

Bedarfsgerechte und  
energieeffiziente Lüftung  
in Forschungslaboren

LEITFADEN

02

## I INHALT

1. Einleitung	3
2. Regeln und Richtlinien im Kontext aktueller Laborpraxis	5
3. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen	8
4. Berechnung und Simulation von Gefahrstoffkonzentrationen im Labor	10
5. Strategien für eine energieeffiziente Belüftung von Laboren	12
6. Volumenströme in Laborräumen verändern - Was ist zu beachten?	15
7. Resümee	17

# Bedarfsgerechte und energieeffiziente Lüftung in Forschungslaboren

Michael Hinz, Christian Langfeld, *Helmholtz Kompetenznetzwerk Klimagerecht Bauen*, Gert Richter, *IBDR (Ing.-Büro Dr.-Ing. Gert Richter)*, Stefan Brandt, Martin Kriegel, *Hermann-Rietschel-Institut, TU Berlin*, Thomas Hoffmann, *freiberuflich arbeitender Chemiker*, Ralf Streckwall, *Helmholtz Kompetenznetzwerk Klimagerecht Bauen, Max Delbrück Center für Molekulare Medizin in der Helmholtz-Gemeinschaft*

## 1. Einleitung

Bedingt durch die von der Bundesregierung verabschiedeten Klimaschutz- und Energiegesetze sind Forschungseinrichtungen aufgefordert, ihre THG-Emissionen und Energieverbräuche kontinuierlich zu reduzieren und Klimaschutzmaßnahmen bei Ihren strategischen Planungen zu berücksichtigen. Dabei rücken Raumluftechnische (RLT)-Anlagen (Abb.1) immer mehr in den Fokus. Grundsätzlich dient die Belüftung von Räumen dazu, Schadstofflasten, die von Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen kommen, sowie Stofflasten, die die Raumnutzenden emittieren, wie z.B. CO<sub>2</sub> und Feuchte, abzuführen. Forschungslabore werden in der Regel mit sehr hohen Außenluftvolumenströmen belüftet. Diese Art der Belüftung dient dazu, Beschäftigte vor chemischen Gefahrstoffen zu schützen, benötigt allerdings auch sehr viel Energie. Eine Analyse hat gezeigt, dass zwischen 60 und 80 % des Gesamtenergiebedarfs eines Forschungsgebäudes durch RLT-Anlagen verursacht wird.<sup>1</sup>

Vor dem Hintergrund, Energieverbräuche, THG-Emissionen und Kosten zu senken, haben sich Forschungszentren und Hochschulen in den letzten Jahren ver-



Abb. 1: Lüftungsanlagen im Max Delbrück Center<sup>2</sup>

stärkt mit der Frage beschäftigt, wie die Belüftung von Laboren optimiert werden kann, ohne die Sicherheit der Beschäftigten zu gefährden. Beispielsweise hatte das Max Delbrück Center in 2023 Energiekosten von ca. 10 Millionen €, die zum Großteil durch den Betrieb der vorhandenen Laborgebäude verursacht wurden. Hier wird deutlich, dass eine energieeffiziente Belüftung der Labore einen signifikanten Beitrag zur Senkung der Energieverbräuche und -kosten leisten könnte.

In den letzten Jahren hat sich insbesondere in molekularbiologisch und biomedizinisch orientierten

<sup>1</sup> Keltch, M.J. *Niedrigstenergiestandard für Nichtwohngebäude* (2019), <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1515033/12539.pdf>

<sup>2</sup> <https://www.trox.de/referenzen-und-einbaubeispiele/max-delbrueck-centrum-berlin-03e01c3e9bd4ceee>

Forschungslaboren das Gefährdungspotential durch Gefahrstoffe aufgrund veränderter Arbeitsmethoden signifikant reduziert, sodass ein wirksamer Schutz der Beschäftigten auch mit einem reduzierten Volumenstrom möglich ist. Auch in Laboren anderer Forschungsbereiche, in denen eine Absenkung der Volumenströme aufgrund der erhöhten Gefährdungsbelastung im Laborbetrieb nicht möglich ist, kann eine zeitlich flexible Regulation der Volumenströme in Abhängigkeit der üblichen Betriebszeiten in Erwägung gezogen werden. Ferner gilt es, die räumliche Verteilung der Arbeitsprozesse in einem Forschungsgebäude zu hinterfragen.

Grundsätzlich ermöglichen die von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin veröffentlichten Vorgaben eine Reduzierung der Volumenströme, wenn eine Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass eine entsprechende Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft wirksam ist (siehe Kapitel 2). Bereits 1998 wurden im Rahmen der **RELAB Studie**<sup>3</sup> 350 Laborräume unterschiedlicher Betreiber analysiert, inwiefern Arbeitsprozesse sowie die technische Ausstattung der Labore eine Anpassung der geltenden Vorgaben für den Volumenstrom ermöglichen könnten. Das Ergebnis der Studie zeigte, dass Arbeiten mit flüchtigen Gefahrstoffen, die potentiell Stofffreisetzungen im Labor verursachen könnten, in der Regel unter Laborabzügen oder mit Hilfe von Arbeitsplatzabsaugungen durchgeführt werden. Die Autoren der Studie kamen zu dem Schluss, dass ein Volumenstrom von 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Laborfläche, mit dem ein Labor üblicherweise betrieben wird, nicht mehr sinnvoll erscheint und plädierten für eine

## Kennzahlen für die Belüftung von Laboren

Für die Belüftung der Labore werden spezielle Kennzahlen verwendet. Gemäß der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 526<sup>4</sup> werden Labore im Standardbetrieb mit einem Volumenstrom von 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Nutzfläche versorgt. Als weitere Kennzahl wird in der Praxis häufig angegeben, wie oft die gesamte Raumluft in einem Raum pro Stunde erneuert wird. Ein Volumenstrom von 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> entspricht in einem Labor mit einer Höhe von ca. 3 Metern einem „8-fachen Luftwechsel“. In Bezug auf die Luftqualität in Laboren ist die Bezeichnung Luftwechsel allerdings uneindeutig. Zur Beurteilung der Luftqualität ist die Kenntnis des Volumenstroms und der Emissionsstärke der Schadstoffquelle notwendig.

nutzungsbedingte Steuerung der Volumenströme. Daran anknüpfend empfiehlt ein 2007 veröffentlichter **Leitfaden zur energetischen Sanierung von Laboratorien**<sup>5</sup>, RLT-Anlagen mit einem variablen Volumenstrom-System auszustatten, um eine bedarfsgerechte Anpassung und Volumenstromabsenkung in Laboren außerhalb der Nutzungszeiten zu ermöglichen. Die **Richtlinie für Laborbauten der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich**<sup>6</sup> definiert für Laborräume eine „*Einhaltung von min. 3-fachem Abluftwechsel sowie von Unterdruck zu den öffentlichen Zonen.*“ Andere Forschungszentren, wie das Max Delbrück Center in Berlin, haben seit mehreren Jahren die Volumenströme der RLT-Anlagen außerhalb der üblichen Arbeitszeiten (nachts und am Wochenende) signifikant reduziert.

