusätzlich Wärme entzogen. Um diesen Wärmeverlust zu vermeiden, soll die Raumlufthtemperatur der Schwimmhalle 2 bis 4 K über der Beckenwassertemperatur, jedoch nicht über 34 °C liegen. Als Auslegungstemperaturen für die Raumlufthtemperatur  $t_R$  gelten folgende Werte:

Tabelle 2: Werte für Raumlufthtemperaturen

Raumart	Raumlufthtemperatur $t_R$ (in Abhängigkeit von $t_w$ in °C)	
	min	max
Eingangsbereich; Nebenräume	20	-
Treppenhäuser	18	
Sanitäts-, Schwimmmeister- und Personalräume	22	26
Duschräume mit zugehörigen Sanitätsräumen	26	34
Schwimmhalle	30	34

[Quelle: VDI 2089 Blatt 1:2005-03]

Daraus leitet sich die Einteilung der Schwimmbäder in Zonen ab:

- **Schwimmhalle**
- **Eingangsbereich Schwimmbad**
- **Umkleiden Schwimmbad**
- **Duschen- und Sanitäräume Schwimmbad**
- **Aufsichtsraum Schwimmbad**
- **Saunabereich**
- **Technikraum für Schwimmbad**

#### 4.5 Mindestaußenluftvolumenstrom

##### 4.5.1 „Zone“ Schwimmhalle

Auslegungsdaten für die Schwimmhalle [3], [4] : Die maximale Außenluftmenge wird bestimmt aus dem Außenluftzustand im Sommer. Wasserdampfgehalt  $x = 9$  g/kg trockene Luft und dem festgelegten Wasserdampfgehalt in der Halle von  $x = 14,3$  g/kg trockene Luft.

Tabelle 3: Auslegungsdaten nach VDI 2089

	$x$ [g/(kg)]	$p_D$ [mbar]
Raumlufth	14,3	22,7
Außenluft	9	14,4

Quelle [4]

Die im Raum anfallende Wasserdampfmenge und/oder die Geruchs- und Schadstoffkonzentration der Luft bestimmen den notwendigen Außenluftstrom. Eine Auslegung ausschließlich nach angenommenen Luftwechselzahlen ist unzulässig.

Das lufttechnische Gerät zur Versorgung der Schwimmhalle wird in Abhängigkeit von der Raumlufthtemperatur und der Raumlufthfeuchte geregelt. Befinden sich diese Einflussgrößen im Bereich des vorgegebenen Sollwerts, kann das Lüftungsgerät mit einem reduzierten Zuluftvolumenstrom außerhalb des Badetriebs betrieben werden.

Hierzu soll das Lüftungsgerät über drehzahlgeregelte Ventilatoren, möglichst unter Verwendung eines Frequenzumrichters, auf der Zu- und Abluftseite verfügen [7].

Tabelle 4: Verdunstungsmengen von Wasserattraktionen

Attraktionen	Verdunstungsmenge
Whirlpool (Luft 30°C, Wasser ca. 36°C)	0,6 kg/m <sup>2</sup> h
Wasserrutsche	0,5 kg/m h
Wildwasserkanal	0,6 kg/m h
Wasserfall bis 2,0 m Höhe	6,0 kg/m h
Wasserpilze	3,0 kg/m h
Luftbodensprudler	3,0 kg/h
Wasserspeier	3,0 kg/h
Fontänen- Brunnen	5,0 kg/h
Gegenstromanlage	3,0 kg/h

[Quelle: 5]

Tabelle 5: Werte für den Wasserübergangskoeffizienten [VDI 2089]

Betrachtetes Becken	Wasserübergangskoeffizient	
	unbenutztes Becken β <sub>u</sub> in m/h	benutztes Becken β <sub>b</sub> in m/h
Becken mit bedeckter Wasseroberfläche (Verdunstung nur aus der Überlauftrinne)	0,7	-
Becken im - Wohnhaus (Privatbecken) - Hallenbad	7	21
Wassertiefe > 1,35m	7	28
Wassertiefe < 1,35m*)	7	40
Wellenbecken bei Wellenbetrieb	7	50
Rutschen und Rutschen-auffangbecken	-	50

\*) Freizeitbäder mit einer Vielzahl von Wasserattraktionen, welche gleichzeitig betrieben werden, sind je nach Beschaffenheit, Anzahl und Betriebsweise solcher Einrichtungen zusätzliche Verdunstungsströme zu erwarten und beim Bemessen der raumluftechnischen Anlagen zu berücksichtigen [Quelle: VDI 2089 Blatt 1:2005-3]

Der Außenluftanteil der Zuluft muss während der Betriebszeit des Bades mindestens 30 % des Zuluftstromes betragen. Die Bezugsfläche für die Berechnung des verdunstenden Wassermassenstroms eines Schwimm- und Badebeckens ist diejenige Wasserfläche, die sich aus der nutzbaren Wasserfläche errechnet [4].

Die Wasserübergangskoeffizienten zeigt Tabelle 5.

Diese Wasserübergangskoeffizienten schließen die Wasserverdunstung aller vorgenannten Wasserdampfquellen im benutzten Becken mit ein [4]. Der höchste in der Schwimmhalle entstehende Wasserdampfstrom  $\dot{M}_{D,max}$  ist gleich der Summe der verdunstenden Wasserströme, bestehend aus der Wasseroberflächenverdunstung der einzelnen Becken und der einzelnen Wasserattraktionen. Es wird ein Einsatzplan dieser Sprudeleinrichtungen erstellt.

Als höchster verdunstender Wassermassenstrom  $\dot{M}_{D,max}$  ist nun der Wasserdampfstrom zu betrachten, der anhand dieses Plans und gemittelt über eine Stunde zu erwarten ist [4].

**4.5.2 Bemessen des maximalen Zuluftmassenstroms [4]**

Der maximale Zuluftmassenstrom  $\dot{M}_{z,max}$  ist gleich dem Außenluftmassenstrom:

- bei minimaler Hallenauslastung, das heißt nicht benutztem Becken und abgeschalteten Attraktionen, gilt für den Außenluftmassenstrom

$$\dot{M}_{A,U} \geq 0,1 \cdot \dot{M}_{A,S};$$

- bei maximaler Hallennutzung, das heißt hoher Besucherzahl und eingeschalteten Attraktionen

$$\dot{M}_{A,U} \leq 0,3 \cdot \dot{M}_{A,S}$$

Wenn es die Hallenzuluft erfordert, z.B. bei hoher Außenluftfeuchte oder hoher Sonneneinstrahlung, kann der Außenluftmassenstrom  $\dot{M}_{A,U}$  bis auf  $1,0 \cdot \dot{M}_{A,S}$  erhöht werden.

**Berechnung des verdunstenden Wassermassenstroms ohne zusätzliche Einrichtungen:**

<p>Gemäß VDI 2089 Blatt 1:2005-03</p> $\dot{M}_{D,B,u/b} = \frac{\beta_{u/b}}{R_D \cdot \bar{T}} \cdot (p_{D,W} - p_{D,L}) \cdot A_B$	<p><math>\dot{M}_{D,B,u/b}</math> Verdunstender Wassermassenstrom [kg/h]</p> <p><math>\beta_u, \beta_b</math> Wasserübergangskoeffizient für unbenutztes und benutztes Becken [m/h]</p> <p><math>R_D</math> Spezifische Gaskonstante für Wasserdampf [461,52 J/(kg·K)]</p> <p><math>T</math> arithmetisches Mittel von Wasser- und Lufttemperatur in K</p> <p><math>p_{D,W}</math> Sättigungsdampfdruck von Wasserdampf bei Wassertemperatur [Pa]</p> <p><math>p_{D,L}</math> Wasserdampfdruck der Schwimmhallenluft [Pa]</p> <p><math>A_B</math> Wasserfläche</p>
---	--

Es folgen zwei Beispiele zur Bestimmung des Außenluftvolumenstroms, wobei ein Hallenschwimmbad mit einer Beckentiefe > 1,35 m und ein Becken mit einer Beckentiefe < 1,35 m Tiefe betrachtet wird.

**Beispiel A: Hallenschwimmbad ohne Attraktionen Wassertiefe > 1,35 m**

Wassertemperatur: 28 °C	$\beta_u$ 7 m/h
	$\beta_b$ 28 m/h
Lufttemperatur: 30 °C	$R_D$ 461,52 J/kg K
Raumluftfeuchte: 55 % r.F.	$T$ = 302,15 K (301,15 + 303,15) / 2
Wasserfläche: 500 m <sup>2</sup>	$p_{D,W}$ 3781 [Pa] = 3781 N/m <sup>2</sup>
	$p_{D,L}$ 2335 [Pa] = 2335 N/m <sup>2</sup>
	$A_B$ 500 m <sup>2</sup>

$$\dot{M}_{D,B,u} = \frac{7 \text{ mkgK}}{(461,52 \text{ Nm} \cdot 302,15 \text{ Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 500 \text{ m}^2 = 36,24 \text{ kg/h}$$

Der verdunstende Wassermassenstrom für das unbenutzte Becken beträgt 36,24 kg pro Stunde, während er für das benutzte Becken, welches tiefer als 1,35 m ist 145,17 kg pro Stunde beträgt:

$$\dot{M}_{D,B,b} = \frac{28 \text{ mkgK}}{(461,52 \text{ Nm} \cdot 302,15 \text{ Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 500 \text{ m}^2 = 145,17 \text{ kg/h}$$

Der zu fördernde Außenluftmassenstrom wird u.a. durch den mittleren Wasserdampfgehalt der Außenluft im feuchtesten Sommermonat bestimmt. Es gilt:

$\dot{M}_{A,S} = \frac{\dot{M}_{D,max}}{x_{D,L} - x_{D,A}}$	<p><math>\dot{M}_{A,S}</math> Außenluft- Auslegungsmassenstrom [kg/h]</p> <p><math>x_{D,L}</math> Wasserdampfgehalt der Schwimmhallenluft [0,0143 kg/kg]</p> <p><math>x_{D,A}</math> Wasserdampfgehalt der Außenluft im Mittel aller Klimazonen Deutschland [0,0090 kg/kg]</p>
---	--

Zuerst wird der Außenluftmassenstrom für das Hallenschwimmbad mit einem Becken > 1,35 m Tiefe während der Benutzung berechnet:

$$\dot{M}_{A,S} = \frac{145,17 \text{ kg/h}}{(0,0143 \text{ kg/kg} - 0,0090 \text{ kg/kg})} = 27390,96 \text{ kg/h}$$

Der Außenluftmassenstrom beträgt 27.390,96 kg pro Stunde.

Um den Außenluftvolumenstrom bestimmen zu können wird folgende Berechnung durchgeführt:

$$\dot{V}_A = \dot{M}_{A,S} / \delta$$

$$\dot{V}_A = \frac{27.390 \text{ kg/h}}{(1,2 \text{ kg/m}^3)} = 22.825 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei einer Raumgröße von 1.000 m<sup>2</sup> beträgt der flächenbezogene Abluftvolumenstrom 22,82 m<sup>3</sup>/h.

Nach VDI 2089 Blatt 1 darf der Außenluftmassenstrom auf 0,3 \*  $\dot{M}_{A,S}$  während der Hallennutzung begrenzt werden.

22825 m<sup>3</sup>/h / 1000 m<sup>2</sup> = 22,82 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) \* 0,3 = 6,84 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) Dies entspricht einem Mindestaußenluftvolumenstrom von 6,84 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) für ein Wasserbecken, welches tiefer als 1,35 m ist.

#### Beispiel B: Hallenschwimmbad ohne Attraktionen, Wassertiefe < 1,35 m:

Wassertemperatur:	28 °C	$\beta_b$	40 m/h
Lufttemperatur:	30 °C	$R_D$	461,52 J/kg K
Raumlufteuchte:	55 % r.F.	T	= 302,15 K (301,15 + 303,15) / 2
Wasserfläche:	500 m <sup>2</sup>	$p_{D,W}$	3781 [Pa] = 3781 N/m <sup>2</sup>
		$p_{D,L}$	2335 [Pa] = 2335 N/m <sup>2</sup>
		$A_B$	500 m <sup>2</sup>

Die Wasserverdunstung für das benutzte Becken, Tiefe < 1,35 m beträgt:

$$\dot{M}_{D,B,b} = \frac{40 \text{ mkgK}}{(461,52 \text{ Nm} \cdot 302,15 \text{ Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 500 \text{ m}^2 = 207,38 \text{ kg/h}$$

$$\dot{M}_{D,B,b} = 207,38 \text{ kg/h}$$

Die Wasserverdunstung für das 500 m<sup>2</sup> große Becken beträgt 207,38 kg pro Stunde, daraus errechnet sich der Außenluftmassenstrom wie folgt:

$$\dot{M}_{A,S} = \frac{207,38 \text{ kg/h}}{(0,0143 \text{ kg/kg} - 0,0090 \text{ kg/kg})} = 39.128,30 \text{ kg/h}$$

Der maximale Außenluftvolumenstrom lässt sich zu 32.606,91 m<sup>3</sup>/h bestimmen.

$$\dot{V}_A = \dot{M}_{A,S} / \delta$$

$$\dot{V}_A = \frac{39.129 \text{ kg/h}}{(1,2 \text{ kg/m}^3)} = 32.606,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

Bei einer Raumgröße von 1000 m<sup>2</sup> beträgt der flächenbezogene Abluftvolumenstrom 32,6 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Nach VDI 2089 Blatt 1 darf der Außenluftmassenstrom auf 0,3 \*  $\dot{M}_{A,S}$  während der Hallennutzung begrenzt werden. Bei einer Raumgröße von 1000 m<sup>3</sup> entspricht dies einem Mindestaußenluftvolumenstrom von 9,78 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) während der Nutzungszeit.

In den vorherstehenden Berechnungen ist der Unterschied für die Größe des Außenluftvolumenstroms für zwei verschiedene Beckenarten exemplarisch dargestellt.

#### 4.5.3 Bemessen des schadstoff-bezogenen Außenluftmassenstroms [4]

Der schadstoffbezogene Außenluftmassenstrom  $\dot{M}_{A,G}$  ist so zu bemessen, dass die Konzentrationen der über die Wasseroberfläche an die Luft abgegebenen Schadstoffe (z.B. Trihalogenmethan) die geltenden Empfehlungswerte nicht überschreiten.

Das Umweltbundesamt empfiehlt für die Konzentration z.B. von Chloroform (CHCl<sub>3</sub>) in der Schwimmhalle den Wert  $\leq 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Luft. Der schadstoffbezogene Außenluftmassenstrom  $\dot{M}_{A,G}$  ist so zu bemessen, dass für eine Gas- bzw. Schadstoffart aus folgender Formel:

$$\dot{M}_{A,G} = \frac{\dot{M}_G}{x_{G,L} - x_{G,A}}$$

$\dot{M}_{A,G}$	Außenluftmassenstrom, der zur Abfuhr Gas- bzw. Schadstoffart erforderlich ist [kg/h]
$\dot{M}_G$	An der Wasserfläche austretender Gasmassenstrom [kg/h]
$x_{G,L}$	Zugelassener Gasgehalt im Raum über der Wasseroberfläche [kg/kg]
$x_{G,A}$	Gasgehalt der Außenluft [kg/kg]

Der Außenluftmassenstrom jeder Gas- bzw. Schadstoffart  $\dot{M}_{A,G}$  ist mit dem Außenluftstrom  $\dot{M}_{A,U}$  zu vergleichen. Für die Bemessung bzw. den Betrieb der raumluftechnischen Anlage ist der größte Wert maßgebend.

#### 4.6 Mindestaußenluftvolumenstrom von Nebenräumen in Bäderbauten [7]

Tabelle 6: Auslegungsdaten für übliche Raumarten

Raumart	Mindestaußenluftvolumenstrom (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) nach DIN 1946 und ASR 5	Raumtemperatur im Aufenthaltsbereich °C
4.1.3 Toilettenräume	(ZU) 30 m <sup>3</sup> /h und Objekt, jedoch mind. 5faches Raumvolumen/h	12 -20
4.1.4 Umkleieräume	(AU) 4- 8faches Raumvolumen/h	21
4.1.5 Wasch- und Duschräume	(AU) 10faches Raumvolumen/h	24

[Quelle : 7]

Bei Toilettenanlagen mit starkem Publikumsverkehr sollte der Abluft- Volumenstrom 50 – 100 m<sup>3</sup>/h pro Sanitäröbjekt nicht unterschreiten.

Zur Vermeidung von Feuchteschäden am Bauwerk ist bei mehr als 3 Duschplätzen eine Zu- und Abluftanlage vorzusehen.

Grundsätzlich ist für Nebenräume freie Lüftung anzustreben. Die Raumtemperatur für Toilettenanlagen beträgt 20 °C.

##### 4.6.1 Bedarfsabhängige Regelung für die Nebenräume [6]

Sind in den Nebenflächen der Schwimmhalle keine statischen Heizflächen vorhanden, so übernimmt die Lüftungsanlage die ganzjährige Raumtemperierung. Außerhalb des Badebetriebs ist es notwendig, die lufttechnische Anlage in diesem Bereichen auf der Grundlage eines zentral

angeordneten oder eines raumabhängigen Thermostaten zu regeln. Das Lüftungsgerät soll über geeignete Einrichtungen zur Volumenstromreduzierung verfügen.

Sind statische Heizflächen vorhanden, kann außerhalb des Badebetriebs die lufttechnische Anlage abgeschaltet werden.

#### 4.6.2 Raumluftechnische Anlagen [3]

Für folgende Anlagengruppen sind getrennte Regelkreise notwendig:

- Schwimmhalle
- Aufsichtsbereich
- Sanitärbereich
- Umkleidebereich
- Eingangsbereich
- Ergänzungsbereich

#### 4.6.3 Luftvolumenstromberechnung Nebenräume [4]

Für Duschräume wird der Luftvolumenstrom nach der Anzahl der Duschen berechnet. In der Forderung nach [4] beträgt der Volumenstrom  $V = 220 \text{ m}^3/\text{h}$  je Dusche. Der maximale Zuluftvolumenstrom soll  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  je  $\text{m}^3$  Rauminhalt nicht überschreiten.

Für WC- Anlagen beträgt die Anforderung an den Luftvolumenstrom  $V = 100 \text{ m}^3/\text{h}$  je Sitz oder Stand. Der Fortluftvolumenstrom soll  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  je  $\text{m}^3$  Rauminhalt nicht überschreiten.

Für Sammelumkleiden ist ein Wert von  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  je  $\text{m}^2$  Bruttogrundrissfläche als Luftvolumenstrom vorgesehen.

Sind im Umkleidebereich Einzelkabinen, Wechselkabinen und Garderobenschränke vorhanden, reduziert sich der Luftvolumenstrom nach [4] auf  $V = 15 \text{ m}^3/\text{h}$  je  $\text{m}^2$  Bruttogrundrissfläche.

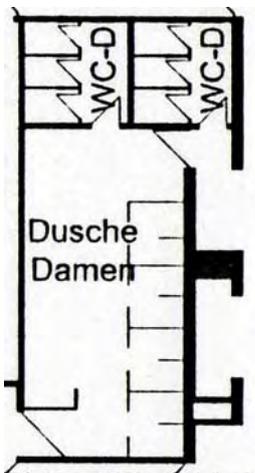


Abbildung 2: Sanitäreinheit [A4]

Es folgt die Bemessung des Außenluftstroms für neben stehende Abbildung. Die Fläche beträgt ca.  $35 \text{ m}^2$ , die Raumhöhe ist  $2,50 \text{ m}$ . Es gibt 10 Duschen und 6 WC daraus folgt die Luftvolumenstromermittlung nach [4]:

$$10 \text{ Duschen und } 6 \text{ WC} = 80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}).$$

Die Forderung nach einem 10fachen Luftwechsel [7] ergibt einen Luftvolumenstrom von  $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ .

#### 4.6.4 Mehrfachnutzung der Luftmassenströme der Nebenräume im Hallenbad [6]

Zurzeit ist die VDI 2089 Blatt 2 noch im Entwurf.

Luftmassenströme mehrfach zu nutzen hängt von der Raumanordnung und der Möglichkeit Nachheizregister mit den dazugehörigen Ventilatoren unterzubringen ab.

Die Raumluftzustände nach VDI 2089 Blatt 1:2005-03 sind sicherzustellen.

Sind statische Heizflächen vorhanden kann die Abluft der Umkleiden nach erfolgter Nacherwärmung als Zuluft für die Duschräume verwendet werden. Die Raumtemperatur in der Heizperiode muss sichergestellt sein. Ist die Feuchte abgeführt, kann die Lüftungsanlage ausgeschaltet werden.

Als Zuluft für die Solarien kann die Abluft der Umkleiden verwendet werden. Als Zuluft für die WC-Anlagen kann die Abluft der Fitnessbereich dienen. Zur Wärmerückgewinnung soll die Abluft der Solarien und Saunen genutzt werden.

#### 4.6.5 Beleuchtungsstärke Schwimmhalle

Beleuchtungsstärken in Schwimmbädern müssen den Mindestanforderungen der AMEV [2] und DIN EN 12193 entsprechen.

Klasse I International/National

Klasse II Regional, Lokal

Klasse III Training, Schul- und Freizeitsport

Tabelle 7: Lichtstärken der unterschiedlichsten Bereiche

Wettschwimmen	500 lx	300 lx /200 lx
Duschen, Toiletten	100 lx	300 lx
Saunabereiche	100 lx	300 lx
Umkleiden	100 lx	300 lx
Freizeitbereiche	min. 50 lx	200 lx
Verkehrswege	100 lx	200 lx
Technikräume	100 lx	

[Quelle: 4]

Die Beleuchtung wird in der Regel nicht über der Wasseroberfläche angeordnet.

Tabelle 8: Beleuchtungsanforderung für Räume (Bereiche), Aufgaben und Tätigkeiten

Nr.	Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	E <sub>m</sub>
1.	Verkehrszonen und allgemeine Räume, Bereich innerhalb von Gebäuden	
1.1	Verkehrszonen	
1.1.1	Verkehrsflächen und Flure	100 lx
5	Öffentliche Bereiche	
5.1	Allgemeine Bereiche	
5.1.1	Eingangshallen	100 lx
5.1.2	Garderoben	200 lx
5.1.3	Kassen / Schalter	300 lx
6	Ausbildungseinrichtungen	
6.2	Ausbildungsstätten	
6.2.24	Schwimmbäder	300 lx

[Quelle: AMEV Beleuchtung 2006]

#### **4.6.6 Beckenbeleuchtung**

Für Becken ab 1,35 m Wassertiefe und Attraktionen wird eine Unterwasserbeleuchtung empfohlen. Die Auslegung im Sportbereich soll 1000 lm/m<sup>2</sup> Wasserfläche betragen.

In allen anderen Becken mit Unterwasserbeleuchtung beträgt sie 500 lm/m<sup>2</sup> Wasserfläche.

#### **4.6.7 Größe der Schwimmhalle [3]**

Die Größe der Schwimmhalle hängt von der Größe der Wasserfläche und den Umgangsflächen ab. Die Umgangsflächen sind grundsätzlich so groß wie die Wasserflächen zu bemessen. Bei Vergrößerung der Wasserfläche über den ermittelten Bedarf hinaus wächst die Umgangsfläche nicht linear mit.

Folgende lichte Mindesthöhen in Schwimmhallen sind einzuhalten:

- über dem Beckenumgang 2,50 m;
- über dem Planschbecken 2,50 m;
- über dem Nichtschwimmerbecken 3,20 m;
- über dem Schwimmerbecken 4,00 m,
- bei wettkampfmäßigem Wasserball 6,00 m;
- über dem Sprungbereich je nach Sprunganlage 6,00 bis 13,00 m.

#### **4.6.8 Größe der Nebenräume [3]**

Der Schwimmmeisterraum sollte mindestens 6,00 m<sup>2</sup> groß sein. Das Mindestmaß der lichten Raumhöhe beträgt 2,50 m. In der Eingangshalle ist mindestens eine lichte Höhe von 2,75 m vorzusehen. Personal-, Verwaltungs-, Umkleide- und Sanitärbereiche sollten eine Mindestraumhöhe im Lichten von 2,50 m aufweisen.

### **4.7 Personenbelegung**

Die Zahl der Badegäste ist bei einem bestehenden Schwimmbad bekannt. Um genauere Werte für die Personenbelegung zu erhalten muss ebenfalls die Aufenthaltsdauer bekannt sein.

### **4.8 Wärmequellen**

#### **4.8.1 Personen**

Personen: Die Personenwärme wird in Abhängigkeit vom Betätigungsgrad und der Belegungsdichte angesetzt. Sie ergibt sich aus den Vollnutzungsstunden und einer sensiblen Wärmeabgabe von in der Regel 70 W je Person.

#### **4.8.2 Arbeitshilfen**

In den Schwimmhallen verdunstet das Wasser der Badebecken, dieses entzieht in der Grenzschicht zwischen Wasseroberfläche und Luft der Raumluft die Wärme.

Für die Berechnung des Feuchteintrags wird das Beispiel aus 4.5 verwendet: Die Wasserverdunstung für die Zeit von 12 Stunden Vollnutzung beträgt 207,38 kg/h pro Stunde. Für die 12 Stunden ohne Personen sind es 36,24 kg/h pro Stunde. Bei einer Raumgröße von 1000 m<sup>2</sup> ergibt dies einen mittleren Feuchteintrag von 121 Gramm pro Stunde und m<sup>2</sup> Nettogrundfläche Schwimmhalle.

#### 4.9 Trinkwarmwasser

Es sind drei unterschiedliche Werte darstellbar.

1. Gesamtwasserbedarf
2. Gesamtwarmwasserbedarf
3. Duschwasserbedarf

##### 4.9.1 Der Gesamtwasserbedarf

ist in [12] wie folgt angegeben:

Tabelle 9: Gesamtwasserbedarf Schwimmhalle

	Einheit	Standardwert	Bereich	
			180	600
Gesamt Wasserbedarf	l/(dP)	360	180	600

Der Gesamtwasserbedarf nach [12] pro Person und Tag umfasst den Kalt- und Warmwasserbedarf.

Quelle: [ 12 ]

##### Verbrauchskennzahlen für Schwimmbäder [6]

In nachfolgenden Text wird nicht unterschieden zwischen dem Gesamtwasserbedarf und dem Gesamtwarmwasserbedarf. Die Verbrauchskennzahlen für Energie-, Wasser- und sonstige Betriebsmittel sind wichtige Größen bei der Bewertung von Bädern. Um hinreichend konkrete Aussagen über Verbrauchszahlen machen zu können, wurden die Bäder in Gruppen unterteilt und dann die Verbräuche in Bezug auf messbare Größen normiert:

- Hallenbäder;
- Freizeitbäder.

Verschiedene Einflussfaktoren können zu Abweichungen vom Kennwert führen.

