



Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Europäische Kommission

Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher

Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle – Institut für Gesundheit und Verbraucherschutz

Kontakt

Adresse: Via E. Fermi 2749, TP 281, I-21027 Ispra (VA), Italien

E-Mail: JRC-IHCP-CAT@ec.europa.eu

Tel.: +39 0332 78 9871

Fax: +39 0332 78 5867

Weitere Informationen zur Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher: http://ec.europa.eu/dgs/health_consumer/index_de.htm

Weitere Informationen zur Gemeinsamen Forschungsstelle: <https://ec.europa.eu/jrc/>

Rechtlicher Hinweis

Dies ist eine gemeinsame Veröffentlichung der Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher und der Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission. Sie dient der evidenzbasierten, wissenschaftlichen Unterstützung der politischen Entscheidungsfindung in Europa. Die hier zum Ausdruck gebrachten wissenschaftlichen Ergebnisse stellen keine politische Position der Europäischen Kommission dar. Weder die Europäische Kommission noch eine in ihrem Namen handelnde Person übernehmen die Verantwortung für die Verwendung der in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen.

Für den Inhalt der Veröffentlichung sind allein die Autoren und Mitwirkenden verantwortlich. Die in dem Bericht geäußerten Meinungen geben nicht unbedingt die Meinung der Europäischen Kommission wieder. Auch übernehmen weder die Europäische Union noch die Europäische Kommission oder die Exekutivagentur für Gesundheit und Verbraucher die Verantwortung für die in dieser Veröffentlichung enthaltenen Informationen oder für deren Verwendung.

Sämtliches Bildmaterial © Europäische Union 2014, mit Ausnahme der Titelseite: iStockphoto®, ©skynesher, 2011

JRC87071

EUR 26726 DE

ISBN 978-92-79-39149-1 (PDF)

ISSN 1831-9424 (online)

doi: 10.2788/89338

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2014

© Europäische Union, 2014

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Gedruckt in Italien

Zusammenfassung

In dieser Veröffentlichung werden die grundlegenden Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen beschrieben, die im Rahmen des SINPHONIE-Projekts (Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit: Netz der Beobachtungsstellen in Europa) erarbeitet wurden. Sie soll als Leitfaden dienen, in dem die neusten Erkenntnisse aus dem SINPHONIE-Projekt schlüssig und umfassend zusammengestellt sind. Hierzu gehören die wichtigsten Ursachen sowie Präventions-, Eindämmungs-, Abhilfe- und Kommunikationsstrategien für eine gesunde Schulumgebung in Europa. Diese Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen richten sich in erster Linie an die zuständigen politischen Entscheidungsträger auf europäischer und nationaler Ebene und bei den lokalen Behörden, die unter Berücksichtigung der ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Gegebenheiten das Raumklima in den Schulen ihrer Länder verbessern wollen. Weitere Zielgruppen, die wohl unmittelbaren Nutzen aus diesen Leitlinien ziehen werden, sind alle, die Schulgebäude gestalten und verwalten (die für Konzeption, Bau und Renovierung von Schulgebäuden zuständig sind), Schüler und ihre Eltern sowie Lehrer und sonstiges Schulpersonal. Die Benutzer dieses Leitfadens sollten zunächst einschlägige nationale Leitfäden konsultieren und diese Veröffentlichung für zusätzliche Informationen zu Rate ziehen.

SINPHONIE

Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit

Netz der Beobachtungsstellen in Europa

Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Verfasser des Berichts:

Stylios Kephelopoulos (Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle), Éva Csobod (REC, Ungarn), Yuri Bruinen de Bruin (RIVM, Niederlande), Eduardo de Oliveira Fernandes (IDMEC-FEUP, Portugal)

Mitwirkende:

Paolo Carrer (UMIL, Italien), Corinne Mandin (CSTB, Frankreich), Marianne Stranger (VITO, Belgien), Isabella Annesi-Maesano (UPMC Paris 06, Frankreich), Marcia Giacomini (UBA, Deutschland), Ellen Koudijs (RIVM, Niederlande), Hans Moshhammer (Medizinische Universität Wien, Österreich), Peter Rudnai (NIEH, Ungarn), Joana Madureira (IDMEC-FEUP, Portugal), Dejan Mumovic (UCL, Vereinigtes Königreich), Dainius Martuzevičius und Edvinas Krugly (KUT, Litauen), Anne Hyvärinen, Martin Täubel und Kati Järvi (THL, Finnland), Zorica Zivkovic (USMS, Serbien), Helena Kazmarová (SZU, Tschechische Republik), Michal Jajcaj und Henrieta Savinová (UVZSR, Slowakei), Vasiliki Assimakopoulos und Margarita-Niki Assimakopoulos (UOA, Griechenland), John Bartzis und Krystallia Kalimeri (UOWM, Griechenland), Eugen S. Gurzau und Iulia Neamtiu (EHC, Rumänien), Peter van den Hazel (VGGM, Niederlande), Stephen Montefort (WALDONET, Malta), Adamos Hadjipanayis (Larnaca General Hospital, Zypern), Eduart Cani (REC, Albanien)



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Regionales Umweltzentrum für Mittel- und Osteuropa
2000 Szentendre
Ady Endre ut 9-11, Ungarn

Danksagung

Diese Veröffentlichung wurde im Rahmen des SINPHONIE-Projekts (Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit: Netz der Beobachtungsstellen in Europa) produziert, das im Auftrag der Europäischen Kommission (Vertrag SANCO/2009/c4/04 SI2.570742) durchgeführt und vom Europäischen Parlament finanziert wurde.

Die Ko-Autoren dieses Berichts bedanken sich bei all ihren Mitarbeitern für deren außerordentliches Engagement bei der Durchführung des SINPHONIE-Projekts und bei der Ausarbeitung der Leitlinien für eine gesunde Umgebung an europäischen Schulen.

Besonderer Dank gilt den Lehrern, Schülern und Eltern, die mit großem Enthusiasmus und in enger Zusammenarbeit an dem SINPHONIE-Projekt mitgewirkt haben.

Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

INHALT

VORWORT	7
1. HINTERGRUND UND ZIELE DER LEITLINIEN FÜR EINE GESUNDE UMGEBUNG IN EUROPÄISCHEN SCHULEN.....	8
2. BESTEHENDE INTERNATIONALE INITIATIVEN FÜR EINE GESUNDE INNENRAUMUMGEBUNG IN SCHULEN – ÜBERBLICK UND ANALYSE	11
3. LEITLINIEN FÜR EINE GESUNDE UMGEBUNG IN EUROPÄISCHEN SCHULEN	13
3.1 DIE WICHTIGSTEN FAKTOREN FÜR EINE GESUNDE UMGEBUNG IN SCHULINNENRÄUMEN	15
3.2 POTENZIELLE BELASTUNGSFAKTOREN UND IHR EINFLUSS AUF DIE GESUNDHEIT	18
3.2.1 <i>Beschwerdesymptomatik und ihr Zusammenhang mit physikalischen, chemischen und biologischen Belastungsfaktoren.....</i>	<i>18</i>
3.2.2 <i>Wie lassen sich durch die Innenraumluftqualität in Schulen bedingte Gesundheitsprobleme erkennen?.....</i>	<i>19</i>
3.3 INDIKATOREN, INSTRUMENTE, PROTOKOLLE UND LEITLINIEN FÜR DIE ÜBERWACHUNG DER INNENRAUMLUFTQUALITÄT UND DIE BEWERTUNG DER GESUNDHEIT IN SCHULEN	20
3.4 LEITFADEN FÜR PRÄVENTION, KONTROLLE, ABHILFE UND KOMMUNIKATION	26
3.4.1 <i>Leitfaden für allgemeine Hygieneanforderungen und besondere Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft in Schulgebäuden</i>	<i>26</i>
3.4.2 <i>Leitfaden zu den strukturellen Anforderungen an Schulgebäude</i>	<i>27</i>
3.4.3 <i>Leitfaden zu den Anforderungen an das Innenraumklima, die Lüftung und die Akustik in Schulgebäuden.....</i>	<i>30</i>
3.4.4 <i>Leitfaden zur Verringerung von Innenraumluftschadstoffen</i>	<i>31</i>
3.4.5 <i>Leitfaden zur Expositionseindämmung</i>	<i>31</i>
3.4.6 <i>Leitfaden zur Erziehung und Kommunikation</i>	<i>32</i>
3.5 TIPPS FÜR EINE GESUNDE SCHULUMGEBUNG IN EINZELNEN RÄUMEN	34
4. KRITERIEN FÜR DIE UMSETZUNG DER LEITLINIEN FÜR EINE GESUNDE SCHULUMGEBUNG IN EUROPÄISCHEN SCHULEN IN NATIONALES RECHT	43
4.1 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN KOSTEN DER MAßNAHMEN UND DEM GESUNDHEITLICHEN NUTZEN	44
5. BEWÄLTIGUNG VON HERAUSFORDERUNGEN UND UMSETZUNG VON EMPFEHLUNGEN	50
6. LITERATUR	53
7. ANHÄNGE	56
ANHANG A – ÜBERSICHT ÜBER POLITISCHE MAßNAHMEN (VERORDNUNGEN, GESETZE, LEITFÄDEN, PROGRAMME) FÜR EINE GESUNDE SCHULUMGEBUNG IN EUROPÄISCHEN LÄNDERN	57
ANHANG B – FÜR DAS RAUMKLIMA IN SCHULEN RELEVANTE PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE BELASTUNGSFAKTOREN, IHRE QUELLEN/URSACHEN UND GESUNDHEITSFOLGEN SOWIE OPTIONEN FÜR DAS RISIKOMANAGEMENT, ABHILFEMAßNAHMEN, NORMEN/LEITLINIEN/SINPHONIE-ERGEBNISSE ZUM VERGLEICH.....	69
ANHANG C – MIKROBIOLOGISCHE SCHADSTOFFE IN DER RAUMLUFT (QUELLEN/URSACHEN, GESUNDHEITSFOLGEN, OPTIONEN FÜR DAS RISIKOMANAGEMENT/ABHILFEMAßNAHMEN, NORMEN/LEITLINIEN/SINPHONIE-ERGEBNISSE ZUM VERGLEICH).....	87

VORWORT

In Europa verbringen über 64 Millionen Schüler und fast 4,5 Millionen Lehrer an jedem Schultag viele Stunden in Vor-, Grund- und Sekundarschulen. Die Kinder verbringen mehr Zeit in der Schule als an jedem anderen Ort (das eigene Zuhause ausgenommen). Es gibt viele Belege für die potenziellen Auswirkungen einer ganzen Palette von Innenraumschadstoffen, die sich in unterschiedlichen Gebäudeumgebungen, darunter auch in Schulen, nachweisen lassen und die entweder aus der Umgebungsluft stammen oder in den Innenräumen aufgrund von Materialien, Produkten oder Tätigkeiten entstehen. Schadstoffe in Schulen können sich auch auf das Wachstum von Kindern, ihre Lern- und Leistungsfähigkeit, aber auch auf ihre kulturelle und soziale Entwicklung auswirken. In den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts war in den Industrieländern, auch in Europa, ein Anstieg in der Häufigkeit von Bronchialasthma zu verzeichnen. Kinder mit Asthma reagieren bekanntlich besonders empfindlich auf schlechte Luftqualität, weshalb der Innen- und Außenbereich von Schulen immer stärker in den Fokus rückte.

Die Europäische Kommission hat im Rahmen ihrer Strategie für Umwelt und Gesundheit eine Reihe von zentralen Projekten unterstützt, die sich mit integrierten Konzepten zur Bewältigung von Fragen der Luftqualität und Gesundheit befassen (z. B. mit den Zusammenhängen zwischen Expositionen und potenziellen Ursachen, der Bewertung von Gesundheitsrisiken, Strategien und politischen Optionen) sowie mit verschiedenen Gebäudetypen, darunter auch Schulen.

Die Mittel für das SINPHONIE-Projekt wurden der Kommission vom Europäischen Parlament zur Verfügung gestellt, damit auf europäischer Ebene ein wissenschaftlich-technisches Netz aufgebaut werden konnte, das sich langfristig mit der Verbesserung der Luftqualität in Schulen und in Kindergärten befasst, um so die sich aus den Schadstoffen in der Innenraum- und Außenluft möglicherweise ergebenden Risiken für Atemwegserkrankungen bei Kindern und Lehrern und die daraus entstehenden Belastungen zu verringern. Das SINPHONIE-Projekt war ein gewaltiger Fortschritt, da es standardisierte Verfahren und Instrumente hervorbrachte, mit denen sich die Innenraumumgebung von Schulen besser charakterisieren und die Gesundheitsrisiken für Schulkinder und Schulpersonal besser bewerten ließen. Gleichzeitig sind aus dem Projekt Leitlinien, Empfehlungen und Optionen für das Risikomanagement hervorgegangen, mit denen künftige politische Maßnahmen untermauert werden können, damit sich die Luftqualität in Schulen und die damit verbundenen gesundheitlichen Aspekte verbessern.

Die im Zuge des SINPHONIE-Projekts entwickelten Grundlagen und Leitlinien für gesunde Umgebungen in europäischen Schulen stellen kohärent und kompakt die neuesten Erkenntnisse sowie die konkreten Ergebnisse des SINPHONIE-Projekts im Zusammenhang dar (wichtigste Ursachen sowie Präventions-, Kontroll-, Abhilfe- und Kommunikationsstrategien für eine gesunde Schulumgebung in Europa).

Diese Leitlinien für gesunde Umgebungen in europäischen Schulen sollen bereits vorhandene nationale und lokale Leitfäden ergänzen und untermauern und richten sich vor allem an die zuständigen politischen Entscheidungsträger – sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene – sowie an lokale Behörden. Ihr Ziel ist die Verbesserung der Innenraumumgebung europäischer Schulen unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen ökologischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, nationalen und lokalen Gegebenheiten. Eine zweite Zielgruppe, die von diesen Leitlinien direkt profitieren dürfte, sind die für die Gestaltung, den Bau und die Renovierung von Schulgebäuden Verantwortlichen sowie Schulkinder und ihre Eltern, Lehrer und sonstiges Schulpersonal.

Herr John F Ryan
Europäische Kommission
Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher

Direktor der Direktion Öffentliche Gesundheit
(m.d.W.d.G.b.)