<sup>3</sup> Bach, H., Biegert, B., Dittes, W., Kochendörfer, C., Hasenfratz-Schreier, H., Colonius, P., . . . Kreuzer, K. (1998). RELAB Energieeinsparung in Laboratorien durch Reduzierung der Luftströme - Empfehlungen für die Auslegung und den Betrieb

<sup>4</sup> <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-526>

<sup>5</sup> Birnbaum, U. et. Al. Leitfaden für energetische Sanierung von Laboratorien (2007); [https://build-up.ec.europa.eu/sites/default/files/content/Leitfaden\\_LABSAN.pdf](https://build-up.ec.europa.eu/sites/default/files/content/Leitfaden_LABSAN.pdf)

<sup>6</sup> <https://www.yumpu.com/de/document/view/3570190/richtlinie-laborbauten-immobilien-eth-zurich>

Im vorliegenden Leitfaden werden geltende Regeln und Richtlinien im Kontext aktueller Arbeitsbedingungen beleuchtet, Gefährdungsanalysen und -beurteilungen sowie mögliche Einsparpotentiale und Umsetzungsprozesse betrachtet.

## 2. Regeln und Richtlinien im Kontext aktueller Laborpraxis

Beim Arbeiten in Forschungslaboren können verschiedene Gefahrstoffe auftreten (Abb.2). Um eine Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden, werden geeignete Sicherheitsmaßnahmen verbindlich durch Technische Regeln definiert. Die Technischen Regeln werden von den jeweils zuständigen staatlichen Arbeitsschutzgremien bearbeitet und im Gemeinsamen Ministerialblatt<sup>7</sup> und von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin<sup>8</sup> veröffentlicht.

In Ergänzung zu den Technischen Regeln veröffentlichten Berufsgenossenschaften (BG)<sup>9</sup> <sup>10</sup>, und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV)<sup>11</sup> zahlreiche Informationsschriften, z.B. die DGUV Information „Sicheres Arbeiten im Labor – Grundlagen und Handlungshilfen“<sup>12</sup>. Diese Informationsschriften vermitteln praktische Hinweise und Handlungsempfehlungen. Ferner bieten die VDI Richtlinie 2051 (Raumluftechnik Laboratorien)<sup>13</sup> sowie die DIN 1946-7 (Raumluftechnische Anlagen in Laboratorien)<sup>14</sup> und die DIN EN 12128 (Biotechnik – Laboratorien für Forschung, Entwicklung und Analyse – Sicherheitsstufen

mikrobiologischer Laboratorien, Gefahrenbereich, Räumlichkeiten und technische Sicherheitsanforderungen)<sup>15</sup> fundierte Entscheidungshilfen. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um rechtsverbindliche Regeln, sondern um freiwillige Standards.

In Abb. 2 sind geeignete Sicherheitsmaßnahmen dargestellt, die bei im Forschungsbetrieb austretenden Gefahrstoffen angewendet werden. Hier zeigt sich, dass die Belüftung von Laboren in der Regel keine geeignete Maßnahme ist, um Beschäftigte vor physikalischen und biologischen Gefährdungen zu schützen. Gemäß der *Technischen Regeln für biologische Arbeitsstoffe 100* bei gentechnischen Anlagen der Sicherheitsstufen 1 und 2 – sogenannte S1 und S2 Labore – grundsätzlich keine mechanische Be- und Entlüftung erforderlich, so lange nicht mit chemischen Gefahrstoffen gearbeitet wird. Erst bei S3 Laboren, die Luftschleusen erfordern, ist die Be- und Entlüftung relevant. Im normalen Laborbetrieb kommt die Belüftung erst beim Umgang mit chemischen Gefahrstoffen zum Tragen. Ein wirksamer konstanter Volumenstrom ist eine geeignete Maßnahme um Beschäftigte vor chemischen Gefahrstoffen zu schützen, die Stäube, Gase, Dämpfe oder Aerosole bilden.

### Wirksame Lüftungsanlagen für einen sicheren Umgang mit chemischen Gefahrstoffen

Der Umgang mit chemischen Gefahrstoffen wird durch *Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 526* geregelt. Die Zentralen Aussagen sind:

<sup>7</sup> <https://www.bghm.de/arbeitsschuetzer/gesetze-und-vorschriften/nationales-recht/technische-regeln>

<sup>8</sup> <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk>

<sup>9</sup> <https://downloadcenter.bgrci.de/shop/>

<sup>10</sup> <https://www.bgrci.de/fachwissen-portal/themenspektrum/laboratorien/laborrichtlinien>

<sup>11</sup> <https://publikationen.dguv.de/>

<sup>12</sup> [https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/DGUV-Information\\_213-850\\_Gesamtdokument.pdf](https://downloadcenter.bgrci.de/resource/downloadcenter/downloads/DGUV-Information_213-850_Gesamtdokument.pdf)

<sup>13</sup> [https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi\\_de/redakteure/richtlinien/inhaltsverzeichnisse/2800773.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/pages/vdi_de/redakteure/richtlinien/inhaltsverzeichnisse/2800773.pdf)

<sup>14</sup> <https://www.baunormenlexikon.de/norm/din-1946-7/75515d3d-07c7-47af-b646-0c3815e3fcd4>

<sup>15</sup> <https://www.dinmedia.de/de/norm/din-en-12128/4534069>

Gefährdungsart	Beispiele	Sicherheitsmaßnahmen
Physikalisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ionisierende Strahlung</li> <li>• elektromagnetische Felder</li> <li>• optische Strahlung (UV, Laser, IR)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• räumliche Abgrenzungen</li> <li>• Abschirmungen durch Masse</li> <li>• Isolationen, Ableitungen</li> </ul>
Biologisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• biologischen Arbeitsstoffe, BioStoffV § 2<sup>16</sup></li> <li>• z.B. Bakterien, Viren und Pilze</li> <li>• oder infektiöse, gesundheitsgefährdende Zellkulturen und Endoparasiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mikrobiologische Sicherheitswerkbänke (MSW)</li> <li>• Luftfilter</li> <li>• Sicherheitsschleusen</li> </ul>
Chemisch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gesundheitsgefährdende Stoffe, die Stäube, Gase, Dämpfe oder Aerosole bilden<sup>17</sup></li> <li>• kanzerogene Substanzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßiger Volumenstrom, z.B. 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Laborfläche</li> <li>• Laborabzüge</li> <li>• Sicherheitsschranke</li> </ul>

Abb.2: Gefährdungspotentiale und geeignete Sicherheitsmaßnahmen

1. *„Laboratorien müssen mit ausreichenden, jederzeit wirksamen technischen Lüftungseinrichtungen ausgerüstet sein.“*
2. *„Die Abluft darf ganz oder teilweise über die Abzüge geführt werden, wenn dabei die volle Leistung der Abzüge erhalten bleibt.“*
3. *„Ein Luftwechsel von 25m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Nutzfläche des Labors kann dann reduziert oder auch eine natürliche Lüftung eingesetzt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist.“*
4. *„In Laboratorien, die mit einem geringeren Luftwechsel als den geforderten 25m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> Nutzfläche in der Stunde betrieben werden, sind Tätigkeiten beispielsweise mit brennbaren Flüssigkeiten oder sonst leicht flüchtigen, staubenden oder Aerosole bildenden Gefahrstoffen nur im kleinsten Maßstab möglich, wenn nicht andersartige zusätzliche Schutzmaßnahmen ergriffen werden.“*
5. *„Solche Laboratorien mit während der Arbeitszeit nach unten abweichendem Luftwechsel müssen am Eingang mit „Achtung: Reduzierter Luftwechsel!“ gekennzeichnet werden.“*

<sup>16</sup> [https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv\\_2013/\\_2.html](https://www.gesetze-im-internet.de/biostoffv_2013/_2.html)

<sup>17</sup> Diese Gefahrstoffe sind wie folgt gekennzeichnet: a) auf dem Etikett mit einem der Gefahrenpiktogramme GHS 06, 07 oder 08, b) im Sicherheitsdatenblatt mit den Gefahrenhinweisen H 330-335 bzw. mit den Sicherheitshinweisen P260 und P261

Vergleicht man die genannten Vorgaben der TRGS 526, so stellt sich die Frage, auf welcher Basis ein Standardwert von  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  definiert wurde. Das Regelwerk liefert dafür keine Begründung. Es ist anzunehmen, dass die Autoren aus pragmatischen Gründen einen Zeitraum festgelegt haben, nachdem die Luft komplett ausgetauscht sein sollte. Bei einer typischen Raumhöhe von ca. 3 m wäre bei einem Volumenstrom von  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  und bei idealer Durchströmung des Labors der Ausgangszustand innerhalb von 7,5 min wieder hergestellt.