Tabelle 10: Verbrauchskennzahlen für Bäder

Badtyp		Hallenbad	Freizeitbad
Wärme in kWh	je m <sup>2</sup> WF	3500	3700
	je Besucher	15	14
Wasser in m <sup>3</sup>	je m <sup>2</sup> WF	33	38
	je Besucher	0,18	0,18

Quelle: [Entwurf VDI 2089 Blatt 2]

Tabelle 11: Richtwerte für Bäder

Badtyp		Hallenbad	Freizeitbad
Wärme in kWh	je m <sup>2</sup> WF	2000	2200
	je Besucher	9	9
Wasser in m <sup>3</sup>	je m <sup>2</sup> WF	20	25
	je Besucher	0,12	0,12

Quelle: Entwurf VDI 2089 Blatt 2

Anmerkung [Entwurf VDI 2089 Blatt 2]: Richtwert – Als Richtwert wird in dieser VDI- Richtlinie der untere Quartilsmittelwert verwendet. Der untere Quartilsmittelwert ergibt sich als arithmetisches Mittel der unteren 25% der aufsteigend sortierten Kennwerte (arithmetische Mittelwert des besten Viertels). Der Richtwert ist bei der Durchführung von Energieeinsparmaßnahmen anzustreben. Aufgrund seiner empirischen Ermittlung ist er nicht bei allen Gebäuden mit gleicher Wirtschaftlichkeit erreichbar.

Aus [6] geht ein Verbrauchskennwert von 33.000 Liter Wasser pro m<sup>2</sup> Wasserfläche und 180 Liter Wasser pro Badegast hervor.

In [3] wird der Tagesverbrauch an Wasser mit etwa 0,7 m<sup>3</sup> je m<sup>2</sup> Wasserfläche angesetzt.

Untersuchungen haben ergeben, dass der Gesamtwasserverbrauch pro Badegast zwischen 130 und 200 l liegt. In Sonderfällen, wie z.B. Mineralbädern, liegt der Verbrauch bis zu 100 % höher.

#### 4.9.2 Gesamtwarmwasserbedarf

In [12] wird eine Unterscheidung zwischen Gesamtwasserbedarf und dem Gesamtwarmwasserbedarf getroffen. Das Duschwarmwasser wird nicht separat aufgeführt.

Tabelle 12: Gesamtwarmwasserbedarf Schwimmhalle

	Einheit	Standardwert	Bereich	
Warmwasserbedarf (60 °C)	l/(d·P)	120	60	200

Quelle: [12]

#### 4.9.3 Duschwarmwasser

Der Warmwasserbedarf pro Badegast für den Duschvorgang ist bekannt aus den Daten der befragten Bäder: 35 Liter als niedrigster Wert und 60 Liter für einen mittleren Wert.

Bekannt ist bei einem bestehenden Schwimmbad die Besucherzahl pro Jahr. Diese schwankt zwischen den einzelnen Bädern. Der Bezugswert für das Duschwarmwasser sollte die Größe der Schwimmhalle sein.

Wichtig ist auch die Frage, in wie weit der Wärmebedarf des Wassers der Becken in die Energetische Bilanzierung mit einfließt, da es sich hier der Definition nach um den Produktionsablauf Schwimmen handelt.

Aus [11]: Bei einem mittleren Wasserverbrauch einer Dusche von 300 kg/h ist der Wärmebedarf bezogen auf die Beckenfläche:

$$\frac{300 \text{ kg/h} \cdot 0,07 \text{ /m}^2 \cdot (42-10) \text{ K} \cdot 4,25 \text{ kJ/kgK}}{3600 \text{ s/h}} = 0,79 \text{ kW/m}^2.$$

In [12] beträgt der Warmwasserbedarf (60 °C) zwischen 60 und 200 Liter pro Tag und Person.

Der spezifische Leistungsbedarf für die Warmwasserbereitung wird zwischen 9,6 W/m<sup>2</sup> (für 60 Liter) W/m<sup>2</sup> und 47,9 W/m<sup>2</sup> (für 200 Liter) angegeben.

In [3] ist beschrieben, dass der Duschwasserbedarf je Person mit 0,05 m<sup>3</sup> bis 0,08 m<sup>3</sup> angesetzt werden kann.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor für die Benutzung der Duschen je Stunde ist 0,6 bis 0,8. Die Anzahl der installierten Duschen wird nach der Wasserfläche des Beckens bemessen (vergleiche Tabelle 13). Duschwassertemperatur bis 42 °C.

Tabelle 13: Richtwerte für die in Hallenbädern zu installierende Anzahl der Duschen

Wasserfläche in m <sup>2</sup>	Anzahl Installierter Duschen Z
bis 150	10
151 bis 450	20
je weitere 150	10 zusätzlich

Quelle: [4]

Berechnung des Nutzenergiebedarfs Trinkwarmwasser:

$$Q_{w,b,d} = \rho \cdot c_{\text{wasser}} \cdot V \cdot (v_{\text{ww}} - v_{\text{kw}})$$

$\rho$	1 kg/l	Dichte des Wassers
$c_{\text{Wasser}}$	1,167 Wh/kg·K	Spezifische Wärmekapazität des Wassers
V	60 l/(P·d)	Warmwasserverbrauch
$u_{\text{WW}}$	42 °C	Temperatur des Duschwassers
$u_{\text{KW}}$	10 °C	Temperatur des Kaltwassers

Daraus folgt:

$$q_{w,b,d} = 1 \text{ kg/l} \cdot 1,167 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 60 \text{ l} \cdot 32 \text{ K} = 2,24 \text{ kWh.}$$

Der Nutzenergiebedarf für das Trinkwarmwasser beträgt pro Person 2,24 kWh und Tag.

Umrechnung: die Nettopersonenfläche beträgt 20 m<sup>2</sup>, auf die Fläche umgerechnet sind es 2,24 kWh/ 20 m<sup>2</sup> = 112 Wh/(m<sup>2</sup>·d) für den Bedarf an Trinkwarmwasser.

## 4.10 Hotelschwimmhalle

### 4.10.1 Beispiel [A1]

Die Schwimmhalle in einem Hotel ist der Raum, in welchem sich das Badebecken des Hotels befindet.

Die Schwimmhalle ist während des ganzen Jahres geöffnet.

Öffnungszeit	7:00 – 22:00 Uhr	
Nutzungszeit	7:00 – 12:00 Uhr	
	16:00 – 22:00 Uhr	
Betriebszeit RLT	7:00 – 22:00 Uhr	
	22:00 – 7:00 Uhr	reduzierter Betrieb

Die Raumsolltemperatur ist 30 °C, die Wassertemperatur beträgt 28 °C.

Der Badebetrieb ist von 7:00 – 22:00 Uhr während dieser Zeit läuft die Anlage im Normalbetrieb des ausgelegten Luftvolumenstroms.

Im Ruhebetrieb der RLT- Anlage fährt diese einen abgesenkten Luftvolumenstrom zwischen 22:00 – 7:00 Uhr.

Die Lüftungsanlage läuft feuchtegeregelt: es werden 55 bis 60 % relative Luftfeuchte zugelassen. Die Raumsolltemperatur wird während der Nichtnutzungszeit nicht abgesenkt.

Die Berechnung des Außenluftvolumenstroms für ein Becken mit einer Wasserfläche von 60 m<sup>2</sup>, die Raumgröße beträgt 120 m<sup>3</sup>. Das Becken hat eine Tiefe < 1,35 m.

Wassertemperatur:	28 °C
Raumtemperatur:	30 °C
Raumfeuchte:	55 % r. F.
Wasserfläche:	60 m <sup>2</sup>

Die Größe des verdunstenden Wassermassenstroms beträgt für das unbenutzte Becken:

$$\dot{M}_{D,B,u} = \frac{7 \text{ mkgK}}{(461,52 \text{ Nm} \cdot 302,15 \text{ Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 60 \text{ m}^2 = 4,35 \text{ kg/h}$$

während es für das benutzte Becken

$$\dot{M}_{D,B,b} = \frac{40 \text{ mkgK}}{(461,52 \text{ Nm} \cdot 302,15 \text{ Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 60 \text{ m}^2 = 24,88 \text{ kg/h}$$

sind. Daraus folgt die Berechnung des Außenluftmassenstroms:

$$\dot{M}_{A,S} = \frac{24,88 \text{ kg/h}}{(0,0143 \text{ kg/kg} - 0,0090 \text{ kg/kg})} = 4694,33 \text{ kg/h.}$$

$$V_A = 4694,33 \text{ kg/h} / 1,2 \text{ kg/m}^3 = 3911,66 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Der Außenluftvolumenstrom für die Schwimmhalle von 120 m<sup>2</sup> Größe bezogen auf den Quadratmeter beträgt 32 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Berücksichtigt wird die Forderung nach einem Mindestaußenluftvolumenstrom welcher 30 % des Auslegungsvolumenstroms von 32 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) ist: dies ergibt einen Wert von ca. 9 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Die Beleuchtungsstärke beträgt 200 lx.

Höhe der Räume 2,50 m; 3,00 m oder 3,50 m. In der Regel liegen die Höhen der Schwimmhallen bei der von normalen Geschossen.

Berechnung des Raumindex für eine Standardgröße einer Hotelschwimmhalle.

Die Länge beträgt 15,50 m, die Breite 9,40 m.

$$k = \frac{15,5\text{m} \cdot 9,4\text{m}}{3,5\text{m} \cdot (15,5\text{m} + 9,4\text{m})} = 1,67$$

für eine Raumhöhe von 3,50 m.

$$k = \frac{15,5\text{m} \cdot 9,4\text{m}}{3,0\text{m} \cdot (15,5\text{m} + 9,4\text{m})} = 1,9$$

für eine Raumhöhe von 3,0 m.

Gewählt Raumindex  $k = 1,7$  für Hotelschwimmbäder.

Oft befindet sich keine Beleuchtung über der Wasseroberfläche.

Die relative Abwesenheit  $C_A$  von 0,5 resultiert aus der Zeit der Nutzung durch Personen. Die Personen geben 70 W pro Person an Wärme ab, Feuchteintrag 80 g pro Person und Stunde.

Das verdunstende Wasser liefert einen Feuchteintrag von 14 h · 4,35 kg/h verdunstetes Wasser = 60,9 kg.

Während der Vollnutzungsstunden sind es 24,88 kg pro Stunde verdunstendes Wasser = 10 h · 24,88 kg/h = 248,8 kg insgesamt.

Umgerechnet auf den Raum von 120 m<sup>2</sup> Größe ist dies eine durchschnittliche Verdunstung von ca. 107 g pro m<sup>2</sup> und Stunde.

## 4.11 Lehrschwimmhalle Schule

### 4.11.1 Beispiel [A2]

Schulbäder: Bäder mit überwiegender Nutzung durch den Schulschwimmsport. Die Beckentiefen und Beckenabmessungen sind in der Regel geringer.

Schwimmhalle, welche an eine Schule angegliedert ist. Für Lehrschwimmbäder von Schulen ergeben sich unter Berücksichtigung der Schulferien 200 d/a.

Die Nutzungszeit für das Lehrschwimmbecken ist folgende

Nutzungszeit	Mo - Fr	8:00 - 13:00 Uhr
	Mo	15:00 - 19:00 Uhr
	Di	13:30 - 14:30 Uhr
	Mi	15:00 - 19:30 Uhr
	Do	13:30 - 19:30 Uhr
	Sa + So	kein Betrieb

Betriebszeit RLT 0:00 – 24:00 Uhr

Die Wassertemperatur des Beckens ist 28 °C. Wie aus der Abbildung zu entnehmen schwankt die Lufttemperatur täglich zwischen 30 und 34 °C.

Betriebszeiten der RLT-Anlage: In der Regel wird das Becken in den Sommerferien entleert und die Lüftungsanlage wird ausgeschaltet, daraus resultieren die Betriebstage für die RLT- Anlage.

Das Becken wird jedes Wochenende abgedeckt. In den kürzeren Ferien bleibt das Wasser im Becken. Die Anlage läuft auf Ruhebetrieb, die Temperaturen können abgesenkt werden.

Mindestaußenluftstrombemessung für das Becken. Die Beckentiefe liegt unter 1,35 m.

Wassertemperatur:	28 °C
Raumtemperatur:	30 °C
Raumfeuchte:	55 % r.F.
Wasserfläche:	93,75 m <sup>2</sup>
Raumgröße:	200,00 m <sup>2</sup>

$$\dot{M}_{D,B,u} = \frac{7\text{mKgK}}{(461,52\text{Nm} \cdot 302,15\text{Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 93,75 \text{ m}^2 = 6,8 \text{ kg/h}$$

$$\dot{M}_{D,B,b} = \frac{40\text{mKgK}}{(461,52\text{Nm} \cdot 302,15\text{Kh})} \cdot 1446 \text{ Nm}^2 \cdot 93,75 \text{ m}^2 = 38,88 \text{ kg/h}$$

Die Verdunstungsmenge für das unbenutzte Wasserbecken liegt bei 6,8 kg pro Stunde, während es 38,88 kg pro Stunde für das benutzte Becken sind. Für die Berechnung des maximalen Außenluftvolumenstroms wird der Außenluftzustand im Sommer betrachtet.

$$\dot{M}_{A,S} = \frac{38,88 \text{ kg/h}}{(0,0143 \text{ kg/kg} - 0,0090 \text{ kg/kg})} = 7.335,84 \text{ kg/h}$$

Nachdem der Luftmassenstrom mit 7.335,84 kg pro Stunde bestimmt wurde wird der Außenluftvolumenstrom berechnet mit:

$$V_A = \frac{7.335,85 \text{ kg/h}}{1,20 \text{ kg/m}^3} = 6.113 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der maximale zu fördernde Außenluftvolumenstrom durch die RLT-Anlage beträgt 6.133 m<sup>3</sup> pro Stunde. Dieser wird umgerechnet auf die 200 m<sup>2</sup> Raumgröße und entspricht einem maximalen flächenbezogenen Außenluftvolumenstrom von 30 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Nach VDI 2089 Blatt 1 erfolgt die Regelung des Außenluftanteils im anteiligen Umluftbetrieb.

Die raumluftechnische Anlage ist so auszulegen, dass sie während der Öffnungszeit den zu fördernden Außenluftmassenstrom  $\dot{M}_{A,U}$  der Hallenauslastung anpasst.

Bei minimaler Hallenauslastung, das heißt bei nicht benutzten Becken und abgeschalteten Attraktionen, gilt für den Außenluftvolumenstrom eine Absenkung auf 10% des bemessenen Außenluftvolumenstroms.

Umrechnung des Außenluftvolumenstroms auf den Luftvolumenstrom, wenn keine Personen anwesend sind:

$$30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \cdot 0,1 = 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$$

Bei maximaler Hallenauslastung, das heißt hoher Benutzerzahl und eingeschalteten Attraktionen, gilt für den Außenluftvolumenstrom: mindestens 30 % vom Auslegungsluftvolumenstrom. Das heißt

$30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) \cdot 0,3 = 9 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  als Größe für den Mindestaußenluftvolumenstrom für die Schwimmhalle bei Benutzung. Mit modernen Wärmepumpen- und Klimageräten ist im Ruhebetrieb keine Außenluftzufuhr notwendig, es wird eine Entfeuchtungswärmepumpe eingesetzt [A10].

Der Anforderungswert der Beleuchtungsstärke liegt bei 300 lx [2].

Der Raumindex wird für die vorhandene Halle ermittelt, diese ist 16,00 m lang und 12,25 m breit. Die lichte Raumhöhe über dem Becken ist 4,00 m.

$$k = \frac{16 \cdot 12,35}{4 \cdot (16 + 12,35)} = 1,75$$

Das Lehrschwimmbecken wird von Schülern der Schule und nichtschulischen Gruppen genutzt.

Es sind sechs bis 25 Kinder in einer Schwimmgruppe. Aus den Zeiten der Schwimmhallenbelegung resultieren 6 Vollnutzungsstunden und die Berechnung für die Belegungsdichte. Eine geringe Belegungsdichte ist erreicht, wenn die Personengruppe klein ist: ca. 200 m<sup>2</sup> Raumfläche geteilt durch sechs anwesende Kinder = 33,3 m<sup>2</sup>/Person.

Eine hohe Belegungsdichte ist erreicht, wenn die Gruppe mit den 25 Kindern die Schwimmhalle besucht: 200 m<sup>2</sup>/25 Kinder = 8 m<sup>2</sup> pro Kind.

Das Beckenwasser entzieht beim Verdunsten der Hallenluft Wärme.

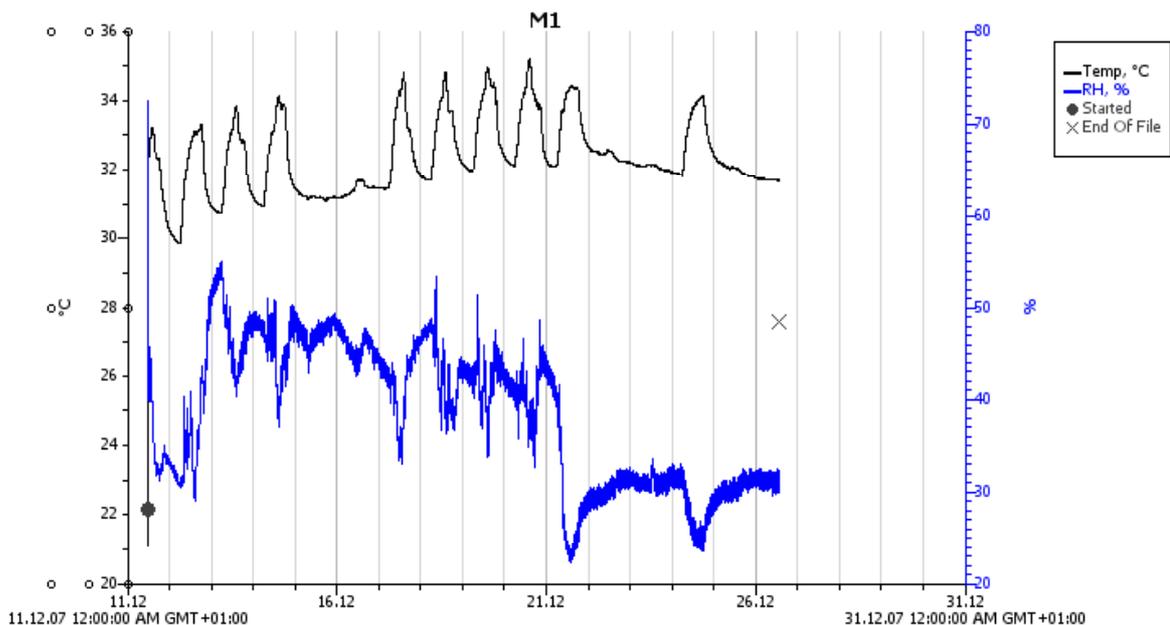


Abbildung 3: Datenlogger Schwimmhalle Hupfeldschule Woche vom 11.12 bis 31.12. 2007

Berechnung des mittleren Feuchteintrags für diese Schwimmhalle:

die Wasserverdunstung während der Nichtnutzungszeit beträgt 6,8 kg pro Stunde. Während der sechs Vollnutzungsstunden durch Personen erhöht sich die Verdunstung auf 38,8 kg pro Stunde.  
 $6 \text{ h} \cdot 38,88 \text{ kg/h} = 233,28 \text{ kg}$ .

$18 \text{ h} \cdot 6,8 \text{ kg/h} = 122,4 \text{ kg}$ , bezogen auf die Raumgröße von 200 m<sup>2</sup> Nettogrundfläche der Schwimmhalle und auf eine Stunde entspricht dies einem mittleren Feuchteintrag von 74,1 Gramm pro m<sup>2</sup>/h.

## 4.12 Schwimmhalle

### 4.12.1 Beispiel 1 [A3]

Es handelt sich um ein Freizeitbad: Bäder mit Nutzung durch die Öffentlichkeit sowie durch Schul- und Schwimmsport. Die Anlage wurde im Jahr 1998 erbaut.

Öffnungszeit	Mo - Fr	6:30 – 8:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 – 22:30 Uhr
	Sa + So	9:00 – 22:30 Uhr
Betriebszeit RLT		6:30 – 22:30 Uhr
		Normalbetrieb
		22:30 – 6:30 Uhr
		reduzierter Betrieb

Das Bad hat das ganze Jahr geöffnet.

In der Schwimmhalle gibt es ein 421 m<sup>2</sup> Schwimmerbecken mit einer Wassertemperatur von 28 °C.

Das Kommunikationsbecken ist 325 m<sup>2</sup> groß und hat eine Wassertemperatur von 30 °C. Im Spielbecken (100 m<sup>2</sup>), im Mutter-Kindbecken (57 m<sup>2</sup>) und im Whirlpool beträgt die Wassertemperatur 32 °C.

Die Lufttemperatur liegt bei 30 °C und die relative Luftfeuchte bei 60 %. Die Grundfläche der Schwimmhalle beträgt ca. 2000 m<sup>2</sup>.

Der maximale Luftvolumenstrom für die Halle liegt bei 60.000 m<sup>3</sup>/h. Im Normalbetrieb beträgt der Umluftanteil 50 %. Nachts wird der Luftvolumenstrom nochmals reduziert. Die Temperatur wird nicht abgesenkt.

In der Übergangszeit wird auf ca. 20.000 m<sup>3</sup>/h und im Winter ist eine Absenkung auf bis zu 10.000 m<sup>3</sup>/h möglich.

Somit beträgt der Außenluftvolumenstrom bei hoher Besucherzahl und eingeschalteten Attraktionen 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h):

$$60.000 \text{ m}^3/\text{h} / 2.000 \text{ m}^2 = 30 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}) * 0,3 = 10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h}).$$

Die Beleuchtungsstärke und der Raumindex für die Schwimmhalle konnten nicht ermittelt werden, da die Grundfläche eines Teiles der Schwimmhalle einen Viertelkreis beschreibt und das Dach gebogen ist.

Im Bereich des Schwimmerbeckens ist eine Wettkampfbeleuchtung von 600 lx installiert. Diese wird ca. viermal im Jahr angeschaltet. Eine Unterwasserbeleuchtung ist in allen Becken (außer dem Planschbecken) installiert. Sie wird von 10:00 – 22:00 Uhr angeschaltet. Ihre Stärke beträgt 500 lm/m<sup>2</sup>.

Die Anzahl der Besucher pro Jahr wird mit 550.000 Personen angegeben. Da die durchschnittliche Aufenthaltsdauer nicht bekannt ist, kann nicht bestimmt werden, wie viele Menschen sich in dem Schwimmbad und im Speziellen in der Zone „Schwimmhalle“ aufhalten.

#### 4.12.2 Beispiel 2 [A4]

Hierbei handelt es sich um ein klassisches Hallenbad welches im Jahr 1967 erbaut wurde. Es besitzt ein Schwimmerbecken mit 416 m<sup>2</sup> Wasserfläche und 28 °C Wassertemperatur, sowie ein Nichtschwimmerbecken mit ca. 150 m<sup>2</sup> Wasserfläche ( $t_w = 28$  °C).

Ein separates Kleinkindbecken (15 m<sup>2</sup>) mit  $t_w = 32$  °C und ein Warmbecken mit 20 m<sup>2</sup> sind vorhanden.

Öffnungszeit	Mo	12:00 - 22:00 Uhr
	Di + Do	8.00 - 22:00 Uhr
	Mi + Fr	7:00 - 20:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Betriebszeit RLT		0:00 – 24:00 Uhr

Das Bad hat von September bis Mai geöffnet.

Die Lufttemperatur in der Nichtschwimmerhalle und Schwimmerhalle beträgt 30 °C.

In der Woche, in der Messwerte genommen wurden, lag die maximale Luftfeuchte während der Öffnungszeiten des Bades bei 58 %.

Die große Schwimmhalle hat eine Grundfläche von ca. 900 m<sup>2</sup>. Der Luftvolumenstrom beträgt 24.500 m<sup>3</sup>/h. Dies entspricht einem spezifischen Luftvolumenstrom von 27 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Der Außenluftvolumenstrom wird konstant gehalten.

Für die kleine Nichtschwimmerhalle beträgt der maximale Luftvolumenstrom 9.000m<sup>3</sup>/h, dies entspricht ca. 18 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). In der Regel läuft die Anlage im reduzierten Zuluftvolumenstrom mit 5.400 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Die weitere Regelung der Lüftung erfolgt manuell: So wird zum Beispiel bei 15 °C Außentemperatur mit Sonneneinstrahlung die Abluftmenge in der Schwimmerhalle und die Zuluftmenge in der Nichtschwimmerhalle erhöht.

Neben dem Schwimmerbecken ist eine Tribüne vorhanden. Der maximale Außenluftvolumenstrom beträgt 9.000 m<sup>3</sup>/h mit einer Lufttemperatur von 22 °C. Nach Angaben [A4] läuft die Anlage im 50 %-reduzierten Betrieb.

Der Raumindex für die Schwimmerhalle wurde ermittelt mit  $k = 2,90$  für die Nichtschwimmerhalle  $k = 1,82$ .

Die Unterwasserbeleuchtung des Schwimmerbeckens wird täglich ab 21:00 Uhr für eine Stunde eingeschaltet.

Die Wettkampfbeleuchtung (vier Strahler mit je 500 W) in der Schwimmerhalle wird ca. fünfmal im Jahr am Wochenende eingeschaltet.

Die Besucherzahl für die Zeit von September bis Mai betrug im Jahr 2007 97.000 Personen.

#### 4.12.3 Beispiel 3 [A5]

Dieses Schwimmbad wurde 2002 erbaut. Es gibt eine Schwimmhalle mit einem Wettkampfbecken ( $t_w = 28$  °C) und eine Schwimmhalle mit einem Lehrschwimmbecken ( $t_w = 30$  °C), die

Lufttemperatur für beide Hallen beträgt 30 °C. Die Raumkonditionierung erfolgt über eine Klimaanlage mit Entfeuchtung.

Des Weiteren gibt es eine Badehalle mit einem Aktionsbecken ( $t_w = 30$  °C) mit ständig aktivierten Wasserattraktionen und einer Raumlufttemperatur von 30 °C.

Öffnungszeit	Di - Fr	7:00 - 9:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:00 Uhr
	Sa + So	10:00 - 22:00 Uhr
Betriebszeit RLT		6:00 - 21:00 Uhr
		Normalbetrieb
		21:00 – 6:00 Uhr reduzierter Betrieb

Die Lufttemperatur beträgt 30 °C in allen Schwimmhallen. Es gibt eine gemeinsame RLT- Anlage für die Halle mit Wettkampfbecken und die Halle mit Lehrschwimmbecken.

Der Außenluftvolumenstrom beträgt 18.000 m<sup>3</sup>/h, die Grundfläche ist etwa 1.050 m<sup>2</sup>. Daraus folgt ein flächenbezogener Außenluftvolumenstrom von 17 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Die Anlage hat außerdem eine Entfeuchtungskapazität von 110 kg/h. Die Anlage läuft während der Nichtnutzungszeit im abgesenkten Betrieb.

Aktionsbecken: Die Lüftungsanlage für die Halle, in dem sich das Aktionsbecken befindet, hat einen Luftvolumenstrom von 24.000 m<sup>3</sup>/h. Bei einer Fläche von ca. 980 m<sup>2</sup> entspricht das einem flächenbezogenen Luftvolumenstrom von ca. 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Hier findet eine Entfeuchtung der Luft von 150 kg/h statt. Die Temperaturen der Schwimmhallen werden nachts nicht abgesenkt.