Dr. Krzysztof Maruszewski
Europäische Kommission
Generaldirektion Gemeinsame
Forschungsstelle
Direktor des Instituts für Gesundheit und
Verbraucherschutz

1. Hintergrund und Ziele der Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Kinder brauchen für ihr Wachstum, ihre Lern- und Leistungsfähigkeit, aber auch für ihre kulturelle und soziale Entwicklung eine gesunde Umgebung in der Schule. Da Schulkinder sehr viel Zeit in der Schule verbringen und sie aufgrund ihrer physiologischen Konstitution im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung besonders sensibel sind, ist die Luftqualität in den Innenräumen von Schulen für sie besonders kritisch. In Europa sind über 64 Millionen Schüler und fast 4,5 Millionen Lehrer der Innenluft in Schulen ausgesetzt. Sie verbringen mehr Zeit in diesen Innenräumen (der Vor-, Grund- und Sekundarstufe sowie in den Räumlichkeiten der Kinderbetreuung) als an anderen Orten (das eigene Zuhause ausgenommen).

Es gibt hinreichende Belege für das gesundheitsschädigende Potenzial einer ganzen Palette von Luftschadstoffen, die beispielsweise in Innenräumen von Schulen nachgewiesen werden können. Schlechte Luftqualität beeinträchtigt nicht nur unser allgemeines Wohlbefinden, sondern verursacht auch aufgrund bestimmter Schadstoffe Gesundheitsprobleme – etwa Atemwegs- oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Krebs. Hierüber gibt es in der wissenschaftlichen Literatur eine Fülle von Berichten (z. B. die Leitlinien für die Luftqualität (WHO, 2005, 2009, 2010), Strategien zur Beeinflussung der Qualität der Innenraumluft (EnVIE, 2008; SEARCH, 2010; usw.)), aber auch politische Erklärungen (Ministererklärung von Parma 2010 der Weltgesundheitsorganisation (WHO)).

In den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts war in den Industrieländern, auch in Europa, ein Anstieg in der Häufigkeit von Bronchialasthma zu verzeichnen. Kinder mit Asthma reagieren bekanntlich besonders empfindlich auf schlechte Luftqualität. Daher sind Schulen für diese sensible Bevölkerungsgruppe ein besonders kritischer Aufenthaltsort. 2002 stellte die „European Federation of Asthma and Allergy Associations“ (EFA) in einem Bericht die verschiedenen Probleme dar, mit denen Schulen in Europa angesichts der Luftqualität in Innenräumen konfrontiert sind. Dabei verwies sie auf fehlende Studien zu den gesundheitlichen Folgen dieser Problematik und zu standardisierten Verfahren, mit denen diese Fragen ganzheitlich angegangen werden können. Auch fehle es an einer Bewertung der Auswirkungen der unterschiedlichen lokalen Strategien hinsichtlich der Innenraumluft in Schulgebäuden.

2010 wurden die Mitgliedstaaten des WHO-Regionalbüros für Europa in der von 53 Staaten unterzeichneten Erklärung von Parma aufgefordert, spürbare Maßnahmen zu ergreifen, um die in der Erklärung festgelegten Ziele zu erreichen. So heißt es im dritten vorrangigen Ziel der Region zur Krankheitsprävention durch Verbesserung der Außen- und Innenraumluft: „Wir sind bestrebt, jedem Kind Zugang zu gesunden Innenräumen in Kinderbetreuungseinrichtungen, Kindergärten, Schulen und öffentlichen Freizeiteinrichtungen zu verschaffen, indem wir die Leitlinien der WHO für Raumluftgüte beachten und nach Maßgabe des Rahmenübereinkommens zur Eindämmung des Tabakgebrauchs dafür Sorge tragen, dass diese Umfelder bis 2015 rauchfrei werden.“

Mit Blick auf die in der Erklärung von Parma gesteckten Ziele wurde das Projekt „SINPHONIE“ (Schools Indoor Pollution and Health – Observatory Network in Europe) ins Leben gerufen, das vom Europäischen Parlament finanziert und von der Europäischen Kommission unterstützt wird. Dieses auf zwei Jahre (2010-2012) angelegte Projekt, das sich auf den Sachverstand von 38 Partnern und assoziierten Partnern unterschiedlichster Disziplinen aus 25 Ländern stützt, untersuchte erstmals

europaweit in 23 europäischen Ländern die Zusammenhänge zwischen der Schulumgebung und der Gesundheit von Kindern.

Das SINPHONIE-Projekt war ein gewaltiger Fortschritt, da es standardisierte Verfahren und Instrumente hervorbrachte, mit denen sich die Innenraumumgebung von Schulen besser charakterisieren und die Gesundheitsrisiken der Schulkinder und des Schulpersonals besser bewerten ließen. Auch gingen aus dem Projekt Leitlinien und Empfehlungen für eine gesunde Schulumgebung hervor, die sich auf eine große Bandbreite von in Europa gängigen Situationen erstrecken. Außerdem bietet es einigen nationalen Einrichtungen, vor allem in ost- und südeuropäischen Ländern die einzigartige Gelegenheit, auf dieser Grundlage Kapazitäten aufzubauen. In diesem Sinne handelt es sich um einen klaren Fall von „Technologietransfer“ im Bereich der Bewertungsverfahren für die Luftqualität von Innenräumen und deren Auswirkungen auf die Gesundheit in Europa. Das Ziel einer gesunden Schulumgebung in Europa lässt sich nur mit einem integrierten und ganzheitlichen Konzept für die Prävention, Eindämmung, Abhilfe und Kommunikation erreichen, das sich mit Fragen der Luftqualität und gesundheitlichen Aspekten in Schulen befasst (z. B. mit den Zusammenhängen zwischen Exposition und potenziellen Ursachen, der Bewertung von Gesundheitsrisiken, Strategien und politischen Optionen) sowie mit Fragen des Standorts von Schulen, ihrer Gestaltung, ihres Baus, ihrer Nutzung, Verwaltung und Instandhaltung.

In diesem Dokument werden die Leitlinien für gesunde Umgebungen in europäischen Schulen dargestellt, die im Zuge des SINPHONIE-Projekts entwickelt wurden. Sie sollen als Grundlage für die mögliche Entwicklung eines EU-weit koordinierten Programms für eine gesunde Schulumgebung dienen.

Ziel ist die Erstellung eines Referenzdokuments, das kohärent und kompakt die neuesten Erkenntnisse aus den Ergebnissen des SINPHONIE-Projekts im Zusammenhang darstellt. Dies umfasst die wichtigsten Ursachen sowie Präventions-, Kontroll-, Abhilfe- und Kommunikationsstrategien für eine gesunde Schulumgebung in Europa. Dieser Leitfaden soll Hilfestellung für Situationen bieten, wie sie auf die meisten Schulumgebungen in Europa zutreffen dürften. Da jedoch jede Schulumgebung im Hinblick auf Gestaltung, klimatische Bedingungen, Betrieb, usw. einmalig ist, muss der Leitfaden an die nationalen bzw. lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Daher wurden auch Kriterien aufgenommen, wie der Leitfaden in den europäischen Ländern in nationale politische Maßnahmen integriert und umgesetzt werden kann. So soll der in diesem Bericht vorgestellte Leitfaden keine bereits vorhandenen nationalen und lokalen Leitlinien ersetzen, die nach wie vor zuerst herangezogen werden sollten, sondern vielmehr als Bereicherung und Ergänzung dienen.

Ziel dieser Leitlinien ist die Förderung eines präventiven und kosteneffizienten Konzepts – mit Blick auf die für eine gute Luftqualität in den Innenräumen einer angenommenen Schulumgebung notwendigen Anstrengungen und Kosten – im Gegensatz zu einem problemgestützten Ansatz, bei dem das Problem erst auftreten muss, bevor nach einer Lösung gesucht wird.

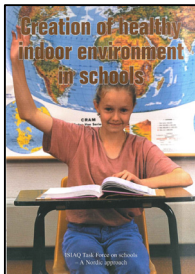
Diese Leitlinien für gesunde Umgebungen in europäischen Schulen richten sich vor allem an die zuständigen politischen Entscheidungsträger – sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene – sowie an lokale Behörden, die die Innenraumumgebung in ihren Schulen unter Berücksichtigung ihrer jeweiligen ökologischen, gesellschaftlichen, wirtschaftlichen, nationalen und lokalen Gegebenheiten verbessern wollen. Eine zweite Zielgruppe, die von diesen Leitlinien direkt profitieren dürfte, sind die für die Gestaltung, den Bau und die Renovierung von Schulgebäuden Verantwortlichen sowie Schulkinder und ihre Eltern, Lehrer und sonstiges Schulpersonal.

Die Nutzer dieses Leitfadens sollten sich erst an den einschlägigen nationalen Leitfäden orientieren und diese Veröffentlichung für zusätzliche Informationen nutzen.

2. Bestehende internationale Initiativen für eine gesunde Innenraumumgebung in Schulen – Überblick und Analyse

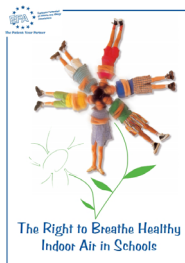
Für die Ausarbeitung dieses Dokuments wurden neueste Veröffentlichungen und die von den SINPHONIE-Partnern erhobenen Daten zu nationalen Initiativen (Leitlinien, Programme und Vorschriften) ausgewertet, die zum Ziel haben, die Innenraumumgebung nicht nur europäischer Schulen zu verbessern. Die gesammelten Informationen wurden anschließend analysiert, wobei das besondere Augenmerk der Situation in Europa und den wichtigsten Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen den europäischen Ländern galt.

ISIAQ



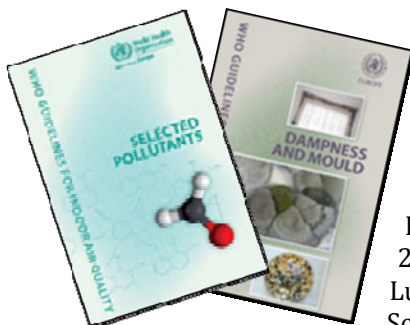
Die „International Society of Indoor Air Quality and Climate“ (ISIAQ) veröffentlichte 2001 den Bericht „Creation of a healthy indoor environment in schools“, in dem dargelegt wird, welche Anforderungen an eine gute Innenraumumgebung in Schulen gestellt werden, welche Verfahren sich zur Überwachung von Schulgebäuden mit problematischem Innenraumklima anbieten, wie Schulgebäude unter Gesundheitsgesichtspunkten renoviert und verwaltet und welche Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können.

EFA



2001 veröffentlichte die „European Federation of Asthma and Allergy Associations“ (EFA) im Zusammenhang mit dem von der EU geförderten Projekt „Indoor air pollution in schools“ das Heft „The right to breathe healthy indoor air in schools“ mit Empfehlungen und Vorschlägen für eine gesunde Schulumgebung in Europa.

WHO



Die WHO veröffentlichte zwei Dokumente mit Leitlinien und Empfehlungen zur Innenraumluftqualität (die sich allerdings nicht speziell mit der Schulumgebung befassen). 2009 wurden Leitlinien zu Feuchtigkeit und Schimmelbildung veröffentlicht (WHO, 2009) und 2010 Leitlinien zur Innenraumluft und Chemikalien (WHO, 2010). Beide Leitlinien befassen sich zwar mit der Luftqualität in Wohnräumen, gelten jedoch auch für Schulgebäude. Die WHO-Leitlinien für die Luftqualität von Innenräumen empfehlen Werte, mit denen sich Gesundheitsrisiken wie beispielsweise Asthma, Heuschnupfen und Atopie deutlich verringern lassen. Darüber

hinaus bieten sie eine wissenschaftliche Grundlage für in allen Regionen der Welt rechtlich durchsetzbare Normen. Die Leitlinien richten sich an das Personal im öffentlichen Gesundheitssektor, das mit der Vermeidung von Gesundheitsrisiken durch Umwelteinflüsse befasst ist, sowie an die für die Gestaltung und Verwendung von Gebäuden und von Materialien in Innenräumen zuständigen Fachleute und Behörden.

US EPA



Seit über zehn Jahren stellt die US-Umweltbehörde „Environmental Protection Agency“ (US EPA) den Schulen „IAQ Tools“ (Maßnahmenpaket zur Verbesserung der Luftqualität von Innenräumen) zur Verfügung. Dieses Maßnahmenpaket, das für Schulleitungen, Personal verschiedener schulischer Einrichtungen, Lehrer, medizinisches Personal, Schüler und ihre Eltern gedacht ist, umfasst bewährte Verfahren, Leitlinien und einen Muster-Managementplan, mit dem sich die Luftqualität in Schulen mit geringen Kosten oder kostenfrei verbessern lässt. Alle Materialien

sind abrufbar unter: <http://www.epa.gov/iaq/schools/>. Die Sammlung wird auch in Kanada verwendet.

Europäische Länder



Einen Überblick über die von den europäischen Ländern gemachten Angaben bietet Anhang A. Er macht deutlich, dass in den einzelnen Ländern unterschiedliche Strategien verfolgt werden. Zwischen den Ländern, die tatsächlich Strategien festgelegt haben, gibt es zwar Parallelen, doch in ihrem Umfang und im Detail unterscheiden sich die Maßnahmen durchaus. Mehrere Länder haben Leitlinien und Empfehlungen verabschiedet, denen die Schulen Informationen darüber entnehmen können, wie sie eine gesunde

Innenraumumgebung in Schulen schaffen können. Allerdings wurden viele dieser Leitlinien und Empfehlungen nicht speziell für die Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen von Schulen herausgegeben. Einige Maßnahmen sind zwingend vorgeschrieben, während andere nur Empfehlungsstatus haben. In einem Land ist darüber hinaus die Messung der Qualität der Innenraumluft zwingend vorgeschrieben.

Anhang A zeigt, dass mehrere europäische Länder Hygienebestimmungen erlassen haben. Viele dieser Vorschriften dienen offenbar nicht vorrangig der unmittelbaren Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen, sondern vielmehr der Wahrung der Grundhygiene in Schulgebäuden als Prävention gegen gängige Infektionskrankheiten. Die Hygienevorschriften beziehen sich etwa auf die Reinigungspraxis, die persönliche Hygiene, die Lebensmittelsicherheit und die Beleuchtung und Belüftung von Räumen. Anhang A macht auch deutlich, dass einige Länder speziell zur Verbesserung der Luftqualität in Innenräumen von Schulen Vorschriften eher technischer Art haben. Diese beinhalten beispielsweise die Gestaltung von Schulgebäuden, den Einbau mechanischer Belüftung oder Vorgaben zur Behebung aufgetretener Probleme.