Die TRGS 526 gestattet grundsätzlich eine Belüftung von Laboren mit einem reduzierten Volumenstrom, wenn die Wirksamkeit der Lüftungseinrichtung durch eine Gefährdungsbeurteilung (siehe Kapitel 3) nachgewiesen wird. Diese Option wurde in den letzten Jahrzehnten allerdings selten praktiziert. Stattdessen wurden Lüftungsanlagen in Laboren durchgehend mit einem Luftwechsel von  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  betrieben, um eine aufwendige Wirksamkeitsprüfung zu umgehen. Diese Herangehensweise entspricht aber nicht mehr den aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen. Forschungseinrichtungen sind aufgefordert, signifikante Energiesparmaßnahmen umzusetzen, um einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion von THG-Emissionen zu leisten. Vor diesem Hintergrund ist eine detaillierte Analyse aktueller Arbeitsbedingungen im Labor dringend geboten. Die Lüftung von Laboren muss dabei einerseits wirksam eventuell freigesetzte Schadstoffe abführen und dafür andererseits möglichst wenig Energie benötigen.

In der RELAB-Studie von 1998 wird darauf hingewiesen, dass die gängige Laborpraxis in vielen Fällen keinen permanenten Volumenstrom von  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$

Laborfläche erfordert (s.o.). Eine am Max Delbrück Center 2022/23 durchgeführte Analyse zum Umgang mit chemischen Gefahrstoffen hat gezeigt, dass flüchtige Gefahrstoffe am Laborarbeitsplatz in der Regel in geringen Mengen ( $1 \mu\text{l}$  – max. 100 ml), für kurze Zeit (weniger als 15 Minuten) – und sehr selten (einmal pro Woche oder Monat) benutzt werden. Die am Max Delbrück Center durchgeführte Analyse unterstreicht die Ergebnisse der RELAB-Studie und impliziert, dass zumindest für viele biomedizinische und molekularbiologische Labore ein deutlich geringerer Volumenstrom als  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  ausreichend ist, um die Beschäftigten wirksam zu schützen.

#### Arbeitsmethoden in biomedizinischen Laboren im Wandel

Die DGUV hat 2022 in einer Stellungnahme zu Energieeinsparungen in Laboratorien<sup>18</sup> in Bezug auf die notwendige Belüftung in Forschungslaboren folgende Empfehlung abgegeben: „Von einer Absenkung der Abluftmenge/des Luftwechsels unter  $25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  während der Betriebszeiten ist grundsätzlich abzuraten bei zu erwartenden kurzfristigen Änderungen z. B. von Stoffen oder Arbeitsverfahren (so etwa in Forschungs- und Entwicklungslaboratorien).“ Betrachtet man die Entwicklung der Arbeitsmethoden in molekularbiologischen und biomedizinischen Forschungslaboren, so ist diese Empfehlung zu hinterfragen.

In der Tat werden regelmäßig neue Arbeitsmethoden entwickelt und etabliert. In Bezug auf den Einsatz von Gefahrstoffen zeigt sich aber ein eindeutiger Trend hin zur Vermeidung von Gefahrstoffen, nicht zuletzt bedingt durch Verpflichtung des Arbeitgebers zur Substitutionsprüfung<sup>19</sup>. Experimente werden größtenteils

<sup>18</sup> <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/4669>

<sup>19</sup> Gefahrstoffverordnung § 6 Abs. 1 und §7, Abs. 3



in wässrigen Lösungen bei Temperaturen bis max. 37°C durchgeführt, sodass die Gefahr von Gas-, Dampf- oder Aerosolbildung sehr gering ist. Organische Lösungsmittel werden kaum noch eingesetzt oder in kleinen Volumina verwendet. Beispielsweise wurden DNA-Extraktionen vor 30 Jahren unter Verwendung gesundheitsgefährdender organischer Lösungsmittel wie Phenol, Chloroform und Butanol durchgeführt, während heutige Silicagel-basierte Verfahren nur noch den Einsatz geringer Mengen (weniger als 1 ml) alkoholhaltiger Lösungen erfordern. Ein anderes Beispiel ist das gesundheitsgefährdende Lösungsmittel Xylol, welches früher in der Histologie angewandt wurde und inzwischen weitestgehend durch Ersatzstoffe ersetzt wurde, die weniger gesundheitsgefährdend sind. Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Analytik in den letzten Jahren aufgrund technischer Innovation immer sensitiver geworden ist, sodass Experimente mit immer kleineren Volumina durchgeführt werden können. Die kontinuierlichen Veränderungen der Arbeitsprozesse in biomedizinischen und molekularbiologischen Laboren stellen also kein erhöhtes Sicherheitsrisiko dar, sondern tragen vielmehr dazu bei, Gefährdungspotentiale zu minimieren. Darüber hinaus kann möglicherweise bestehenden Restrisiken durch eine räumliche Trennung und fest zugewiesene Arbeitsplätze für den Umgang mit Gefahrstoffen wirksam begegnet werden.

### 3. Sicherer Umgang mit Gefahrstoffen

Die Betreiber von Forschungslaboren müssen sicherstellen, dass die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten bei der Tätigkeit mit Gefahrstoffen nicht gefährdet wird. Eine Reduzierung des Luftwechsels unter 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> Laborfläche kann durchgeführt werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung für das

betreffende Labor zu dem Ergebnis kommt, dass die geplante Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist.

#### Gesetzliche Vorgaben für den Umgang mit Gefahrstoffen

Die gesetzlichen Pflichten bezüglich der Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung sind in §5 Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)<sup>20</sup> und in §6 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)<sup>21</sup> beschrieben. Der Arbeitgeber hat festzustellen, ob die Beschäftigten Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben oder bei Tätigkeiten Gefahrstoffe entstehen oder freigesetzt werden können. Ist dies der Fall, so hat er alle hiervon ausgehenden Gefährdungen der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten zu beurteilen.