Es konnte kein Wert für den Raumindex ermittelt werden: Die Halle, in dem sich das Aktionsbecken befindet, ist halbrund und das Dach ist schräg.

Die Beleuchtungsstärken der Halle mit dem Lehrschwimmbecken und der Halle mit dem Wettkampfbecken sind hier nach Angaben mindestens 200 lx [A5]. Es ist keine Wettkampfbeleuchtung vorhanden.

Die Unterwasserbeleuchtung im Aktionsbecken wird nach Belieben des Schwimmmeisters eingeschaltet.

## 4.13 Umkleiden Schwimmbad

### 4.13.1 Beispiel 1 [A3]

Umkleidebereich mit Einzel- und Sammelumkleiden.

Öffnungszeit	Mo - Fr	6:30 - 8:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:30 Uhr
	Sa + So	9:00 - 22:30 Uhr
Betriebszeit RLT		6:30 - 22:30 Uhr Normalbetrieb
		22:30 - 6:30 Uhr reduzierter Betrieb
		Betrieb

Das Bad hat das ganze Jahr geöffnet. Der Wert für die Lufttemperatur liegt zwischen 22 bis 24 °C.

Der maximale Luftvolumenstrom für die Umkleiden beträgt 8.500 m<sup>3</sup>/h, der Umluftanteil im Normalbetrieb liegt bei 50 %. Während des reduzierten Betriebs wird der Luftvolumenstrom nochmals auf die Hälfte reduziert. Bei einer Hallengröße von ca. 450 m<sup>2</sup> ergibt sich ein Luftvolumenstrom von 19 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Wird der Umluftanteil von 50 Prozent berücksichtigt, dann beträgt der Außenluftanteil für den Luftvolumenstrom ca. 8,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Die Temperatur wird nicht abgesenkt.

#### 4.13.2 Beispiel 2 [A4]

Für den Bereich der Umkleiden und Duschen ist eine Lüftungsanlage installiert.

Öffnungszeit	Mo	12:00 - 22:00 Uhr
	Di + Do	8:00 - 22:00 Uhr
	Mi + Fr	7:00 - 20:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Betriebszeit RLT		0:00 - 24:00 Uhr

Das Bad hat von September bis Mai geöffnet. Die Solllufttemperatur für diesen Bereich liegt bei 28 °C. Die Temperatur wird nachts nicht reduziert.

Die Betriebszeit der RLT- Anlage beträgt 24 Stunden, es gibt keine Nachtabsenkung im Luftvolumenstrom der bei 6.000 m<sup>3</sup>/h liegt. Bezogen auf die Grundfläche ist das ein Luftvolumenstrom von ca. 13 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

#### 4.13.3 Beispiel 3 [A5]

In diesem Bad gibt es eine Lüftungsanlage für den Bereich Eingangsbereich, Duschen, Umkleiden und Solarium.

Öffnungszeit	Di - Fr	7:00 - 9:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:00 Uhr
	Sa + So	10:00 - 22:00 Uhr
Betriebszeit RLT	Mo - Fr.	5:30 - 23:30 Uhr
	Sa + So	6:30 - 22:30 Uhr

Die Lufttemperatur für den gesamten Bereich liegt bei 28 °C. Der Sollwert der Abluftfeuchte liegt bei 45 %. Während der Nichtnutzungszeit zwischen 23:30 Uhr und 5:30 Uhr wird die Lüftungsanlage ausgestellt.

Der Zuluftvolumenstrom beträgt 13.500 m<sup>3</sup>/h. Die Fläche ist ca. 1.400 m<sup>2</sup>. Der flächenbezogene Luftvolumenstrom ist somit ca. 10 m<sup>3</sup>/h. Die Luft ist 100 % Außenluft. Zusätzlich gibt es Abluftanlagen für die WC's.

### 4.14 Duschen- und Sanitärräume Schwimmbad

#### 4.14.1 Beispiel 1 [A3]

Sanitärbereich mit Duschen und Toiletten

Öffnungszeit	Mo - Fr	6:30 - 8:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:30 Uhr
	Sa + So	9:00 - 22:30 Uhr
Betriebszeit RLT		6:30 - 22:30 Uhr Normalbetrieb
		22:30 - 6:30 Uhr kein Betrieb

Das Bad hat das ganze Jahr geöffnet.

Zwischen 6:30 und 23:00 Uhr läuft die Lüftungsanlage für diesen Bereich.

Die Raumlufttemperatur liegt zwischen 26 und 27 °C. Die Wärmezufuhr erfolgt über die Lüftungsanlage, diese ist nachts ausgeschaltet.

Der Abluftvolumenstrom beträgt 2.900 m<sup>3</sup>/h. Das sind ca. 20 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) umgerechnet auf die Fläche, dieser kommt als Abluft zu 50 % aus der Schwimmhalle und zu 50 % aus den Umkleiden.

#### 4.14.2 Beispiel 2 [A4]

Sanitärbereich mit Duschen und Toiletten

Öffnungszeit	Mo	12:00 - 22:00 Uhr
	Di + Do	8:00 - 22:00 Uhr
	Mi + Fr	7:00 - 20:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Betriebszeit RLT		0:00 - 24:00 Uhr

Die Duschen und die Umkleiden werden durch eine raumluftechnische Anlage versorgt.

Die Raumlufthtemperatur liegt bei 28 °C. Die Temperatur wird nachts nicht abgesenkt.

Die Betriebszeit der RLT- Anlage beträgt 24 Stunden ohne Nachtabsenkung. Der Abluftvolumenstrom beträgt ca. 6.000 m<sup>3</sup>/h. Bezogen auf die Grundfläche ist das ein Luftvolumenstrom von ca. 13 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

#### 4.14.3 Beispiel 3 [A5]

Sanitärbereich mit Duschen und Toiletten.

Öffnungszeit	Di - Fr	7:00 - 9:00 Uhr
	Mo – Fr	10:00 - 22:00 Uhr
	Sa + So	10:00 - 22:00 Uhr
Betriebszeit RLT	Mo - Fr	5:30 - 23:50 Uhr
	Sa + So	6:30 - 22:30 Uhr

Die Duschen, Umkleiden und der Eingangsbereich werden durch eine raumluftechnische Anlage versorgt. 28 °C Lufttemperatur. Der Sollwert der Abluftfeuchte liegt bei 45 %. Während der Nichtbetriebszeit wird die Lüftungsanlage ausgestellt und diese Gebäudezone somit für diesen Zeitraum nicht beheizt.

Der flächenbezogene Luftvolumenstrom beträgt somit ca. 10 m<sup>3</sup>/h.

### 4.15 Aufsichtsraum Schwimmbad

#### 4.15.1 Beispiel 1 [A3]

Der Aufsichtsraum wird durch die Raumluftechnische Anlage der Umkleiden versorgt. Größe des Bereichs ca. 20 m<sup>2</sup>.

Die Temperatur im Raum beträgt 22 bis 24 °C.

#### 4.15.2 Beispiel 2 [A4]

Ca. 18 m<sup>2</sup> großer abgeschlossener Bereich.

Öffnungszeit	Mo.	12:00 - 22:00 Uhr
	Di + Do	8:00 - 22:00 Uhr
	Mi + Fr	7:00 - 20:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Betriebszeit RLT		7:00 - 22:00 Uhr

Die Soll-Raumtemperatur liegt zwischen 22 bis 26 °C Lufttemperatur. Dieser Bereich wird durch eine Klimaanlage temperiert.

### 4.15.3 Beispiel 3 [A5]

Der Aufsichtsraum wird durch eine eigene Lüftungsanlage versorgt. Größe des Raumes ca. 15 m<sup>2</sup>. Angaben zur Lüftungstechnischen Anlage sind nicht bekannt. 22 °C Raumlufttemperatur.

## 4.16 Eingangsbereich Schwimmbad

### 4.16.1 Beispiel 1 [A3]

Eingangsbereich des Schwimmbades. Zugang zu einem Restaurant.

Öffnungszeit	Mo - Fr	6:30 - 8:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:30 Uhr
	Sa + So	9:00 - 22:30 Uhr
Betriebszeit RLT		6:30 - 22:30 Uhr Normalbetrieb
		22:30 - 6:30 Uhr reduzierter Betrieb

Das Bad hat das ganze Jahr geöffnet. Die Raumlufttemperatur beträgt 22 °C.

Der Außenluftvolumenstrom beträgt 6.100 m<sup>3</sup> pro Stunde. Während des reduzierten Betriebs wird der Luftvolumenstrom auf 50 % reduziert.

### 4.16.2 Beispiel 2 [A4]

Bereich in dem sich Sitzplätze und der Kassenautomat befinden.

Öffnungszeit	Mo.	12:00 - 22:00 Uhr
	Di + Do	8:00 - 22:00 Uhr
	Mi + Fr	7:00 - 20:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Betriebszeit RLT		0:00 - 24:00 Uhr

Das Bad hat von September bis Mai geöffnet. Die Solllufttemperatur in der Eingangshalle ist 26 °C. Die Heizung läuft witterungsgeführt. Der Bereich der Eingangshalle wird nicht durch eine raumlufttechnische Anlage belüftet.

### 4.16.3 Beispiel 3 [A5]

In diesem Bad gibt es eine Lüftungsanlage für den Bereich Eingangsbereich, Duschen, Umkleiden und Solarium.

Öffnungszeit	Di - Fr	7:00 - 9:00 Uhr
	Mo - Fr	10:00 - 22:00 Uhr
	Sa + So	10:00 - 22:00 Uhr
Betriebszeit RLT	Mo - Fr	5:30 - 23:50 Uhr
	Sa + So	6:30 - 22:30 Uhr

28 °C Lufttemperatur. Der Sollwert der Abluftfeuchte liegt bei 45 %. Während der Nichtnutzungszeit wird die Lufttemperatur auf 25 °C abgesenkt und die Lüftungsanlage ausgestellt.

Der Zuluftvolumenstrom beträgt 13.500 m<sup>3</sup>/h. Die Fläche ist ca. 1400 m<sup>2</sup>. Der flächenbezogene Luftvolumenstrom ist somit ca. 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h), diese Luft ist zu 100 Prozent Außenluft.

Zusätzlich gibt es Abluftanlagen für die WC Anlagen.

## 5 Saunabereich

Der Saunabetrieb ist das Gesamtangebot zur Nutzung einer Sauna- Anlage einschließlich aller Neben- und Ergänzungseinrichtungen.

Die Sauna- Anlage ist der Kernbereich (Vorbereitungsräume und funktionelle Teile) eines Saunabetriebes, der für die Anwendung eines Saunabades unbedingt erforderlich ist.

Der Bereich Sauna setzt sich aus den folgenden Einzelnutzungen nach [14] zusammen:

### Auskleideraum

Luftwechsel =  $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ .

Allgemeinbeleuchtung: 175 lx (Spiegel)

Raumtemperatur : 20- 22 °C.

### Vorreinigung

Luftwechsel  $220 \text{ m}^3/\text{h}$  je Brause, maximaler Luftwechsel 30 fach.

Allgemeinbeleuchtung: 250 lx.

Raumtemperatur : 24 °C bis 26 °C, Fußbodenheizung.

### Saunakabine

Als Sauna gilt die Kabine selbst.

Temperatur: 95 - 105 °C.

Luftwechsel: mindestens 10 fach je Stunde, bei starker Belegung zu steigern bis zu 20 fach je Stunde.

Allgemeinbeleuchtung: etwa 10 lx

### Abkühlraum

Dieser Abkühl- Kaltwasser- Raum dient der Abkühlung der Badenden, den Kaltwasseranwendungen und der Benutzung von Fußwämbädern.

Allgemeinbeleuchtung: 250 lx.

Raumtemperatur : 18 - 20 °C.

Luftwechsel mindestens 8fach je Stunde.

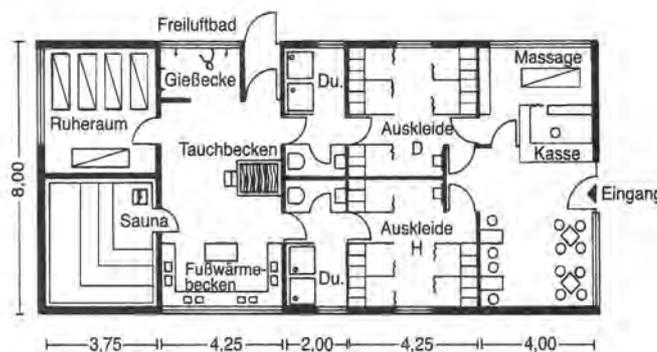


Abbildung 4: Sauna für 30 Personen [16]

### Ruheraum

Dieser Raum dient dem Aufenthalt der Badenden zum Zwischen- bzw. Nachruhen nach dem Saunabad. Er muss gut durchlüftet sein und aufgrund seines Ausbaus und seiner Gestaltung/ Ausstattung Ruhe bieten.

Mindestluftwechsel: 5fach.

Allgemeinbeleuchtung: 100 lx

Raumtemperatur: 20 - 22 °C.

**Massagekabine**

Dieser Raum ist eine Art Behandlungsraum und muss die Hygienebedingungen eines medizinischen Behandlungsraumes – Massage erfüllen.

Mechanischer Luftwechsel: 5fach

Außenlufttrate: 70 m<sup>3</sup>/h je Person

Allgemeinbeleuchtung: 250 lx

Raumtemperatur: 20 - 24 °C

**Fläche für Solarium**

Außenlufttrate: 5fach

Allgemeinbeleuchtung: 250 lx

Raumtemperatur: 22 °C

**Weitere Saunaarten**

Die Sauna ist ein Warmluftbad mit dem Ziel, den ganzen Körper zu überwärmen.

**Römisches Bad**

Raum mit trockener Warmluft ca.  $t_R = 50$  °C und Heißluft ca. 65 - 70 °C

Raum mit Kaltwasserbecken ca.  $t_w = 15$  °C oder Warmwasserbecken  $t_w$  ca. 35 °C.

**Russisches Bad**

Dampfraum ca.  $t_R = 40 - 45$  °C

**Irishes Bad**

Schwitzraum ca.  $t_R = 50 - 55$  °C mit hoher Luftfeuchte und geringer Nebelbildung.

**Finnische Sauna**

Trockenes Heißluftbad ca.  $t_R = 80 - 95$  °C in Verbindung mit Freilufttraum / -fläche oder mit einem Abkühlraum oder Kaltwassertauchbecken  $t_w$  ca. 15 °C

**Berechnung der internen Wärmequellen für den Saunabereich:**

Die Sauna im betrachteten Bereich hat eine Leistung von 15 kW. In der ersten Stunde wird mit 100 % der Leistung die Kabine aufgeheizt. In den folgenden Stunden beträgt die Leistung des Saunaofens 50 % dabei liegt der Wirkungsgrad nahe 100%.

Der betrachtete Saunabereich ist 145 m<sup>2</sup> groß. Für die Betriebszeit beträgt die Leistung ca. 7500 W pro h / 150 m<sup>2</sup> = 50 W/m<sup>2</sup> und Stunde.

**Berechnung der Belegungsdichte eines Saunabereichs:**

Die Anzahl der Besucher pro Tag sind bei abgebildeter Sauna in 10 Betriebsstunden 39 bis 65 Personen nach [14]. Bei einer Aufenthaltsdauer von 2 Stunden pro Gast im Saunabereich ergibt sich eine Belegungsdichte zwischen 12 und 20 m<sup>2</sup> pro Person.

Zur Berechnung des Nutzenergiebedarfs für Trinkwarmwasser wird ein Blick in die Baderegeln für das Saunabaden geworfen, hier ein Auszug:

1. Reinigen unter der Dusche
2. ein warmes Fußbad fördert das Schwitzen
3. 8 bis 15 Minuten schwitzen in der Saunakabine
4. Abkühlen, danach eine Brause
5. ein warmes Fußbad
6. Ruheraum Insgesamt 3 x wiederholen.

Für das Duschwarmwasser:  $q_{w,b,d} = 1 \text{ kg/l} \cdot 1,167 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 60 \text{ l} \cdot 32 \text{ K} = 2,24 \text{ kWh}$ .

Dazu kommt noch der Verbrauch an Wasser für die warmen Fußbäder. Vier Fußbäder pro Person, dies entspricht ca. 120 Liter, die Warmwassertemperatur ist 30 °C.

$q_{w,b,d} = 1 \text{ kg/l} \cdot 1,167 \text{ Wh}/(\text{kg} \cdot \text{K}) \cdot 120 \text{ l} \cdot 20 \text{ K} = 2,8 \text{ kWh}$ . Aber nur jeder 5. Saunabesucher wendet diese Bäder an. In der Summe sind es 2,8 kWh für den Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser pro Besucher und Tag.

### 5.1 Saunabereich Beispiel 1 [A3]

Saunabereich mit ca. 1.000 m<sup>2</sup> Fläche (Innenbereich). Saunakabinen mit 75 °C, 80 °C und 85 °C sowie Solarium, Dampfsaunen, großzügigen Ruheräumen, Kalttauchbecken (20 m<sup>2</sup>), Umkleiden und Duschen.

Öffnungszeit	Mo - Fr	10:00 - 22:30 Uhr
	Sa + So	9:00 - 22:30 Uhr
Betriebszeit RLT		10:00 - 22:30 Uhr Normalbetrieb
		22:30 - 10:00 Uhr reduzierter Betrieb

Die Raumlufttemperatur beträgt 25 °C. Es gibt keine Nachtabenkung der Temperatur.

Der Außenluftvolumenstrom beträgt 11.900 m<sup>3</sup>/h, nachts wird dieser auf die Hälfte reduziert. Es findet kein Umluftbetrieb statt. Umrechnung des Außenluftvolumenstroms auf die Fläche: 11.900 m<sup>3</sup>/h / 1000 = ca. 12 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Die Raumhöhe beträgt 3,00 m.

Es sind circa 100.000 Besucher pro Jahr, die Gesamtöffnungszeit liegt bei 4.500 Stunden im Jahr.

### 5.2 Saunabereich Beispiel 2 [A4]

Saunabereich mit 80 °C Saunakabine und 60 °C Dampfbad, ein Ruheraum, Massageraum und Freiluftbereich sind vorhanden. Das Tauchbecken ist ca. 4 m<sup>2</sup> groß.

Öffnungszeit	Mo	9:00 - 21:00 Uhr
	Di - Fr	9:00 - 22:00 Uhr
	Sa + So	8:00 - 18:00 Uhr
Im Sommer	Mo - So	9:00 - 19:00 Uhr
Betriebszeit RLT		0:00 - 24:00 Uhr

Die Raumlufttemperatur beträgt 28 °C. Keine Nachtabenkung der Temperatur.

Der maximale Luftvolumenstrom liegt bei 6.600 m<sup>3</sup>/h. Der Betriebsluftvolumenstrom liegt bei ca. 4.000 m<sup>3</sup>/h. Bei einer Fläche von ca. 360 m<sup>2</sup> sind das 11,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Die Beleuchtungsstärke beträgt für den Bereich 200 lx.

Im Jahr 2007 besuchten 11.000 Besucher diesen Saunabereich.

### 5.3 Saunabereich Beispiel 3 [A5]

Der Saunabereich ist ca. 360 m<sup>2</sup> groß. Es gibt eine Saunakabine mit einer Temperatur von 60 °C und eine mit 90 °C.

Öffnungszeit	Mo - Fr	10:00 – 22:00 Uhr
	Sa + So	10:00 - 21:00 Uhr
Betriebszeit RLT		8:30 – 22:30 Uhr

25 °C Lufttemperatur für den Bereich, nachts wird die Temperatur abgesenkt.

Der Luftvolumenstrom für diesen Bereich beträgt 4.900 m<sup>3</sup>/h. Dabei handelt es sich um 100 % Außenluft.

Dies ist ein flächenbezogener Außenluftvolumenstrom von ca. 16,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Während der Nichtnutzungszeit ist die RLT- Anlage ausgestellt.

## 6 Fitnessräume

### 6.1 Definition [17]

Konditionsräume dienen dem Wettkampf- und dem leistungsorientierten Sport. Die Nutzung soll nur unter Anleitung oder aufgrund entsprechender Qualifikationen der Sportler erfolgen.

Fitnessräume sind Trainingsräume für den Breiten- und Freizeitsport. Für die Ausstattung sind nur solche Geräte geeignet, die bei sachgemäßem Gebrauch eine weitgehend unfallsichere Handhabung auch durch ungeübte Benutzer ermöglichen. Je nach Größe und Ausstattung kann eine Aufsicht in Frage kommen.

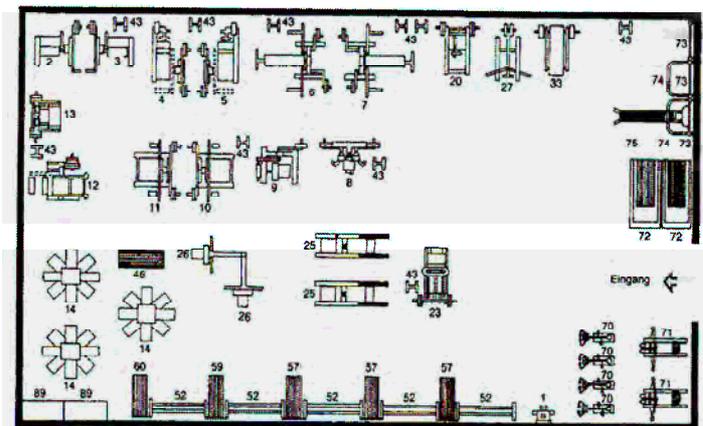


Abbildung 5: Beispiel eines 200m<sup>2</sup> großen Fitnessraumes [16]

Belegung: nach Aussagen [A15, A16] sonntags und an den Abenden der Woche sind es viele Gäste.

### 6.2 Raumklima

Die Raumtemperatur soll im allgemeinen für das Konditions- und Krafttraining 20 °C betragen. Für Fitnessräume soll die Raumtemperatur im allgemeinen 18 °C betragen.

### 6.3 Mindestaußenluftvolumenstrom nach [18]

Eine weitere Grundvoraussetzung ist der zugfreie Austausch verbrauchter Luft. In Konditions- und Krafträumen ist eine Außenluft rate [18] von 100 m<sup>3</sup>/h je Trainingsstation, in Fitnessräumen eine Außenluft rate von 60 m<sup>3</sup>/h je Sportler zugrunde zu legen.

Bei einer der besuchten Einrichtungen [A15] war keine Lüftungsanlage vorhanden.

Die Lüftungsanlage im zweiten Beispiel [A16] ist während der Öffnungszeiten (0:00 bis 24:00 Uhr) in Betrieb. In [18] ist aus hygienischen Gründen eine RLT- Anlage für Fitness- und Konditionsräume erforderlich. In [18] wird gefordert, dass der Außenluftvolumenstrom für jede Gerätestation bzw. je Sportler 100 m<sup>3</sup>/h beträgt. Für die Duschräume wird eine Temperatur von 24 °C und für die Umkleieräume eine Temperatur von 22 °C gefordert.

Krafträume dienen dem individuellen und spezifischen Krafttraining einzelner Athleten. Die Nutzung soll nur aufgrund entsprechender Qualifikationen der Sportler erfolgen. Nutzungs- und Betriebszeiten

Beispiel 1: Öffnungszeiten:

täglich 0 – 24 Uhr, 7 Tage die Woche

Mittags und abends waren viele Gäste anwesend.

Beispiel 2: Öffnungszeiten:

täglich 7:30 – 21:30 sieben Tage in der Woche

Tabelle 14: Auslegungsdaten für übliche Raumarten

Raumart	Mindestaußenluftvolumenstrom (AU) bzw. Zuluftvolumenstrom (ZU) nach DIN 1946 und ASR 5	Raumtemperatur im Aufenthaltsbereich °C
4.5.3 Konditions- und Krafttrainingsräume	(AU) 100 m <sup>3</sup> /h und Gerätestation	12 -20
4.5.4 Umkleide- räume	(AU) 6 faches Raumvolumen/h	22
4.5.5 Wasch- und Duschräume	(AU) 8 – 10 faches Raumvolumen	22

Quelle [7]

## 6.4 Beleuchtung

Für Fitnessräume wird ein Wartungswert der Beleuchtungsstärke von 300 lx empfohlen abzuleiten aus [9], Höhe der Nutzebene 0,00 m.

## 6.5 Personenbelegung

Bei der Besichtigung waren in einer ca. 2500 m<sup>2</sup> großen Halle während der Mittagszeit 30 Personen anwesend, dagegen waren es um 14:00 Uhr in einer Halle von 1000 m<sup>2</sup> ca. 16 Gäste und 6 Mitarbeiter.

## 7 Laboratorien

### 7.1 Vorgehensweise

Im Rahmen der Arbeit wurde versucht die Laboratorien in verschiedene Standardlabortypen einzuteilen und für diese Nutzungsrandbedingungen zu entwickeln.

Das Hauptunterscheidungskriterium und auch der größte Faktor in der Energiebedarfsberechnung ist der Abluftvolumenstrom. Im Folgenden soll die Problematik dargestellt werden.

### 7.2 Definition [20]

Das Labor ist ein Arbeitsplatz, wo viele praktische Arbeiten, beispielsweise das Experimentieren, durchgeführt werden. Es ist ein relevanter Raum mit speziellen Anforderungen an die Lüftung. Laboratorien findet man in der Chemie, Physik, Biologie, Pharmazie und Medizin, in den Psychowissenschaften und im Ingenieurwesen.

Die Laborausstattungen sind verschieden und hängen von der Art der Einrichtung ab. Sie tragen den besonderen Anforderungen hinsichtlich Sicherheit, Sauberkeit, Verfügbarkeit von Materialien, Werkzeugen und Geräten Rechnung.

Für Laboratorien, in welchen mit Gefahrstoffen, mit biologischen Arbeitsstoffen oder mit gentechnisch veränderten Organismen gearbeitet wird, sind in Deutschland durch unterschiedliche Rechtsvorschriften die Einstufung in vier Schutzstufen (Gefahrstoffverordnung) bzw. Risikogruppen (Biostoffverordnung) bzw. Sicherheitsstufen (Gentechniksicherheitsverordnung) vorgeschrieben, die bauliche und organisatorische Maßnahmen nach sich ziehen.

#### 7.2.1 Laborplanung früher und heute

Der [21] Ursprung der historischen Anfänge des Laborbaus führt in erster Linie auf die Apotheken im 13. Jahrhundert zurück. Wichtig wurden vor allem die Alchimistenküchen und Probieröfen und deren Ausstattungen.

Die Anforderungen stiegen, im Verlauf der Zeit es kam verstärkt auf die Reinheit der Produkte an. Neue analytische Methoden, insbesondere Untersuchungsverfahren im nasstechnischen Bereich wurden entwickelt. Nach 1870 errichteten die Farbhersteller BASF, Bayer etc. Forschungsinstitute mit Laboratorien.