Die Auswertung der nationalen Initiativen in den EU-Mitgliedstaaten sowie in den Beitritts- und Kandidatenländern im Rahmen des SINPHONIE-Projekts ergab, dass Deutschland und Frankreich umfassende Leitlinien und Empfehlungen zur Hygiene und zu den Anforderungen an die Luftqualität in Innenräumen von Schulen, Maßnahmen zur Kontrolle bestimmter Schadstoffe in Innenräumen, strukturelle Vorschriften und

Vorschriften für das Innenraumklima erlassen sowie Verfahren festgelegt haben, wie mit Problemen im Zusammenhang mit der Innenraumumgebung umzugehen ist und wie diese Probleme behoben werden können.

2008 veröffentlichte das deutsche Umweltbundesamt die Leitlinien für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden (UBA, 2008).

In Frankreich wurden im Zusammenhang mit dem französischen Umweltprogramm „Grenelle Environnement“ (Frankreich, 2010) verbindliche Vorschriften für die regelmäßige Überwachung und Überprüfung der Luftqualität in Innenräumen von Schulen erlassen und ein Kennzeichnungssystem für Bau- und Dekorationswerkstoffe festgelegt.

3. Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Die Entwicklung kohärenter Ansätze für die Schulumgebung stellt angesichts der vielfältigen Quellen von Schadstoffen und ihres Zusammenhangs mit Exposition und Gesundheit eine immense Herausforderung dar.

Strategien zur Verbesserung der Raumluftqualität können natürlich nur dann wirksam sein, wenn sie Teil einer umfassenden, intern und extern kohärenten Managementstrategie sind, in die Regierungen, Institutionen, Berufsverbände und Betroffene eingebunden sind. Die Pläne müssen sowohl für neue als auch bereits bestehende Gebäude konzipiert sein und sollten lokale und nationale Maßnahmen beinhalten. Besonderes Augenmerk gilt beispielsweise dem Klima und der Luftqualität im Außenbereich, den Baumaterialien und dem Baustil, dem Wissen und den Verhaltensmustern der Gebäudenutzer, den Energie- und Nachhaltigkeitsstrategien und der Gebäudesystemtechnik. Eine erfolgreiche Strategie lässt sich nur festlegen, wenn im Vorfeld Begründung, Ziele, Managementoptionen und politische Bereitschaft geklärt werden.

Die vorstehenden Überlegungen machen nur allzu deutlich, dass die Schulumgebung ganzheitlich und in Zusammenhängen betrachtet werden muss. Dies lässt sich bewerkstelligen, indem ausgewählte Ursache-Wirkungsketten (raumluftbedingte Ursachen, Exposition, Auswirkung auf die Gesundheit) verknüpft werden und die strategischen Alternativen zur Minimierung sowohl der unerwünschten Gesundheitsrisiken (gemessen als erreichbarer Nutzen für die öffentliche Gesundheit) als auch der Invasivität bewertet werden. Gleichzeitig sollte auch die politische, rechtliche, technologische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Realisierbarkeit in den europäischen Ländern berücksichtigt werden.

Im Rahmen des SINPHONIE-Projekts wurden – gestützt auf das mit dem von der EU geförderten EnVIE-Projekt (EnVIE, 2008) entwickelte ganzheitliche Konzept – erstmals in 23 europäischen Ländern die Schulumgebung und die Gesundheit der Kinder parallel überwacht (Abb. 1). Das SINPHONIE-Projekt untersuchte die Luftqualität (innen und außen) und assoziierte diese Ergebnisse mit Hilfe einheitlicher und standardisierter Verfahren und Instrumente europaweit mit der Gesundheit von Kindern.



Abbildung 2. Konzept der Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

3.1 Die wichtigsten Faktoren für eine gesunde Umgebung in Schulinnenräumen

Kennzeichnend für die Umgebung der Innenräume in Schulgebäuden ist ein vielschichtiges System unterschiedlichster Parameter, die sich auf die Gesundheit und das Wohlbefinden der Gebäudenutzer auswirken. Ein Schulgebäude ist wie jedes andere Gebäude auch eine physische Konstruktion, die u. a. der Regulierung und Kontrolle von Umgebungsexpositionen dient. In einem Schulgebäude lassen sich je nach Zweck unterschiedliche Räume definieren (z. B. Klassenräume, Kantinen, Wissenschaftsräume wie Labors, Sporthallen, Umkleideräume, Außenbereich), die abhängig von der Zahl der sich dort aufhaltenden Personen, der Art der Belüftung (z. B. an- oder ausgestellte mechanische Belüftung, natürliche Belüftung), der Beheizung und Schadstoffbelastung verschiedenen Anforderungen genügen müssen. Die Schadstoffbelastung in einem Schulgebäude hängt zu einem Großteil von der Wechselwirkung zwischen dem Gebäude und seinem äußeren Umfeld sowie von seiner Bauart, seinem Innenausbau, seiner Verwendung, der Art des Belüftungssystems und den Tätigkeiten seiner Nutzer ab. Die Luftschadstoffe in einem Schulgebäude sind vor allem auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- Verschmutzung der Außenluft durch Verkehr, städtische und industrielle Aktivitäten sowie durch nahegelegene und unterirdische Schadstoffquellen, die über das Lüftungssystem oder durch Infiltration in das Schulgebäude gelangen (Durchlässigkeit der Gebäudehülle, etwa der Fundamente, des Dachs, der Wände, Türen und Fenster)
- Baustoffe und Innenausbau des Schulgebäudes (z. B. Wandverkleidungen und Bodenbeläge, Farben und Kleber, Dämmstoffe)

- Zustand des Schulgebäudes (z. B. Alter, Beschädigung von Wänden und Decken infolge von Wasserschäden, Instandhaltung der Gebäudestruktur und -ausrüstung)
- Wasser und Boden (z. B. Luftschadstoffe, die über die Wasserversorgung in das Gebäude gelangen, Radon, kontaminierte Böden)
- die innerhalb des Schulgebäudes ablaufenden Prozesse (z. B. etwaige Verbrennungsprozesse, Heizungs- und Lüftungssysteme sowie Klimaanlage, Papierverarbeitung wie das Fotokopieren)
- die Personen selbst, die sich im Schulgebäude aufhalten, und ihre Aktivitäten (z. B. Tabakrauch, Verwendung von Reinigungsmitteln, Pflanzen, Tiere, Kochtätigkeiten)

Typische Ursachen für Schadstoffe in Innenräumen von Schulgebäuden sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Um realistisch bewerten zu können, ob eine Schulumgebung gesund ist, und um eine gesunde Umgebung aufrechtzuerhalten, kommt es darauf an, a) Informationen über die Merkmale des Schulgebäudes und seiner Betriebsbedingungen zu erhalten (z. B. Aktivitäten der Nutzer des Gebäudes, Instandhaltungsroutinen), b) die Schadstoffquellen im Innen- und Außenbereich des Schulgebäudes sowie deren Entwicklung und Ausmaß zu ermitteln und zu überwachen und c) den Zusammenhang zwischen den physikalischen Einwirkungen, chemischen und biologischen Schadstoffen und den Gesundheitsproblemen der Schüler und Schülerinnen sowie des Personals zu untersuchen.

Bei der Frage, inwieweit sich diese für die Schulumgebung relevanten Schadstoffquellen auf die Gesundheit auswirken, sollte auch der Einfluss des Klimawandels berücksichtigt werden. Der aufgrund des Klimawandels prognostizierte Temperaturanstieg und das Phänomen der Wärmeinseln in bestimmten Stadtgebieten können die atmosphärischen Bedingungen beeinflussen, die sich ihrerseits über den Luftzug durch die Fenster wieder auf die Situation in Innenräumen und auf die Schadstofflast in Schulgebäuden auswirken. Daher wird empfohlen, die Auswirkungen möglicher künftiger klimatischer Veränderungen auf die Qualität der Innenraumluft in einer bestimmten Schulumgebung zu bewerten und die Daten zu den Quellen und Belastungsfaktoren, die diese Schulumgebung beeinflussen, anschließend zu integrieren (wie beim SINPHONIE-Projekt demonstriert).

Ferner wird die Umsetzung der EU-Anforderungen an die Energieeffizienz (Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, 2010) dazu führen, dass sich die Energieeffizienz von neuen und bestehenden Gebäuden in Europa, auch der Schulgebäude, langsam verbessert. Hinsichtlich der Anforderungen an die Energieeffizienz von Schulgebäuden wird empfohlen, auch auf eine gute Qualität der Innenraumluft zu achten, um negative Auswirkungen auf die Gesundheit, das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Personen, die sich in dem Schulgebäude aufhalten, zu vermeiden.

Tabelle 1. Typische Quellen für Luftschadstoffe in Innenräumen von Schulgebäuden

(Quelle: US EPA „Indoor Air Quality Tools for Schools“ – Referenzleitfaden)

QUELLEN FÜR SCHADSTOFFE IN DER AUSSENLUFT	GEBÄUDE AUSRÜSTUNG, BAUTEILE UND INNENAUSBAU	SONSTIGE POTENZIELLE QUELLEN FÜR SCHADSTOFFE IN DER INNENLUFT
Schadstoffbelastung der Außenluft <ul style="list-style-type: none"> • Pollen, Staub, Schimmelsporen • Industrieemissionen • Fahrzeugemissionen • Emissionen von Maschinen im Außenbereich 	Klimatechnische Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Schimmelpilzwachstum in Auffangbehältern, Luftkanälen, Kühlschlangen und Luftbefeuchtern • Unzureichender Abzug von Verbrennungsprodukten • Staub oder Schutt in Luftkanälen 	<ul style="list-style-type: none"> • Materialien für wissenschaftliche Laboratorien • Materialien für Berufsschulen • Bereiche der Lebensmittelzubereitung • Raucherbereiche • Reinigungsmittel/ Lufterfrischer • Emissionen von Abfällen • Pestizide • Gerüche, Partikel (PM) und VOC aus Farben, Dichtungsmaterial, Klebstoffen, Lacken • Personen mit ansteckenden Krankheiten • Trocken abwischbare Marker-Stifte und ähnliche Stifte • Schadinsekten und anderes Ungeziefer • Hygieneprodukte
	Sonstige Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Emissionen von Bürogeräten (flüchtige organische Verbindungen, Ozon) • Emissionen aus Werkräumen, Labor- und Reinigungsanlagen 	
	Baustoffe <ul style="list-style-type: none"> • Schimmelpilzwachstum auf oder in verschmutzten oder durch Wasser geschädigten Materialien • Trockenabzugöffnungen für Kanalgas • Materialien, die VOC (flüchtige organische Verbindungen), anorganische Verbindungen oder beschädigtes Asbestmaterial enthalten • Materialien, die Partikel (Staub) abgeben 	
Nahe gelegene Schadstoffquellen <ul style="list-style-type: none"> • Verladerampen • Geruchsbelästigung durch Mülltonnen • Gesundheitsschädigender Schutt oder Abluftanlagen von Gebäuden nahe dem Frischlufteintritt 		

Unterirdische Schadstoffquellen <ul style="list-style-type: none"> • Radon • Pestizide • Leckende unterirdische Tanks 	Innenausbau <ul style="list-style-type: none"> • Emissionen von neuen Wandverkleidungen und Bodenbelägen • Schimmelpilzwachstum in oder auf verschmutzten oder durch Wasser geschädigten Belägen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gelagertes Benzin, Rasen- und Gartengeräte
---	---	--

3.2 Potenzielle Belastungsfaktoren und ihr Einfluss auf die Gesundheit

3.2.1 Beschwerdesymptomatik und ihr Zusammenhang mit physikalischen, chemischen und biologischen Belastungsfaktoren

Der Einfluss der in der Schulumgebung vorkommenden großen Bandbreite physikalischer, chemischer und biologischer Stressfaktoren erhöht das Risiko für kurz- und langfristige Gesundheitsprobleme sowohl bei Schulkindern als auch beim Schulpersonal und beeinträchtigt die Qualität der Schulgebäude.

Die Ergebnisse des SINPHONIE-Projekts machen deutlich, wie komplex das Zusammenspiel zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Faktoren, der Exposition, den Quellen bzw. Ursachen und den gesundheitlichen Auswirkungen für Schulkinder ist.

Die Gesundheitsprobleme, die bei Personen, die sich in Schulgebäuden aufhalten, auftreten, reichen von verminderter Aufmerksamkeit und Leistungsfähigkeit sowie vermindertem Wohlbefinden und häufigerer Abwesenheit von Schulkindern und Personal bis zu akuten Beeinträchtigungen der Gesundheit (z. B. Reizung der Atemwege), chronischen Erkrankungen (z. B. Asthma und Allergien) und Symptomen, die mit dem so genannten „Sick-Building-Syndrom“ (Reizung der Augen, Kopfschmerzen usw.) in Zusammenhang gebracht werden. Das Risiko für Allergiker und Asthmatiker ist erhöht.

Die Folgen der problematischen Innenraumluftqualität in Schulgebäuden zeigen sich bei den Betroffenen weniger in Form genau zu diagnostizierender Erkrankungen als vielmehr in unspezifischen Symptomen wie Irritationen von Augen, Nase, Rachen und Haut, Sinusitis, Husten und Niesen, Atemnot sowie Kopfschmerzen und Abgeschlagenheit.

Diese Symptome können in der schlechten Luftqualität in der Schulumgebung (innen und außen) begründet liegen, aber auch auf andere Faktoren zurückzuführen sein, wie beispielsweise schlechte Beleuchtung, Stress und Lärm. Aufgrund der unterschiedlichen Sensibilität der Betroffenen können sich die Probleme mit der Innenraumluftqualität in ganz unterschiedlicher Weise auf Personengruppen oder auf Einzelne auswirken. Besonders empfindlich auf Schadstoffe in der Innenraumluft reagieren (nicht nur) Menschen mit Asthma, Allergien oder Unverträglichkeiten gegenüber chemischen Stoffen, mit Atemwegserkrankungen und unterdrückter Immunabwehr (aufgrund von Bestrahlung, Chemotherapie oder Krankheit).

Ein Ergebnis des SINPHONIE-Projekts lässt darauf schließen, dass in Europa möglicherweise 100 000 Kinder in der Schule an Asthma erkranken.