Um zu dokumentieren, dass Beschäftigte Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ausüben, ist jeder Arbeitgeber zunächst verpflichtet, ein Gefahrstoffkataster zu führen. In Forschungszentren wird diese Pflicht, die zunächst dem Vorstand obliegt, im Rahmen der Pflichtenübertragung auf die jeweiligen Leiter:innen der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen übertragen. Im Gefahrstoffkataster muss für jeden Gefahrstoff ein Verweis auf die entsprechenden Sicherheitsdatenblätter enthalten sein. Die Sicherheitsdatenblätter der Gefahrstoffe werden von den jeweiligen Lieferanten auf deren Internetseiten bereitgestellt. Eine weitere Informationsquelle bietet die GESTIS-Stoffdatenbank der DGUV<sup>22</sup>. Um den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen einer Einrichtung den Zugang zu Sicherheitsdatenblättern zu erleichtern, empfiehlt es sich, Sicherheitsdatenblätter der häufig verwendeten Gefahrstoffe zentral zu hinterlegen. Neben dem Verweis auf die jeweiligen Sicherheitsdatenblätter muss

<sup>20</sup> [https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/\\_5.html](https://www.gesetze-im-internet.de/arbschg/_5.html)

<sup>21</sup> [https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv\\_2010/\\_6.html](https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/_6.html)

<sup>22</sup> <https://gestis.dguv.de>



das Gefahrstoffkataster mindestens folgende Angaben enthalten:

1. Bezeichnung des Gefahrstoffs
2. Einstufung des Gefahrstoffs oder Angaben zu den gefährlichen Eigenschaften
3. Angaben zu den im Betrieb verwendeten Mengenbereichen
4. Bezeichnung der Arbeitsbereiche, in denen Beschäftigte dem Gefahrstoff ausgesetzt sein können

Das Gefahrstoffkataster bildet die Grundlage für eine Gefährdungsbeurteilung, die von einer fachkundigen Person durchgeführt werden muss. Gefahrstoffkataster und Gefährdungsbeurteilungen sind regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf zu aktualisieren, insbesondere wenn maßgebliche Veränderungen oder neue Informationen dies erfordern oder wenn sich eine Aktualisierung auf Grund der Ergebnisse der arbeitsmedizinischen Vorsorge als notwendig erweist. Auch der Bestand an Gefahrstoffen ist mindestens einmal jährlich auf ordnungsgemäßen Zustand zu überprüfen. Nicht mehr benötigte oder unbrauchbar gewordene Bestände sind sachgerecht zu entsorgen.

Um eine möglichst transparente Informationsdarstellung zum Umgang mit Gefahrstoffen zu gewährleisten, sollten Forschungszentren ein digitales Gefahrstoffkataster nutzen. Beispielsweise hat die Humboldt Universität zu Berlin ein entsprechendes digitales Kataster entwickelt, welches inzwischen von mehreren Einrichtungen genutzt wird. Darüber hinaus gibt es zahlreiche kommerzielle Anbieter, die geeignete Softwarelösungen entwickelt haben.

Kommt eine Gefährdungsbeurteilung für ein Labor zu dem Ergebnis, dass die benutzten Gefahrstoffe nur eine geringe Gefährdung darstellen, z.B. aufgrund niedriger Gefährdungspotentiale, kleiner Stoffmengen und kurzer Expositionszeiten, so müssen hier nur die in §8 GefStoffV beschriebenen allgemeinen Schutzmaßnahmen<sup>23</sup> eingehalten werden. Hierzu gehören u.a. geeignete Gestaltung des Arbeitsplatzes, Bereitstellung geeigneter Arbeitsmittel, Begrenzung der Anzahl der Beschäftigten, Begrenzung der Dauer und der Höhe der Exposition, angemessene Hygienemaßnahmen und die Begrenzung der am Arbeitsplatz vorhandenen Gefahrstoffe auf die notwendige Menge.

#### Umgang mit krebserzeugenden Stoffen

Viele der im Labor eingesetzten flüchtigen Gefahrstoffe sind zugleich kanzerogene Stoffe wie, z. B. Ethidiombromid und Acrylamid. Das Arbeiten mit flüchtigen kanzerogenen Stoffen muss unter Sicherheitswerkbanken mit entsprechenden Filtern oder unter Laborabzügen, die die Schadstoffe aus dem Labor entfernen, erfolgen. Es sind die Anforderungen der TA Luft, Abs. 5.2.7.1.1 einzuhalten, die Grenzwerte für die Emission von krebserzeugenden Stoffen definiert<sup>24</sup>.

#### Gefahrstofflagerung

Bei der Aufgabe, Gesundheitsgefährdung durch Gefahrstoffe zu vermeiden, ist die Lagerung von Gefahrstoffen von zentraler Bedeutung. Gefahrstoffe sind grundsätzlich so aufzubewahren oder zu lagern, dass sie die menschliche Gesundheit und die Umwelt nicht gefährden. Sie dürfen nur in Behältern aufbewahrt werden, die aus Werkstoffen bestehen, die den zu erwartenden Beanspruchungen standhalten und entsprechend ihrem Inhalt gekennzeichnet sind. Außerdem sind sie so aufzubewahren, dass bei Beschä-

<sup>23</sup> [https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv\\_2010/\\_8.html](https://www.gesetze-im-internet.de/gefstoffv_2010/_8.html)

<sup>24</sup> [https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund\\_18082021\\_IGI25025005.htm](https://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_18082021_IGI25025005.htm)

digung der Behältnisse keine gefährlichen Reaktionen ausgelöst werden können.

Standflaschen, in denen Gefahrstoffe in einer für den Handgebrauch erforderlichen Menge enthalten sind, müssen mindestens mit der Bezeichnung des Stoffes, der Zubereitung und den Bestandteilen der Zubereitung sowie den Gefahrensymbolen mit den dazugehörigen Gefahrenbezeichnungen und den zu beachtenden Sicherheitsmaßnahmen gekennzeichnet sein.

Empfohlen wird die Lagerung von Gefahrstoffen in Sicherheitsschränken nach DIN EN 14470-1. Brennbare Gefahrstoffe sind in Sicherheitsschränken für brennbare Flüssigkeiten zu lagern. Säuren und Laugen, die korrosive Dämpfe abgeben, sind in an das Abluftsystem angeschlossene Säuren-/Laugenschränken aus korrosionsbeständigen Materialien zu lagern. Grundsätzlich ist zu beachten, dass sich aus der Zusammenlagerung von Chemikalien keine zusätzlichen Gefährdungen ergeben. Es empfiehlt sich, dafür eine Betriebsanweisung mit Angaben der Zusammenlagerung zu erstellen.

#### Nutzung von Laborabzügen

Laborabzüge sind genormte und zertifizierte Sicherheitseinrichtungen, die einen sicheren Umgang mit chemischen Gefahrstoffen ermöglichen. Sie dürfen grundsätzlich nicht unter dem zertifizierten Mindest-Abluftwert betrieben werden. In der Praxis werden Laborabzüge allerdings auch zur Lagerung von Gefahrstoffen benutzt. Beschäftigte sollten regelmäßig auf dieses Fehlverhalten hingewiesen werden, da die Gefahr besteht, dass die in Laborabzügen gelagerten Chemikalien bei Unfällen zu einer erheblichen zusätzlichen Gefährdung führen. Zudem sind Laborabzüge zur Lagerung von Gefahrstoffen viel zu unwirtschaft-

lich, da ein Laborabzug gegenüber einem Gefahrstofflagerschrank ca. 15 x mehr Energie verbraucht.

#### Lokale Absaugvorrichtungen

Absaugvorrichtungen sind keine genormten und zertifizierten Sicherheitseinrichtungen, dennoch kann ihr zweckgebundener Einsatz sehr hilfreich für die Reduzierung des Energieverbrauches in Laboratorien sein.