Mit den ersten Planungen für Laborräume wurde begonnen als die neuen Institute für Chemie, Pharmazie, Astronomie und Physik jeweils spezielle Anforderungen an die natürliche Belichtung und Erschütterungsfreiheit stellten. Ansaugschächte im Souterrain zur Nachströmung kühler Luft, Ventilatoren, Filter und Heizrohrregister zur Lufterwärmung wurden in Laborgebäude eingebaut.

Durch die Verwendung von Raster und Modulen in der Bauplanung und in der Produktion wurden Mitte der 60ziger Jahre des 20. Jahrhunderts eine Art Standardisierung der Laborbauten vorgenommen.

#### 7.2.2 Das Standardlabor

Im Folgenden wird ein Standardlabor für die drei naturwissenschaftlichen Hauptrichtungen auf einer 40 m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche dargestellt [21].

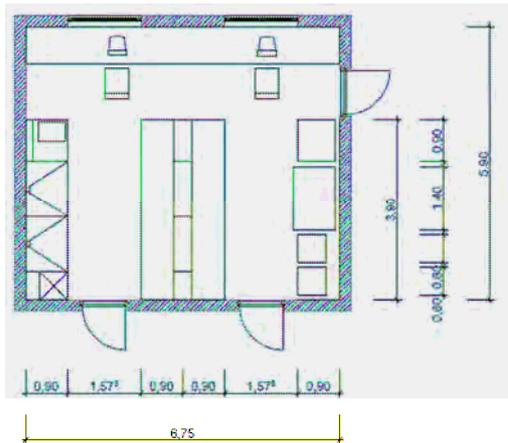


Abbildung 6: Molekularbiologisches Labor Quelle [21]

Molekularbiologisches Labor

Arbeitsbereiche:	Ausstattungsmerkmale:
Gefahrstoffe /Nass- Arbeitsbereich	Arbeitstische
Trocken (Kleingeräte)	Laborspülbecken
Großgeräte/ eventuell Nassbereich	Laborhochschränke
Schreivarbeitsplatz	Stellfläche für Geräte

In den letzten Jahren hat sich der Laborbau erheblich verändert. Standardlabore mit Nasslaborarbeitsflächen und Laborabzügen erfüllen nicht mehr die Anforderungen im Labor.

Durch den stetigen Wandel im Labor und Einfluss der Informationstechnologie werden variable und anpassungsfähige Laboratorien erfordert.

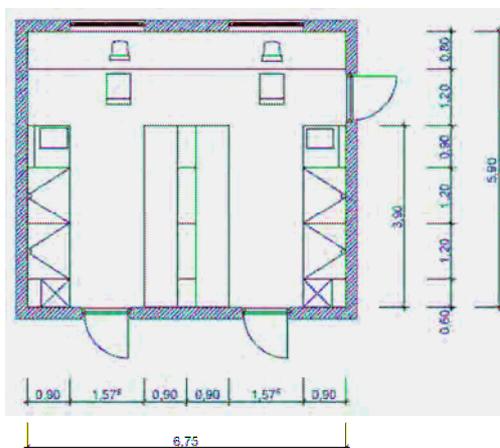


Abbildung 7: Chemielabor Quelle [21]

Physiklabor

Arbeitsbereiche:	Ausstattungsmerkmale:
Kleine Gefahrstoffe /Nass- Arbeitsbereiche	Arbeitstische
Großgeräte/ eventuell Nassbereich	Laborspülbecken
Schreivarbeitsplatz	Laborhochschrank
	Stellfläche für Geräte

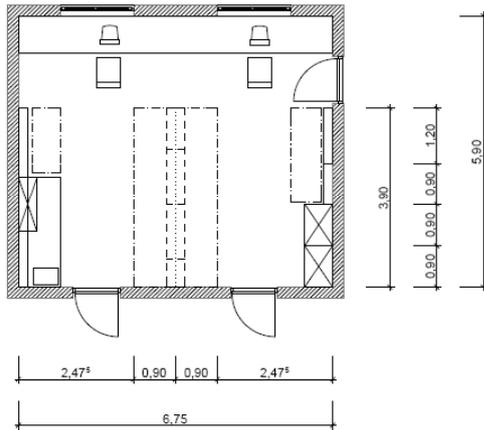


Abbildung 8: Physiklabor Quelle [21]

**Chemielabor****Arbeitsbereiche:**Kleine Gefahrstoffe /Nass-  
Arbeitsbereich

Trocken (Geräte/ Präparation)

Schreibbereich

**Ausstattungsmerkmale:**

Digestorium, Punktabsaugung

Gefahrstoffschränk

Chemikalienschränk

Arbeitstische

Laborspülbecken

Wärme- /Trockenschränk

Kühl- und Tiefkühlschränk

Es werden differenzierte Spezialmediensversorgungen und Räume mit besonderer Luftkonditionierung und Luftreinheit benötigt. Sicherheitslabore für den Umgang mit infektiösen oder hochwirksamen Substanzen geschaffen werden realisiert. In der Laborlandschaft erfolgt eine Zonierung der Funktionen in Dokumentationen, Vorbereitungsarbeitsplätze, Gefahrstoffarbeitsplätze, Gerätezonen, Spezialarbeitsplätze und Lagerbereiche.

Im Folgenden werden die Resultate aus der RELAB- Studie [23] vorgestellt, um die Problematik der Einstufung in Standardnutzungen zu verdeutlichen. Mit Hilfe einer Fragebogenaktion in 346 Laboratorien wurde in [23] der Ist- Zustand zur Nutzung, zur Raumausstattung zu den Betriebszeiten sowie zu den Stoff- und Wärmelasten erhoben.

**a) Techniklabor für verfahrens-technische Arbeiten**

Im Unterscheid zum Labor für synthetische / präparative Arbeiten werden hier die verfahrenstechnischen Aspekte von Herstellungsverfahren, das heißt die experimentelle Überprüfung der einzelnen Verfahrensstufen im Labor- und halbtechnischen Maßstab, sowie die anwendungstechnischen Aspekte von Produkten bearbeitet. Auch hier kommen oftmals Gefahrstoffe in mehr oder weniger großen Stoffmengen zum Einsatz.

**b) Labor für analytische Arbeiten**

Die Analytik befasst sich mit der Abtrennung und der Bestimmung der Art (qualitative Analytik) und der Menge (quantitative Analytik) der Bestandteile eines Stoffes oder Stoffgemisches. Dazu können z.B. chemische, physikalische und biochemische Methoden zum Einsatz kommen. Ähnlich wie in der synthetischen/ präparativen Chemie erstreckt sich der Bereich der Arbeitsverfahren vom Spurenbereich (Milligrammbereich) bis zum Kilogramm Bereich, vor allem bei Probenahmen- und Probenvorbereitungsoperationen. Die quantitativen Bestimmungen werden heute vor allem mit

physikalischen (instrumentelle Analytik) und biochemischen Methoden, seltener noch mit chemischen Methoden durchgeführt.

### **c) Labor für physikalische Arbeiten**

In diesem Typ von Laboratorien werden vornehmlich physikalische Messungen mit Hilfe von Messgeräten und mechanischen/ elektrischen Apparaten durchgeführt.

### **d) Labor für mikrobiologische Arbeiten**

Die Mikrobiologie befasst sich mit der Biologie von Mikroorganismen. Merkmale der mikrobiologischen Arbeiten ist der Umgang mit diesen Mikroorganismen. Aufgrund der vielfältigen Ausrichtung der Untersuchungsgegenstände der Mikrobiologie, sind auch hier, wie in der Biochemie, umfangreiche Überschneidungen mit anderen Disziplinen gegeben. Dies spiegelt sich auch in der Ausrüstung und Arbeitsweise mikrobiologischer Laboratorien wider. So sind auch hier Mischtypen der Laboratorien für biochemische, synthetische / präparative, analytische und physikalische Arbeiten zu finden.

### **e) Labor für biochemische Arbeiten**

Die Biochemie befasst sich im Grenzgebiet zwischen Chemie, Medizin und Biologie mit der Klärung des chemischen Aufbaus der Lebewesen, dem Zusammenwirken der daran beteiligten chemischen Verbindungen sowie der Gesamtheit der chem. Vorgänge zw. Ausgangsstoff und Endprodukt einer chemischen Reaktion der Lebenserscheinungen. Entsprechend der Komplexität dieser Aufgabengebiete sind auch die Labortypen in der Biochemie abhängig vom vorrangigen Arbeitsziel des jeweiligen Laboratoriums. Es werden mehr oder weniger Mischtypen der Laboratorien für mikrobiologische, synthetisch / präparative, analytische und physikalische Arbeiten zu finden sein.

## **7.3 Raumklima**

Begrenzung der Raumluftgeschwindigkeit. Empfohlene Raumfeuchte bis 65 % relativer Feuchte.

## **7.4 Raumtemperaturen**

Das Raumklima soll zwischen 22 °C und 26 °C liegen.

## **7.5 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Es gibt Laboratorien in Hochschulen z.B. Praktikumslaboratorien, die nur nachmittags während der Vorlesungszeit in Betrieb sind. In der Hochschule arbeiten Wissenschaftler häufig von 10:00 – 22:00 Uhr an sechs Tagen in der Woche.

In der Industrie ist die Arbeitszeit denen der Büroangestellten ähnlich: Arbeitszeiten hier von 7:00 – 18:00 Uhr an fünf Tagen in der Woche.

Die RLT- Anlagen sind während der Nutzungszeit in Betrieb, außerhalb der Nutzungszeit darf mit reduziertem Betrieb betrieben werden.

## **7.6 Mindestaußenluftvolumenstrom**

### **7.6.1 Allgemein**

Bei lufttechnischen Einrichtungen für Laborgebäude sind zwei Gruppen zu unterscheiden:

- die erste Gruppe betrifft die Einrichtungen in Laborräumen, die dem Schutz der Nutzer vor der Exposition durch Gefahrstoffe dienen;
- die zweite Gruppe betrifft die zentralen Einrichtungen, die die Abluftströme aus den Räumen fördern bzw. die Räume mit konditionierter Zuluft versorgen.

Nach gesetzlichen Vorschriften müssen Maßnahmen sichergestellt werden, dass beim Umgang mit Gefahrenstoffen keine Personen verletzt werden. Nur durch Abzüge mit entsprechendem Ausbruchsverhalten oder durch Absaugen am Entstehungsort kann in Bezug auf Chemikalien und Lösungsmitteln ein sicherer Umgang mit Gefahrstoffen gewährleistet werden. Eine allgemeine Raumabsaugung ist dafür nicht geeignet, da in diesem Falle die menschliche Nase als Filter fungiert.

Hierbei sind eine Reihe von Gesetzen, Vorschriften und Regeln aus verschiedenen Bereichen zu beachten.

Außer den bekannten sind es hier vor allem folgende

- Betriebssicherheitsverordnung
- Chemikaliengesetz
- Gefahrstoffverordnung
- Laborrichtlinien
- Lüftungsnorm (DIN 1946-7)
- weitere DIN- Normen zur Laborlüftung

Die DIN 1946-7 ist im Entwurf, auch die Laborrichtlinien sollen im diesem Jahr neu erscheinen.

### **7.6.2 Arbeitsplatz**

Das Potential zur Gesundheitsgefährdung ist aufgrund der verwendeten Gefahrstoffe sehr unterschiedlich.

Zuerst muss daher der Arbeitsplatz betrachtet werden, an dem die Experimente durchgeführt werden.

Es werden drei Arbeitstypen betrachtet:

- die Arbeit im Abzug, dieser bietet einen maximalen Arbeitsschutz des Personals vor gesundheitsschädlichen Chemikalien;
- durchführen von Experimenten am Labortischarbeitsplatz mit einer zusätzlichen Absaugung für Arbeiten mit weniger toxischen Gefahrstoffen in geringer Konzentration;
- ein Labortischarbeitsplatz mit mechanischer Raumbel- und entlüftung.

### **7.6.3 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Die erforderlichen Luftvolumenströme gelten für die Zeit der bestimmungsgemäßen Nutzung des Labors. Außerhalb dieser Zeiten darf die Leistung reduziert werden [24]. Für die Zeiten der bestimmungsgemäßen Nutzung bezogen auf die Hauptnutzungsfläche beträgt der Abluftvolumenstrom  $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ . Für „Stinkräume“ und Lösungsmittelräume ist dagegen ein Außenluftvolumenstrom von  $60 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  erforderlich.

Zur Aufbewahrung von brennbaren Lösemitteln ist ein separater Raum erforderlich. Für das Lösemittelager treffen die gleichen Forderungen zu wie für Sicherheitsschränke. Wird in dem Lösemittelager auch abgefüllt, ist ein mind. 5facher Luftwechsel sowie eine Ortsabsaugung vorzusehen.

**Luftvolumenströme für Abzüge nach DIN EN 14175:**

- Tischabzüge 400 m<sup>3</sup>/h je m;
- Tiefabzüge 600 m<sup>3</sup>/h je m;
- Begehbare Abzüge 700 m<sup>3</sup>/h je m

Der Druckverlust im Abzug darf 150 Pa nicht überschreiten.

Für die Raumluf tabsaugung können die Abzüge mit genutzt werden. Im ausgeschalteten Zustand der Lüftungsanlage müssen die dauerhaft abzusaugenden Unterbauten wie Entsorgungsunterbau, Lösemittelschränke im Unterbau usw. weiter abgesaugt werden. Zuluft – Durchlässe sollen so ausgebildet und angeordnet sein, dass keine Schadstoffe aus Abzügen ausgespült werden.

**Absaugung außerhalb von Abzügen:**

Wenn (z.B. bei Arbeiten außerhalb von Abzügen) ausnahmsweise mit einer Anreicherung an Gefahrstoffen in gefahrdrohender Menge oder Konzentration am Boden oder im Bereich der Decke zu rechnen ist, so muss eine wirksame Absaugung vorhanden sein. Eine **Bodenabsaugung** ist so auszulegen, dass abgesaugte Luftvolumen mindestens 2,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) bezogen auf die Hauptnutzungsfläche, beträgt. Für eine **Deckenabsaugung** sollte das abgesaugte Luftvolumen 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) bezogen auf die Hauptnutzungsfläche, betragen.

**7.6.4 Mindestaußenluftvolumenstrom in der Laborplanung mit Gefährdungspotential**

Die raumluf ttechnische Anlage hat hierbei folgende Grundfunktionen zu erfüllen:

- Zufuhr und Versorgung mit Frischluft für die in den Laboren tätigen Personen;
- Abführung von luftgetragenen und gasförmigen Gefahrstoffen, die im Zuge der Arbeiten freigesetzt werden können.

Unter Berücksichtigung der gesetzten Vorgaben geht der derzeitige Stand der Technik für die Laborbelüftung von einer Abluftmenge von mindestens 25 m<sup>3</sup> pro Stunde und Quadratmeter aus. Bezogen auf eine lichte Raumhöhe von ca. 3 m entspricht dies etwa einem 8 fachen Luftwechsel im Raum. Bereiche und Arbeitsplätze, an denen nicht mit Gefahrstoffen umgegangen wird, kann dagegen der Luftwechsel reduziert werden.

**Grundluftwechsel**

Die Flächen werden in Einheiten von 20 m<sup>2</sup> eingeteilt, ausgehend von 4 Personen ergibt das einen vierfachen Luftwechsel für den Raum (50 m<sup>3</sup> je Person).

**Abluftmenge**

Des Weiteren gibt es sicherheitstechnische Installationen:

- Anzahl der Abzüge- der Luftvolumenstrom kann hier variabel sein;
- Anzahl der Sicherheitsschränke für Gefahrstoffe / Säuren – Abluftvolumenstrom über 24 h konstant;
- Punktabsaugungen.

Gibt es nur einen Abzug mit konstanten Abluftvolumenstrom (z.B. Breite 1,20 m und Abluftmenge 480 m<sup>3</sup>/h), so ergibt sich ein 8facher Luftwechsel bezogen auf die 20 m<sup>2</sup>-Einheit. Wird statt des Abzuges mit konstanten Luftvolumenstrom ein Abzug mit variablen Luftvolumenstrom (in Abhängigkeit von der Frontschiebeöffnungsfläche) betrieben, so ergibt sich bei geschlossenem Frontschieber – (220 bis 250 m<sup>3</sup>/h) ein etwa 4vierfacher Luftwechsel. Wird mit Gefahrstoffen im Abzug gearbeitet, dann muss der Frontschieber geöffnet werden, dadurch erhöht sich der Abluftvolumenstrom auf den maximalen Wert (etwa 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Lösungsmittelschränke und Lösungsmittelabfälle haben einen konstanten Abluftvolumenstrom, dieser ist abhängig von der Größe und vom Schrankinhalt. In Abhängigkeit von der Anzahl der sicherheitstechnischen Einrichtungen kann damit der Luftwechsel deutlich über dem 8 fachen Wert liegen.

### **7.6.5 Mindestaußenluftvolumenstrom in der Laborplanung ohne Gefährdungspotential**

Bei Arbeiten ohne Gefährdungspotential kann die Laborlüftung mit dem 4fachen Luftwechsel (12,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h)) betrieben werden.

### **7.6.6 Mindestaußenluftvolumenstrom in der Laborplanung aus Planersicht**

Nach Aussagen von [A21] geschieht die Einteilung der Labore nach:

- Gefahrstoff intensiv – der Luftvolumenstrom beträgt 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) bezogen auf die Nutzfläche Labor;
- Gefahrstoff wenig intensiv – der Luftvolumenstrom beträgt 12,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) bezogen auf die Nutzfläche Labor.

Nachtabenkung 30 bis 50 % dieses Luftvolumenstroms. Die Abluftvolumenströme der Abzüge sind darin bereits enthalten. In einem Praktikumslabor kann sich zum Beispiel aufgrund der vielen Abzüge der maximale Außenluftvolumenstrom kurzfristig auf 60 bis 70 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) erhöhen. Der Anteil von Räumen mit hoher Luftwechselrate z.B. Stinkräume ist im Vergleich zum Gesamtgebäude gering:

z.B. bei einem Luftvolumenstrom eines Gebäudes von 100.000 m<sup>3</sup>/h hat der Luftvolumenstrom für die Stinkräume und Reinräume eine Größenordnung von 3.000 m<sup>3</sup>/h bis 4.000 m<sup>3</sup>/h. Eine Reduzierung der Luftvolumenströme der Sicherheitsschränke außerhalb der Nutzungszeiten findet nicht statt.

### **7.6.7 Anforderungen der Sicherheitsklassen an die Luftvolumenströme**

Nach DIN EN 12128:1998-05 Aussagen zur Be- und Entlüftung muss ein mikrobiologisches Laboratorium in eine der vier Sicherheitsstufen eingeordnet werden.

- S1: Es ist unwahrscheinlich, dass eine mikrobiologische Sicherheitswerkbank für die Arbeit erforderlich ist.
- S2: Mechanische Be- und Entlüftung von Laboratorien der Sicherheitsstufe S2 ist nicht erforderlich.
- S3: Das Laboratorium ist mit einem geeigneten Belüftungssystem zur Aufrechterhaltung eines Unterdrucks, wenn angezeigt, auszurüsten, um das Entweichen von Mikroorganismen zu verhindern.
- S4: Die Luft muss vom Außenbereich in das Laboratorium geleitet werden, Im Laboratorium und in der Schleuse ist ein angemessener Unterdruck zu halten.

### **7.6.8 Die Forderungen an den Abluftvolumenstrom in den Laborrichtlinien**

Die zugeführte Luftmenge ist so zu bemessen, dass – wenn nicht durch Gefährdungsbeurteilung anderweitig festgelegt – mindestens 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) bezogen auf die Nutzfläche erreicht werden. In Laboratorien, die mit einem geringeren Luftwechsel als den geforderten 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) betrieben werden, beispielsweise mit brennbaren Flüssigkeiten oder sonstigen leicht flüchtigen, staubenden oder Aerosole bildenden Gefahrstoffen, ist gefahrloses Arbeiten nur in kleinstem Maßstab möglich [26]. Ein Luftwechsel von 25 m<sup>3</sup> pro Stunde pro m<sup>2</sup> Nutzfläche des Labors kann dann reduziert werden oder auch eine natürliche Lüftung eingesetzt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist.

## 7.7 Beleuchtung

Die Arbeitsplätze befinden sich häufig in Fensternähe. Es ist eine Beleuchtungsstärke von 500 lx vorzusehen. Eine lichte Raumhöhe von 3,00 m ist für die Installation von Abzügen notwendig.

## 7.8 Personenbelegung

Nach Untersuchungen in [23] ergab sich die höchste Personalbelegungsdichte mit 1,6 Personen und 0,8 Personen pro Standardlabor, z.B. für ein Labor mit einer Grundfläche von 53,78 m<sup>2</sup> wurde eine durchschnittliche Anzahl von Personen mit 1,54 festgelegt. Dies entspricht einer Belegungsdichte von 35 m<sup>2</sup> je Person.

### 7.8.1 Der heutige Arbeitsplatz im Labor

Mögliche Grundorganisationsformen für Büro- und Laborbereiche:

- Schreibtischarbeitsplatz innerhalb des Labors;
- Auswertepplatz für kurzzeitige Dokumentation und Auswertung innerhalb des Labors;
- Schreibtischarbeitsplatz in einem Büroraum.

In der heutigen Zeit steigt ständig der Anteil von Schreibaarbeiten am PC. Der Anteil von Büroräumen in Forschungsgebäuden sowie auch von PC Arbeitsplätzen direkt am Experimentalarbeitsplatz steigt ständig. Es werden immer mehrere PC-Arbeitsplätze benötigt, die hinsichtlich ihrer Anzahl, Möblierung, Arbeitsatmosphäre sowie Gestaltung unterschiedlich sind. Für ein funktionales „Laboratorium“ gibt es ein Ordnungsprinzip. Elementare Bestandteile gehören dazu Differenzierung, Trassierung, Variabilität, Flexibilität, Stapelung, Entflechtung und Zonierung. Es gibt verschiedene Schreibtischarbeitsplatztypen:

- belichtete Räume für konzentriertes theoretisches Arbeiten (niedrig installiert, Büroräume);
- belichtete und installierbare Räume für experimentelles Arbeiten (hochinstalliert, Laboratorien);
- unbelichtete installierbare Räume für Geräte und Sondernutzungen (hochinstalliert, Dunkelzone).

## 7.9 Wärmequellen

### 7.9.1 Personen

Die Personenwärme von Labormitarbeitern wird mit 90 W angegeben.

### 7.9.2 Arbeitshilfen

Je nach Anzahl und Art der installierten Geräte in einem Labor fällt die Wärmelast größer oder kleiner aus. Um die Wärmeemission in einem Labor quantifizieren zu können, wird die Leistungsaufnahme, die auf den Typenschildern der einzelnen Geräte angegeben ist, addiert. Jedoch stellen diese Zahlen die maximale mögliche Leistungsaufnahme der Geräte dar [23].

In der RELAB Studie wurden Mittelwerte für durchschnittliche Leistungsaufnahmen von Standardlaboren ermittelt:

- Minimum 6 W/m<sup>2</sup>;
- Maximum 63 W/m<sup>2</sup>;
- Mittelwert 18 W/m<sup>2</sup>.

## 7.10 Trinkwarmwasser / Medien

### Vollentsalztes Wasser

In der Regel wird bei Laborversuchen vollentsalztes Wasser verwendet, die störenden Verunreinigungen (insbesondere Salze) sind hier entfernt.

### Kühlwasser

Dabei ist die Temperatur des Kühlwassers nicht definiert, sondern wird individuell auf die verlangte Temperatur gekühlt.

## 7.11 Beispiele für Laboratorien

Im Folgenden sind Beispiele von Laboratorien dargestellt. Diese bleiben ohne Quellennachweis.

### 7.11.1 Beispiel 1

Der betrachtete Laborraum hat eine Größe von ca. 130 m<sup>2</sup>, die Raumhöhe beträgt 3,00 m. Die Arbeitsplatzschreibtische befinden sich nicht in diesem Raum. Die Nutzung findet meist nachmittags statt. Gearbeitet wird in Abzügen mit veränderlichem Abluftvolumenstrom. Untertische und Gefahrstoffschränke werden ständig abgesaugt.

Der maximale Abluftvolumenstrom ist angegeben mit 70 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). Nachts wird der Luftvolumenstrom ab 20:00 Uhr auf 10 % reduziert. Durch einen Taster kann der Luftvolumenstrom wieder auf seinen Normalwert geregelt werden. Der tatsächliche Luftvolumenstrom kann nicht festgestellt werden, da er stark variiert und davon abhängig ist, wie lange, wie oft und wie weit die einzelnen Abzüge geöffnet sind. Die Personenanzahl in diesem Labor variiert, es wird von einer Gruppe von 20 Personen ausgegangen. Außer den Personen sind wenig interne Wärmequellen vorhanden.

### 7.11.2 Beispiel 2

Dieser Laborraum ist ca. 72 m<sup>2</sup> groß. Die Raumhöhe beträgt 3,00 m. Die Schreibtischarbeitsplätze befinden sich teilweise im Labor. Zwischen 7.00 bis 18.00 Uhr arbeiten 2 bis 3 Personen in diesem Raum. Die Betriebszeit der RLT – Anlage ist von 7:00 – 18:00 Uhr. Der Mindestaußenluftvolumenstrom beträgt 20 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h). In der Zeit von 6:00 – 18:00 Uhr. Außerhalb dieser Zeit wird der Außenluftvolumenstrom auf 50 % reduziert. Außer den Personen gibt es wenig interne Wärmequellen.

### 7.11.3 Beispiel 3

Laborraum mit ca. 35 m<sup>2</sup> Grundfläche. Die Höhe ist 4,40 m. Die Arbeitsschreibplätze befinden sich nicht in dem Laborraum. Die Arbeitszeiten sind von 7:30 – 19:00 Uhr.

Ein Sicherheitsschrank wird mit einem Luftvolumenstrom von 100 m<sup>3</sup>/h 24 Stunden belüftet. Weiterhin existiert ein begehbare Abzug mit 660 m<sup>3</sup>/h in 3 Leistungsstufen. Während der Arbeitszeit ist die Leistungsstufe 2 eingestellt. Während der Nichtnutzungszeit wird der Luftvolumenstrom auf die Stufe 1 reduziert. Der Maximale Luftvolumenstrom beträgt 25 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Es arbeiten in diesem Labor durchschnittlich 2 Personen. Es gibt hohe interne Wärmequellen durch Heizöfen. Diese laufen teilweise von 0:00 - 24:00 Uhr. Zudem gibt es Kleingeräte, Messausrüstung und PCs.

### 7.11.4 Beispiel 4

Die Grundfläche des Raumes beträgt 42 m<sup>2</sup>, die Raumhöhe ist 4,40 m. Der Arbeitsschreibplatz befindet sich im Laborraum. Die Arbeitszeiten sind von 9:00 – 18:00 Uhr.

Es gibt zwei Unterschränke mit einem Luftvolumenstrom von 10 m<sup>3</sup>/h von 0:00 – 24:00 Uhr. Ein Tischabzug mit 550 m<sup>3</sup>/h Luftvolumenstrom und fünf Leistungsstufen ist installiert, meist läuft Stufe drei von 0:00 – 24:00 Uhr. Der max. Luftvolumenstrom ist demnach ca. 13 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) für dieses Labor. Es arbeiten in diesem Labor durchschnittlich 2 Personen. Es gibt wenig interne Wärmequellen.