Was die Schulgebäude selbst anbelangt, so kann eine schlechte Innenraumluftqualität die Schädigung der Gebäudehülle insgesamt beschleunigen, die Effizienz der Schuleinrichtungen und -ausrüstung verringern und das Risiko erhöhen, dass Schulen geschlossen werden oder die Betroffenen innerhalb desselben Gebäudes oder in ein anderes Schulgebäude umziehen müssen.

Gesellschaftlich betrachtet können Probleme im Zusammenhang mit der Innenraumluftqualität die Beziehungen zwischen der Schulverwaltung, den Eltern der Schulkinder und dem Schulpersonal belasten, zu Vertrauensverlust führen und letztlich sogar Haftungsfragen aufwerfen.

3.2.2 Wie lassen sich durch die Innenraumluftqualität in Schulen bedingte Gesundheitsprobleme erkennen?

Die Diagnose, welche Symptome mit der Qualität der Innenraumluft in Schulen im Zusammenhang stehen, kann sich als schwierig erweisen, da Symptome wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Atemnot, Sinusitis, Husten, Niesen, Schwindel, Übelkeit und Reizung von Augen, Nase, Rachen und Haut auch auf andere Faktoren (wie Stress, Lärm, schlechte Beleuchtung) zurückgeführt werden können. Nachstehend sind einige Hinweise aufgeführt, welche Symptomatik möglicherweise auf Probleme im Zusammenhang mit der Innenraumluftqualität schließen lässt:

- Die Symptome sind in einer Klasse oder Schule weit verbreitet.
- Die Symptome verschwinden, wenn die Kinder oder das Personal das Schulgebäude am Ende eines Schultags oder für längere Zeit verlassen.
- Die Symptome treten plötzlich auf, nachdem in der Schule einige Veränderungen vorgenommen wurden (beispielsweise Einbau neuer Möbel, Malerarbeiten, Pestizideinsatz).
- Die Reaktionen treten nur in Innenräumen, jedoch nicht im Außenbereich auf.
- Ein Arzt bestätigt, dass die Symptome mit der Raumluftqualität im Zusammenhang stehen.

Allerdings darf nicht davon ausgegangen werden, dass die Raumluftqualität einer Schule akzeptabel ist, nur weil keine Symptome festgestellt werden. Gesundheitliche Probleme aufgrund einer lang anhaltenden Exposition (wie Lungenkrebs aufgrund von Radon) treten möglicherweise erst nach vielen Jahren auf.

Inwieweit die beobachteten Symptome oder gesundheitlichen Beeinträchtigungen auf die Raumluftqualität zurückzuführen sind, lässt sich objektiv nur durch eine Überwachung der Indikatoren feststellen, die für weit verbreitete Gesundheitsprobleme infolge der (auch baubedingten) Qualität der Innenraumluft in Schulen verantwortlich gemacht werden (siehe Abschnitt 3.3). Eine solche Überwachung umfasst

- eine Begehung des Schulgebäudes.
- die Messung der physikalischen, chemischen und biologischen Belastungsfaktoren, die im Verdacht stehen, Gesundheitsprobleme zu verursachen.

- die Assoziierung der Ergebnisse der Untersuchungsschritte 1 und 2 mit den Daten, die zu den Merkmalen des Schulgebäudes (Konzeption, Baustoffe, Innenausbau, Geräte und klimatechnische Anlagen), zum Verhalten der Gebäudenutzer und zu potenziellen Schadstoffquellen im Innen- und Außenbereich anhand gezielter Fragebogen, klinischer Tests und Instrumente erhoben wurden.

3.3 Indikatoren, Instrumente, Protokolle und Leitlinien für die Überwachung der Innenraumluftqualität und die Bewertung der Gesundheit in Schulen

In den letzten beiden Jahrzehnten haben die Europäische Kommission, die WHO und einige EU-Mitgliedstaaten Schritt für Schritt Indikatoren, Instrumente, Protokolle und Leitlinien entwickelt, um die auf physikalische, chemische und biologische Belastungsfaktoren zurückzuführende Schadstoffbelastung in Innenräumen zu überwachen und die Gesundheit der Personen zu bewerten, die sich in verschiedenen Innenraumumgebungen aufhalten.

2010 hat die WHO mit Blick auf die Schadstoffbelastung in Innenräumen durch Chemikalien gesundheitsrelevante Leitlinien und Empfehlungen für folgende Luftschadstoffe erlassen: Benzol, Kohlenmonoxid, Formaldehyd, Naphthalin, Stickstoffdioxid, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (vor allem Benzo[a]pyren, Radon, Trichlorethylen und Tetrachlorethylen). Diese Chemikalien werden in Innenräumen freigesetzt, sind für ihre Gesundheitsrisiken bekannt und werden häufig in Innenraumumgebungen, auch in Schulen, in gesundheitlich bedenklichen Konzentrationen nachgewiesen.

Die WHO-Leitlinien für ausgewählte Chemikalien stützen sich auf die von der Europäischen Kommission (GD SANCO und GD JRC) im Rahmen des EU-INDEX-Projekts durchgeführte kritische Bewertung der Festlegung und Umsetzung von Grenzwerten für Schadstoffe in Innenräumen (Kotzias et al., 2005).

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Schadstoffbelastung in Innenräumen sind die biologischen Stressfaktoren. Die Schadstofflast entsteht durch unzählige Bakterien- und Pilzarten, vor allem filamentöse Pilze (Schimmelpilz), die sich bei ausreichender Feuchtigkeit in Innenräumen bilden. Was die Endotoxine anbelangt, haben jüngste Studien gezeigt, dass die in Klassenräumen gemessenen Werte um ein Vielfaches über denen im häuslichen Umfeld liegen. 2009 legte die WHO eine umfassende Übersicht über die wissenschaftlich nachgewiesenen Gesundheitsprobleme im Zusammenhang mit Feuchtigkeit in Gebäuden und biologischen Stoffen vor. Zu den wichtigsten Ergebnissen dieser Übersicht gehört die Erkenntnis, dass die auf unterschiedliche mikrobiologische Stressfaktoren zurückzuführenden respiratorischen Symptome, Allergien und Asthma sowie Störungen des Immunsystems in ihrer Häufigkeit zugenommen haben. Ergebnisse des SINPHONIE-Projekts zeigen vielfältige Zusammenhänge zwischen ausgewählten mikrobiellen Stoffen im Staub von Innenräumen in Schulen und neu aufgetretenen Symptomen, zurückliegenden respiratorischen Symptomen und klinischen Messungen. Dies lässt Rückschlüsse auf die Bedeutung mikrobieller Stoffe für die respiratorische Gesundheit von Schülern und Lehrern zu.

Entsprechend den vorstehend genannten Leitlinien und Empfehlungen wurden im Rahmen des SINPHONIE-Projekts für die Überwachung der Innenraumluftqualität und der Gesundheit in Schulen mehrere Indikatoren verwendet sowie Instrumente und Protokolle (siehe Tabellen 2 und 3) eingesetzt. Die Verwendung dieser Indikatoren wird für die Untersuchung der komplexen Muster des Zusammenspiels von physikalischen,

chemischen und biologischen Faktoren, von Expositionen, Schadstoffquellen bzw. Ursachen und Gesundheitsfolgen für Schulkinder und das Schulpersonal empfohlen. Die Anhänge A und B enthalten neben den SINPHONIE-Ergebnissen zu Vergleichszwecken noch genauere Angaben zu den physikalischen, chemischen und mikrobiologischen Stressfaktoren, die in Bezug auf die Schadstoffquellen, die Gesundheitsfolgen, die Optionen für das Risikomanagement, Abhilfemaßnahmen sowie Standards und Leitlinien am stärksten ins Gewicht fallen.

Für die Überwachung der Schadstoffbelastung in Innenräumen von Schulen in der Europäischen Region der WHO wurde ein Teil der vorstehend genannten Indikatoren und Protokolle an die Ziele der WHO angepasst und 2011 von der WHO in enger Zusammenarbeit mit den Projekten „PILOT INDOOR AIR MONIT“ (Verwaltungsvereinbarung Nr. SI2.582843 zwischen der GD SANCO und der GD JRC) und SINPHONIE der Europäischen Kommission festgelegt. Für die Überwachung der fristgerechten Umsetzung der Verpflichtungen zur Reduzierung der gesundheitlichen Belastungen von Kindern wurden die folgenden Indikatoren eingesetzt, die 2010 von den Mitgliedstaaten auf der Fünften WHO-Ministerkonferenz zu Umwelt und Gesundheit verabschiedet wurden:

- Schimmelpilzbefall und Feuchtigkeit
- Belüftung (berechnet anhand der CO₂-Konzentrationen)
- Belastung mit ausgewählten Luftschadstoffen in der Innenraumluft von Schulen (NO₂ und Formaldehyd als Hauptschadstoff und Benzol als fakultativer Schadstoff).



Der Indikator „Schimmelpilzbefall und Feuchtigkeit“ erfordert Untersuchungen in Schulen, während die Indikatoren „Belüftung und die Belastung mit ausgewählten Chemikalien in der Innenraumluft“ eine Überwachung der Luftqualität in den Innenräumen von Schulen notwendig machen. Protokolle für die Überwachung der Raumluftqualität in Schulen können dem WHO-JRC-Bericht 2011 entnommen werden. 2011-2012 wurden in Albanien und Kroatien Pilotumfragen durchgeführt, um festzustellen, inwieweit die vorgeschlagenen Protokolle auch in größerem Maßstab in der Europäischen Region der WHO umgesetzt werden können, womit 2013 begonnen wurde.

Die vorstehend erläuterten Entwicklungen konnten auf parallele Entwicklungen im Zusammenhang mit dem INDOOR-AIR-MONIT-Projekt der Europäischen Kommission (2010-2012) zurückgreifen. Für die Überwachung der Luftqualität verschiedener Innenraumsituationen wurden auch im Hinblick auf unterschiedliche Überwachungsziele Grundlagen für die Harmonisierung der Kriterien, Protokolle und Techniken erarbeitet. Die daraus abgeleiteten Indikatoren, Instrumente und Protokolle für die Überwachung der Innenraumluftqualität und Gesundheit in der Schulumgebung in Europa und in der Europäischen Region der WHO sind aufeinander abgestimmt und robust und berücksichtigen zudem die engen Verbindungen und vermehrten Synergien zwischen der Europäischen Kommission (GD SANCO und JRC), der WHO, den 23 am SINPHONIE-Projekt beteiligten europäischen Ländern und laufenden Programmen in Europa zur Überwachung der Innenraumluftqualität, wie beispielsweise das französische Beobachtungsprogramm (OQAI, 2001) und die Umwelt-Surveys in Deutschland (GerES).

Tabelle 2. SINPHONIE-Indikatoren für die Überwachung der Innenraumluftqualität in europäischen Schulen

Physikalische und chemische Belastungsfaktoren	Mikrobiologische Belastungsfaktoren
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Benzol ➤ Trichlorethylen ➤ Tetrachlorethylen ➤ Formaldehyd ➤ Naphthalin ➤ Benzo(a)pyren ➤ α-Pinen ➤ D-Limonen ➤ PM_{2,5} ➤ PM₁₀ ➤ NO₂ ➤ Ozon ➤ CO ➤ Radon 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Endotoxin ➤ Spezielle Pilz- und Bakteriengruppen <ul style="list-style-type: none"> • <i>Penicillium/Aspergillus</i> • <i>Cladosporium herbarum</i> • <i>Aspergillus versicolor</i>, • <i>Alternaria alternata</i> • <i>Trichoderma viride</i> • <i>Streptomyces</i> spp. • <i>Mycobacterium</i> spp. ➤ Allergene <ul style="list-style-type: none"> • Hausstaubmilben • Pferd-, Katzen-, Hundeallergene

Tabelle 3. SINPHONIE-Instrumente und Protokolle für die Überwachung der Innenraumluftqualität und der Gesundheit in Schulumgebungen in der EU

SINPHONIE-INSTRUMENTE UND PROTOKOLLE FÜR DIE ÜBERWACHUNG DER INNENRAUMLUFTQUALITÄT UND DER GESUNDHEIT IN SCHULUMGEBUNGEN IN DER EU			
Art	Zweck	Betroffene / Beteiligte	Beschreibung
<i>Fragebogen</i>	Fragebogen zur Bewertung der Gesundheit der Atemwege von Kindern und Lehrern sowie möglicher Faktoren, die sich auf deren häusliches Umfeld beziehen und die Ergebnisse verfälschen könnten	Fragebogen für Kinder	Erhebung von Daten zu allergischen Symptomen und Atemwegserkrankungen, zur von den Kindern selbst wahrgenommenen Qualität der Innen- und Außenluft und zu dem von den Kindern selbst wahrgenommenen Einfluss der schlechten Luftqualität auf die schulischen Leistungen Für Kindergarten- und Grundschulkinder wird der Fragebogen von den Eltern der Kinder ausgefüllt.
		Fragebogen für Eltern	Erhebung von Daten zu allergischen Symptomen und Atemwegserkrankungen, zur Ernährung der Kinder sowie zu gängigen häuslichen Risikofaktoren (Rauchen, Haustiere, Schimmelpilzbefall, Feuchtigkeit, Koch- und Heizsystem, Gasgeräte, Reinigungsmittel usw.) und zur familiären Vorbelastung mit Atemwegserkrankungen und Allergien. Mit Hilfe dieses von den Eltern auszufüllenden Fragebogens sollen bereits langjährige und jüngste Symptome sowie häusliche Merkmale und Lebensstile erfasst werden.
		Fragebogen für Lehrer	Erhebung von Daten zu allergischen Symptomen und Atemwegserkrankungen, zur Ernährung, zur eigenen Wahrnehmung der Qualität der Innen- und Außenluft der