#### Einhausungen für Laborgeräte (z.B. Robotertechnik, Vakuumpumpen, etc.)

Mit der Einhausung von Geräten (Tischgeräte oder Standgeräte) wird verhindert, dass Lärm, Wärme und ggf. Schadstoffe in den Laborraum gelangen und in dessen Raumbilanz eingehen. Die Einhausung folgt dem Prinzip, kleine, abgesaugte Raumvolumina zu schaffen und so den Wärme-, Lärm- und Gefahrstoffaustritt in das Labor zu reduzieren.

#### Punktabsaugungen

Sind nur begrenzt wirkungsvoll einsetzbar, um Gefahrstoffe und Wärme aus der Raumbilanz zu entfernen. Es ist auf eine unmittelbare Nähe zwischen „Quelle“ und Absaugung zu achten.

## 4. Berechnung und Simulation von Gefahrstoffkonzentrationen im Labor

Besteht die Absicht, Volumenströme in einem Labor zu reduzieren oder flexibel zu regulieren, so ist vorab die mögliche inhalative Exposition der Beschäftigten durch chemische Gefahrstoffe zu beurteilen, die Stäube, Gase, Dämpfe oder Aerosole bilden (Abb.2). Für die Ermittlung einer inhalativen Exposition durch flüchtige Gefahrstoffe werden in der TRGS 402<sup>25</sup> messtechnische und nichtmesstechnische Methoden beschrieben. Die messtechnische Ermittlung erfolgt

<sup>25</sup> <https://www.baua.de/DE/Angebote/Regelwerk/TRGS/TRGS-402>

## Best Practice – Berechnung und Simulation von Gefahrstoffemissionen

In einem Massenspektrometrie-Labor des Max Delbrück Center wird regelmäßig das organische Lösungsmittel Acetonitril benutzt. Für einen typischen Versuchsablauf werden zur Befüllung eines Pipettierroboters 100 ml Acetonitril in einem Gefäß (10 × 15 cm) bereitgestellt. Die Versuchsdauer ist ca. eine Stunde. Der Versuch wird in der Regel zweimal pro Tag durchgeführt.

Um zu prüfen, welcher Volumenstrom notwendig ist, damit unter den gegebenen Arbeitsbedingungen der erlaubte Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)<sup>26</sup> von Acetonitril (17 mg/m<sup>3</sup>) nicht überschritten wird, wurden verschiedene mathematische Analysen durchgeführt (Anlage 1).

Zunächst wurde unter Annahme einer idealen Mischlüftung der Verlauf der emittierten Acetonitril-Konzentration und der Bewertungsindex berechnet. Die

Ergebnisse zeigen, dass in dem betrachteten Labor bei einem Volumenstrom von 564 m<sup>3</sup>/h (entspricht einem 4-fachen Luftwechsel) der erlaubte AGW von Acetonitril nicht überschritten wird.

In einem typischen Labor ist eine ideale Mischlüftung in der Regel nicht zu erwarten. Vielmehr kommt es aufgrund einer ungleichmäßigen Verteilung von Wärme- und Schadstoffquellen, der Anordnung der Lüftungsöffnungen und bedingt durch das spezifische Diffusionsverhalten eines Gefahrstoffes zu einer inhomogenen Ausbreitung und Verteilung. Deshalb wurden numerische Simulationen durchgeführt, die es ermöglichen, eine reale Laborsituation mit einer inhomogenen Verteilung des Gefahrstoffes darzustellen. Die Ergebnisse dieser Analyse implizieren, dass auch bei einer noch weitergehenden Reduzierung der Volumenströme, die Arbeitssicherheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt wird.

in Form von Arbeitsplatzmessungen mit geeigneten Messverfahren und darf nur von Messstellen mit entsprechender Fachkunde durchgeführt werden. Eine flächendeckende messtechnische Analyse ist in Forschungszentren aufgrund der großen Anzahl von Laboren und der vielfältigen Arbeitsmethoden praktisch nicht zu realisieren. Darüber hinaus weist die TRGS 402 in Kapitel 4.4 (5) darauf hin, dass unter bestimmten Randbedingungen, z.B. bei kurzer Expositionsdauer oder Tätigkeitsdauer, die Durchführung von Arbeitsplatzmessungen nicht möglich ist oder keine verwertbaren oder repräsentativen Ergebnisse liefert. Wie in Kapitel 2 bereits ausgeführt, werden flüchtige Gefahrstoffe in biomedizinischen Laboren in der Regel in geringen Mengen, für kurze Zeit und sehr selten benutzt. Es ist also zu vermuten, dass eine messtechnische Analyse in biomedizinischen Laboren nicht zu verwertbaren Ergebnissen führt.

Neben den Arbeitsplatzmessungen können zur Ermittlung der inhalativen Exposition auch nichtmesstechnische Methoden eingesetzt werden. Diese bieten den Vorteil, dass die Ermittlung auch von einer fachkundigen Person im Betrieb durchgeführt werden kann. Zu den nichtmesstechnischen Ermittlungsmethoden zählen u.a. Rechenmodelle und Simulationssoftware. Im BIA-Report 3/2001<sup>27</sup> werden Ableitungen von Berechnungsgrundlagen und die Anwendung von Berechnungsmethoden in der Praxis beschrieben. Er zeigt eindrucksvoll, dass Berechnungsverfahren eine valide Methode für die Beurteilung von Gefahrstoffexpositionen darstellen. Die Belastung durch einzelne oder mehrere Stoffe wird anhand eines Bewertungsindex berechnet. Liegt der Wert unter eins, so ist der Arbeitsplatzgrenzwert für den betrachteten Gefahrstoff eingehalten. In komplexen Situationen oder bei besonderen Anforderungen kann die Berech-

<sup>26</sup> <https://www.bfga.de/arbeitsschutz-lexikon-von-a-bis-z/fachbegriffe-a-b/agw-fachbegriff/>

<sup>27</sup> [https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep01/biar0301/rep3\\_01.pdf](https://www.dguv.de/medien/ifa/de/pub/rep/pdf/rep01/biar0301/rep3_01.pdf)

nung des Bewertungsindex durch numerische Simulationen ergänzt werden.

Um zu beurteilen, wie sich eine geplante Reduktion der Volumenströme in einem Labor auf die Raumluftkonzentration von organischen Lösungsmitteln auswirkt, wurde eine Tabelle erstellt, die es ermöglicht, Raumluftkonzentrationen unter verschiedenen Bedingungen zu ermitteln (Anhang 2). Anhand der Tabelle wird deutlich, dass das Gefährdungspotential eines flüchtigen Gefahrstoffes von der Stoffmenge bestimmt wird, die in den Raum emittiert wird. Diese ist abhängig von den Stoffeigenschaften, der Expositionsoberfläche und der Expositionszeit. Die Konzentration eines emittierten Gefahrstoffes wird zudem durch die Raumgröße und den vorhandenen Volumenstrom beeinflusst.

Die genannte Tabelle lässt sich nicht auf alle im Labor benutzten Gefahrstoffe anwenden, da die zur Berechnung notwendigen Kennzahlen nicht für alle Gefahrstoffe bekannt sind. Allerdings haben die Ergebnisse der Gefährdungsanalyse am Max Delbrück Center (siehe Kapitel 2) gezeigt, dass Gefahrstoffe in der Regel nur für kurze Zeit und in kleinen Mengen benutzt werden. Auch die möglichen Expositionsoberflächen sind in der Regel sehr klein. Da diese Beobachtungen als exemplarisch für das Arbeiten in biomedizinischen Laboren betrachtet werden können, ist davon aus-

zugehen, dass auch bei einem um 50 %, reduzierten Luftvolumenstrom eine Überschreitung der relevanten AGWs ausgeschlossen werden kann, sofern die in §8 GefStoffV beschriebenen Allgemeinen Schutzmaßnahmen eingehalten werden (siehe Kapitel 2).