#### **7.11.5 Beispiel 5**

Dieses Labor hat eine Grundfläche von 40 m<sup>2</sup> und eine Raumhöhe von 3,90 m. Die Arbeitszeiten sind von 6:30 – 19:00 Uhr. Es gibt eine Tischabsaugung mit 400 m<sup>3</sup>/h, und vier Abzüge mit insgesamt 2.350 m<sup>3</sup>/h Luftvolumenstrom. Somit beträgt der Abluftvolumenstrom 70 m<sup>3</sup>/h bezogen auf den Quadratmeter. Es arbeiten 2 - 3 Personen hier. Als Interne Wärmequellen werden genannt: 16 Tauchsieder / Heizpilze/ Ölbäder mit ca. 16 KW, 4 Thermostate mit ca. 8 KW Rühr-er/ Computer sonstiges 3 - 5 KW.

#### **7.11.6 Beispiel 6**

Laborraum mit ca. 72 m<sup>2</sup> Grundfläche. Die Raumhöhe beträgt 3,00 m. Die Schreitischarbeitsplätze befinden sich teilweise im Labor. Die Nutzungszeit ist von 7:00 – 18:00 Uhr durch zwei bis drei Personen. Die Betriebszeit der Raumluftechnischen Anlage beträgt 24:00 Stunden. In der Nichtnutzungszeit wird der Luftvolumenstrom auf 50 % reduziert.

Der Mindestaußenluftvolumenstrom beträgt 20 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) in der Zeit von 6:00 – 18:00 Uhr. Die Luftvolumenströme der Abzüge können reduziert werden. In der Nachabschaltung wird der Luftstrom auf 50 % reduziert. Außer den Personen gibt es wenig interne Wärmequellen.

## 8 Gesundheitswesen

Als energetisch zu bewertende Gebäude im Bereich des Gesundheitswesens sind in einer ersten groben Gliederung Krankenhäuser, Arztpraxen und Therapeutische Praxen zu nennen. Ein Krankenhaus als komplexer Zusammenschluss verschiedener Funktionseinheiten beinhaltet bei näherer und auf die energetisch relevanten Parameter bezogener Betrachtung Bereiche, die gleiche Randbedingungen aufweisen, wie sie in ärztlichen und therapeutischen Praxen anzusetzen sind. Aus diesem Grund lassen sich die entsprechenden Nutzungsprofile direkt oder durch geringfügige Anpassungen aus den Vorgaben für Krankenhäuser ableiten.

Betrachtet man die Organisationseinheit „Krankenhaus“ in Bezug auf die festzulegenden Parameter der Nutzungsprofile, ist eine Unterteilung durch hygienisch-mikrobiologische Vorgaben vorzunehmen. Das Unterscheidungskriterium für Räume ist dabei die Anforderung an die Keimarmut aufgrund der Nutzung.

Die gültige normative Vorgabe ist derzeit die DIN 1946-4 – Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (VDI-Lüftungsregeln) - in der Ausgabe vom März 1999. Dabei werden die Räume hinsichtlich der Anforderungen an die Keimarmut in zwei Klassen unterschieden [42].

- Raumklasse I (RK I) mit einer hohen bzw. einer besonders hohen Anforderung an die Keimarmut. RK I wird nochmals unterteilt in:
  - OP-Räume Typ A mit einer Verdrängungsströmung (TAV)
  - OP-Räume Typ B mit einer Misch- oder Verdrängungsströmung
- Raumklasse II (RK II) stellt übliche Anforderungen an die Keimarmut.

Das mögliche Überströmen der Luft ist nur von einem Raum zu einem anderen Raum mit einer niedrigeren hygienischen Anforderung gestattet (Überdruckhaltung).

Der aktuelle Wissensstand bezüglich der Ursachen für Wundinfektionen im OP-Bereich führte zur Entwicklung neuer Ansätze. Es gibt bisher keine Hinweise, dass die Luft aus den Nebenräumen einen Einfluss auf die Gefahr von Wundinfektionen hat. Während die gültigen normativen Vorgaben zur Verdünnung der Luft eine Bewegung großer Luftmengen in allen Bereichen der OP-Abteilungen erfordern, wird durch die Ausbildung eines dynamischen Schutzfeldes eine bessere Abschirmung des Patienten erreicht, was zudem auch eine Reduktion des Energieeinsatzes bedeutet. Daraus resultiert momentan die Situation, dass zwei Regelentwürfe existieren. Seit April 2005 gibt es einen Entwurf zur DIN 1946-4E und seit Dezember 2004 eine entsprechende VDI-Richtlinie VDI 2167-IE. Beide Entwürfe basieren auf dem aktuellsten Wissensstand und beschreiben raumluftechnische Konzepte für Operationseinheiten, die auf das Wesentliche reduziert sind. Sie sind jedoch unterschiedlich aufgebaut und verfolgen verschiedene Herangehensweisen, so dass bisher keine Einigung erzielt werden konnte und somit die Einführung bisher scheiterte.

### 8.1 Gliederung der Funktionseinheiten

Mit Tabelle 1 aus der DIN 13080:2003-07 gibt es ein allgemein gültiges und anerkanntes Gliederungsschema für Krankenhäuser. Darin wird nach Funktionsbereichen und in der nächsten Stufe nach Funktionsstellen unterschieden. Die vorliegende Gliederung findet in der Planungspraxis Verwendung und sollte zumindest auf der Ebene der Funktionsbereiche als Grundlage für die Festlegung der Nutzungsprofile dienen. Damit kann dem Anwender bei der Nachweisführung durch vertraute Grundstrukturen der Einstieg erleichtert werden. Diese Hilfestellung ist auch deshalb wichtig, weil durch die teilweise sehr heterogenen Anforderungen

einzelner Funktionsstellen, eine individualisierte Anwendung der vorgeschlagenen Nutzungsprofile sinnvoll erscheint.

Die Funktionsbereiche sind nach DIN 13080:2003-07 wie folgt festgelegt:

- Untersuchung und Behandlung
- Pflege
- Verwaltung
- Soziale Dienste
- Ver- und Entsorgung
- Forschung und Lehre
- Sonstiges

Die Bereiche Verwaltung, Soziale Dienste, Forschung und Lehre sowie der Großteil des Bereichs Sonstiges lassen sich mit bereits vorhandenen Nutzungsprofilen aus Teil 10 der DIN V 18599 abbilden.

Die hygienischen, raumklimatischen und beleuchtungstechnischen Anforderungen an die einzelnen Funktionsstellen innerhalb der übrigen Bereiche, bedingen die Erstellung gesonderter Nutzungsprofile. Dabei können einige Funktionsstellen mit einem gemeinsamen Nutzungsprofil abgebildet werden, andere, wie beispielsweise Operationssäle benötigen ein separates Profil, welches aber dennoch keine Allgemeingültigkeit erlangen wird.

Die raumklimatischen, Lüftungs- und beleuchtungstechnischen Anforderungen führen zu einer Gliederung der im Krankenhaus anzutreffenden Räume, die sich an vielen Stellen mit der funktionalen Gliederung deckt, zumindest aber sinnvolle Zuordnungen ermöglicht.

## **8.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Der räumlichen Gliederung folgend sind deutlich unterschiedliche Nutzungs- und Betriebszeiten für die einzelnen Zonen anzusetzen.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Räume des Pflegebereichs permanent genutzt werden. Das betrifft die allgemeinen Bettzimmer wie auch die Patientenzimmer der Spezial- und Intensivpflege. Davon ausgehend wird für diese Zonen eine Nutzungszeit von 24 h pro Tag bei einer jährlichen Nutzung von 365 Tagen zugrunde gelegt. Die hygienischen und raumklimatischen Anforderungen sind während der gesamten Nutzungszeit einzuhalten, weshalb die Betriebszeiten den gleichen zeitlichen Umfang betreffen.

Bei den Untersuchungs- und Behandlungsbereichen ist die Situation nicht so eindeutig, da diese Bereiche verstärkt auch wirtschaftlichen Einflüssen unterliegen. Die spezielle technische Ausstattung an medizinischen Geräten erzeugt hohe Investitionskosten, die nur bei einer hohen Auslastung der Geräte wirtschaftlich ist. Gleiches gilt für Behandlungsräume mit teilweise apparaturintensiven Therapieansätzen. Damit sind die Nutzungszeiten für Untersuchungs- und Behandlungsräume stark von der individuellen Ausrichtung und der dementsprechenden Ausstattung des Krankenhauses abhängig. Für die hier geforderten Standardnutzungen wird von einem „normalen“ Untersuchungsangebot ausgegangen, was zur Vorgabe einer Nutzungszeit von 7-18 Uhr an 5 Tagen der Woche geführt hat. Diese Werte können, beispielsweise bei Spezialkliniken der unterschiedlichen fachlichen Ausrichtungen (Herz- oder Neurochirurgie, Orthopädie, Radiologie usw.), davon abweichen. Nutzungszeiten werden im Allgemeinen in direkter Abstimmung mit dem Betreiber individuell festgelegt, was ebenfalls für die Betriebszeiten der Anlagentechnik von Bedeutung ist. Für die hier definierten Standardnutzungen wird eine Vorlaufzeit von 2 Stunden vorgesehen, so dass die tägliche Betriebszeit zwischen 5:00 und 18:00

Uhr liegt. Es sollte generell die Möglichkeit gegeben sein, die für das konkrete Objekt geforderten und im frühen Planungsstadium bekannten Vorgaben berücksichtigen zu können.

Als gesonderte Funktionsstelle ist dabei der OP-Bereich zu werten. Neben geplanten Eingriffen müssen die OP-Räume auch für die Versorgung von Notfällen verfügbar sein. Je nach Ausrichtung der Klinik kann die Spanne der OP-Nutzung von geregelten und festen Nutzungszeiten bis hin zum permanenten Betrieb reichen. Auch diese Festlegungen werden individuell mit dem Bauherren getroffen oder bestehen entsprechend im Bestand. Ausgehend von einer Standardnutzung des OP-Bereichs wird im Zusammenhang mit den Nutzungsprofilen des Teils 10 der DIN V 18599 eine wochentägliche Nutzungszeit zwischen 7:00 und 21:00 Uhr vorgeschlagen. Dieser Vorschlag basiert auch auf Untersuchungen zur Verbesserung und Optimierung der Arbeitszeitmodelle speziell im OP-Bereich [47]. Wie bei den übrigen Untersuchungs- und Behandlungsräumen ausgeführt, muss auch für die Nutzungszeiten der OP-Räume die Anpassung an abweichende Forderungen gegeben sein. Für die Operationssäle bestehen gesonderte Anforderungen hinsichtlich des anlagentechnischen Betriebs, da diese aufgrund der hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen in permanenter Überdruckhaltung gefahren werden müssen und die je nach Raumklasse geforderte Keimarmut eingehalten werden muss. Daraus ergibt sich für die Betriebszeiten der Anlagentechnik ein permanenter Betrieb. Dieser kann und wird außerhalb der Nutzungszeiten reduziert.

Für Arztpraxen und Therapeutische Praxen werden Nutzungszeiten entsprechend gängiger Öffnungszeiten gewählt. Die Betriebszeit der Anlagentechnik hat einen entsprechenden Vorlauf.

Verkehrswegen und Fluren im Krankenhaus obliegt die Besonderheit bezüglich des existenten Nutzungsprofils 19 des Teils 10, dass diese permanent also 24 h pro Tag genutzt werden. Dabei werden natürlich nicht alle Anforderungen auf gleich hohem Niveau gehalten (vgl. Beleuchtung).

### **8.3 Raumklima**

Die raumklimatischen Bedingungen sind im Bereich des Gesundheitswesens nicht in engen Grenzen und auch nicht gesondert geregelt. Es wird in diesem Zusammenhang auf die Vorgaben und Hinweise der DIN EN 13779 verwiesen. Diese wiederum verweist hinsichtlich der Raumlufthfeuchte auf DIN EN 15251:2007-04. Darin findet sich, ausgehend von der Gebäudekategorie I, ein Bereich der Raumlufthfeuchte von 30 - 50 % r. F. Gleichzeitig wird eine Begrenzung der absoluten Feuchte auf 12 g/kg empfohlen.

Nach Auskunft von Planern stellen sich real jahreszeitlich bedingte Schwankungen im Bereich von 30 – 65 % r. F. ein.

Ergänzend dazu wird in DIN 1946-2:1999-03 für die Frühgeborenenpflege eine Mindestfeuchte von 45 % r. F. vorgeschrieben.

### **8.4 Raumtemperaturen**

Über alle Funktionsbereiche gesehen und unter Einbeziehung temperatursensibler Eingriffe bei Kleinkindern und Säuglingen erstreckt sich der geforderte Temperaturbereich speziell bei Krankenhäusern von 22 - 34 °C.

Wegen des vorrangig liegenden zumindest aber mit minimaler Aktivität verbundenen Aufenthalts in Bettzimmern wird hier in Anlehnung an SIA 2024 ein Mindesttemperaturniveau von 22 °C vorgeschlagen. Der Temperaturbereich für behagliche Bedingungen auch im Sommer sollte auf maximal 26 °C begrenzt werden. Für Bettzimmer des Spezialpflegebereichs (Räume der Intensivmedizin und Spezialpflege, Frühgeborenenpflege) gilt abweichend davon eine Mindesttemperatur von 24 °C [38]. Aufwachräume, die in die OP-Abteilung integriert sind, sollen

zur Vermeidung von Temperaturunterschieden für die Patienten die gleichen Temperaturen aufweisen, wie die OP-Räume. Damit beginnt der entsprechende Temperaturbereich bei 22 °C.

Für Untersuchungs- und Behandlungsräume gibt es normativ keine Festlegungen bezüglich des einzuhaltenden Temperaturbereichs. Es erfolgt eine Anlehnung an die üblichen raumklimatischen Bedingungen im Krankenhaus. Somit wird wie zuvor eine Temperaturspanne zwischen 22 °C im Winter und maximal 26 °C im Sommer vorgeschlagen. Der Vorschlag trägt auch der Überlegung Rechnung, dass die Patienten während der Untersuchung oder Behandlung nur wenig bekleidet sind. Für Entbindungsräume ist laut DIN 1946-4:199-03 eine Mindesttemperatur von 24 °C gefordert.

Laut DIN 1946-4:199-03 soll für die OP-Abteilung die Raumtemperatur in einem Bereich von 22 - 26 °C frei wählbar sein. Dies hängt entscheidend von der Art des durchgeführten Eingriffes ab und ist an Behaglichkeitskriterien für den Patienten orientiert. In speziellen Situationen, v.a. bei Operationen an Kleinkindern und Säuglingen, kann sich die Temperaturanforderung davon abweichend in einem Bereich von 27 - 34 °C [A26, 39] bewegen. Die zu wählende Temperatur ist ebenfalls vom verwendeten Narkosemittel abhängig, weil dadurch die Körpertemperatur reduziert werden kann. Die angegebenen Temperaturen gelten für das Operationsfeld. Faktisch stellen sich im gesamten OP die gewählten Temperaturen ein. Grund dafür ist die Forderung, möglichst geringe Temperaturunterschiede innerhalb des OP-Raumes zu erzeugen, um der eine Störung des Schutzfeldes zu vermeiden.

Eingriffsabhängig, speziell im Bereich der Herzchirurgie, können auch niedrigere Temperaturen als 22 °C gefordert sein. Deshalb ist grundsätzlich von einer freien Temperaturwahl von 18 - 26 °C auszugehen.

Gegebenenfalls führen auch bei den Temperaturanforderungen die erwarteten Neuregelungen (DIN 1946-4 NEU und/oder VDI 2167) zu einem Anpassungsbedarf.

## 8.5 Mindestaußenluftvolumenstrom

Speziell hierbei zeigen Vergleiche der bestehenden und neuen Regelungen, dass mit deutlichen Energieeinsparungen durch die Umsetzung neuer Ansätze zur Erfüllung der Anforderungen bzgl. der Keimarmut in den Operationsbereichen zu rechnen ist. Die neuen Konzepte gehen von einem maximalen Außenluftstrom für den OP und einem minimalen Außenluftstrom für die Funktionsräume (Sterilflur, Ein-/Ausleitung, Patientenflur, sonstige Räume) aus, um den hygienisch-mikrobiologischen Anforderungen gerecht zu werden. Konkret wird momentan für die Sicherstellung der Anforderungen an die Schutzdruckhaltung nach DIN 1946-4:1999-03 für die Verdünnung der Luft ein Außenluftvolumenstrom für den OP-Bereich von 18.000 - 23.000 m<sup>3</sup>/h benötigt. Bei Umsetzung der neuen Konzepte ist dann nur noch mit einem Außenluftstrom von ca. 9.000 m<sup>3</sup>/h zu rechnen [41]. Im Wesentlichen sind zwei Aspekte dafür entscheidend. Durch die Reduktion des höchsten Schutzbereichs auf den Operationsraum selbst ist ein hoher spezifischer Außenluftvolumenstrom nur noch für einen Teil der Operationsabteilungen gefordert. Die übrigen Funktionsräume werden mit einem deutlich geringeren Außenluftanteil versorgt. Der zweite Aspekt ist die Ausprägung eines dynamischen Schutzfeldes direkt über dem Operationsfeld mittels einer TAV-Decke (Turbulenzarme Verdrängungsströmung).

Von den momentan gültigen normativen Vorgaben der DIN 1946-4:1999-03 ausgehend, ergeben sich für die Funktionsbereiche innerhalb eines Krankenhauses und für Arztpraxen und Therapeutische Praxen, die im Folgenden erläuterten Ansätze.

Für Bettzimmer gibt die DIN 1946-4:199-03 der Allgemeinpflege, wie im Übrigen auch für die Neugeborenen- und Säuglingspflege (Tabelle 2, Nr. 2.5), einen Mindest-Außenluftvolumenstrom von 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) an. Das entspricht bei der durchschnittlichen Größe eines Zweibettzimmers von

20 m<sup>2</sup> einem Luftvolumenstrom von 200 m<sup>3</sup>/h und damit einem 4 fachen Luftwechsel (Raumhöhe 2,50 m). Dies erscheint recht hoch und in Anbetracht dessen, dass Bettenzimmer standardmäßig nicht an eine RLT angebunden sind, als nicht praktikabel.

Dagegen wird in SIA 2024 von einem maximalen spezifischen Außenluftvolumenstrom von 3 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>h) ausgegangen und im Nutzungsprofil 10 in DIN V 18599-10 ein Mindest-Außenluftvolumenstrom von 4 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) in Ansatz gebracht. Bezüglich der Angaben der DIN EN 13779:2007-09 und der Annahme, ein Bettenzimmer kann als Raum der Kategorie IDA 2 (Tabelle 5, Mittlere Raumluftqualität) gewertet werden, ergibt sich aus Tabelle A.11 der selben Norm ein Standardwert für den Außenvolumenstrom von 45 m<sup>3</sup> pro Stunde und Person. Der übliche Bereich endet bei 54 m<sup>3</sup>/(h·Person), so dass ein mittlerer Wert von 50 m<sup>3</sup>/(h·Person) in Ansatz gebracht wird. Von einem Zweibettzimmer als Standard ausgehend ergibt sich für den Normungsvorschlag ein Wert für den Mindestaußenluftvolumenstrom von 5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h).

Für Untersuchungsräume und Räume für kleinere Eingriffe (nach RKI-Richtlinie) werden in DIN 1946-4:1999-03 ein Mindest-Außenvolumenstrom von 15 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) gefordert. Dieser wird als Vorschlag nicht übernommen, ein Außenluftvolumenstrom von 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) erscheint realistischer. In der Planung können sich nach Abstimmung mit dem Hygieniker kleinere Anforderungswerte ergeben, zumal eine RLT-Anlage für diese Bereiche nicht zwingend vorgeschrieben ist.

Während in der DIN 1946-4:1999-03 als allgemeiner Ansatz ein Außenvolumenstrom von mindestens 1200 m<sup>3</sup>/h definiert ist, liegen die Planungswerte im Bereich von 1600 - 2400 m<sup>3</sup>/h. Dabei muss aber darauf geachtet werden, welche Konzepte verfolgt werden und auf welche Bereiche der OP-Abteilung sich die Anforderungen beziehen (vgl. alte und neue Konzepte). Gerade für den OP-Bereich mit seinen speziellen hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen sowie der erforderlichen Einhaltung der MAK-Werte für Narkosegase ist davon auszugehen, dass der Mindest-Außenluftvolumenstrom im Planungsprozess den Erfordernissen des jeweiligen Krankenhauses angepasst wird. Eine individuelle Anpassung des im Nutzungsprofil vorgegebenen Wertes sollte grundsätzlich vorgesehen sein. Als Vorschlag wird aus den Erkenntnissen ein spezifischer Wert von 40 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) abgeleitet (1600 m<sup>3</sup>/h bei durchschnittlicher OP-Größe von 40 m<sup>2</sup>).

## 8.6 Beleuchtung

Die Vorgaben für beleuchtungsrelevante Details enthält die DIN EN 12464-1:2003-03 – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen. Darin sind neben dem Grad für Direktblendung (UGR) und dem Farbwiedergabe-Index R<sub>a</sub> auch die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke E<sub>m</sub> in Abhängigkeit von der Art des Raumes und der Art der Aufgabe oder Tätigkeit tabelliert. Für einen Raum können aufgrund verschiedener darin durchführbarer Aufgaben verschiedene Beleuchtungsstärken angegeben sein, was für die Festlegung eines Nutzungsprofils zwangsläufig zu einer gemittelten Festlegung führt. Über die Bandbreite möglicher Räume und Aufgaben innerhalb eines Krankenhauses lässt sich eine Spanne für den Wartungswert der Beleuchtungsstärke E<sub>m</sub> von 5 - 100.000 lx identifizieren. 5 lx beträgt der Anforderungswert für die Nacht- und Übersichtsbeleuchtung in Bettenzimmern und 100.000 lx der normativ genannte obere Wert für die Beleuchtung des Operationsfeldes. Laut Planerangaben [A26] kann dieser Wert sogar bis 135.000 lx reichen. Diese Beleuchtungsstärken sind energetisch jedoch zu relativieren, da sie in einem sehr begrenzten Bereich zur Ausleuchtung des OP-Tisches und speziell des Eingriffsgebietes dienen und zudem durch den Einsatz hocheffizienter Leuchten mit geringer Anschlussleistung (P<sub>el</sub> ca. 200 W) in etwa der allgemeinen Beleuchtung des OP-Raumes (P<sub>el</sub> ca. 250 W) entsprechen [37].

Am Beispiel des Betenzimmers (Tabelle 5.7, Nr. 7.3, DIN EN 12464-1) sei die Bandbreite der erforderlichen Beleuchtungsstärke in Abhängigkeit von Aufgabe oder Tätigkeit auszugsweise dargestellt.

Tabelle 15: Wartungswert der Beleuchtungsstärke  $E_m$  für Betenzimmer nach DIN EN 12464-1:2003-03

Art des Raumes, Aufgabe oder Tätigkeit	$E_m$
Allgemeinbeleuchtung	100
Lesebeleuchtung	300
Einfache Untersuchungen	300
Untersuchung und Behandlung	1000
Nacht- und Übersichtsbeleuchtung	5
Baderäume und Toiletten für Patienten	200

Es wird ein Wert von 300 lx vorgeschlagen.

Für Intensivstationen gelten praktisch die gleichen Ansätze, jedoch ist in diesem Bereich von einem höheren Untersuchungsintervall wegen der permanenten Überwachung der Patienten auszugehen. Darüber hinaus ist für die Nachtüberwachung ein  $E_m$  von 20 lx gefordert. Aus diesen Gründen wird der Wartungswert der Beleuchtungsstärke für Spezialpflegebereiche, wie beispielsweise die Intensivstationen, mit 300 lx vorgeschlagen. Wegen der nicht gegebenen Mobilität wird für den Minderungsfaktor der Gebäudebetriebszeit ein Wert von 0,8 angesetzt.

Wie zuvor bereits ausgeführt reichen die eingesetzten Beleuchtungsstärken für die Ausleuchtung des Operationsfeldes mit speziellen dreidimensional verstellbaren OP-Leuchten bis zu 135.000 lx. Der normativ vorgegebene Wartungswert der Beleuchtungsstärke für Operationsräume ist in DIN EN 12464-1 mit 1000 lx angegeben. Abgesehen von den Zeiten für die Reinigung des OP wird dieser zu den jeweiligen Nutzungszeiten durchgängig genutzt. Die Beleuchtung, außer die des OP-Tisches, bleibt dabei eingeschaltet, weshalb die relative Abwesenheit  $C_A$  mit 0 angegeben wird.

Untersuchungs- und Behandlungsräume müssen grundsätzlich mit einem Wartungswert der Beleuchtungsstärke für die Allgemeinbeleuchtung von 500 lx berücksichtigt werden. Für den konkreten Bereich der Behandlung und Untersuchung liegt der normative Vorgabewert bei 1000 lx. Dieser kann in Abhängigkeit von der Eingriffsart und -stelle für den entsprechenden Bereich bis zu 5000 lx (in der Mundhöhle) betragen. Werte von 1000 - 5000 lx sind jedoch nur für sehr lokale Bereiche gefordert. Es wird keine Abwesenheit berücksichtigt.

Bei Fluren wird hinsichtlich der notwendigen Beleuchtungsstärke nach Anforderungen für den Tag und für die Nacht unterschieden. Während des Tages wird ein  $E_m$  von 200 lx gefordert. Für die nächtliche Ausleuchtung ist eine Beleuchtungsstärke von 50 lx notwendig. Daraus wird ein mittlerer, sinnvoller Wert abgeleitet, da es weder zielführend ist, ein separates „Nachtprofil“ für Flure anzulegen, noch den reduzierten Nachtwert angemessen zu berücksichtigen. Die relative Abwesenheit wird wie im Nutzungsprofil 19 der DIN V 18599-10 angegeben mit 0,8 angesetzt. Zwar werden Flure in Krankenhäusern stärker durch Patienten- und Besucherverkehr frequentiert, jedoch ist die tägliche Nutzungszeit von 0:00 – 24:00 Uhr angesetzt. Durch die deutlich geringere Nutzung während der Nacht ist ein  $C_A$  von 0,8 angemessen.

## 8.7 Personenbelegung

Die Personenbelegung wird über den Wert der maximalen Belegungsdichte ausgedrückt. Bei Betenzimmern werden die Angaben aus dem bestehenden Nutzungsprofil Nr. 10 aus DIN V 18599-10 als Vergleichswert herangezogen und angepasst. Die Angaben werden anhand üblicher Raumgrößen und Bettenzahlen ermittelt.

Tabelle 16: Durchschnittliche Größen von Standard-Bettzimmern

Zimmertyp	Typische Fläche [m <sup>2</sup> ]
Einbettzimmer	21,0
Zweibettzimmer	21,0
Dreibettzimmer	42,5

Unter Berücksichtigung der teilweisen Anwesenheit von Pflegepersonal werden für die abgestuften Belegungsdichten „gering, mittel, hoch“ die Zahlenwerte „19, 14, 10“ ermittelt und zugewiesen.