			Schule, zur eigenen Wahrnehmung des Einflusses der schlechten Luftqualität auf die Leistungsfähigkeit in der Schule, zu gängigen häuslichen Risikofaktoren (Rauchen, Haustiere, Schimmelpilzbefall, Feuchtigkeit, Koch- und Heizsystem, Gasgeräte, Reinigungsmittel, usw.) und zur familiären Vorbelastung mit Atemwegserkrankungen und Allergien sowie zum Wissen und Umgang mit schulspezifischen Fragen in Bezug auf Luftqualität und Kinder mit Asthma.
	Fragebogen zur Bewertung des Schulgebäudes und der Klassenzimmer	Fragebogen zum Schulgebäude	Der vom Schulleiter auszufüllende Fragebogen bezieht sich auf Daten zu den Merkmalen des Schulgebäudes (z. B. Belüftungssystem),
		Fragebogen zum Klassenzimmer	Für jedes überwachte Klassenzimmer ist ein Fragebogen möglichst gemeinsam von allen Lehrern, die in diesem Klassenzimmer tätig sind, auszufüllen unter Angabe der physikalischen Merkmale des Klassenzimmers, der Reinigungsverfahren, des Innenausbaus und der Wahrnehmung der Innenraumlufthqualität.
Aufmerksamkeits-/Konzentrationstest	Test zur Bewertung der Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit von Schulkindern unter Bezug auf verschiedene Faktoren, die Einfluss auf ihre Umgebung in Schulinnenräumen haben	Kinder	Der Test umfasst eine Reihe mathematischer und logischer Tests, die in der ersten Schulstunde am Tag durchgeführt und in der letzten Stunde desselben Tages und mit vorgegebener Zeit wiederholt werden.
Abwesenheits- erfassung	Instrumente zur Bewertung krankheitsbedingter Abwesenheiten von	Kinder	Zur Feststellung der Abwesenheit füllt ein Lehrer (oder eine andere beauftragte Person) für jede Klasse eine Anwesenheitsliste aus, in der krankheitsbedingte Abwesenheiten von Kindern innerhalb eines bestimmten

	Schulkindern.		Zeitraums erfasst werden. Atemwegserkrankungen sind entsprechend dem gesundheitsbezogenen Fragebogen zu definieren.
Protokolle für klinische Tests und Messung nichtinvasiver Biomarker	Tests und Messungen zur Bewertung der Reaktion von über die Luft übertragenen Pilzen auf verschiedene Innenraumumgebungen in Schulen und zur Bewertung der etwaigen allergischen Sensibilisierung von Schulkindern	Kinder	<p>Die klinischen Tests und Messungen nicht-invasiver Biomarker umfassen beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lungenfunktionstest (Spirometrie) - Ausgeatmete Menge an Stickoxid (eNO) - Ausgeatmete Menge an Kohlenstoffdioxid (eCO) - Akustische Rhinometrie - Nasenspülung - Atemkondensation - BUT-Bestimmung (Untersuchung des Tränenfilms) - Prick-Tests

3.4 Leitfaden für Prävention, Kontrolle, Abhilfe und Kommunikation

3.4.1 Leitfaden für allgemeine Hygieneanforderungen und besondere Anforderungen an die Qualität der Innenraumluft in Schulgebäuden

- ❖ Allgemeine Hygieneanforderungen beziehen sich auf die Struktur des gesamten Schulgebäudes, seinen Standort und die Bedingungen auf dem Schulhof sowie auf die Baustoffe und deren Gewährleistung über die gesamte Lebensdauer des Gebäudes. Ferner sollte das Gebäude keine Wärmebrücken aufweisen, da sie die Bildung von Feuchtigkeit und Schimmelpilzen fördern. Diese Hygieneanforderungen gelten auch für alle Schulräume und all die Bereiche, in denen eine regelmäßige und angemessene Reinigung, Belüftung und Heizung gewährleistet und eine emissionsarme Ausstattung bereitgestellt und genutzt werden sollten.
- ❖ Besondere Geräte wie Kopierer und Drucker, die im Betrieb flüchtige organische Verbindungen und Partikel freisetzen, sollten in abgetrennten Räumen des Schulgebäudes aufgestellt werden, die mit einem autonomen Belüftungssystem ausgestattet sind.
- ❖ Bei Lehr- und sonstigen Tätigkeiten in besonderen Bereichen des Schulgebäudes sollten sämtliche geltenden Schutzmaßnahmen für Schüler und Personal ergriffen werden (z. B. eine ausreichende Zahl voll funktionsfähiger und instandgehaltener Abluftanlagen in wissenschaftlichen Fachräumen und Labors; chemische Experimente und die Verwendung karzinogener, vermutlich karzinogener, mutagener oder reprotoxischer Stoffe sollten nur von fachlich gut geschulten Lehrkräften und mit der notwendigen Schutzausrüstung wie beispielsweise Gesichtsmasken, Schutzbrillen und -handschuhe sowie Laborkittel durchgeführt werden). Beispiele für Schutzmaßnahmen in besonderen Bereichen sind den deutschen Umgangsvorschriften der Gefahrstoffverordnung (GUV 19.16) zu entnehmen¹.
- ❖ Art, Ablauf und Häufigkeit der Reinigung sollten an die zu reinigenden Schulbereiche und Materialien angepasst sein, um die Exposition gegenüber chemischen und mikrobiologischen Schadstoffen und Erregern von Infektionskrankheiten in den Innenräumen von Schulen zu verringern (z. B. durch mindestens einmal tägliches gründliches Reinigen in den Sanitärbereichen, einmal tägliches Reinigen des Eingangsbereichs, während sonstige Korridore und Treppenhäuser mindestens jeden zweiten Tag, jedoch mindestens drei Mal pro Woche gereinigt werden sollten; Sporthallen und ähnliche Bereiche erfordern eine tägliche Reinigung; Klassenräume und Tischoberflächen müssen täglich nassgewischt werden, um die Konzentration von Partikeln zu reduzieren; Sanitärbereiche und Waschräume müssen täglich mit Desinfektionsmitteln gereinigt werden).
- ❖ Klassenräume sollten angemessen belüftet werden. Dies bedeutet, dass sich die Häufigkeit der Belüftung an gesundheitsrelevanten Kriterien orientiert, angegeben als Liter/Sekunde pro Person, und nicht länger einfach als Luftaustausch pro Stunde. Eine Äquivalenz zwischen letzterem und l/s pro Person lässt sich nur in Kenntnis der Personendichte des Klassenzimmers herstellen. Die Zulässigkeit einer mechanischen Belüftung hängt von der Qualität

¹ Deutsche GUV 19.16 (<http://rzlpws50.hbk-bs.de/~vogt/bilder/guv1916.pdf>)

der Außenluft in einem bestimmten Schulbereich ab, d. h. sobald die Außenluft die WHO-Luftgüteleitlinien nicht erfüllt, darf sie nur gefiltert in die einzelnen Klassenzimmer gelangen. Ist ein mechanisches Belüftungssystem in Betrieb, ist auf eine regelmäßige Überprüfung und Wartung zu achten, damit eine einwandfreie Qualität der gefilterten Luft gewährleistet ist. Natürliche Belüftung ist so auszulegen und zu betreiben, dass der notwendige Luftwechsel erreicht wird. Dies erfordert ein Belüftungssystem, das beispielsweise im Winter dafür sorgt, dass die CO₂-Werte 1500 ppm nicht übersteigen. Einige EU-Länder haben eine praktische Lösung gefunden, um vor überhöhten CO₂-Werten in den Klassenzimmern zu warnen, indem ein CO₂-Alarm ausgelöst wird. Dies bedeutet, dass die Belüftung nominal nur in den Pausen uneingeschränkt erfolgen kann, deren Dauer entsprechend geplant werden muss. Eine gute Lüftungspraxis könnte als absolutes Minimum darin bestehen, in jeder Jahreszeit die Klassenräume vor Beginn des Schultags und danach in allen Pausen zu lüften. Im Winter wird empfohlen, die Ventile an den Heizkörpern während der Lüftung zu schließen, um die Energieverluste gering zu halten. Dies sollte vorzugsweise durch automatische Ventile geschehen, die mit den Fenstergriffen rückgekoppelt sind. Die Art der Belüftung in den Klassenräumen (natürliche Belüftung, Querlüftung, mechanische Lüftung) hängt von der Luftdichte des Gebäudes, von der Klimazone, der Jahreszeit, der Außenluftqualität und dem Außenlärmpegel im Umfeld des Schulgebäudes ab sowie von der Reservekapazität des Heizungssystems, die für ein schnelles Aufwärmen der Klassenräume nach der Lüftung benötigt wird.

3.4.2 Leitfaden zu den strukturellen Anforderungen an Schulgebäude

Auswahl der Produkte und Materialien für den Bau und die Renovierung von Schulgebäuden:

- ❖ Bauprodukte und -materialien, die beim Bau oder bei der Renovierung von Schulgebäuden für die Ausstattung in Innenräumen verwendet werden, sollten den in der EU-Bauprodukteverordnung (EU) Nr. 305/2011 (CPR, 2011) festgelegten Anforderungen an den Gesundheits- und Umweltschutz genügen und (vorzugsweise) mit EU-Kennzeichen oder nationalen Symbolen gekennzeichnet sein. Einen Überblick über individuelle und freiwillige Kennzeichnungssysteme und Leitfäden in der EU in Bezug auf chemische Emissionen aus Baumaterialien und -produkten enthält Tabelle 4.
- ❖ Angesichts der steigenden Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden in der EU wird es immer wichtiger, in Schulgebäuden emissionsarme Bauprodukte und -materialien zu verwenden. Damit lässt sich – bei gleichzeitig rationalem Einsatz der Lüftung zur Verringerung einer übermäßigen Konzentration von Luftschadstoffen – die Schadstoffbelastung der Innenraumluft so niedrig halten, dass die daraus entstehenden Gesundheitsrisiken für Schulkinder und Schulpersonal minimiert werden. Dies wird im Rahmen eines ganzheitlichen Ansatzes für die Gestaltung, den Betrieb und die Instandhaltung nachhaltiger Schulgebäude in Europa empfohlen. Derzeit werden gewaltige Anstrengungen unternommen, um Innovationen für das nachhaltige Bauen voranzubringen. Angestrebt wird a) die Reduzierung der Auswirkungen von Gebäuden auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt durch den effizienten Einsatz von Energie, Wasser und anderen Ressourcen, b) der Schutz der Gesundheit der sich in den Gebäuden aufhaltenden Personen und eine Erhöhung der Produktivität der Beschäftigten sowie c) die Reduzierung von

Abfall, Umweltverschmutzung und -verschlechterung. Einige Initiativen für nachhaltige und umweltfreundliche Gebäude in Europa sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 4. Baumaterial, Produktkennzeichnungen und Leitfäden zu chemischen Emissionen in der EU

Baumaterial, Produktkennzeichnungen und Leitfäden zu chemischen Emissionen in der EU	
	<ul style="list-style-type: none"> • EU-Umweltzeichen (z. B. für textile Bodenbeläge, Holzböden, Matratzen, Innen- und Außenfarben und -lacke: Europa)² • EMICODE®-Siegel (Klebstoffe, Abdichtungsprodukte, Verlegewerkstoffe und andere Bauprodukte: Deutschland/Europa)³ • GUT (Teppiche: Deutschland/Europa)⁴ • Blauer Engel (Deutschland)⁵ • Schwan (Skandinavien)⁶ • Umweltzeichen (Österreich)⁷ • AgBB (Ausschuss zur gesundheitlichen Bewertung von Bauprodukten)⁸ • M1 (Bauprodukte: Finnland)⁹ • ANSES (ehemals AFSSET) (Bauprodukte: Frankreich)¹⁰ • CertiPUR (PU-Schaum für die Möbelindustrie: Europa)¹¹ • Ü-Zeichen (Spezifikationen zur CE-Kennzeichnung: Deutschland)¹² • Dänisches Zeichen für das Innenraumklima¹³ • Die schwedische 'byggvarudeklaration' (Bauprodukte: Schweden)¹⁴ • Natureplus (Bauprodukte: Deutschland/Europa)¹⁵

- ² EU-Umweltzeichen (<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/>)
- ³ EMICODE® (<http://www.emicode.com/index.php?id=1&L=1>)
- ⁴ GUT-Prüfsiegel (<http://pro-dis.info/86.html?&L=1>)
- ⁵ Blauer Engel (<http://www.blauer-engel.de/index.php>)
- ⁶ Skandinavischer Schwan (<http://www.svanen.se/en/Nordic-Ecolabel/>)
- ⁷ Umweltzeichen (<http://www.umweltzeichen.at/cms/home233/content.html>)
- ⁸ AgBB (<http://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-zur-gesundheitlichen-bewertung-von>)
- ⁹ M1 (<http://www.rakennustieto.fi/index/english/emissionclassificationofbuildingmaterials.html>)
- ¹⁰ ANSES (http://www.anses.fr/fr/upload/bibliotheque/892980998778406505212938602998/C OV Avis signe 2009_10.pdf)
- ¹¹ CertiPUR (<http://www.europur.com/index.php?page=certipur>)
- ¹² Ü-Zeichen (<http://www.dibt.de>)
- ¹³ Dänisches Kennzeichen (<http://www.teknologisk.dk/ydelser/dansk-indeklima-maerkning/dim-omfatter/253.2>)
- ¹⁴ Schweden: „byggvarudeklaration“ (<http://www.byggvarubedomningen.se/sa/node.asp?node=455>)
- ¹⁵ Natureplus (<http://www.natureplus.org/>)

Tabelle 5. Initiativen für nachhaltige und umweltfreundliche Gebäude in der EU

<i>Initiativen für nachhaltige und umweltfreundliche Gebäude in der EU</i>
<ul style="list-style-type: none"> • BREEAM (Förderung und Zertifizierung nachhaltiger Gebäude: Vereinigtes Königreich)¹⁶ • Démarche HQE (Förderung und Zertifizierung nachhaltiger Gebäude: Frankreich)¹⁷ • DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Förderung und Zertifizierung nachhaltiger Gebäude: Deutschland)¹⁸ • VALIDEO (Freiwilliges Zertifizierungssystem für nachhaltiges Bauen: Belgien)¹⁹

- ❖ Die Wahl des Bodenbelags (Holz, Holzprodukte, elastische und keramische Bodenbeläge) hängt vom Verwendungszweck des Bereichs und von dem geforderten Standard ab. Beispielsweise sollten keramische Bodenbeläge überall dort verwendet werden, wo der Boden aufgrund dauerhafter intensiver Nutzung und häufiger Reinigung eine große Dauerhaftigkeit aufweisen muss (etwa im Sanitärbereich). Beim Neubau oder der Renovierung von Schulgebäuden sollten nur Bodenbeläge verwendet werden, die nassgewischt werden können.
- ❖ Textile Bodenbeläge werden für Schulgebäude nicht empfohlen, da der Reinigungsaufwand zeitlich und finanziell vergleichsweise hoch ist und sie einen erheblichen Anteil an der Aufwirbelung von Partikeln in den Innenräumen haben.
- ❖ Für alle Arten von Bodenbelägen sind lösungsmittelfreie, emissionsarme Bodenklebstoffe vorzuziehen (flexible Bodenbeläge, Teppiche, Parkett).
- ❖ In Schulgebäuden sollten nur Möbelprodukte eingesetzt werden, die wenig Formaldehyd enthalten oder mit einem Öko-Siegel als formaldehydfrei ausgewiesen sind.
- ❖ Vor der Durchführung von Malerarbeiten sollte geprüft werden, ob die Arbeiten die Verwendung von Lacken erforderlich machen oder auch der Einsatz von Dispersionsfarben möglich wäre. Auf mineralischen Untergründen (Wände und Decken) sind Dispersions- und Latexfarben die geeigneten Anstrichstoffe.
- ❖ Für den Oberflächenschutz von nicht tragenden Hölzern im Innenbereich (Klassenräume, Büros) sind schadstoffarme Lacke oder Holzlasuren am besten geeignet. Schadstoffarme Lacke werden auch für den Oberflächenschutz von Holzbauteilen oder Holzgegenständen, die der Witterung ausgesetzt sind, angeboten.
- ❖ Bei der Parkettlackierung sollte auf stark lösemittelhaltige Oberflächenbehandlungsmittel verzichtet werden. Stattdessen sollten wasserverdünnbare Oberflächenbehandlungsmittel (Wassersiegel) auf Acrylat- oder Polyurethanharzbasis eingesetzt werden.
- ❖ Für die großflächige Beschichtung von Wänden, Decken und Fassaden in Schulgebäuden eignen sich Dispersionsfarben. Für die Innenräume von Schulgebäuden sollten nur emissionsarme Wandfarben verwendet werden (z. B.