### 5. Strategien für eine energieeffiziente Belüftung von Laboren

Neben einer Vielzahl von technischen Möglichkeiten zur energetischen Optimierung von RLT-Anlagen, die an dieser Stelle nicht betrachtet werden, kann durch organisatorische Veränderungsprozesse eine energieeffiziente Belüftung von Laboren erreicht werden. Mögliche Strategien werden im Folgenden betrachtet.

#### Festlegung von Betriebszeiten

In der Regel werden Forschungslabore nicht durchgehend genutzt. Eine beispielhafte Betrachtung der Betriebszeiten unter Berücksichtigung von 52 arbeitsfreien Wochenenden, 5 Feiertagen und einem typischen Laborbetrieb von 12 Stunden pro Tag zeigt, dass ein Labor nur zu 35 % der Zeit benutzt wird (Abb. 3). Selbst bei einer 6-Tage Woche würde die Betriebszeit weniger als 50 % betragen.

Die Beispielrechnung zeigt, dass eine zeitlich begrenzte Absenkung der Volumenströme („Nachtabsenkung“)

Arbeitstage (pro Jahr)	Laborbetrieb (h/pro Jahr)	Nicht-Betrieb (h/pro Jahr)	Laborbetrieb (%)
256	3072	5688	35

Abb. 3 Laborbetrieb im Jahresüberblick (Annahme: 12 h/Tag, 52 Wochenenden, 5 Feiertage)

## Best Practice – Festlegung von Betriebszeiten

Das **Max Delbrück Center** führt seit 2013 in einigen Forschungsgebäuden eine Absenkung der Volumenströme von 22:00 bis 6:00 Uhr und am Wochenende durch. Der Volumenstrom wurde in den Laboren in Abhängigkeit der technischen Rahmenbedingungen um bis zu 75 % reduziert. Die Labore wurden mit einem Ampelsystem ausgestattet, welches den Normalbetrieb (grün) bzw. den reduzierten Volumenstrom (rot) signalisiert. Außerhalb der Normalbetriebszeiten besteht die Möglichkeit, per Knopfdruck den Standardbetrieb wieder herzustellen. Diese Maßnahme hat den Energieverbrauch der Gebäude um ca. 35 % gesenkt. Inzwischen wurden die Zeiten für den reduzierten Betrieb weiter ausgedehnt und in zahlreichen Laboren – in Abstimmung mit den jeweiligen Arbeitsgruppen – die Regeltechnik so programmiert, dass der Volumenstrom je nach Bedarf per Knopfdruck zwischen Normalbetrieb und reduziertem Betrieb eingestellt werden kann. Die betroffenen Labore wurden mit Hinweisschildern

gekennzeichnet (Anlage 3). Erste Analysen zeigen, dass diese Maßnahme den Energieverbrauch der RLT-Anlagen noch einmal um 25 % reduziert hat.

Das **Deutsche Geoforschungszentrum GFZ** hat in dem 2021 eröffneten GeoBioLab eine flexible Regulation der RLT-Anlagen etabliert, die zentral gesteuert wird. Auch hier wird durch ein Ampelsystem angezeigt, welches den Normalbetrieb (grün) bzw. den reduzierten Volumenstrom (rot) der RLT-Anlagen signalisiert. Die Labore sind mit Bewegungsmeldern ausgestattet. Solange niemand im Labor ist, werden die Räume mit einem ca. 70 % reduziertem Volumenstrom versorgt. Sobald eine Person das Labor betritt, schaltet die Anlage innerhalb von wenigen Sekunden in den Normalbetrieb.

Auch in Institutionen wie dem **Zoll**, der einen periodische Laborbetrieb hat, wurde in den letzten Jahren eine flexible Regulation der RLT-Anlagen etabliert.

ein sehr großes Energiesparpotential besitzt. Moderne RLT-Anlagen bieten in Abhängigkeit von Ihrer Leistungsfähigkeit die Möglichkeit, Volumenströme im Zeitraum von wenigen Sekunden bis ca. eine Stunde flexibel hoch und runter zu regulieren. Die flexible Regulation kann über eine zentrale Schaltung zeitgesteuert im Gebäude oder individuell vom Laborraum per Tastendruck oder über Präsenzmeldung erfolgen. Oft werden auch beide Methoden kombiniert.

Bei einer zeitlich begrenzten Reduzierung der Volumenströme ist zu beachten, dass auch außerhalb der Betriebszeiten Restemissionen durch vorhandene Chemikalien auftreten können. Darüber hinaus ist der Betriebszustand von ggf. vorhandenen Laborabzügen abhängig, welche in der Regel mit dem Laborlüftungssystem gekoppelt sind. Da RLT-Anlagen Teil einer komplexen Laborgebäudeplanung sind, tragen sie zudem häufig – quasi als Nebeneffekt – zur Ab-

führung der Abwärme von Laborgeräten bei. Aus diesen Gründen hat sich eine zeitlich begrenzte Absenkung der RLT-Anlagen auf einen um ca. 60 – 75 % reduzierten Volumenstrom bewährt.

Grundsätzlich muss bei einer flexiblen Regelung der RLT-Anlagen gewährleistet werden, dass Gefahrstoffe in Sicherheitsschränken gelagert und die in §8 GefStoffV beschriebenen Allgemeinen Schutzmaßnahmen eingehalten werden (siehe Kapitel 3). Zudem muss geklärt werden, ob sich sicherheitstechnische Einrichtungen mit einer permanenten Abluft im Raum befinden.

### Festlegung differenzierter Raumstandards

Eine weitere Möglichkeit, Volumenströme der RLT-Anlagen in einem Forschungsgebäude zu reduzieren, besteht darin, die räumliche Verteilung der Arbeitsprozesse zu überdenken. In Forschungsgebäuden, in

## Best Practice - Festlegung differenzierter Raumstandards

Das **Deutsche Krebsforschungszentrum DKFZ** hat bereits 2008 in seinem zentralen Forschungsgebäude ein Konzept einer bedarfsgerechten, räumlich differenzierten Lüftung umgesetzt. Durch geeignete planerisch bauliche Maßnahmen und die Schaffung sogenannter „Gefahrstoffcenter“ mit variablen Laborabzügen konnte der Volumenstrom im Mittel um ca. 45 % reduziert werden. Eine zusätzliche Luftmengenreduktion konnte durch Umleitung der Zuluft über die Dokumentationszone sowie durch weitere Absenkung außerhalb der regulären Arbeitszeiten erreicht werden.

Das **Max Delbrück Center** beabsichtigt im Rahmen der Sanierung eines Forschungsgebäudes, unterschiedliche Laborklassen zu definieren (s. Tabelle unten). Für das Arbeiten mit flüchtigen Gefahrstoffen werden einzelne „Gefahrstofflabore“ mit kleiner Laborfläche geplant, die mit 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> betrieben werden. Die Mehrzahl der Laborräume wird als biomedizinische Labore mit großen Grundflächen konzipiert, die mit reduziertem Luftwechsel betrieben werden. Hier werden Arbeiten durchgeführt, die keine flüchtigen Gefahrstoffe benötigen. Zusätzlich werden Möglichkeiten für den Anschluss von Roboter-Einhausungen Flächen konzipiert.