Im Spezialpflegebereich ist eine maximale Belegung mit zwei Patienten üblich. Ein entsprechendes Zweibettzimmer ist wegen der geräteintensiven Überwachung und Pflege deutlich größer. Das Pflegepersonal ist häufiger und dauerhafter anwesend und erhöht dadurch die Belegungsdichte etwas.

Tabelle 17: Durchschnittliche Größen von Bettzimmern des Spezialpflegebereiches am Beispiel der Intensivstation

Zimmertyp	Typische Fläche [m <sup>2</sup> ]
Einbettzimmer	20,0
Zweibettzimmer	35,0

Als geringe Belegungsdichte wird ein Wert von 17 m<sup>2</sup> je Person in Ansatz gebracht als hohe Belegungsdichte ein Wert von 13 m<sup>2</sup> je Person.

Bei den übrigen Räumen wird ebenfalls von typischen Raumgrößen ausgegangen. Während bei Behandlungs- und Untersuchungsräumen typischerweise der Patient und ein behandelnder Arzt oder eine Schwester (zeitweise beide) anwesend sind, hängt die Belegungsdichte im OP von der Art des Eingriffs und der damit verbundenen Größe des OP-Teams zusammen, welches i.d.R. aus 4 - 7 Personen bestehen kann.

Tabelle 18: Durchschnittliche Größen von Behandlungs- und Eingriffsräumen

Raum	Fläche [m <sup>2</sup> ]
Behandlung / Untersuchung	18,0
Eingriffsraum (septisch / aseptisch)	26,0
Spezialuntersuchungen (z.B. Links-Herz-Katheter Messplatz)	46,0
Operationsraum (Einzel-OP)	ca. 40,0

## 8.8 Wärmequellen

In die Berechnung der internen Wärmequellen wird die Wärmeabgabe durch Personen und infolge Gerätebenutzung einbezogen. Für Bettzimmer werden die Ansätze der spezifischen Wärmeleistung für Personen und Geräte sowie die Vollbetriebszeiten aus SIA 2024 und DIN V 18599-10 übernommen.

Der Spezialpflegebereich ist durch eine hohe Ausstattung an Überwachungsgeräten gekennzeichnet, die der permanenten Kontrolle der Patienten dienen. Dadurch ist der Anteil der gerätebedingten Wärmeabgabe deutlich erhöht. Die Bandbreite zwischen tiefer und hoher spezifischer Wärmeleistung resultiert aus der unterschiedlich hohen Gerätedichte in Ein- und Ausleitungsräumen (6,3 W/m<sup>2</sup>) sowie Aufwächerräumen und Bettzimmern der Intensivstationen (12,6 W/m<sup>2</sup>). Auch die Wärmeabgabe durch Personen ist etwas höher als im Normal-Pflegebereich, da neben dem liegenden Patienten regelmäßig Pflegepersonal mit einem höheren

Aktivitätsgrad anwesend ist. Die tiefe ( $3,8 \text{ W/m}^2$ ) und hohe ( $7,6 \text{ W/m}^2$ ) spezifische Leistung ist wie bei den Geräten in Anlehnung an [37] abgeleitet.

Das Spektrum an Untersuchungsräumen ist selbst innerhalb eines Krankenhauses relativ groß und reicht vom einfachen Untersuchungs- und Behandlungszimmer mit geringster Geräteausstattung bis hin zu speziellen Untersuchungsräumen mit hochtechnisierten Messapparaturen. Die Aktivitätsgrade sind ebenfalls in einem weiteren Bereich zu fassen, da neben leichten Tätigkeiten im Sitzen oder Stehen auch kleine Eingriffe mit entsprechend höherem Bekleidungsfaktor und Aktivitätsgrad. Die Angaben aus SIA 2024 für Behandlungsräume werden, v.a. bzgl. der Vollbetriebszeit, herangezogen.

Für Operationsräume ist generell festzustellen, dass eine allgemeingültige Festlegung der Anforderungsgrößen schwierig ist, da diese mit der Art des Eingriffs (bspw. Orthopädie, Neurochirurgie, Herzchirurgie, Unfall-/Notchirurgie) stark schwanken können. Deshalb sind die hier gemachten Vorschläge als Orientierungswerte zu verstehen, die bei einer Vielzahl von Fällen individuell angepasst werden müssen. Am konkretesten ist dabei die Wärmeabgabe durch Personen zu erfassen. Es wird davon ausgegangen, dass ein OP-Team aus 4 - 7 Personen bestehen kann (tiefer und hoher Wert für die spezifische Wärmeabgabe). Für die sterilen OP-Wickelmäntel kann mit einem Wert von ca.  $1,2 \text{ clo}$  gerechnet werden. Der Aktivitätsgrad kann bei großen orthopädischen Eingriffen bis zu  $2,4$  sein [39]. In Verbindung mit Tabelle A.13 aus DIN EN 13779:2007-09 und Ansätzen aus [35] lässt sich ein Wert für die Wärmeabgabe von  $90 \text{ W/Person}$  angesetzt. Dazu kommen jeweils  $60 \text{ W/Person}$  für den Patienten. Über die durchschnittliche Größe eines OP-Raumes von  $40 \text{ m}^2$  erhält man einen entsprechenden Bereich von  $11$  bis  $18 \text{ W/m}^2$ . Die notwendige Geräteausstattung ist von der Art des Eingriffs abhängig. Neben der Grundausstattung mit Narkosegerät und EDV-Basiseinheit kommen unterschiedliche Geräte, wie z.B. ein MIC-Turm (für minimalinvasive Eingriffe), Mikro- / Makro-Kameras, Wärmeschränke / Wärmeeinheiten u.a., hinzu.

## 8.9 Trinkwarmwasser

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird in Anlehnung an Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 aus [50] übernommen. Für Bettzimmer im Krankenhaus wird dabei ein nutzungsbezogener Wert von  $6 \text{ kWh}$  je Bett und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von  $400 \text{ Wh/(m}^2\text{-d)}$  als Richtwert angegeben. Bezugsfläche ist dabei die Fläche der Bettzimmer.

Es kann davon ausgegangen werden, dass außer für das OP-Personal kein Trinkwarmwasserbedarf für das Duschen besteht. Insgesamt handelt es sich im Hinblick auf die übrigen energetischen Größen im Krankenhaus um eine vernachlässigbare Größe, so dass kein Wert angegeben wird.

## 9 Gewerbliche und industrielle Hallen für Fertigung, Montage und Lagerung

In DIN V 18599-10:2007-02 existieren zwei Nutzungsprofile, die namentlich auf die Anwendung für die o.g. Bereiche hinweisen. Es handelt sich um das Nutzungsprofil 20 „Lager – Technik, Archiv“ und das Profil 22 „Werkstatt – Montage, Fertigung“. Teil des hier bearbeiteten Auftrages ist die Überprüfung dieser Profile auf Stimmigkeit und Anwendbarkeit für die Bewertung von Hallen für Lagerung und Montage.

Als erster Hinweis lässt sich feststellen, dass Profil 20 (Lager – Archiv, Technik) für eine Lagerhalle, z.B. eine Logistikhalle, nicht anwendbar ist, sondern deutlich auf kleinere Lager- und Technikräume innerhalb eines Nicht-Wohngebäudes, wie die genannten Spezifizierungen Archiv und Technik andeuten, abzielt.

Das Nutzungsprofil 22 (Werkstatt – Montage, Fertigung) stellt einen ersten Ansatz zur Definition der Randbedingungen für Montage- und Fertigungsstätten dar. In einigen Punkten, wie z.B. den Nutzungszeiten, den Raumkonditionen und dem Mindestaußenluftvolumenstrom muss eine Anpassung erfolgen. Im Ergebnis wurden daraus neue Nutzungsprofile abgeleitet.

Das Spektrum an Produktions- und Fertigungsstätten ist sehr vielfältig, was aufgrund technologischer und produktspezifischer Anforderungen eine ebenso breite Spanne hinsichtlich der festzulegenden Randbedingungen erzeugt.

Grundsätzlich können Hallen nach ihrer Nutzung in Lager- oder Produktionshallen unterschieden werden. Hallen können hinsichtlich der Art der Nutzung und der Produktionsform für eine große Anzahl von Personen konzipiert sein oder durch einen hohen Automatisierungsgrad des Fertigungsprozesses nur eine geringe Personendichte aufweisen.

Weiterhin kann danach unterschieden werden, ob bei der Lagerung oder Verarbeitung von Materialien Schadstoffe frei werden und diese die maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) überschreiten oder aus anderen, z.B. technologischen Gründen eine Versorgung der Halle mit einer raumlufttechnischen Anlage notwendig ist. Ansonsten ist bei „normalen“ Fertigungs- und Lagerhallen von einer natürlichen Belüftung auszugehen [A27].

Die Höhe einer Halle hat nicht nur einen Einfluss auf die energetische Bewertung solcher Gebäude, sondern ist auch bei der Festlegung bestimmter Randbedingungen von Bedeutung. Genannt werden sollen in diesem Zusammenhang der Raumindex  $k$  und der flächenbezogene Wert des Mindestaußenluftvolumenstroms. Hallenhöhen können in einem Bereich von 4 m (z.B. kleinere Fertigungsbetriebe, wie Tischlereien, KfZ-Werkstätten) bis zu 18 m (Hochregallager, spezielle Großfertigungshallen) variieren.

Hinsichtlich der Nutzungszeit kann eine Differenzierung nach dem Umfang des Schichtbetriebs erfolgen. Zu unterscheiden ist dabei nach 1-schichtiger, 2-schichtiger und 3-schichtiger Produktion [A27].

Mit der Art, dem Umfang und der Anzahl der zum Einsatz kommenden Maschinen und Anlagen variiert die Größe der gerätebedingten Wärmeabgabe stark. Dazu kommen interne Wärmequellen und Wärmesenken durch Produktionsgüter. Zu nennen wären bspw. erhitzter Stahl in Walzwerken sowie flüssiger Stahl in Gießereien oder die Schmelze in der Glasindustrie als Wärmequellen. Eine enorme Wärmesenke, die zudem einen Einfluss auf die Behaglichkeit und die Arbeitsbedingungen hat, ist z.B. ein bei Minusgraden gefahren Zug, der zur Reparatur oder Wartung in eine entsprechende Montagehalle einfährt.

Ein weiteres Differenzierungskriterium ist die Art und Schwere der in der Halle ausgeführten Tätigkeiten. Daran geknüpft sind entsprechende Aktivitätsgrade, die neben der Anforderungen an die Temperatur- und Luftfeuchtgrenzen die Größe der personenbedingten internen Wärmemengen bestimmen.

Letztlich hat die Art der Tätigkeit ebenso Einfluss auf den geforderten Wartungswert der Beleuchtungsstärke.

Aus der Vielfalt an Unterscheidungsmerkmalen wird deutlich, dass eine umfassende Abbildung der möglichen Arten von Lager- und Fertigungshallen in Form weniger standardisierter Nutzungsprofile nicht umsetzbar ist. Es lassen sich jedoch grundsätzliche Ansätze erfassen, die eine Hilfe bei der energetischen Bewertung darstellen und die Ableitung eigener, sinnvoller Nutzungsprofile ermöglichen.

### 9.1 Gliederung der Hallentypen

Um die Vielzahl möglicher Hallentypen und -nutzungen in einem praktikablen und überschaubaren Umfang abbilden zu können, wird eine grobe Differenzierung vorgeschlagen. Erste Gliederungsstufe ist, wie bereits grundsätzlich formuliert, die Unterscheidung zwischen Hallen für Lagerung und solchen für Fertigung und Montage.

Lagerhallen können danach unterschieden werden, ob die eingelagerten Güter eine Temperierung  $\geq 12\text{ °C}$  benötigen oder ob die Frostfreiheit die einzige temperaturrelevante Anforderung ist.

Für Montage- und Fertigungshallen wird in Anlehnung an SIA 2024 als nächste Gliederungsstufe eine Unterscheidung zwischen grober und feiner Arbeit vorgenommen.

Für die so festgelegten Produktionsarten kann jeweils eine Differenzierung nach 1-, 2- und 3-schichtigem Betrieb sinnvoll sein. Ein weiteres Kriterium ist die Festlegung der Anzahl an Wochenarbeitsdagen.

### 9.2 Nutzungs- und Betriebszeiten

Da die Lagerung von Gütern ein permanenter Prozess ist, wird für Lagerhallen von einer täglichen, 24-stündigen Nutzungs- und Betriebszeit ausgegangen. Die damit nicht notwendigerweise deckungsgleiche Anwesenheit von Personen muss entsprechend über die relative Abwesenheit bei der Beleuchtung und den Vollnutzungsstunden der personenabhängigen internen Wärmequellen berücksichtigt werden.

Tabelle 19: Nutzungszeiten und -tage für Montage- und Fertigungshallen

Schichtsystem	Nutzung Beginn	Nutzung Ende	Nutzungstage / Jahr
1-schichtig	7:00	16:00	250
2-schichtig	6:00	22:00	250
3-schichtig	0:00	24:00	365

angesetzt wird.

Die Nutzungszeiten von Montage- und Fertigungshallen werden auf Grundlage des Vorschlages des NHRS NA 041-01-01 AA übernommen. Für den ein- und zweischichtigen Betrieb wird von einer 5-Tage-Woche ausgegangen, während bei dreischichtigem Betrieb eine 7-Tage-Woche

### 9.3 Raumklima

Die raumklimatischen Bedingungen sind häufig nicht von den menschlichen Behaglichkeitskriterien abhängig, sondern resultieren aus den Anforderungen der Produkte und Fertigungsverfahren. Für Personen ist ein Bereich der relativen Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Art der Tätigkeit von 20 – 70 % zulässig, wobei Schwankungen tolerabel sind.

Tabelle 20: Relative Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Art der Tätigkeit nach Behaglichkeitskriterien [44]

Art der Tätigkeit	Luftfeuchte in %		
	Min.	Opt.	Max.
Leichte Handarbeit im Sitzen	40	50	70
Leichte Arbeit im Stehen	40	50	70
Schwerarbeit	30	50	70
Schwerstarbeit	30	50	70
Hitzearbeit (strahlungsbelastet)	20	35	60

Innerhalb dieser Bereiche können mehr oder weniger enge Grenzen wegen der verarbeiteten Materialien oder der Produktionsverfahren liegen. So werden in Hallen der Textilindustrie, die zum Spinnen, Zwirnen und Weben dienen zwischen 60 und 70 % r. F. gefordert. Bei der Papierbearbeitung werden ebenfalls spezielle Anforderungen an die Luftfeuchte gestellt. Häufig wird ein Mindestwert der rel. Luftfeuchte von 45 % gefordert, um elektrostatische Aufladungen von Magnetbändern und Bauteilen zu vermeiden. In Verarbeitungsbetrieben z.B. der Elektronik oder Pharmazie werden häufig höhere Werte der Luftfeuchte gefordert, die zudem in engen Grenzen gehalten werden müssen.

#### 9.4 Raumtemperaturen

Tabelle 21: Lufttemperatur in Abhängigkeit von der Art der Tätigkeit nach Behaglichkeitskriterien [44]

Art der Tätigkeit	Lufttemperatur in °C		
	Min.	Opt.	Max.
Leichte Handarbeit im Sitzen	18	20	24
Leichte Arbeit im Stehen	17	18	22
Schwerarbeit	15	17	21
Schwerstarbeit	14	16	20
Hitzearbeit (strahlungsbelastet)	12	15	18

Für die Raumtemperaturen gibt es ebenfalls einen Zusammenhang zwischen der Art und Schwere der Tätigkeit und einem behaglichen Temperaturbereich wie folgende Tabelle zeigt.

Bezugnehmend auf die vorgeschlagene Unterteilung in feine und grobe Arbeit wird für Fertigungshallen mit feiner Arbeit (Leichte Arbeit im Sitzen und Stehen) eine Temperatur für den Heizfall von 19 °C vorgeschlagen. Schwere und schwerste Arbeiten, z. T. auch noch Hitzearbeiten als

grobe Arbeiten sind ab 17 °C anzusetzen.

Für Lager- und Logistikhallen schlägt der NHRS eine Raumtemperatur für das Nutzungsprofil für den Heizfall von 12 °C vor. In SIA 2024 wird für Lagerhallen eine Raumtemperatur im Winter von 18 °C angesetzt. In Anbetracht der Mindestwerte für leichte bis schwere Arbeiten könnte bei regelmäßiger Anwesenheit einer relevanten Personenzahl eine Temperatur von 17 °C akzeptabel sein.

Grundsätzlich soll nach ASR 6 die Lufttemperatur in Arbeitsräumen nicht höher sein als 26 °C. Bei Außentemperaturen, die höher sind als dieser Wert, sind Überschreitungen zulässig. Bei Hitzearbeitsplätzen, z.B. in Gießereien, sind aufgrund der technologisch bedingten Temperaturverhältnisse auch Temperaturen bis 30 °C tolerabel.

## 9.5 Mindestaußenluftvolumenstrom

Die Festlegung eines allgemeingültigen, standardisierten Mindestaußenluftvolumenstroms ist für Fertigungshallen praktisch nicht möglich, da die Bandbreite der möglichen Anforderungen zu groß ist. Für Lagerhallen sind, sofern keine MAK-Werte relevant sind oder Gerüche die Luftsituation verschlechtern, geringe Anforderungen einzuhalten.

Tabelle 22: Personenabhängige Außenluftvolumenströme in Arbeitsstätten nach deutschen und österreichischen Vorgaben

Grad der körperlichen Belastung	Außenluftvolumenstrom [m <sup>3</sup> /(h Person)]	
	ASR 5	[46]
gering	20 – 40	35
normal	40 – 60	50
hoch	über 65	70

lÜftungstechnische Anlagen vorhanden, definiert die ASR 5 personenbezogene Außenluftvolumenströme in Abhängigkeit von der Schwere der ausgeübten Tätigkeiten. Die ASR 5 stammt in Form der letzten Berichterstattung aus dem Jahr 1984, deckt sich aber im Wesentlichen mit aktuellen Anforderungen, die in Österreich gültig sind.

In SIA 2024 findet sich für die Nutzung „Lagerhalle“ ein Wert von 36 m<sup>3</sup>/(h Person), der sich, ausgehend von normaler körperlicher Belastung in diesem Bereich, ebenfalls in diesen Ansätzen wiederfindet.

DIN EN 13779:2007-09 verfolgt eine andere Differenzierung der Bereiche nach Raumkategorien. Ordnet man diese den o.g. Bereichen zu, liegen die darin angegebenen Standardwerte ebenfalls in einem Bereich von ca. 30 - 70 m<sup>3</sup>/(h Person).

Tabelle 23: Erfahrungswerte flächenbezogener Zuluftströme nach VDI 3802 (Auszug)

Produktionsbereich	Zuluftstrom [m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )]
Gießerei	
Sandaufbereitung	50 – 60
Schmelzbetrieb	90 – 140
Formguss	100 – 200
Druckguss	60 – 80
Umformtechnik	
Kaltformen	20 – 30
Warmformen	30 – 50
Mechanische Fertigung	20 – 75
Montage	20 – 30

Erfahrungswerte flächenbezogener Zuluftströme für verschiedene Produktionsbereiche, die als erste Ansätze gewertet werden.

Die begrenzte Auswahl an Produktionsbereichen bei gleichzeitig großer Bandbreite der Zuluftströme macht die Schwierigkeit einer standardisierten Angabe des Außenluftvolumenstroms deutlich. Wird eine RLT-Anlage für eine Fertigungsstätte geplant, werden die notwendigen Volumenströme jeweils auf Grundlage der technologischen Erfordernisse und Nutzerwünsche individuell festgelegt.

Eine grundlegende Schwierigkeit, allgemeine Festlegungen treffen zu können, besteht darin, dass hinsichtlich der Anforderungen, z.B. in der ASR 5, eine Differenzierung hinsichtlich des Vorhandenseins einer RLT-Anlage erfolgt. Wird die Arbeitsstätte frei belüftet, werden Forderungen hinsichtlich der Größe der Zuluft- und Abluftquerschnitte bezogen auf die Bodenfläche gestellt. Sind

lÜftungstechnische Anlagen vorhanden, definiert die ASR 5 personenbezogene Außenluftvolumenströme in Abhängigkeit von der Schwere der ausgeübten Tätigkeiten. Die ASR 5 stammt in Form der letzten Berichterstattung aus dem Jahr 1984, deckt sich aber im Wesentlichen mit aktuellen Anforderungen, die in Österreich gültig sind.

In SIA 2024 findet sich für die Nutzung „Lagerhalle“ ein Wert von 36 m<sup>3</sup>/(h Person), der sich, ausgehend von normaler körperlicher Belastung in diesem Bereich, ebenfalls in diesen Ansätzen wiederfindet.

DIN EN 13779:2007-09 verfolgt eine andere Differenzierung der Bereiche nach Raumkategorien. Ordnet man diese den o.g. Bereichen zu, liegen die darin angegebenen Standardwerte ebenfalls in einem Bereich von ca. 30 - 70 m<sup>3</sup>/(h Person).

Alle Angaben beziehen sich auf Nichtraucherbereiche und erhöhen sich entsprechend beim Vorhandensein von Raucherzonen.

Neben den personenbezogenen Ansätzen gibt es Anforderungen, die durch die Art der Produktionsbereiche begründet sind oder aus anderen Vorgaben resultieren. Ein Hinweis zu Werkstätten findet sich beispielsweise in [7]. Darin wird von einem Außenluftvolumenstrom von 15 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>) ausgegangen, wobei bemerkt wird, dass „freie Lüftung i.d.R. ausreichend“ ist.

VDI 3802 enthält in Tabelle 16

Die zuvor genannten Anforderungen müssen auf die anfänglich festgelegte Gliederung übertragen werden. In SIA 2024 finden sich Festlegungen des spezifischen Außenluftvolumenstroms für Produktionshallen als Bereich von 8,3 - 12,5 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h), wobei die Unterscheidung nach feiner und grober Arbeit dabei keine Auswirkungen hat. Das lässt darauf schließen, dass personenbezogene Anforderungen dadurch eingehalten werden und die technologischen Randbedingungen die Größenordnung bestimmen.

Bei einem konkreten Beispiel für eine Produktionsstätte in [45] wird bei Annahme hoher interner Lasten mit einem Außenluftvolumenstrom von 16,2 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> h) geplant (entspricht in etwa einem 1,5 fachen Luftwechsel).

Der NHRS weist auf die Schwierigkeit der Verwendung flächenbezogener Werte in Verbindung der stark unterschiedlichen Höhen von Hallen hin (4 - 18 m). Daraus resultiert aus dieser Gruppe der Vorschlag, statt dessen für den Mindest-Außenluftvolumenstrom Luftwechselraten vorzugeben. Im konkreten Fall von Lager- und Fertigungshallen wird ein 0,5facher Luftwechsel eingebracht. Dieser kann im Nutzungsprofil als Praxiswert berücksichtigt werden und stellt unter Berücksichtigung der zuvor festgestellten Anforderungen einen unteren Grenzwert dar.

## 9.6 Beleuchtung

Wie auch für den Bereich Gesundheitswesen sind die Vorgaben für beleuchtungsrelevante Details in DIN EN 12464-1:2003-03 – Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen zu finden. Darin sind neben dem Grad für Direktblendung (UGR) und dem Farbwiedergabe-Index R<sub>a</sub> auch die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke E<sub>m</sub> in Abhängigkeit von der Art des Raumes und der Art der Aufgabe oder Tätigkeit tabelliert. Für einen Raum können aufgrund verschiedener darin durchführbarer Aufgaben verschiedene Beleuchtungsstärken angegeben sein, was für die Festlegung eines Nutzungsprofils zwangsläufig zu einer daraus abgeleiteten Festlegung führt.

Der Bereich relevanter Beleuchtungsstärken für Lagerhallen sowie Fertigungshallen mit groben und feinen Tätigkeiten reicht von 100 lx bis zu 1000 lx (sehr feine Montagearbeiten in der Elektro-Industrie – Messinstrumentenmontage). Daraus werden für die Nutzungsprofile folgende Vorschläge abgeleitet. Für Lagerhallen werden 150 lx in Ansatz gebracht. Bei groben Arbeiten in Fertigungs- und Montagehallen ist von einer Beleuchtungsstärke von 300 lx auszugehen, bei feinen Arbeiten von 500 lx. Die Werte können in Bereichen des Lagers oder der Produktion auch höher liegen. Eine Prüfung ist jeweils vorzunehmen.

Der Raumindex k wird von der Geometrie des Raumes bestimmt. Gerade die Grundflächenabmessungen und Höhen von Lager- und Fertigungshallen können stark variieren. Nach Aussagen von [A27] kann dafür als durchschnittlicher Wert der Höhe von 8 m ausgegangen werden. Unter Berücksichtigung des Beispiels A.3.7 der DIN V 18599-4, bei dem ein h<sub>R</sub> von 12 m (bei Grundflächenmaßen von 31,5 x 47 m) angenommen wird, kann als mittlerer Wert ein Raumindex k von 2,0 angenommen werden. Dieser muss jedoch im Einzelfall, v.a. bei sehr großen Hallen, überprüft werden, da durchaus auch Werte bis zu 4,5 und größer möglich sind.

## 9.7 Personenbelegung

Die Anzahl von Personen in einer Lagerhalle ist bezogen auf die Fläche so gering, dass eine Angabe für das Nutzungsprofil als nicht sinnvoll erscheint.

Für Fertigungs- und Montagehallen ist eine große Bandbreite möglich. Diese hängt mit dem unterschiedlichen Automatisierungsgrad und der verfahrens- und produktabhängigen Größe der Halle zusammen. Für feine Arbeiten, die einen entsprechend geringen Bewegungsfreiraum

benötigen wird in Anlehnung an SIA 204 ein Bereich von 8 bis 12 m<sup>2</sup>/Person für die Belegungsdichte vorgeschlagen.

Bei Produktionshallen in denen grobe und schwere Tätigkeiten ausgeführt werden darf die Bewegungsfreiheit nicht zu stark eingeschränkt sein. Es ist davon auszugehen, dass für die Material- und Güterbewegung ausreichend Platz zur Verfügung stehen muss, so dass die Belegungsdichte geringer sein muss als bei feiner Produktion. In Anlehnung an das vorhandene Profil 22 des Teils 10 der DIN V 18599 werden die dort gemachten Angaben mit 15 bis 25 m<sup>2</sup>/Person übernommen.

## 9.8 Wärmequellen

In die Berechnung der internen Wärmequellen wird die Wärmeabgabe durch Personen und infolge Gerätebenutzung einbezogen.

Während sich für die personenbedingten internen Wärmegewinne konkrete Ansätze in DIN EN 13779 und VDI 3802 finden lassen, sind die Angaben für gerätebedingte Wärmegewinne in VDI 3802 sehr pauschal gefasst. Konkrete praktische Angaben konnten nicht eruiert werden, weil das Spektrum zu groß ist und entsprechende Informationen nicht zu bekommen sind. Einziger möglicher Ansatz für die individuelle Erfassung ist die elektrische Anschlussleistung. Über den Maschinenwirkungsgrad ließen sich entsprechende Werte ermitteln, nur ist dieser praktisch nicht in Erfahrung zu bringen.