¹⁶ BREEAM (<http://www.breeam.org/>)

¹⁷ Démarche HQE (<http://assohqe.org/hqe/spip.php?rubrique9>)

¹⁸ DGNB (<http://www.dgnb.de/en/>)

¹⁹ VALIDEO (http://www.valideo.org/Public/valideo_menu.php?ID=8641)

matte Dispersionsfarben, seidenglänzende und glänzende Latexfarben sowie Dispersionssilikatfarben).

- ❖ Zum Schutz von Allergikern sollte bei wasserbasierten Farben auf die Deklaration von Konservierungsstoffen auf den Farbbehältern geachtet werden.

3.4.3 Leitfaden zu den Anforderungen an das Innenraumklima, die Lüftung und die Akustik in Schulgebäuden

- ❖ In den Klassenräumen sollten je nach Jahreszeit und in Abhängigkeit von der Außenlufttemperatur physiologisch behagliche operative Temperaturen (zwischen ca. 20°C und 26°C) möglichst über das ganze Jahr hindurch eingehalten werden.
- ❖ In einem Schulgebäude sind Wände, Böden und Decken so zu gestalten, dass kein unangenehmer Wärmestrahl Austausch mit kalten Oberflächen stattfindet.
- ❖ Das Risiko der Überhitzung kann in Schulen durch einen höheren Anteil wärmespeichernder Innenbauteile, die nicht wärmegeklämt sind, in Verbindung mit Nachtabkühlung und Stoßlüften reduziert werden, so dass die sich in den Klassenräumen aufstauende Wärme absorbiert werden kann, selbst wenn die Außenlufttemperatur höher ist als die Wärmespeicherkapazität.
- ❖ Die Isolierung der Außenfassade von Schulgebäuden trägt zur Verbesserung des Wärmedurchlasswiderstands der Gebäudehülle bei und verhindert so ein Aufheizen durch die Außenlufttemperatur, so dass die vorhandene Wärmespeicherfähigkeit weiterhin für die Nachtabkühlung genutzt werden kann.
- ❖ Schulgebäude mit einem hohen Fensterflächenanteil lassen sich mit Isolierglas und außen liegenden Sonnenschutzvorrichtungen nachrüsten, um ein Aufheizen durch Sonneneinstrahlung oder Wärmeabgabe durch die Fenster zu vermeiden. Insbesondere dort, wo eine Außenverschattung schwierig zu installieren ist, können emissionsarme Glasbeschichtungen die direkte und indirekte Infrarotstrahlung deutlich verringern.
- ❖ Eine für Schulkinder behagliche Innenraumtemperatur lässt sich ganz praktisch auch durch eine Reduzierung interner Wärmequellen erreichen, etwa durch energiesparende Lampen, Beleuchtungsstrategien und Elektrogeräte.
- ❖ Bereits jetzt besteht erheblicher Spielraum für den adaptiven thermischen Komfort in Klassenzimmern, der sich in Zukunft noch vergrößern wird. Für Schulgebäude wird es immer wichtiger werden, Strategien für den adaptiven thermischen Komfort zu verfolgen, wobei die Schüler aufgefordert werden, ihre Kleidung anzupassen, und für eine höhere Luftbewegung in Innenräumen zu sorgen – entweder passiv durch eine entsprechende Fenstergestaltung oder durch den Einsatz von Ventilatoren, die im Sommer die Wärme schnell verteilen.
- ❖ Lässt sich der thermische Komfort durch passive Maßnahmen allein nur schwer realisieren, wird für warme Klimazonen eine Niedrigenergie-Komfortkühlung empfohlen. Zur Niedrigenergie-Kältetechnik gehören beispielsweise die direkte und indirekte passive Verdunstungskühlung (PDEC), Bodenluftleitungen oder Phasenwechselmaterialien in climatechnischen Anlagen zur Speicherung der Nachtkühle.

- ❖ Die akustische Gestaltung des gesamten Schulgebäudes sollte für alle Bereiche (Klassenzimmer, Musikräume, Sporteinrichtungen, soziale Bereiche, usw.) darauf ausgelegt sein, optimale Arbeits- und Lernbedingungen zu schaffen.

3.4.4 Leitfaden zur Verringerung von Innenraumlufschadstoffen

Schadstoffe in der Innenraumluft in Schulgebäuden lassen sich beispielsweise durch folgende Maßnahmen verringern:

- ❖ Eliminierung der Ursache: Die Ursachen für Schadstoffe können eliminiert oder es kann verhindert werden, dass die Schadstoffe in das Schulgebäude gelangen. So kann beispielsweise Bussen das Warten vor der Schule mit laufendem Motor untersagt und mit Schimmelpilz befallenes Material ersetzt werden.
- ❖ Austausch der Schadstoffquellen: Beispielsweise können emissionsarme Materialien und Produkte im Schulgebäude verwendet werden.
- ❖ Verkapseln der Schadstoffquelle: Um die Schadstoffquelle wird eine Barriere gelegt, damit weniger Schadstoffe in die Innenraumluft von Schulgebäuden gelangen. So könnten bei der Renovierung die Oberflächen von Schränken aus Pressspan versiegelt, laminiert oder mit Kunststoff überzogen werden, um die Schadstoffe einzudämmen.
- ❖ Verringerung des Schadstoffeintrags über die Außenluft: Für den Bau von Schulen sollten „verschmutzungsfreie“ Bereiche gewählt oder die Verkehrssituation in der unmittelbaren Umgebung der Schulgebäude (z. B. innerhalb eines Radius von 1 km) stärker reglementiert werden, um die Qualität der Außenluft, die in das Schulgebäude gelangt, zu verbessern.
- ❖ Kontrolle der Schadstoffquellen in den Innenräumen: Der übertriebene Einsatz von mit Duftstoffen versetzten Produkten wie Reinigungsmittel und Lufterfrischer sollte vermieden werden.

3.4.5 Leitfaden zur Expositionseindämmung

- ❖ Steuerung von Zeit und Ort der Schadstoffexposition. Der Faktor Zeit lässt sich beispielsweise beeinflussen, indem das Abziehen und Wachsen von Böden (bei eingeschaltetem Belüftungssystem) am Wochenende erfolgt (sofern die Schule in dieser Zeit nicht genutzt wird). So können die Produkte über das Wochenende hinweg ausgasen, während sich in der Schule niemand aufhält. Der Ort lässt sich steuern, indem Schadstoffquellen von den Personen, die sich in dem Gebäude aufhalten, ferngehalten werden oder die Betroffenen eine andere Räumlichkeit zugewiesen bekommen.
- ❖ Zur Verringerung der Konzentration schädlicher Dämpfe in der Luft, beispielsweise bei Malerarbeiten oder der Anwendung von Pestiziden, könnte die Belüftung bei ordnungsgemäßen Einsatz des Abluftsystems vorübergehend verstärkt werden.
- ❖ Zur Verringerung der Schadstofflast durch Quellen im Innenbereich und der damit verbundenen Gesundheitsrisiken sowie zur Aufrechterhaltung des Komforts wird eine angemessene, sich an gesundheitlichen Kriterien orientierende natürliche oder mechanische Belüftung entsprechend dem Lüftungskonzept des HEALTHVENT-Projekts (Carrer et al., 2013) empfohlen.

- ❖ Aus der durch das Lüftungssystem geleiteten Luft werden Partikel und gasförmige Schadstoffe herausgefiltert. Die technische Auslegung dieser Vorgehensweise erfolgt in den meisten Fällen im Einzelfall.
- ❖ Ableitung der Innenraumluftschadstoffe von Punktquellen (mit Hilfe von Abluftanlagen und lokalen Abluftventilatoren) nach außen, bevor sie sich verbreiten. Beispiele hierfür sind die Abluftsysteme im Sanitärbereich und in den Küchen, in wissenschaftlichen Laboratorien, Lagerräumen, Druck- und Kopierraum sowie in Ausbildungsbereichen (wie Schweißkabinen kohlebefeuerte Öfen).

3.4.6 Leitfaden zur Erziehung und Kommunikation

Personen, die sich in Schulen aufhalten (Lehrer, Schüler, sonstiges Schulpersonal), müssen sich im Unterricht und in der Ausbildung unbedingt mit Fragen der Raumluftqualität befassen und entsprechend sensibilisiert werden. Grundlegende Informationen und Tipps, wie sich im Schulalltag Schadstoffe vermeiden, entfernen oder eindämmen lassen, tragen dazu bei, die Belastung der Schulumgebung durch bedenkliche Schadstoffe zu verringern. Nachstehend sind einige Beispiele für jüngste Initiativen in Europa aufgeführt.

- ❖ *Faltblätter und Broschüren zum SINPHONIE-Projekt (in 20 europäischen Sprachen)*

www.sinphonie.rec.org/publications

- „Saubere Luft – Gesunde Kinder – Bessere Zukunft“
- „Auf dem Weg zu Fitness und Gesundheit – Zu Hause und in der Schule“
- „Praktische Umsetzung von Forschungsergebnissen“



❖ *EU-Informationsportal zur Innenraumluftqualität*
(<http://indoor-air-quality.jrc.ec.europa.eu/Home>)

Dieses EU-Informationsportal bietet auf einzelne Bereiche aufgeschlüsselte Tipps für eine gesunde Schulumgebung (siehe auch Kapitel 3.5)



❖ *Leitfäden und Instrumente für lokale Behörden sowie für Leiter von Schulen und Kindertageseinrichtungen in Frankreich*

- 2010 veröffentlichten Frankreichs Sozialministerium (Bereich Gesundheit) und das Institut für die Überwachung der öffentlichen Gesundheit (l'Institut de Veille Sanitaire) **zwei praktische Leitfäden zu Fragen der Innenraumluftqualität:**

- Ein Leitfaden zur Raumluftqualität in öffentlichen Gebäuden richtet sich an die Verwaltung dieser Einrichtungen und kann über die Website des Sozialministeriums (Bereich Gesundheit) www.sante.gouv.fr im Abschnitt „Les dossiers“ (Dossiers) – „La santé de A à Z“ (Gesundheit von A bis Z) – Buchstabe S – „Santé environnement“ (Umwelt und Gesundheit) heruntergeladen werden:

<http://www.sante.gouv.fr/guide-de-gestion-de-la-qualite-de-l-air-interieur-dans-les-etablissements-recevant-du-public.html>

- Ein Leitfaden zur Diagnose von in Kollektiven auftretenden, unerklärlichen Symptomen und zum Umgang mit diesen Symptomen, der sich an die Regierungsstellen, unter deren Verantwortungsbereich solche Vorkommnisse fallen, richtet, kann von der Website des Instituts für die Überwachung der öffentlichen Gesundheit (l'Institut de Veille Sanitaire) www.invs.sante.fr im Abschnitt „Publications“ „Toutes les Publications“ (Alle Veröffentlichungen) heruntergeladen werden:

http://www.invs.sante.fr/display/?doc=publications/2010/syndromes_colle_tifs_inexpliques/index.html

- Das Paket „Ecol'air – Un établissement qui respire, c'est bon pour l'avenir – les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles“ (Eine

Einrichtung, die Luft zum Atmen hat, ist gut für die Zukunft – Maßnahmen für eine gute Luftqualität in Schulen) enthält u. a. folgende Anleitungen für lokale Behörden und Leiter von Schulen und Kindertageseinrichtungen, wie sie die Luftqualität in diesen Einrichtungen verbessern können:

- ein einfacher Diagnoseleitfaden für die Belüftungssysteme in Schulen
- ein Leitfaden für den Kauf und den Einsatz von Reinigungsprodukten im Hinblick auf eine bessere Luftqualität
- Empfehlungen zur Berücksichtigung der Innenraumluftqualität bei Bau- und Sanierungsprojekten
- ein Poster: „Ecol'air – Gute Luft in Innenräumen geht jeden etwas an!“
- vier praktische Ratgeber

Die Dokumente können von der Website des Amts für Umwelt und Energie (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, ADEME) www.ademe.fr unter folgendem Link heruntergeladen werden:

<http://www2.ademe.fr/servlet/getDoc?cid=96&m=3&id=79962&p1=00&p2=01&ref=17597>

- Das **CETIAT** ([Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques](http://www.cetiat.fr)), das technische Zentrum für raumlufttechnische Anlagen hat einen technischen Leitfaden für mechanische Belüftungssysteme in Schulen „Ventilation performante dans les écoles – Guide de conception“ veröffentlicht, der von der Website <http://www.cetiat.fr/> heruntergeladen werden kann.

3.5 Tipps für eine gesunde Schulumgebung in einzelnen Räumen

Klassenzimmer



Möbiliar

- Emissionsarmes Möbiliar ist zu bevorzugen.
- Verwendet werden sollten nur vollständig trockene, oberflächenversiegelte und geruchslose Produkte.
- Neue Innenausstattung sollte in einem sauberen, trockenen, gut belüfteten Bereich gelagert werden, bis die Ausgasung von flüchtigen organischen Verbindungen zurückgegangen ist.
- Der Einbau von Möbeln und Innenausstattungen sollte so geplant werden, dass das Gebäude in der Zeit nicht genutzt wird (etwa in den Ferien) und der Einbau weit vor Beginn des Schuljahrs erfolgt.