Raumtyp	Laborbetrieb (m <sup>3</sup> /h pro m <sup>2</sup> )	Nutzungsart
Gefahrstofflabore	25	Arbeiten mit flüchtigen Gefahrstoffen
Biomedizinische Labore	6,25 - 12,5	Generelle Labortätigkeiten
Lagerraum	0 - 6,25	Lagerung von Plastikmaterialien, etc.

denen das Arbeiten mit flüchtigen Gefahrstoffen nur einen geringen Anteil am typischen Laboralltag einnimmt, können diese Arbeitsprozesse räumlich von den Standardarbeitsprozessen getrennt werden. Die Abtrennung von Arbeitsprozessen ist in der Forschung eine eingeübte Praxis - es gibt beispielsweise spezielle Räume für das Arbeiten mit Radionukliden oder pathogenen Materialien. Eine entsprechende Strategie ist im 2024 veröffentlichten Whitepaper des IFMA Benchmarking Roundtable beschrieben<sup>28</sup>.

Das Konzept schlägt außerdem vor, redundantes Equipment in den Laboren möglichst zu reduzieren und eine gemeinschaftliche Nutzung dieser Geräte zu

etablieren („Shared equipment“ concept). Insbesondere sollte darauf geachtet werden, die Lagerung von ungefährlichen Labormaterialien möglichst in separate Räume zu verlegen. Diese Räume können in der Regel ohne Belüftung oder mit einem stark reduzierten Luftwechsel betrieben werden.

Neben der Schaffung von definierten Labortypen bzw. Arbeitsprozessen mit unterschiedlichem Luftwechsel ist auch in einzelnen Räumen eine flexible Regulation der Volumenströme während der Betriebszeiten denkbar, die sich an konkreten Bedarfen orientiert. Werden beispielsweise größere Mengen flüchtiger Gefahrstoffe nur in einem zeitlich begrenzten Rahmen

<sup>28</sup> IFMA Benchmarking GoP Whitepaper CO2- und energiereduziertes betreiben von Laborgebäuden; <https://benchlearning.de/roundtable/ifma/>



genutzt, reicht es ggf. aus, nur auf Anforderung RLT-Anlagen mit einem höheren Volumenstrom, zu betreiben. Dieses Szenario erfordert aber eine leistungsstarke und aufwendige Anlagentechnik, die Volumenströme innerhalb weniger Sekunden hoch und runter regulieren kann.

Weiterhin sollte darauf geachtet werden, Ultratiefkühlschränke mit Wasserkühlung zu nutzen. Es empfiehlt sich, Ultratiefkühlschränke und sonstige wärmeintensive Gerätetechnik, in Räumen zu konzentrieren, die die Abwärme über dezentrale Umluftkühler abführen. Allgemein gilt es, Räume mit hohen Anforderungen an den Abtransport von Wärmelasten, konstanten Temperaturen, möglichst klein zu halten. Die Nutzung von Kühlzellen ist dahingehend zu überdenken, ob diese wirklich als Arbeitsraum benötigt werden oder nur die Geräte sowie Reagenzien einer gesonderten Umgebung bedürfen. In diesem Falle kann man auf eine Volumen-reduzierte Kühltechnik ausweichen.

#### Generelle Reduzierung der Volumenströme

Zusätzlich zur Fixierung von Betriebszeiten kann auch eine grundsätzliche Absenkung der Volumenströme während der Betriebszeit in Betracht gezogen werden, wenn die Gefährdungsbeurteilung zu dem Ergebnis kommt, dass diese Maßnahme für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist.

## 6. Volumenströme in Laborräumen verändern - Was ist zu beachten?

Das folgende Kapitel gibt Empfehlungen, wie Maßnahmen für eine bedarfsgerechte und energieeffiziente Regulation der RLT-Anlagen im Labor erfolgreich umgesetzt werden können.

### Best Practice - Generelle Reduzierung von Volumenströmen

Als eine der ersten Einrichtungen hat die **ETH Zürich** eine entsprechende Maßnahme umgesetzt und für Biologielabore einen 3-fachen Luftwechsel als Mindeststandard definiert. Inzwischen haben zahlreiche Zentren den Volumenstrom in vielen Laboren um bis zu 50 % reduziert, u.a. das **Max-Planck-Institut für Infektionsbiologie in Berlin**, die **Humboldt Universität zu Berlin**, **Charité (Campus Benjamin Franklin)** und **Helmholtz Munich (Pioneer Campus)**. Das **Max Delbrück Center** betreibt seit 2024 in seinem größten Forschungsgebäude, welches nicht mit einer flexiblen Regelungstechnik ausgestattet ist, viele Labore mit einem Volumenstrom von ca. 16 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup>. Eine weitergehende Absenkung ist hier technisch nicht möglich, da ansonsten die Funktionsweise der Laborabzüge nicht gewährleistet werden kann.

Grundsätzlich kann der Betrieb der RLT-Anlagen in Forschungsgebäuden ohne behördliche Genehmigung verändert werden. Die Verantwortung für die Gewährleistung der Arbeitssicherheit trägt die Geschäftsführung bzw. der Vorstand. In Forschungseinrichtungen wird diese Verantwortung im Rahmen der Pflichtenübertragung auf die jeweiligen Führungskräfte der einzelnen Arbeitsgruppen übertragen. Die Führungskräfte werden bei der Erstellung der notwendigen Gefährdungsbeurteilung von der Fachkraft für Arbeitsschutz und dem/der Gefahrstoffbeauftragten unterstützt.

Besteht die Absicht, Volumenströme von RLT-Anlagen zu verändern, so sollte die anvisierte Maßnah-



me vorab mit allen relevanten Beteiligten umfassend kommuniziert werden. Um alle relevanten Akteure für einen Veränderungsprozess zu motivieren, empfiehlt es sich, auf den hohen Energiebedarf der Laborlüftung hinzuweisen, da diese Information vielfach nicht bekannt ist (Abb. 4).

Als erster Schritt sollte per Vorstandsbeschluss eine Projektgruppe etabliert werden, die die Aufgabe hat, alle notwendigen Schritte einzuleiten, die eine generelle oder eine räumlich und zeitlich flexible Absenkung der Luftwechselrate im Labor ermöglichen könnten. Die Projektgruppe sollte Vertreter:innen aus den folgenden Bereichen beinhalten: Forschungsgruppenleitung, Arbeitssicherheit, Technische Infrastruktur, Bau, Nachhaltigkeit, Personal- oder Betriebsrat. Der Personal- bzw. Betriebsrat hat die Aufgabe, den Arbeitsschutz durch Anregung, Beratung und Auskunft zu unterstützen, besitzt allerdings kein Mitbestimmungsrecht, da die für die Veränderung von Volumenströmen notwendige Gefährdungsbeurteilung durch die Gefahrstoffverordnung gesetzlich geregelt ist und durch die TRGS 526 konkretisiert wird (siehe Kapitel 2 und 3).

Im Rahmen der Projektgruppe gilt es, zunächst eingefahrene Arbeitsprozesse zu hinterfragen. Welche Veränderungen sind vertretbar, ohne die Sicherheit zu gefährden und die Forschung grundsätzlich zu behindern? Welche technischen Möglichkeiten sind vorhanden? Welche Einspareffekte könnten erzielt werden? Entsprechende Hinweise sind in Anlage 4 beschreiben.