Werden in der Praxis RLT- Anlagen oder eine Klimatisierung für eine Produktionshalle vorgesehen, wird die Kühllast jeweils im konkreten Fall für die Anlagenplanung ermittelt. Dazu muss dann die entsprechende Geräteausstattung und –dichte bekannt sein, um die Wärmeabgabe zu bestimmen.

Tabelle 24: Erfahrungswerte für Wärmelasten nach VDI 3802

Produktionsbereich	Wärmelasten [W/m <sup>2</sup> ]
<b>Gießerei</b>	
Schmelzbetrieb	300 – 500
Formguss	300 – 400
Druckguss	200 – 300
Putzerei	ca. 100
<b>Umformtechnik</b>	
Kaltumformen	100 – 200
Warmumformen	150 - 300

Für die Nutzungsprofile ergibt sich daraus folgende Vorgehensweise. Die pauschalen Ansätze aus dem vorhandenen Profil 22, die ihrerseits aus VDI 3802 stammen, werden als grundlegender Ansatz übernommen. Die Angaben beziehen sich auf den Fertigungsbereich „Montage“ und sind mit 25 - 45 W/m<sup>2</sup> angegeben. Der obere Wert deckt sich mit Angaben in [45], wo für eine konkrete Produktionshalle eine innere Wärmelast von 46 W/m<sup>2</sup> ermittelt und als „sehr hoch“

eingestuft wird. Für das konkrete Objekt, ist das vorhandene Potenzial aufgrund des Produktionsbereiches und der Produktionsart mit diesen Grundwerten abzugleichen und ggf. anzupassen. Um die Größenordnung des Spektrums aufzuzeigen, sind im Folgenden Erfahrungswerte aus der VDI 3802 genannt.

Für die personenbedingte Wärmeabgabe wird für Fertigungsstätten mit feinen Arbeiten, also leichte Tätigkeiten im Sitzen oder Stehen, in Anlehnung an Tabelle A.13 (DIN EN 13779) ein Wert der sensiblen Wärmeabgabe von 80 W/Person zugrunde gelegt. Für grobe Arbeiten, die schwere bis schwerste Tätigkeiten im Stehen inklusive Maschinenarbeiten umfassen, kann von einer Wärmeabgabe von 100 W/Person ausgegangen werden. Diese Werte werden in Anlehnung an SIA 2024 und DIN V 18599 in Bezug zur Belegungsdichte gebracht, da konkrete Informationen über die Anzahl an Beschäftigten in den festgelegten Kategorien nicht vorliegen.

## 9.9 Trinkwarmwasser

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird bei Fertigungshallen in Anlehnung an Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 aus [50] übernommen. Für Industriebetriebe wird dabei für Waschen und Duschen ein nutzungsbezogener Wert von 1,8 kWh je Beschäftigten und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von 90 Wh/(m<sup>2</sup> d) als Richtwert angegeben.

Für Lagerhallen wird kein Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser angesetzt.

## 10 Werte der erstellten und vom Normungsausschuss aufgenommenen Nutzungsprofile

### 10.1 Werte für das Nutzungsprofil Saunabereich

#### 10.1.1 Definition

Gesamtangebot zur Nutzung einer Sauna- Anlage einschließlich von Neben- und Ergänzungseinrichtungen. Ohne größere, nicht saunaspezifische Wasserflächen ( $< 15 \text{ m}^2$ ).

#### 10.1.2 Nutzungs- und Betriebszeiten

Festgelegt aus den Öffnungszeiten der untersuchten Saunen wurde die Nutzungszeit von 10:00 bis 22:00 Uhr.

#### 10.1.3 Raumklima

Die Raumtemperatur beträgt außerhalb der Saunakabine  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  für die Räume des Saunabereichs, nach den Richtlinien für den Bau von Saunaanlagen [15].

#### 10.1.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Der Außenluftvolumenstrom wird auf  $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  festgelegt.

#### 10.1.5 Beleuchtung

Nach Angaben von [A9] sind es  $200 \text{ lx}$  außerhalb der Saunakabine.

#### 10.1.6 Personenbelegung

Die Belegungsdichte wird mit  $12 \text{ m}^2$  pro Person berechnet.

#### 10.1.7 Wärmequellen

Die Wärmeabgabe der internen Wärmequellen (Saunaofen) beträgt nach eigenen Berechnungen  $= 50 \text{ W/m}^2$ .

#### 10.1.8 Trinkwarmwasser

Es wird ein flächenbezogener Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser von  $235 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  ermittelt.

### 10.2 Werte für das Nutzungsprofil Fitnessraum

#### 10.2.1 Definition

Fitnessräume sind Trainingsräume für den Breiten- und Freizeitsport. Krafräume dienen dem individuellen und spezifischen Krafttraining.

#### 10.2.2 Nutzungs- und Betriebszeiten

Die Öffnungszeiten von 8:00 – 23:00 Uhr wurden aus den vorgefundenen Beispielen festgelegt.

#### 10.2.3 Raumklima

Die Raumtemperatur beträgt  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### **10.2.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Eine Grundvoraussetzung ist der zugfreie Austausch verbrauchter Luft. In Konditions- und Krafräumen ist eine Außenluftrate von 100 m<sup>3</sup>/h je Trainingsstation, in Fitnessräumen eine Außenluftrate von 60 m<sup>3</sup> / h je Sportler zugrunde zu legen.

In [18] nach [2] wird der Wert 100 m<sup>3</sup>/h je Gerätestation für den Außenluftvolumenstrom für Konditions- und Krafräume angegeben.

#### **10.2.5 Beleuchtung**

Es ist eine Nennbeleuchtungsstärke direkt über dem Boden von 300 lx erforderlich. Der Raumindex nach [12] beträgt  $k = 2,0$ .

#### **10.2.6 Personenbelegung**

Die mittlere Belegungsdichte von 5 m<sup>2</sup> je Person wurde nach [12] gewählt.

#### **10.2.7 Interne Wärmequellen**

Da der Aktivitätsgrad in Fitnesshallen hoch ist, wird von einer Wärmeabgabe von 110 W für jede Person ausgegangen.

#### **10.2.8 Weitere Nutzungen**

Verwendung des bereits vorhandenen Nutzungsprofils der DIN V 18599:2007-02 Teil 10 Nr. 16: *WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden*.

#### **10.2.9 Warmwasserbedarf Duschen**

Durchschnittlicher Warmwasserverbrauch von 40 Litern pro Person [12]. Dies ergibt einen flächenbezogenen Nutzenergiebedarf für die Trinkwarmwassererwärmung von 300 Wh/m<sup>2</sup> und Tag bezogen auf die Hauptnutzung.

### **10.3 Werte für das Nutzungsprofil Labor**

#### **10.3.1 Definition [A18]**

Kurzform von Laboratorium; ein Labor(raum) im Sinne dieser Norm ist ein räumlich definierter Bereich mit spezifischen technischen Anforderungen an die Lüftung.

Die Fläche der Schreibtischarbeitsplätze gehört nicht Labornutzfläche, wenn diese raumluftechnisch abgetrennt ist.

Das Labor fällt unter die allgemeinen Bestimmungen an Lüftungseinrichtungen für Laboratorien siehe [BGR 120: 2008-03, 1946-7:1992-06].

#### **10.3.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Für Laboratorien ergeben sich unter Berücksichtigung einer 5-Tage Woche 250 Nutzungstage im Jahr.

- Die täglichen Betriebsstunden von RLT und Kühlung teilen sich auf in Betriebszeiten mit Normalbetrieb bei Anwesenheit von Personen

sowie in

- Betriebszeiten außerhalb der Anwesenheit durch Personen

Die Nutzungszeiten durch Personen sind von 7:00 – 18:00 Uhr.

Die RLT- Anlage läuft während der Nutzungszeit im Normalbetrieb. In der Zeit von 18:00 – 7:00 Uhr läuft die Anlage im abgesenkten Betrieb mit 50 % des Luftvolumenstroms.

### 10.3.3 Raumklima

Die Raumlufttemperatur in mit RLT- Anlagen belüfteten Räumen, soll mindestens 22 °C betragen. Eine Einhaltung der Raumtemperatur von 22 °C - 27 °C wird empfohlen. Für die Nutzung Labor wird eine Absenkung des Sollwertes um 4 K vorgenommen.

### 10.3.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Im Aufenthaltsbereich von Laboratorien müssen die freigesetzten Gefahrstoffe soweit abgeführt und verdünnt werden, dass eine Gesundheitsgefährdung über die Atemluft vermieden wird. Es werden Zuluft- und Abluftanlagen eingesetzt. Für Laborräume beträgt der erforderliche Abluftvolumenstrom mindestens  $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  bezogen auf die Hauptnutzfläche. Die Zuluft besteht aus 100 % Außenluft. Außerhalb der Aufenthaltszeit von Personen kann dieser Luftvolumenstrom reduziert werden.

Bei vorhandenen Laboratorien kann der Außenluftvolumenstrom erheblich über dem 8 fachen Luftwechsel ( $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ) liegen.

Die Erfahrungswerte für den stündlichen 8 – 15 fachen Luftwechsel sind aus [11] entnommen.

### 10.3.5 Beleuchtung

Es ist eine Beleuchtungsstärke von 500 lx im Gesichtsfeld vorzusehen.

Eine lichte Raumhöhe von 3,00 m ist für die Installation von Abzügen notwendig. Die Höhe der Nutzebene wird auf 1,0 m festgelegt, da Laborarbeit oft stehend ausgeübt wird.

### 10.3.6 Personenbelegung

Die Belegungsdichte wird aus dem vorhandenen Profil Nr. 2 *Gruppenbüro* der DIN V 18599:2007-02 Teil übernommen.

### 10.3.7 Wärmequellen

In Laboratorien gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Wärmequellen, als Mittelwert sind es  $18 \text{ W/m}^2$  nach [23] für die Arbeitshilfen. Die Wärmeabgabe der Personen in einem Labor beträgt 90 W.

### 10.3.8 Trinkwarmwasser

Es konnte kein Durchschnittswert für Warmwasser ermittelt werden. Der Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser wird auf den Wert von Bürogebäuden von 0,4 kWh je Person und Tag festgelegt. Beträgt der tägliche der Nutzenergiebedarf weniger als 0,2 kWh je Person und Tag, so ist dieser zu vernachlässigen. Dies ist zum Beispiel der Fall in Laboratorien mit einzelnen Trinkwarmwasser- Zapfstellen.

## 10.4 Werte für das Nutzungsprofil Untersuchungs- und Behandlungsräume

### 10.4.1 Definition

Untersuchungsräume und Räume für kleine Eingriffe (nach RKI-Richtlinie) werden nach [38] in die Raumklasse II eingestuft, so dass hygienisch-mikrobiologisch geringere Anforderungen als im OP gelten.

#### **10.4.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Bei den Nutzungszeiten wird von einem „Normalbetrieb“ ausgegangen und die Nutzungszeit von 7:00 – 18:00 Uhr festgelegt. Diese gelten von Mo – Fr. Heiz- und Kühlbetrieb werden mit zwei Stunden Vorlauf angesetzt, so dass dafür von 5:00 – 18:00 Uhr bewertet werden sollte.

#### **10.4.3 Raumklima**

Raumklimatisch gelten die gleichen Grundlagen wie bei OP-Räumen, wobei der Temperaturbereich hier mit 22 - 26 °C vorgegeben ist. Für Entbindungsräume ist eine Mindesttemperatur von 24 °C anzusetzen.

#### **10.4.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Wegen der „üblichen“ Anforderungen an die Keimarmut (RK II) liegt der Außenluftvolumenstrom mit 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) deutlich niedriger als der für die OP-Bereiche.

#### **10.4.5 Beleuchtung**

Nach [8] liegt der Wertungswert der Beleuchtungsstärke bei 500 lx. Diese Vorgabe wird ebenfalls übernommen.

#### **10.4.6 Personenbelegung**

Für Untersuchungsräume und solche für kleine Eingriffe wird von einem behandelnden Arzt und/oder einer anwesenden Schwester ausgegangen. Unter Einbeziehung des Patienten ergeben sich Belegungsdichten von 8 - 5 m<sup>2</sup>/Person.

#### **10.4.7 Wärmequellen**

Für die Festlegung der Wärmequellen wird bei den personenbezogenen Werten von 70 W/Person ausgegangen.

Die Geräteausstattung kann in einem weiten Bereich vom einfacher Untersuchungsraum bis zu denen für Spezialuntersuchungen reichen. Damit verbunden ist auch eine Zunahme des Platzbedarfs und damit der Raumgröße, so dass die vorgeschlagenen flächenbezogenen Werte von 4 - 10 W/m<sup>2</sup> stimmig sind.

#### **10.4.8 Trinkwarmwasser**

Für Untersuchungs- und Eingriffsräume wird kein Trinkwarmwasserbedarf angesetzt.

### **10.5 Werte für das Nutzungsprofil Bettzimmer**

#### **10.5.1 Definition**

In weiten Bereichen sind die Angaben aus dem vorhandenen Nutzungsprofil 10 aus DIN V 18599-10:2007-02 übernommen. In einigen Punkten sind Anpassungen erfolgt.

#### **10.5.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Für Bettzimmer ist wie bisher von einer durchgängigen Nutzungszeit von 0:00 – 24:00 Uhr und 365 Tagen im Jahr auszugehen.

#### **10.5.3 Raumklima**

Bei den Temperaturen ist die Raum-Solltemperatur Heizung in Anlehnung an [38] leicht auf 22 °C erhöht wurden. 24 °C sind für den Kühlfall anzusetzen.

#### **10.5.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Dieser wird bezogen auf die bisherigen Forderungen leicht auf  $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  erhöht, um den normativ geforderten [38], deutlich höheren Werten Rechnung zu tragen.

#### **10.5.5 Beleuchtung**

Der vorgeschlagene Wert der Beleuchtungsstärke beträgt 300 lx.

#### **10.5.6 Personenbelegung**

Die Belegungsdichte ist in erster Linie vom Zimmertyp abhängig. Diese variiert bei Ein- bis Dreibettzimmern zwischen 19 und  $10 \text{ m}^2/\text{Person}$ . Dabei ist die teilweise Anwesenheit von Pflege- und Behandlungspersonal grob berücksichtigt.

#### **10.5.7 Wärmequellen**

Die Wärmeabgabe durch Personen wird mit  $4 - 6 \text{ W/m}^2$  angenommen. Für gerätebedingte Wärmequellen werden  $2 - 6 \text{ W/m}^2$  vorgeschlagen. Die Werte ergeben sich in Anlehnung an [12] und das bestehende Profil 10.

#### **10.5.8 Trinkwarmwasser**

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird in Anlehnung an Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 aus [50] übernommen. Für Bettzimmer im Krankenhaus wird dabei ein nutzungsbezogener Wert von  $6 \text{ kWh}$  je Bett und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von  $400 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$  als Richtwert angegeben. Bezugsfläche ist dabei die Fläche der Bettzimmer.

### **10.6 Werte für das Nutzungsprofil Spezialpflegebereiche**

#### **10.6.1 Definition**

Mit diesem Profil lassen sich Aufwachräume, Räume der Spezial- und Frühgeborenenpflege sowie Intensivstationen gesamtenergetisch bewerten. Bei einigen Punkten treten zwischen den einzelnen Funktionsstellen Unterschiede auf, die entsprechend gekennzeichnet sind. Die Zusammenfassung der Bereiche resultiert aus einer Kombination der funktionalen Gliederung mit den Vorgaben hinsichtlich der hygienischen und raumklimatischen Anforderungen aus [38].

#### **10.6.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Es wird von einer durchgängigen Nutzungszeit von 0:00 – 24:00 Uhr und 365 Tagen im Jahr ausgegangen.

#### **10.6.3 Raumklima**

Bei den Temperaturen ist die Raum-Solltemperatur Heizung mit  $24 \text{ °C}$  aus [38] entnommen. In Aufwachräumen innerhalb der OP-Abteilung soll die gleiche Temperatur wie im OP selbst herrschen. Für die Kühlung wird von max.  $26 \text{ °C}$  ausgegangen.

#### **10.6.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Aus [38] ergibt sich aufgrund der Einstufung der Räume in RK I ein Mindestaußenluftvolumenstrom von  $30 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ . Abweichend davon werden für die Frühgeborenenpflege nur  $15 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  angesetzt.

### **10.6.5 Beleuchtung**

Wie bei den „normalen“ Bettzimmern erfolgt eine Mittlung und Wichtung der Anforderungen. Wegen des hohen Anteils an Untersuchung und Betreuung mit einer geforderten Beleuchtungsstärke von 1000 lx wird ein Wert von 300 lx vorgeschlagen.

### **10.6.6 Personenbelegung**

Die Ansätze sind ähnlich denen der Bettzimmer, wobei für Zwei- und Dreibettzimmer mehr Fläche zur Verfügung steht. Wie zuvor beschrieben ist häufiger Personal anwesend, so dass die Belegungsdichte zwischen 17 und 13 m<sup>2</sup>/Person etwas höher angesetzt wird.

### **10.6.7 Wärmequellen**

Die spezifische Wärmeabgabe durch Personen wird mit 4 - 8 W/m<sup>2</sup> etwas höher als im normalen Bettzimmer angenommen [37]. Für gerätebedingte Wärmequellen werden 6 - 13 W/m<sup>2</sup> vorgeschlagen. Die Werte ergeben sich ebenfalls aus [37] und spiegeln die geräteintensive Permanentüberwachung wieder.

### **10.6.8 Trinkwarmwasser**

Es wird der gleiche Ansatz wie zuvor für Bettzimmer im Krankenhaus gewählt. Damit wird ein nutzungsbezogener Wert von 6 kWh je Bett und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von 400 Wh/(m<sup>2</sup> d) als Richtwert angesetzt. Bezugsfläche ist dabei die Fläche der Spezialpflegezimmer.

Für Aufwachräume ist kein Bedarf an Trinkwarmwasser anzusetzen.

## **10.7 Werte für die Nutzungsprofile Flure des allgemeinen Pflegebereichs**

### **10.7.1 Definition**

Flure als notwendige Verkehrswege sind in Teil 10 der DIN V 18599:2007-02 bereits definiert. Flure im Krankenhaus weichen jedoch hinsichtlich der Anforderungen für die Raumtemperaturen, den Außenluftvolumenstrom und die Beleuchtungsstärke sowie hinsichtlich der Nutzungszeiten davon ab.

### **10.7.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Es wird von einer durchgängigen Nutzungszeit von 0:00 – 24:00 Uhr und 365 Tagen im Jahr ausgegangen.

### **10.7.3 Raumklima**

Im Normalpflegebereich sind Temperaturen von 22 - 26 °C anzusetzen.

### **10.7.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Für den Normalpflegebereich wird in [38] ein Wert von 10 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h) gefordert, der neben der hygienischen Notwendigkeit auch mit relativ großen Flurlängen im Gebäudeinneren und der damit verbundenen Notwendigkeit einer RLT-Anlage begründet wird..

### **10.7.5 Beleuchtung**

In diesem Bereich müssen die Flure während der kompletten 24-stündigen Nutzungszeit beleuchtet sein. Abweichend von den in [8] geforderten 200 lx während des Tages, müssen nachts 50 lx zur Verfügung stehen. Ein Nachbetrieb lässt sich jedoch nicht darstellen, weshalb ein gemittelter Wert von 125 lx vorgeschlagen wird. Die relative Abwesenheit wird unter Berücksichtigung des verminderten nächtlichen Verkehrs bei 24-stündiger Nutzungszeit wie im vorhandenen Profil 19 mit 0,8 angesetzt.

### **10.7.6 Personenbelegung**

Die Angabe einer Belegungsdichte ist nutzungsbedingt nicht möglich und auch nicht sinnvoll.

### **10.7.7 Wärmequellen**

Die Angabe Wärmequellen ist nutzungsbedingt nicht möglich und auch nicht sinnvoll.

### **10.7.8 Trinkwarmwasser**

In diesem Bereich fällt kein Trinkwarmwasserbedarf an.

## **10.8 Werte für das Nutzungsprofil Arztpraxen und Therapeutische Praxen**

### **10.8.1 Definition**

Da es für diesen Bereich nicht jedem Fall spezielle normative Anforderungen gibt, aus denen sich die energetisch relevanten Größen ableiten lassen, ist dieses Nutzungsprofil aus zuvor beschriebenen Nutzungsprofilen der Funktionseinheit Krankenhaus abgeleitet.

### **10.8.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Als übliche Nutzungszeit wird von einer 5-Tage-Woche mit Öffnungszeiten zwischen 8:00 und 18:00 Uhr ausgegangen. Die anlagentechnischen Betriebszeiten werden mit 2 Stunden Vorlaufzeit angenommen.

### **10.8.3 Raumklima**

Die Raumtemperaturen werden in Anlehnung an die Untersuchungs- und Behandlungsräume mit 22 - 24 °C angenommen. Hierbei kann von einem um 4 K reduzierten Nachbetrieb ausgegangen werden.

### **10.8.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Die Anforderungen sind etwas geringer als im Untersuchungsbereich der Krankenhäuser. Zum größten Teil werden Praxen frei belüftet, wobei ein häufigerer Luftwechsel als in einem normalen Bettzimmer angemessen ist. Es wird ein Wert von 10 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>) vorgeschlagen.

### **10.8.5 Beleuchtung**

Für Praxen bzw. Untersuchungsräume und solche für therapeutische Anwendungen, werden in [8] als Wertungswert der Beleuchtungsstärke 500 lx vorgeschrieben. Diese Vorgabe wird übernommen.

### **10.8.6 Personenbelegung**

Beide Bereiche können bzgl. der Relevanz auf die jeweiligen Behandlungsräume bezogen werden. Ausgehend von durchschnittlich 18 m<sup>2</sup> Raumgröße und der Anwesenheit eines Patienten und einer behandelnden Person ergeben sich Belegungsdichten zwischen 16 und 7 m<sup>2</sup>.

### **10.8.7 Wärmequellen**

Die spezifische Wärmeabgabe durch Personen ergibt sich entsprechend unter Berücksichtigung der nicht permanenten Anwesenheit zweier Personen. Für gerätebedingte Wärmequellen werden 3 - 7 W/m<sup>2</sup> vorgeschlagen. Die Spanne reicht von Arztpraxen, die nur über EDV-Ausstattung und ähnlich zu wertende Geräte verfügen, bis hin zu radiologischen Praxen, für die wieder separate Überlegungen bzgl. der gerätebedingten Wärmequellen angestellt werden müssen.  
Trinkwarmwasser

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird in Anlehnung an Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 aus [50] übernommen. Es wird dazu der Wert für Bürogebäude herangezogen, da bei Praxen bzgl. des Warmwasserbedarfs ein ähnliches Verhalten anzunehmen ist. Dabei wird ein nutzungsbezogener Wert von 0,4 kWh je Beschäftigten und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert

von 30 Wh/(m<sup>2</sup>·d) als Richtwert angegeben. Bezugsfläche ist die für Behandlungen und Untersuchungen relevante Fläche der jeweiligen Praxis.

## **10.9 Werte für das Nutzungsprofil Lagerhallen, Logistikhallen**

### **10.9.1 Definition**

Aus dem Namen des Profils ableitbar, handelt es sich bei den hier betrachteten Gebäuden um Hallen zur Lagerung von Waren und Stoffen, die dort auch umgeschlagen werden.

### **10.9.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Bestimmungs- und zweckgemäß wird davon ausgegangen, dass entsprechende Gebäude aus Gründen der Wirtschaftlichkeit permanent betrieben werden. Daraus ergeben sich 365 jährliche Nutzungstage mit täglicher Nutzungszeit von 0:00 – 24:00 Uhr.

### **10.9.3 Raumklima**

Die Raum-Solltemperatur für den Heizfall wird mit 12 °C angesetzt. Es handelt sich dabei um einen angemessenen Wert unter Berücksichtigung der im Text gemachten Ausführungen.

### **10.9.4 Mindestaußenluftvolumenstrom**

Angenommen wird in Anlehnung an [27] ein flächenbezogener Wert von 1,0 m<sup>3</sup>/(h m<sup>2</sup>). Die Anwesenheit von Personen erfordert für Arbeitsstätten einen Wert von 36 m<sup>3</sup>/(h Person). Der jeweils relevante Wert ist zu wählen.

### **10.9.5 Beleuchtung**

Für Lagerhallen wird ein durchschnittlicher Wert von 150 lx in Ansatz gebracht. Er ist das Resultat aus den in [8] geforderten Werten für verschiedene Tätigkeitsbereiche in Lagerhallen.

Für den Raumindex wird aus verschiedenen Variationen der Abmessungen entsprechender Gebäude ein Wert von 2,4 vorgeschlagen.

### **10.9.6 Personenbelegung**

Die Belegungsdichte ist in diesem Zusammenhang eine vernachlässigbare Größe und wird nicht angegeben.

### **10.9.7 Wärmequellen**

Die Wärmequellen aus Personen und Geräten sind im Verhältnis zu den übrigen energetischen Aufwendungen so gering, dass sie vernachlässigt werden können.

### **10.9.8 Trinkwarmwasser**

Ein entsprechender Bedarf ist wegen Geringfügigkeit nicht zu berücksichtigen.

## **10.10 Werte für die Nutzungsprofile gewerbliche und industrielle Hallen – grobe Arbeit**

### **10.10.1 Definition**

Aus der Vielfalt möglicher Arten hinsichtlich der produzierten Güter und der verwendeten Verfahrenstechnologien werden zwei Nutzungsprofile vorgeschlagen.

### **10.10.2 Nutzungs- und Betriebszeiten**

Die Nutzungszeiten sind von 7:00 bis 16:00 Uhr. Eine einstündige Vorlaufzeit ist für die Anlagentechnik ausreichend [A27]. Ausgegangen wird von folgenden Annahmen:

### 10.10.3 Raumklima

Personenbezogen bestehen keine Anforderungen an die Raumlufffeuchte. Etwaige Festlegungen resultieren aus Produkt- oder Verfahrensvorgaben und müssen individuell angesetzt werden. Hier wird davon ausgegangen, dass keine Anforderung besteht.

Die anzusetzenden Temperaturen resultieren aus der Schwere der Tätigkeit, was in diesem Fall eine Differenzierung nach grober oder feiner Arbeit bedeutet. Folgende Ansätze werden arbeitsphysiologisch begründet vorgeschlagen:

- Grobe Arbeit

Heizung	17 °C
Kühlung	28 °C

Für den reduzierten Betrieb ist jeweils eine Temperaturabsenkung von 4 K anzunehmen.

### 10.10.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Aus den vielfältigen Überlegungen heraus, die weiter vorn im Text beschrieben sind, wird ein Mindestaußenluftvolumenstrom von  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  vorgeschlagen. Dieser Wert sollte im Einzelfall mit den personenbezogen notwendigen Werten, technologischen Anforderungen oder gesundheitsrelevanten Vorgaben (Gefahrstoffe, MAK-Werte) abgeglichen werden.