Tafel

- Am Ende jedes Schultags sind Staubwischen, Staubsaugen (mit leistungsstarken Filtern) sowie Nasswischen bzw. Dampfreinigen in den Klassenräumen geboten.
- Tafeln sollten nur mit einem nassen Schwamm gereinigt werden.
- Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten sollten erst nach Ende des Schultags bei umfassender Lüftung während oder nach den Reinigungsarbeiten mit geeigneten Reinigungsmitteln erfolgen, die entsprechend den Herstellerangaben zu Häufigkeit und Menge verwendet werden.
- Emissionsarme Reinigungsprodukte sind zu bevorzugen.
- Die Kinder sollten möglichst daran gehindert werden, in den Klassenräumen herumzurennen oder Sport zu treiben.

Lüftung

- Sofern kein mechanisches Lüftungssystem vorhanden ist, ist die Frischluftzufuhr über die natürliche Belüftung (z. B. über die Fenster) erste Wahl. Die Fenster sollten systematisch vor Unterrichtsbeginn und in den Pausen geöffnet werden.
- Können die Fenster aufgrund der Witterung, der Verschmutzung der Außenluft und des Lärms nicht geöffnet werden oder ist dies aus Sicherheitsgründen verboten, sollte eine mechanische Belüftung (mit einer Luftzufuhrsteuerung) geprüft werden. Der Luftaustausch muss sich an der Zahl der Personen in den Klassenräumen sowie deren Größe und Gestaltung orientieren. Die Eignung des Lüftungssystems für die schulspezifische Situation sollte anhand europäischer oder nationaler Normen oder Kodizes überprüft werden.
- Um ein Eindringen der Außenluft und von Radon zu verhindern, muss sichergestellt sein, dass in mechanisch belüfteten Gebäuden der Innenluftdruck den Außenluftdruck übersteigt.
- Die Klassenräume sollten mit einem CO₂-Alarm ausgestattet sein, der bei zu hohen CO₂-Werten (z. B. über 700 ppm) ausgelöst wird und damit den Lüftungsbedarf anzeigt.
- Die Lüftung ist fortlaufend so anzupassen, dass stabile und behagliche Temperatur- und Feuchtigkeitswerte aufrechterhalten werden.
- Die Raumlufttechnik, die Algorithmus-Optimierung und die Anpassung an veränderliche Temperatur-, Feuchtigkeits- und Schadstoffwerte gilt es weiterzuentwickeln.

- Die Lüftungssysteme sollten unter Hinzuziehung technischer Fachkräfte regelmäßig gewartet und es sollten Wartungspläne aufgestellt werden.
- Die Filter müssen regelmäßig ausgewechselt und auf Kondensat geprüft werden, damit eine angemessene Entfeuchtung gewährleistet ist.
- Lehrer und Schüler sollten über die Notwendigkeit einer angemessenen Lüftung aufgeklärt werden sowie darüber, dass Ventilatoren nicht mit Büchern, Papier und anderen Gegenständen zugestellt werden dürfen und dass die mechanische Lüftung nicht ausgestellt werden darf.

Boden

- Beim Bau einer Schule sollte der Bauherr bei der Wahl des Bodenbelags den Verwendungszweck der Räumlichkeit berücksichtigen.
- Bei der Festlegung der Bodenbeschichtungen sollten Reinigung und Instandhaltung ausdrücklich Berücksichtigung finden.
- Für den Boden sollten emissionsarme Produkte ausgewählt werden, von denen eine möglichst geringe Gefährdung ausgeht.
- Die Bauherren sollten darüber hinaus auf eine angemessene Gestaltung und Größe der Matten im Eingangsbereich achten, damit Erde, Schmutz und Feuchtigkeit nicht im Gebäude verteilt werden (die Nutzung der Matten ist durch die Schulleiter durchzusetzen).
- Teppiche sollten mit Staubsaugern gereinigt werden, die mit leistungsstarken Partikelfiltern (HEPA) ausgestattet sind.
- Sobald Teppiche ausgewechselt werden müssen, wird die Verlegung von Linoleum, Massivholz oder Fliesen als Alternative empfohlen.

Wissenschaftliches Labor



Wissenschaftliche Instrumente

- Gefährliche wissenschaftliche Ausrüstung sollte nicht unverschlossen oder unbeaufsichtigt gelassen werden.
- Für die Verwendung und den Umgang mit wissenschaftlicher Ausrüstung sollten Regeln für die Schüler festgelegt werden.
- Schüler sollten bei der Durchführung von Experimenten streng beaufsichtigt werden.
- In jedem Labor sollten Sicherheitsgeräte installiert sein, die regelmäßig überprüft und instandgehalten werden.

Lüftung

- Das Lüftungssystem sollte sich für den Verwendungszweck des Raums, seine Größe und die Zahl der sich in ihm aufhaltenden Personen eignen.
- Das Abzugssystem sollte dafür sorgen, dass die Luft direkt nach außen geleitet wird und nicht in das Lüftungssystem der gesamten Schule gelangt.
- Das Lüftungssystem sollte regelmäßig überprüft, gewartet und gesäubert werden.
- Flaschen mit Stoffen, die Gase abgeben, sollten nicht länger als nötig und nicht während der Pausen unverschlossen auf den Tischen stehen bleiben.
- Die Schüler sollten während bestimmter Experimente Schutzbrillen und sonstige Schutzausrüstung tragen.
- Herde und Bunsenbrenner sollten bei Nichtgebrauch ausgestellt werden.
- Es sollten CO₂-Melder installiert und der Luftaustausch erhöht werden, sobald Alarm ausgelöst wird.

Sporthalle



Sportgeräte

- Sportgeräte sollten während der Schulperioden vor und nach dem Unterricht regelmäßig staubgewischt werden.
- Desinfektionsmittel sollten nur in Ausnahmefällen für die Reinigung eingesetzt werden, beispielsweise wenn sich in der Schule Infektionskrankheiten häufen.
- Insbesondere vor dem Sportunterricht sollten keine Reinigungsmittel zum Einsatz kommen.
- Die Schüler sollten angewiesen werden, ihre Hände nach dem Sportunterricht zu waschen bzw. zu desinfizieren.
- Vor Beginn eines neuen Schuljahrs sollte die Sporthalle gründlich gereinigt und desinfiziert werden. Dies sollte so rechtzeitig geschehen, dass die in den Reinigungsmitteln enthaltenen Gase Zeit zum Ausgasen haben.

Reinigungsmittel

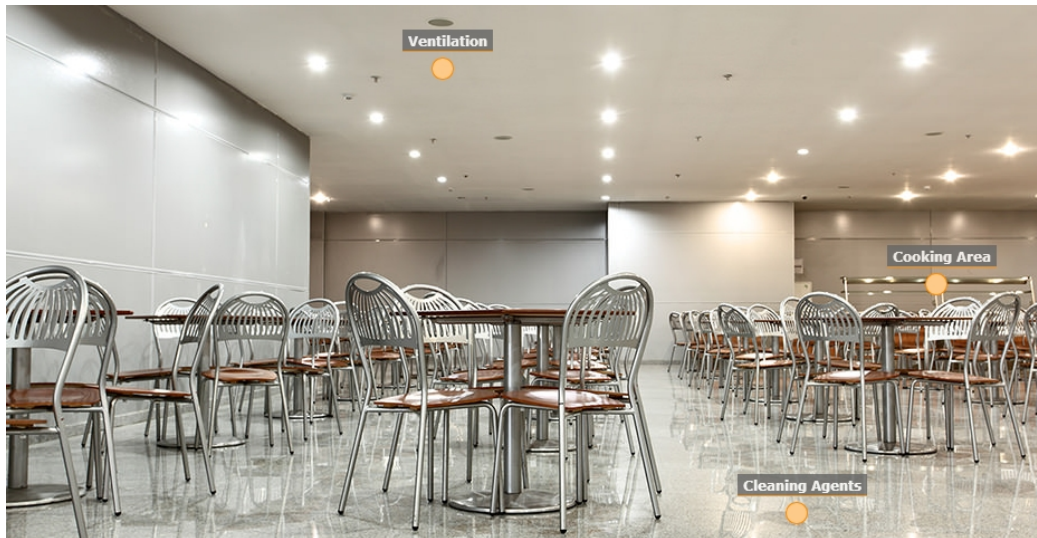
- Bei der Spezifikation des Bodenbelags sollten Reinigung und Instandhaltung ausdrücklich Berücksichtigung finden.
- Nach intensiver Nutzung oder nach Spielen reicht eine Reinigung durch Absaugen oder Nasswischen möglicherweise nicht aus.
- Emissionsarme Reinigungsprodukte sind zu bevorzugen.
- Die Reinigungsprodukte sollten entsprechend den zu reinigenden Oberflächen ausgewählt werden, um eine unsachgemäße Vermischung zu vermeiden, und entsprechend den Angaben auf dem Etikett verwendet werden.
- Lufterfrischer sollten, wenn überhaupt, in Maßen eingesetzt werden.
- Bei Bedarf können auch stärkere Reinigungsmittel eingesetzt werden, jedoch nur nach dem Unterricht und bei erhöhtem Luftaustausch.

Lüftung

- Sofern die Gestaltung des Schulgebäudes dies zulässt, sollte die Sporthalle nahe am Schulhof oder in einem grünen Park liegen. Ist dies unmöglich, sollte so oft wie möglich, vor allem während des Sportunterrichts, für eine natürliche Belüftung (über offene Fenster) gesorgt werden.
- Natürliche Lüftung ist weniger ratsam, wenn die Fenster zu einer Straße hin öffnen, da die Partikel vom Verkehr und andere gesundheitsgefährdende Luftschadstoffe in das Schulgebäude gelangen können.
- Ist keine natürliche Lüftung möglich, hängt die Auslegung des Belüftungssystems im Hinblick auf die Wahl der Technologie und den Luftaustausch von der Außenluftqualität, von der Größe und Kapazität der Sporthalle, von den jahreszeitlichen Bedingungen und vom Zeitplan des Sportunterrichts ab.
- Die raumlufttechnischen Anlagen (Heizung, Lüftung und Klimaanlage) sollten regelmäßig überprüft, gesäubert und repariert werden.
- Entlüftungsöffnungen dürfen nicht mit Ausstattungsgegenständen, Sportgeräten oder Kleidung abgedeckt werden.
- Belüftungsöffnungen dürfen nicht überklebt werden, um Zugluft zu vermeiden. Entsprechende Anpassungen oder Reparaturen sollten durchgeführt werden.

- Den Schülern sollte nicht gestattet sein, das Lüftungssystem selbst anzupassen oder umzulenken, da dies die gesamte Luftzirkulation in der Schule beeinträchtigen kann.

Speisesaal



Kochbereich

- Im Garbereich sollten mit Filtern ausgestattete Ablüfter installiert und der Luftdruck kontrolliert werden.
- Das Abzugssystem sollte so ausgelegt sein, dass Dämpfe und Gerüche aus dem Garbereich nicht in das Hauptlüftungssystem der Schule geleitet werden.
- Der Garbereich (z. B. die Küche) sollte vom Speisesaal getrennt sein.
- Die ausgestellten Speisen sollten möglichst geschützt werden. Es sollten Dunstabzugshauben installiert und regelmäßig gereinigt werden.

Reinigungsmittel

- Die Kinder sollten lernen, auf verschüttete Speisen oder Getränke so schnell wie möglich aufmerksam zu machen.
- Auf großen Flächen sollten emissionsarme Reinigungsmittel entsprechend den Mengenangaben und der Gebrauchsanleitung auf den Etiketten eingesetzt werden. Die Räume sind während der Reinigung gut zu lüften. Bei Bedarf können nach dem Unterricht und bei angemessener Belüftung stärkere Reinigungsmittel eingesetzt werden.
- Der Bodenbelag sollte widerstandsfähig sein, da davon ausgegangen werden kann, dass Getränke und Speisen verschüttet werden. Bei der Spezifikation der Bodenbeläge für Speisesäle sollten Reinigung und Instandhaltung ausdrücklich Berücksichtigung finden.

- Kartons sollten unmittelbar nach Anlieferung entsorgt und Tüten und Verpackungen sollten nicht gelagert werden. Abfallbehälter sollten so bald wie möglich entfernt werden, um einen Befall mit Kakerlaken zu verhindern.
- Geschirr, Utensilien und Oberflächen sollten täglich zum Ende eines Schultags gereinigt werden, um die Ausbreitung von Ungeziefer zu verhindern. Pestizide sollten, wenn notwendig, nur punktuell und nach dem Unterricht eingesetzt werden.

Lüftung

- Der relative Luftdruck und das Lüftungssystem des Speisesaals sollten so ausgelegt sein, dass der Luftstrom, die Feuchtigkeitskontrolle und das Auffangen von Schmutz und Dämpfen automatisch gesteuert werden und für die besonderen Anforderungen dieses Bereichs geeignet sind.
- Unter bestimmten Witterungsbedingungen führt die Lüftung Feuchtigkeit zu und kann daher die Innenraumluftfeuchte nicht senken. In diesem Fall werden mechanische Lüftungssysteme benötigt, um die Feuchtigkeit aus der einströmenden Außenluft oder aus der Luftzirkulation zu entziehen.
- Das Lüftungssystem im Speisesaal sollte von dem Lüftungssystem für die Klassenräume getrennt sein.
- Regelmäßig sollte überprüft werden, ob es neue Technologien und fortschrittliche Werkstoffe und Beschichtungen gibt, um die Schimmelpilzbildung zu vermeiden.
- Feuchtigkeitsschäden sollten umgehend behoben werden. Sollte sich die Behebung des Feuchtigkeitsproblems verzögern, gebietet es die Sorgfalt, den Schimmelpilz zu entfernen.
- Pilzbefallenes Material, auch Schimmelpilzstaub, sollte wirksam und sicher entfernt werden.