Wird eine Absenkung bzw. eine individuell steuerbare, bedarfsgerechte Regulation der Volumenströme angestrebt, sind die in Abb. 5 beschriebenen

### Was kostet die Belüftung eines Standardlabors?

- Grundfläche: 50 m<sup>2</sup>
  - Laborbetrieb 24/7: 8760 h/ Jahr
  - Belüftung: 25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup> => Volumenstrom: 1250 m<sup>3</sup>/h
  - Geschätzte Kosten: 2,50 € pro 1000 m<sup>3</sup>/h Volumenstrom
- => Jährlichen Kosten: 27.3775 €**

Abb. 4: Beispiel für eine Betriebskostenrechnung

Schritte notwendig. Vor und nach der erfolgreichen Umsetzung einer Maßnahme empfiehlt es sich, die Energieverbräuche zu monitoren, um Energieeinspareffekte zu dokumentieren und in der Belegschaft zu kommunizieren.

## 7. Resümee

Forschungseinrichtungen sind aufgefordert, einen Beitrag zur angestrebten Klimawende zu leisten und ihre Forschungsinfrastruktur möglichst energieeffizient zu betreiben. Als öffentlichen Stellen mit einem Gesamtendenergieverbrauch, der in der Regel über drei Gigawattstunden pro Jahr liegt, sind sie nach dem Energieeffizienzgesetz<sup>29</sup> verpflichtet, ein Energie- oder Umweltmanagementsystem einzurichten. Im Kontext von Energiemanagementsystemen nach ISO 50001 gehören RLT-Anlagen in der Regel zu den sogenannten

<sup>29</sup> <https://www.gesetze-im-internet.de/enefg/BJNR1350B0023.html>

## 7 Schritte zu einer bedarfsgerechten und energieeffizienten Lüftung im Labor

- 1 Durchführung einer Gefährdungsanalyse (Anlage 5): Welche Gefahrstoffe werden benutzt? In welchen Mengen? Wie häufig und über welchen Zeitraum? Relevant sind flüchtige Gefahrstoffe (siehe Abb.2)
- 2 Gefährdungsbeurteilung durch eine:n Gefahrstoff-beauftragte:n (idealerweise mit Chemie-Studium)
- 3 Ggf. Empfehlung möglicher Maßnahmen, z.B. Absenkung oder flexible Regulation
- 4 Schriftliche Zustimmung der verantwortlichen Führungskräfte
- 5 Vermerk in der Gefährdungsbeurteilung, unter welchen Umständen das Absenken der Luftwechselrate möglich ist
- 6 Umsetzung der Maßnahme durch Technische Infrastruktur
- 7 Kennzeichnung der betroffenen Labore mit geeigneten Hinweisschildern

Abb.5: Sieben Schritte zu einem veränderten Luftwechsel in Forschungslaboren

SEU (= Anlagen oder Bereiche mit „Significant Energy Use“) und müssen ausführlich betrachtet werden. Es ist zu prüfen, wie sie betrieben werden können, um einerseits im Sinne der Arbeitssicherheit wirksam und andererseits energieeffizient zu sein. Der vorliegende Leitfaden gibt dazu folgende Empfehlungen:

1. Die TRGS 526 fordert primär eine wirksame Lüftungseinrichtung und bietet grundsätzlich die Möglichkeit, von dem formal definierten Standardwert (25 m<sup>3</sup>/h pro m<sup>2</sup>) abzuweichen, wenn mittels Gefährdungsbeurteilung nachgewiesen werden kann, dass eine veränderte Belüftung für die vorgesehenen Tätigkeiten dauerhaft ausreichend und wirksam ist.
2. Arbeitsmethoden in Forschungseinrichtungen sind im Wandel. Insbesondere in biomedizinischen Laboren zeigt sich ein eindeutiger Trend hin zur Reduktion, Vermeidung und Substitution von Gefahrstoffen.
3. Um die Wirksamkeit einer Lüftungsanlage zu überprüfen, bedarf es zunächst einer detaillierten Analyse der aktuellen Arbeitsbedingungen. Forschungszentren sind verpflichtet, ein Gefahrstoffkataster zu führen. Diese Pflicht, die zunächst dem Vorstand obliegt, wird in der Regel im Rahmen der Pflichtenübertragung auf die jeweiligen Leiter:innen der wissenschaftlichen Arbeitsgruppen übertragen. Das Gefahrstoffkataster bildet die Grundlage für eine Gefährdungsbeurteilung, die von einer fachkundigen Person durchgeführt werden muss.
4. Bei der Gefährdungsbeurteilung ist in erster Linie der Umgang mit flüchtigen Gefahrstoffen zu betrachten.

5. Die Berechnung von Gefahrstoffkonzentrationen im Labor mit Hilfe des im BIA Report 3/2021 beschriebenen Bewertungsindex stellt ein hilfreiches Werkzeug zur Einschätzung des Gefährdungspotentials in Laborräumen dar. Er ermöglicht sowohl die Beurteilung einzelner Belastungen als auch die Bewertung kumulativer Belastungen über einen Arbeitstag. In komplexen Situationen oder bei besonderen Anforderungen kann der Bewertungsindex durch numerische Simulationen ergänzt werden.
6. In Abhängigkeit von den jeweils im Labor vorhandenen Gefährdungspotentialen kann durch geeignete organisatorische Veränderungsprozesse eine energieeffiziente Belüftung von Laboren erreicht werden. Mögliche Strategien sind:
  - Festlegung von Betriebszeiten
  - Festlegung differenzierter Raumstandards
  - Reduzierung der Volumenströme
7. Um entsprechende Maßnahmen erfolgreich umzusetzen, müssen sie im Vorfeld gut kommuniziert werden. Zudem ist es unabdingbar, alle relevanten Beteiligten in einem geordneten Prozess einzubeziehen.

Die hier beschriebenen Beobachtungen und Empfehlungen zeigen, dass ein effizienter, am Nutzerverhalten orientierter Betrieb von RLT-Anlagen vielfach große Energiesparpotentiale ermöglicht, ohne dabei den notwendigen Schutz der Beschäftigten zu beeinträchtigen. ■

**Anlage 1:** Berechnung und Simulation des Gefährdungspotentials von Acetonitril in einem Massenspektrometrie-Labor des Max Delbrück Center

**Anlage 2:** Raumluftkonzentrationen organischer Lösungsmittel im Labor

**Anlage 3:** Hinweisschild für Labore mit nicht standardisierten Volumenströmen

**Anlage 4:** Volumenströme in Laboren und von RLT-Anlagen verändern - was ist zu beachten?

**Anlage 5:** Gefährdungsanalyse

# Impressum

## Herausgeber

Helmholtz Kompetenznetzwerk Klimagerecht Bauen  
c/o Max Delbrück Center in Berlin-Buch

Robert-Rössle-Str. 10, 13125 Berlin

Telefon: +49 (0) 30 94 06-21 61

E-Mail: [hkb@mdc-berlin.de](mailto:hkb@mdc-berlin.de)

Webadresse: [www.hkb.helmholtz.de](http://www.hkb.helmholtz.de)

Einzelheiten zur inhaltlichen und rechtlichen  
Verantwortlichkeit finden Sie auf:

[www.hkb.helmholtz.de](http://www.hkb.helmholtz.de)

Stand

01.11.2024