### 10.10.5 Beleuchtung

Bei groben Arbeiten genügt eine Beleuchtungsstärke von 300 lx im Bereich der Sehaufgabe.

### 10.10.6 Personenbelegung

Die Belegungsdichte wird aus dem vorhandenen Profil 22 – Werkstatt der DIN V 18599-10:2007-02 übernommen und liegt zwischen 25 und 15  $\text{m}^2/\text{Person}$ .

### 10.10.7 Wärmequellen

Die Ansätze für Wärmequellen aus Personen werden entsprechend unterschiedlich angesetzt. Bei groben Arbeiten wird von einer Wärmeabgabe pro Person von 100 W ausgegangen. Kombiniert mit den o.g. Belegungsdichten ergeben sich spezifische Leistungen von 4 - 7  $\text{W}/\text{m}^2$ .

Für die gerätebedingten Wärmequellen lassen sich keine anderen Werte als die in Profil 22 – Werkstatt der DIN V 18599-10:2007-02 belegen. Es wird also wie dort auf Basis von [36] von 25 - 45  $\text{W}/\text{m}^2$  ausgegangen. Dieser Ansatz wird vermutlich häufig einer individuellen Anpassung bedürfen.

### 10.10.8 Trinkwarmwasser

Für Industriebetriebe wird dabei für Waschen und Duschen ein nutzungsbezogener Wert von 1,8 kWh je Beschäftigten und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von 90  $\text{Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$  als Richtwert angegeben.

## 10.11 Werte für die Nutzungsprofile Gewerbliche und industrielle Hallen – feine Arbeit

### 10.11.1 Definition

Aus der Vielfalt möglicher Arten hinsichtlich der produzierten Güter und der verwendeten Verfahrenstechnologien werden zwei Nutzungsprofile, die einheitliche Grundlagen für die notwendigen Anpassungen bieten. Unterschieden wird nach grober und feiner Arbeit, was Auswirkungen auf fast alle Bereiche des Nutzungsprofils hat.

### 10.11.2 Nutzungs- und Betriebszeiten

Die Nutzungszeiten werden für die Zeit von 7:00 Uhr bis 16:00 Uhr festgelegt. Eine einstündige Vorlaufzeit ist für die Anlagentechnik ausreichend [A27]. Ausgegangen wird von folgender Annahme:

### 10.11.3 Raumklima

Personenbezogen bestehen keine Anforderungen an die Raumlufffeuchte. Etwaige Festlegungen resultieren aus Produkt- oder Verfahrensvorgaben und müssen individuell angesetzt werden. Hier wird davon ausgegangen, dass keine Anforderung besteht.

Die anzusetzenden Temperaturen resultieren aus der Schwere der Tätigkeit, was in diesem Fall eine Differenzierung nach grober oder feiner Arbeit bedeutet. Folgende Ansätze werden arbeitsphysiologisch begründet vorgeschlagen:

- Feine Arbeit

Heizung	19 °C
Kühlung	24 °C

Für den reduzierten Betrieb ist jeweils eine Temperaturabsenkung von 4 K anzunehmen.

### 10.11.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Aus den vielfältigen Überlegungen heraus, die weiter vorn im Text beschrieben sind, wird ein Mindestaußenluftvolumenstrom von  $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$  vorgeschlagen. Dieser Wert sollte im Einzelfall mit den personenbezogen notwendigen Werten, technologischen Anforderungen oder gesundheitsrelevanten Vorgaben (Gefahrstoffe, MAK-Werte) abgeglichen werden.

### 10.11.5 Beleuchtung

Beleuchtungstechnisch greift wiederum die Unterscheidung nach grober und feiner Arbeit, feine Arbeiten erfordern im Bereich der Sehaufgabe mindestens 500 lx.

### 10.11.6 Personenbelegung

Die Belegungsdichte wird aus dem vorhandenen Profil 22 – Werkstatt der DIN V 18599-10:2007-02 übernommen und liegt zwischen 25 und 15  $\text{m}^2/\text{Person}$ .

### 10.11.7 Wärmequellen

Bei feiner Arbeit werden 80 W/Person angesetzt, so dass sich spezifische Werte zwischen 3 und  $5,5 \text{ W}/\text{m}^2$  ergeben.

Für die gerätebedingten Wärmequellen lassen sich keine anderen Werte als die in Profil 22 – Werkstatt der DIN V 18599-10:2007-02 belegen. Es wird also wie dort auf Basis von [36] von 25 -  $45 \text{ W}/\text{m}^2$  ausgegangen. Dieser Ansatz wird vermutlich häufig einer individuellen Anpassung bedürfen.

### 10.11.8 Trinkwarmwasser

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird bei Fertigungshallen in Anlehnung der Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 aus [50] übernommen. Für Industriebetriebe wird dabei für Waschen und Duschen ein nutzungsbezogener Wert von 1,8 kWh je Beschäftigten und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von  $90 \text{ Wh}/(\text{m}^2 \text{ d})$  als Richtwert angegeben

# 11 Erstellung eines Nutzungsprofils am Beispiel einer Fertigungshalle

## 11.1 Ansatz

Für die beispielhafte Erstellung eines eigenen Nutzungsprofils wird von einer Fertigungshalle ausgegangen, in der hinsichtlich der Aktivitätsgrade von schwerer körperlicher Arbeit ausgegangen werden muss. Damit kann als Basis das Nutzungsprofil 22.1 „Gewerbliche und industrielle Hallen – grobe Arbeit“ herangezogen werden. Es handelt sich bei dem fiktiven Beispiel um ein mittelständisches Unternehmen.

## 11.2 Nutzungs- und Betriebszeiten

Das mittelständische Unternehmen produziert wochentäglich von 8:00 – 17:00 Uhr, womit die tägliche Nutzungszeit von 9 Stunden bekannt ist. Ausgehend von einer 5-Tage-Woche werden für die jährlichen Nutzungstage gemäß des Basisprofils 250 d/a angesetzt.

Die jährlichen Nutzungsstunden zur Tagzeit und zur Nachtzeit werden mit dem Verfahren welches in DIN V 18599:2007-02 Teil 10 Anhang B beschrieben wird, berechnet. Dies führt zu jährlichen Nutzungsstunden zur Tagzeit (mit Tageslicht)  $t_{\text{Tag}}$  von 2295 h/a und jährlichen Nutzungsstunden zur Nachtzeit (ohne Tageslicht)  $t_{\text{Nacht}}$  von 52 h/a.

Die Betriebszeiten der Anlagentechnik werden mit einer Stunde Vorlaufzeit vor Nutzungsbeginn und damit von 7:00 – 17:00 Uhr angenommen.

## 11.3 Raumklima

Personenbezogen bestehen keine Anforderungen an die Raumlufffeuchte. Etwaige Festlegungen resultieren aus Produkt- oder Verfahrensvorgaben und müssen dann aus dem Planungsprozess heraus individuell bestimmt werden. Hier wird davon ausgegangen, dass keine solche Anforderung besteht.

Die anzusetzenden Temperaturen resultieren aus der Schwere der Tätigkeit und den daraus abgeleiteten Richtwerten nach [44]. Unter Berücksichtigung einer gewissen Spanne für die Arbeit von Schwer- bis Schwerstarbeit können die Ansätze für grobe Arbeit aus dem entsprechenden Profil übernommen werden:

- Grobe Arbeit

Heizung	17 °C
Kühlung	28 °C

Dabei wird die Temperatur für Kühlung nur relevant, wenn eine entsprechende Anlagentechnik abgebildet wird. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass keine RLT- oder Kühlanlage geplant ist.

Für den reduzierten Betrieb außerhalb der Nutzungszeiten ist eine Temperaturabsenkung von 4 K anzunehmen.

## 11.4 Mindestaußenluftvolumenstrom

Da für das fiktive Beispiel davon ausgegangen wird, dass keine RLT-Anlage vorgesehen ist, sind auch keine genaueren Planungswerte für den Mindestaußenluftvolumenstrom bekannt. Verfahrenstechnische Vorgaben bestehen auch nicht, so dass der Wert aus dem Nutzungsprofil „Gewerbliche und industrielle Hallen – grobe Arbeit“ von  $10 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$  übernommen wird.

Ausgehend von einem Luftvolumen der Halle von 18.000 m<sup>3</sup> (30 x 50 x 12 m) entspricht das einem ca. 0,8fachen Luftwechsel, der in diesem Fall durch freie Lüftung realisiert wird.

### 11.5 Beleuchtung

Bei groben Arbeiten ist von einem Wartungswert der Beleuchtungsstärke von 300 lx im Bereich der Sehaufgabe auszugehen [8].

Die Höhe der Nutzebene, bei der die Beleuchtungsstärke anliegen muss, wird standardmäßig mit 0,8 m angesetzt.

Der Minderungsfaktor  $k_A$  wird mit einem Wert von 0,85 aus dem o.g. Profil übernommen, weil davon ausgegangen wird, dass es sich um ein normales Verhältnis des Bereichs der Sehaufgabe zum Umgebungsbereich handelt (vgl. DIN V 18599-4:2007-02).

Der Raumindex  $k$  wird mit Gleichung 11 aus DIN V 18599-4:2007-02 bestimmt. Die Hallenhöhe beträgt 12 m, die Höhe der Nutzebene 0,8 m und die Leuchten sind 0,7 m abgependelt, um ausreichend lichte Höhe zu garantieren. Die Differenz zwischen Leuchtenhöhe und Nutzebene beträgt damit 10,5 m, was bei Grundabmessungen der Halle von 30 x 50 m zu einem Raumindex von 1,8 führt, der abweichend vom Basisprofil angesetzt wird.

Die relative Abwesenheit und der Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit werden ausgehend von einer insgesamt einstündigen Pausenzeit ebenfalls aus dem Basisprofil mit Werten für  $C_A$  von 0,1 und für  $F_t$  von 0,9 übernommen.

### 11.6 Personenbelegung

Ausgehend von 70 festbeschäftigten Personen und 10 - 20 Teilzeit oder Saisonkräften ergeben sich Belegungsdichten zwischen 17 und 22 m<sup>2</sup>/Person. Für das eigene Nutzungsprofil wird deshalb der Mittelwert aus der Basisvariante mit 20 m<sup>2</sup>/Person gewählt.

### 11.7 Wärmequellen

Die Ansätze für Wärmequellen aus Personen werden auf Grundlage des Basismodells angesetzt. Bei groben Arbeiten wird von einer Wärmeabgabe pro Person von 100 W ausgegangen. Kombiniert mit den o.g. Belegungsdichten ergibt sich eine spezifische Leistung von 5 W/m<sup>2</sup>.

Für die gerätebedingten Wärmequellen sind keine genauen Werte bekannt, da keine Kühllastberechnung für die Fertigungshalle durchgeführt wird. Mittlere Bedingungen wie bei den personenbedingten Wärmequellen vorausgesetzt, wird für Arbeitshilfen ebenfalls aus dem Basisprofil ein spezifischer Wert von 35 W/m<sup>2</sup> zugrunde gelegt. In Kombination mit den Vollnutzungsstunden von 8 h/d, die sich aus der täglichen Nutzungszeit abzüglich einer Stunde Pause ergeben, ergibt sich eine Wärmeabgabe pro Tag von 320 Wh/(m<sup>2</sup> d).

### 11.8 Trinkwarmwasser

Der Nutzenergiebedarf für Trinkwarmwasser wird in Anlehnung der Tabelle 6 der DIN V 18599-10:2007-02 nach [50] übernommen. Für Industriebetriebe wird dabei für Waschen und Duschen ein nutzungsbezogener Wert von 1,8 kWh je Beschäftigten und Tag bzw. ein flächenbezogener Wert von 90 Wh/(m<sup>2</sup> d) als Richtwert angegeben.

## 12 Zusammenfassung

In DIN V 18599:2007-02 Teil 10 sind 33 Nutzungsprofile aufgeführt, die Nutzungsrandbedingungen für die energetische Bewertung von Gebäuden enthalten. Im Rahmen dieses Projektes wurden weitere Festlegungen für Nutzungen in den Bereichen Freizeit und Sport, Laboratorien, Krankenhäuser sowie Montage- und Lagerhallen getroffen. Die neuen Profile umfassen Angaben zu den typischen Nutzungs- und Betriebszeiten, den Raumkonditionen, zum Mindestaußenluftvolumenstrom und zur Beleuchtung sowie internen Wärmeabgaben von Personen und Arbeitshilfen und der durchschnittlichen Personenbelegung. Die Daten basieren auf Werten aus Regel- und Normenwerken, aus der Literatur, aus Befragungen und aus Erfahrungswerten der Praxis. Diese sind entsprechend dokumentiert. Die Befragungen der Betreiber der unterschiedlichen Gebäudetypen in der Praxis gestaltete sich nicht immer einfach, da in vielen Bereichen der Schutz von Betriebsgeheimnissen die Herausgabe von Informationen verhinderte.

Für Schwimmbäder und Laboratorien gibt es einen täglichen Normalbetrieb der RLT- Anlage und Kühlung und einen reduzierten Betrieb während der Nichtnutzungszeit. Die Angabe eines reduzierten Betriebs sollte in der DIN V 18599:2007-02 Berücksichtigung finden.

Luftvolumenströme in Laboratorien sind so zu bemessen, dass eine Gesundheitsgefährdung ausgeschlossen werden kann. Der aus arbeitsprozesstechnischen Gründen installierte Luftvolumenstrom kann erheblich variieren, und muss für die energetische Gebäudebewertung objektspezifisch bestimmt werden. Für die Nutzungen Hotelschwimmbadhalle, Lehrschwimmbadhalle, Schule, Schwimmhalle, Duschen und Sanitärräume sowie Umkleiden wird keine Absenkung des Sollwertes der Raumtemperatur vorgenommen. Es wird festgestellt, dass sich die Anlagentechnik von Schwimmbädern und der feuchteabhängige Luftvolumenstrom mit der derzeitigen DIN V 18599:2007-02 rechnerisch nicht abbilden lassen und die Nutzungsprofile, die zur Beschreibung eines Schwimmbades erstellt wurden in die derzeitige Normung nicht aufgenommen werden können.

Der Nutzungsbereich „Krankenhäuser“ befindet sich momentan für den relevanten Bereich der normativen Anforderungen für Lüftungstechnische Anlagen in einem Umbruch. Für die gültige DIN 1946-4:1999-03 liegt ein neuer Entwurf vom Juni 2007 vor. Parallel existiert zur gleichen Thematik ein Entwurf der VDI 2167-1. Für die Operationsräume ist zurzeit aufgrund der nicht abgeschlossenen Fachdiskussion kein Nutzungsprofil vertretbar. Das vorhandene Profil „Bettenzimmer“ wird dem neuen Kenntnisstand angepasst.

Für Fertigungsstätten ist die Streuung der anzutreffenden Nutzungen sehr groß, was eine entsprechende Bandbreite an möglichen Randbedingungen erzeugt. Die hier gemachten Vorschläge stellen eine Reduktion, basierend auf den häufigsten Gemeinsamkeiten, dar. Das derzeit existierende Profil Nr. 22 „Werkstatt, Montage, Fertigung“ wird durch zwei neue Nutzungsprofile ersetzt. Für niedrig beheizte Lagerhallen (12 °C) wird ein eigenes Nutzungsprofil erstellt.

Anhand eines Beispiels wird die Erstellung eines Nutzungsprofils dokumentiert.

Insgesamt zeigt sich an der Erstellung der Nutzungsprofile für die hier betrachteten Bereiche, dass die individuelle Anpassung der Angaben in den meisten Fällen notwendig sein wird. Das Spektrum an Randbedingungen ist häufig so groß, dass eine angemessene Verallgemeinerung nur bedingt möglich ist. Dennoch stellen die in dieser Untersuchung erarbeiteten Nutzungsrandbedingungen einen Ansatz dar, um Projekte aus den genannten Bereichen im Sinne der Energieeinsparverordnung energetisch bewerten zu können. Auf Grundlage der Vorschläge sind individuelle Anpassungen wesentlich einfacher ableitbar. Auf dem Treffen des DIN V 18599

Hauptausschusses am 4. September 2008 in Berlin wurde der Beschluss gefasst, die Profile, die zur Berechnung eines Schwimmbades erarbeitet wurden, nicht in die Korrekturfassung Teil 100 der DIN V 18599 aufzunehmen. Vielmehr soll ein gesonderter Teil „Schwimmbäder“ für die DIN V 18599 erarbeitet werden.

Die Nutzungsprofile, die in die Korrektur der DIN V 18599: Teil 100 eingehen sind im Teil A1 dieses Berichts dokumentiert.

## 13 Literaturverzeichnis

- [1] EnEV 2007 Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz. und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden – Energieeinsparverordnung EnEV vom 24.Juli 2007
- [2] AMEV Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): Hinweise für die Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht in öffentlichen Gebäuden (Beleuchtung 2006)
- [3] Deutsche Gesellschaft für das Badewesen (Herausg.): Richtlinien für den Bäderbau. Druckerei Wehlmann GmbH, Essen: 4. Auflage 2002.
- [4] VDI 2089 Blatt 1 Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern Hallenbäder, Entwurf März 2005
- [5] Saunus, Christoph Schwimmbäder. Kramer Verlag Düsseldorf AG, 2005.
- [6] VDI 2089 Blatt 2 Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern, Energie- und Wassereffizienz in Schwimmbädern, Entwurf Februar 2008
- [7] AMEV Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV): Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumlufttechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude (RLT- Anlagenbau 2004)
- [8] DIN EN 12464-1 Licht und Beleuchtung, Beleuchtung von Arbeitsstätten, Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003
- [9] DIN EN 12193 Licht und Beleuchtung – Sportstättenbeleuchtung 2008-04
- [10] ASR 7/3 Arbeitsstättenrichtlinie ASR 7/3 – Künstliche Beleuchtung; 1993
- [11] Schramek, Ernst-Rudolf (Herausg.): Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. Oldenbourg Industrieverlag München, 73. Auflage
- [12] SIA Merkblatt 2024 Standard- Nutzungsrandbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik
- [13] ASR 5 Arbeitsstättenrichtlinie 5 - Lüftung
- [14] Höckert, Schönfeld Sauna. Planung, Konstruktion, Ausführung. Berlin: Verlag für das Bauwesen, 1996.
- [15] Conradi, Fritzsche Richtlinien für den Bau von Saunaanlagen. Bielefeld: Deutscher Sauna-Bund e.V. , 4. unveränderte Auflage 2003.
- [16] Neufert, Ernst Bauentwurfslehre. Wiesbaden: Vieweg, 38. Auflage 2005.
- [17] Bones, Edgar Orientierungshilfen zur Planung und Ausstattung von Konditions- und Fitnessräumen. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Köln: Barz & Beienburg GmbH, 1987.
- [18] DIN 18032-1 Sporthallen. Hallen und Räume für Sport und Mehrzwecknutzung. Teil 1: Grundsätze für die Planung, 2007-09.
- [19] VDI Berichte Nr. 1869 Technische Gebäudeausrüstung in Schwimmbädern. Düsseldorf: VDI Verlag 2005.
- [20] wikipedia Online Lexikon
- [21] Braun, Hardo; Grömling, Dieter Forschungs- und Technologieatlas. Berlin: Birkhäuser 2005.
- [22] Söhngen, Klaus Praxis- Ratgeber „Planung, Einrichtung und Organisation von Laboratorien“, LCS- Verlag, 3.Auflage 2002
- [23] Heizbach, Biegert RELAB: Energieeinsparung in Laboratorien durch Reduzierung der Luftströme. (Herausg.):Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung, Lüftung, Klimatechnik: Stuttgart, 1998.
- [24] DIN 1946-7 Raumlufttechnik. Raumlufttechnische Anlagen in Laboratorien (VDI-Lüftungsregeln). 1992-06
- [25] Heinekamp, Christoph Labor- und Institutsplanung. Freising: Firmengruppe Appl, 2005.
- [26] Laborrichtlinien TRGS 526, GUV- R-120 Februar 2008
- [27] DIN EN 14175-1 Abzüge Teil1: Begriffe, 2003-08

- [28] DIN EN 12128 Biotechnik, Laboratorien für Forschung und Analyse. Sicherheitsstufen mikrobiologischer Laboratorien, Gefahrenbereich, Räumlichkeiten und technische Sicherheitsanforderungen, 1998-05
- [29] Birnbaum; Schiller Leitfaden für die energetische Sanierung von Laboratorien. [Herausg.] Forschungszentrum Jülich GmbH, 2007
- [30] Laborbauten Empfehlung, Koordination der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes (Schweiz), Ausgabe 1- 200-01
- [31] Cordes; Holzkamm Forschungszentren und Laborgebäude. Hannover: HIS, 2007-09.
- [32] Diverse Laborlufttechnik in Planung, Ausführung und Betrieb, Tagungsunterlagen Fortbildung 22.August 2007
- [33] M. Hörner, K. Siering MEG, Methodik zur Erfassung, Beurteilung und Optimierung des Elektrizitätsbedarfs von Gebäuden; ARGE, DSP, IWU
- [34] VDI 2167 – Blatt 1 Technische Gebäudeausrüstung von Krankenhäusern – Heizungs- und Raumluftechnik (VDI-Lüftungsregeln); Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007
- [35] N. Nadler Zur Personenwärme bei der Kühllastberechnung nach VDI 2078; HLH Bd. 56, Nr. 7, S. 36-40, 2005
- [36] VDI 3802 Raumluftechnische Anlagen für Fertigungsstätten; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1998
- [37] Stefan Holeck Energieoptimierung in Krankenhäusern, Dissertation; Bauhaus-Universität Weimar, 2007
- [38] DIN 1946 - 4 Raumluftechnik Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Krankenhäusern (VDI-Lüftungsregeln); Beuth Verlag GmbH, 1999
- [39] DGKH Deutsche Gesellschaft für Krankenhaushygiene, Leitlinienentwurf: Ausführung und Betrieb von raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) in Krankenhäusern; Hyg Med 27. Jahrgang 2002 – Heft 3
- [40] ASR 6 Arbeitsstättenrichtlinie ASR 6, Raumtemperatur; 2001
- [41] A.Brunner, R.Külpmann Vortrag: Planung und Betrieb von RLT-Anlagen in Krankenhäusern nach der neuen DIN 1946/4 (Entwurf 06/2007) und VDI 2167/1 (08/2007); CCI-Fachforum 2007
- [42] J.Vollstedt Untersuchung zum energetischen Optimierungspotential von OP-Klimaanlagen – Diplomarbeit; Technische Fachhochschule Berlin, 2007
- [43] DIN EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlagen und Raumkühlsysteme; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2007
- [44] IBF Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme; Planung luft- und heizungstechnischer Maßnahmen für Produktionshallen; <http://www.tu-chemnitz.de/mb/InstBF/ufa/speziell/hlk/ziel.htm>
- [45] M. Zens, S. Schrapf Klimatisierung von Produktionshallen – Bedarfsgerechte Regelung – Energiekostenreduzierung bei der Klimatisierung von Produktionshallen; Kälte Klima Aktuell Großkälte
- [46] Arbeitsinspektion (BMWA Österreich) Lüftung von Arbeitsräumen; <http://www.arbeitsinspektion.gv.at/Al/Arbeitsstaetten/Arbeitsraeume/raum080.htm>
- [47] P. Kaufmann Ausdehnung der Betriebszeiten im OP, Sana Krankenhaus Hürth, Vortrag; November 2004; Quelle: [http://www.klinikum-hannover.de/arztd/veran/sd\\_kauf.pdf](http://www.klinikum-hannover.de/arztd/veran/sd_kauf.pdf)
- [48] DIN 13080 Gliederung des Krankenhauses in Funktionsbereiche und Funktionsstellen; Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2003
- [49] DIN V 18599 Energetische Bewertung von Nichtwohngebäuden, Ausgabe Februar 2007
- [50] B. Oschatz, Bettina Mailach Warmwasserbedarfswerte in DIN V 18599: Überarbeitung der Kennwerte für den Nutzenergiebedarf Trinkwarmwasser von Nichtwohngebäuden, Dresden, 2007

## Durchgeführte Befragungen / Kontakte

[A1]	Telefonkontakt 08.03.2008	Herr Hollmann, Aquapool Consult, Nautostr.86, 21339 Lüneburg
[A2]	Besuch	Lehrschwimmbecken Hupfeldschule
[A3]	Besuch	Schwimmbad Eiswiese Göttingen
[A4]	Besuch	Stadtbad Mitte Kassel
[A5]	Besuch	Aquamar Marburg
[A6]	Besuch 22.04.2008	EnEV Arbeitsgruppe des Bundesfachverbandes Öffentliche Bäder e.V.
[A7]	Besuch	Hallenbad Süd Kassel
[A8]	Fragebogen 03.04.08	Aquarena- Dillenburg
[A9]	Telefonkontakt 06.03.08 / 28.04.08	Herr Wach Ing.-Büro Wach GmbH Ingelsberger Weg 3 85598 Badham
[A10]	Email-kontakt 03.04.2008	Herr Rausenberger, Richter + Rausenberger partnerschaftsgesellschaft im Bäderbau, Friolzheimer Str. 3, Stuttgart
[A11]	Telefonkontakt 30.03.2008	Herr Emmerich, PEC Partner für Energie Consulting, Scheidener Straße 20, 54314 Greimerath
[A12]	Telefonkontakt 01.04.2008	Herr Andermann, Fa. Schnell, Ehbachstr. 10,
[A13]	Telefonkontakt 08.03.2008	Herr Hollmann, Aquapool Consult, Nautostr.86, 21339 Lüneburg
[A14]	Besuch 23.03.2008	Fitnesscenter McFit, Kassel
[A15]	Besuch 23.03.2008 Telefon/email	Kieser Training; Kassel Herr Winter dechema und DIN Normenausschuß Laborlüftung
[A16]	08.03.2008	
[A17]	Besuch am 10.04.2008	Laboratorien LMU
[A18]	Telefon/ email Kontakt	Dr. Albrecht Blob, Obmann des Arbeitsausschusses Abzüge und Laborlufttechnik
[A19]	Besuch am 25.04.2008	Laboratorien BASF Ludwigshafen
[A20]	Telefon und email Kontakt	Herr Blob, Bayer und Obmann DIN Normenausschuß
[A21]	Telefonkontakt	Herr Söhngen, eretec Laborlüftung
[A22]	Telefonkontakt	Herr Castor, fraunhofer
[A23]	Kontaktkontakt	Herr Hamer, Eurolabs
[A24]	Telefonkontakt	Dr. Zeltner, Dr.Heinekamp
[A25]	Telefonkontakt	Herr Glögger Fa. Waldner
[A26]	Telefon-, E-Mailkontakt, Besuch	Hr. Kowalski, tsj-Architekten, Lübeck
[A27]	Telefonkontakt, Vorschläge in Schriftform	Hr. Weber, Fa. Schwank und Ausschussvorsitzender NHRS NA 041-01-01 AA
[A28]	Telefon- und E-Mailkontakt	Hr. Breu, Ingenieurbüro Scholz, Regensburg
[A29]	Telefonkontakt	Hr. Ernentraut, IB Döring, Kassel
[A30]	persönlicher Kontakt (CCI- Fachtagung)	Prof. Külpmann, Technische Fachhochschule, Berlin