Umkleiden und sanitäre Anlagen



Umkleiden

- Es sollte ein hinsichtlich der Größe und Lage der Umkleiden und sanitären Anlagen geeignetes Lüftungssystem installiert werden, das regelmäßig überprüft und gewartet wird.
- Die Schüler sollten angewiesen werden, die Türen zu schließen. Es kann auch ein automatischer Türschließmechanismus installiert werden, um zu verhindern, dass feuchte Luft in andere Räume des Schulgebäudes gelangt.
- Wasserlecks oder defekte Abzüge sollten so schnell wie möglich repariert werden.
- Die Schüler sollten angewiesen werden, keine feuchte Kleidung oder Handtücher in den Spinden zu lassen.
- Die Umkleiden sollten nach Unterrichtsende gesäubert und gesaugt werden und, wenn möglich, sollten die Türen der Spinde über Nacht zum Lüften geöffnet bleiben.
- Schimmelpilz sollte sofort entfernt werden.
- Werden für die Entfernung von Schimmelpilz Desinfektionsmittel oder Biozide eingesetzt, sollte dies stets außerhalb der Unterrichtsstunden erfolgen. Der Bereich der sanitären Anlagen sollte gelüftet und die Luft nach außen abgeleitet werden. Chlorbleiche sollte niemals mit anderen Reinigungslösungen oder ammoniakhaltigen Detergenzien vermischt werden, da hierbei giftige Dämpfe entstehen können.

Duschen/Toiletten

- Bei den Spezifikationen für die Bodenbeläge im Dusch- und WC-Bereich sollten Reinigung und Instandhaltung ausdrücklich Berücksichtigung finden.
- Die Schüler sollten angewiesen werden, die Hygienevorschriften zu beachten: Beispielsweise sollten die Hände mit Seife bzw. Desinfektionsmitteln gewaschen werden und die Schüler sollten kein Leitungswasser trinken (hierfür sollten eigens Wasserspender installiert werden).
- Die Duschen und WCs sollten am Ende eines Schultags gründlich gereinigt werden.
- Reinigungsprodukten auf Pflanzenbasis oder emissionsarmen Reinigungsprodukten ist der Vorzug zu geben.
- Die Reinigungsprodukte sollten entsprechend den zu reinigenden Oberflächen ausgewählt werden, um eine unsachgemäße Vermischung zu vermeiden, und entsprechend den Angaben auf dem Etikett verwendet werden.
- Bei Bedarf können auch stärkere Reinigungsmittel eingesetzt werden, jedoch nur nach dem Unterricht und bei erhöhtem Luftaustausch.
- Heißwasseranlagen sollten auf eine Temperatur von über 50°C eingestellt werden (um Legionellen abzutöten). Mischbatterien oder Temperaturregler sollten so angebracht werden, dass sich die Schüler nicht selbst verbrühen.
- Die Wasserleitungen sollten regelmäßig überprüft, gewartet und gereinigt werden.
- Wasserhähne sollten im halbjährlichen Abstand entkalkt und desinfiziert werden.

Außenbereich



- Der Standort von Schulen sollte möglichst nicht an stark befahrenen Straßen liegen.
- In der Nähe von Schulgebäuden, insbesondere in der Nähe der Frischluftzufuhr, sollten keine Fahrzeuge mit laufendem Motor stehen.
- Nach wie vor wird zwar zur natürlichen Lüftung (d. h. zum Öffnen der Fenster) geraten (vor allem in Klassenzimmern mit hoher Schülerdichte), doch sollte dies wohlüberlegt geschehen, wobei Faktoren wie der Standort und die Tageszeit (großes Verkehrsaufkommen oder Fahrzeuge mit laufendem Motor von Eltern, die ihre Kinder zur Schule bringen oder abholen), die Witterung (z. B. Smog, Pollenflug, Feuchtigkeit) und jahreszeitlich bedingte Anforderungen an die Energieeffizienz berücksichtigt werden sollten.
- Angesichts des tendenziell größeren Schadstoffeintrags über straßenseitige Fenster sollte die Lüftung möglichst über schulhofseitige Fenster erfolgen.
- Die Vorfahrtbereiche vor der Schule (für die Abholung der Kinder) sollten nicht in der Nähe von Türen oder Fenstern des Schulgebäudes liegen.
- Eine mechanische Lüftung sollte nicht darauf beschränkt sein, Schadstoffe der Innenraumluft nach außen zu befördern und die Innenraumluft auszutauschen, sondern sollte auch die Außenluft filtern und die Schadstoffkonzentration verringern.

4. Kriterien für die Umsetzung der Leitlinien für eine gesunde Schulumgebung in europäischen Schulen in nationales Recht

Nationale und lokale Behörden können anhand von vier Kriterien entscheiden, welche strategischen Maßnahmen sich angesichts ihrer nationalen oder lokalen Situation am besten eignen, um die Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen umzusetzen.

Im Folgenden sind die vier Kriterien erläutert:

1) Wirksamkeit

Die Wirksamkeit steht im Zusammenhang mit der Einschätzung, welche Veränderungen erwartet werden und welche Risiken oder Auswirkungen mit der Umsetzung einer strategischen Maßnahme verbunden sind. Anders ausgedrückt sollte die erwartete Wirkung einer strategischen Maßnahme daran gemessen werden, inwieweit sich die Risiken verringern lassen. Bei der Schulumgebung ist zwischen den Auswirkungen auf die Population im Allgemeinen und auf einen sensiblen Teil dieser Population (z. B. Asthmatiker) zu differenzieren. Auch wenn hier streng genommen nicht unterschieden werden kann, ist es wichtig zu wissen, ob eine Maßnahme dazu beiträgt, die Gesundheit von Kindern oder deren Leistungsfähigkeit in der Schule oder beides zu verbessern (zumal davon ausgegangen werden kann, dass gesündere Kinder auch in der Schule leistungsfähiger sind).

2) Verhältnismäßigkeit

Die Beurteilung der Verhältnismäßigkeit macht es notwendig, sich einen Überblick über die Kosten zu verschaffen und sie ins Verhältnis zu den gesundheitlichen Vorteilen zu setzen. Nationale und lokale Behörden können die Maßnahmen und deren wirtschaftliche Machbarkeit erst dann besser einschätzen, wenn sie Klarheit über Kosten und Nutzen haben. Für die Ermittlung der Kosten stehen Kosten-Nutzen-Analysen zur Verfügung wie beispielsweise die von Fisk et al. (2011) beschriebene Methodik. In der Regel stützen sich diese Methoden auf Angaben zu krankheitsbedingter Abwesenheit von Lehrern und Schülern. Auch die technische Machbarkeit spielt eine Rolle, selbst wenn es sich hierbei eher um ein gebäudespezifisches als um ein länderspezifisches Kriterium handelt. Als Beispiel seien mechanische Lüftungssysteme genannt, um die Innenraumluftqualität in Schulen zu verbessern. Viele vorhandene Schulgebäude in Europa sind so ausgelegt, dass sich eine Änderung der Gebäudestruktur für den nachträglichen Einbau eines mechanischen Lüftungssystems nicht lohnt. Dies hängt allerdings auch in erheblichem Maße von der gewählten Lüftungsoption ab. Einige Optionen, wie einstellbare Lüfter, sind möglicherweise technisch leichter zu bewerkstelligen und damit kostengünstiger.

3) Praktische Anwendbarkeit

Die praktische Anwendbarkeit bezieht sich auf die Einschätzung, inwieweit die Leitlinien und Empfehlungen umsetzbar, durchsetzbar und steuerbar sind. So lässt sich beispielsweise die Verpflichtung zur Überwachung der Schulumgebung in Innenräumen in nationale Strategien aufnehmen, doch solange keine geeigneten Strategien und Anweisungen für die Durchsetzung festgelegt werden, ist diese Verpflichtung im Falle einer Nichteinhaltung nationaler Vorschriften oder Normen weder praktikabel noch effizient.

4) Kontrollierbarkeit

Die Kontrollierbarkeit bezieht sich auf die Bewertung der direkten (z. B. Schadstoffbelastung, Hygienestandards) und indirekten (z. H. Gesundheitssymptome wie laufende Nasen, Husten oder die langfristige Häufung von Asthma) Auswirkungen der strategischen Maßnahmen und die Ermittlung der Überwachungskosten.

4.1 Zusammenhang zwischen den Kosten der Maßnahmen und dem gesundheitlichen Nutzen

Wie bereits im Zusammenhang mit dem Kriterium der Verhältnismäßigkeit erläutert, zieht jede Maßnahme Kosten nach sich. Daher sollte im Vorfeld eine Einschätzung erfolgen, welche Maßnahmen einen gewissen gesundheitlichen Nutzen hervorbringen dürften. Dabei darf nicht vergessen werden, dass gesundheitlicher Nutzen nicht zwangsläufig mit Kosten verbunden ist. Mitunter können die kostengünstigsten Lösungen den größten gesundheitlichen Nutzen hervorbringen. Dieser Ansatz ist nachstehend in Abbildung 3 dargestellt.

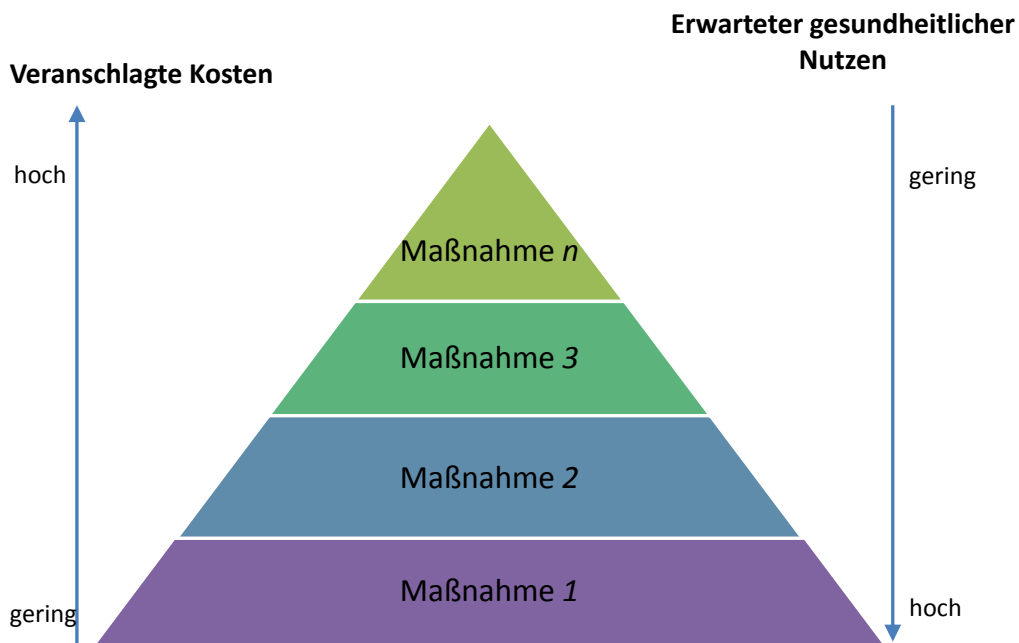


Abbildung 3. Diagramm zum Zusammenhang zwischen den veranschlagten Kosten und dem entsprechenden gesundheitlichen Nutzen nationaler Maßnahmen

Dem in Abbildung 3 dargestellten Konzept liegt die Annahme zugrunde, dass die Maßnahme 1 eine kostengünstige Lösung beinhaltet, die zu einem relativ großen gesundheitlichen Nutzen führt. Bleibt jedoch der gesundheitliche Nutzen hinter den Erwartungen zurück, sollten weitere Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die sich, wahrscheinlich zu höheren Kosten, positiv auf die Gesundheit auswirken. Die Abbildung ist eine sehr vereinfachte Darstellung der Annahmen hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen den veranschlagten Kosten und dem entsprechenden gesundheitlichen Nutzen. In der Realität ist dieser Zusammenhang sehr viel komplexer, da er in starkem Maße von der Art und Weise abhängt, wie der gesundheitliche Nutzen und die Kosten

bewertet werden. Zweck dieser Abbildung ist es jedoch, den Zusammenhang zwischen Maßnahmen, Kosten und gesundheitlichem Nutzen darzustellen²⁰. Auch gilt es dabei zu beachten, wer die Kosten trägt oder sich an den Kosten beteiligt, wie beispielsweise nationale oder lokale Behörden, Schulen und Eltern.

Der Zusammenhang zwischen dem gesundheitlichen Nutzen von Maßnahmen und den dabei entstehenden Kosten lässt sich mit Hilfe geeigneter Indikatoren, wie sie in Tabelle 6 aufgeführt sind, quantifizieren.

Tabelle 6. Indikatoren für den Zusammenhang zwischen dem gesundheitlichen Nutzen von Maßnahmen und den damit verbundenen Kosten (*Quelle: US EPA unverbindliche Leitlinien für die staatliche Entwicklung und Umsetzung des Programms für eine gesunde Schulumgebung*)

Art des Indikators	Beispiele für Indikatoren
Gesundheit	<ul style="list-style-type: none"> - Prozentualer Rückgang in der Häufigkeit der Konsultation der Schulkrankenschwestern pro Jahr - Prozentualer Rückgang der Asthmafälle pro Jahr - Prozentualer Rückgang von Abwesenheiten - Prozentualer Rückgang der gemeldeten Atemwegserkrankungen
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> - Rückgang der Anträge des Schulpersonals auf Entschädigungen im Zusammenhang mit der Innenraumluftqualität - Geringere Energiekosten aufgrund gut instandgehaltener Schulgebäude und Ausrüstungen
Gesellschaft	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Rückmeldungen von den Gewerkschaften des Schulpersonals und von Elternverbänden - Positive Medienberichterstattung - Höheres Vertrauen der Gemeinschaft

Ausgehend von den vorhandenen nationalen Leitlinien und Empfehlungen für Schulumgebungen lassen sich die Maßnahmen in die folgenden sechs Gruppen einteilen:

Gruppe 1: Hygieneanforderungen an Art und Häufigkeit der Reinigung. Eine Grundreinigung dürfte bei sachgemäßem Einsatz von Reinigungsmitteln den größten Beitrag zur Vermeidung von Infektionskrankheiten leisten.

Gruppe 2: Sensibilisierung. Es ist davon auszugehen, dass sich die Hygiene in den Innenräumen mit strukturellen Sensibilisierungsmaßnahmen deutlich verbessern lässt. Hierunter fällt die Schulung von (neuem) Schulpersonal, von Reinigungspersonal sowie von Eltern und Schülern. Strukturell bedeutet hier, dass die Sensibilisierung keine einmalige Veranstaltung ist, sondern über einen gewissen Zeitraum regelmäßig

²⁰ Weitere Informationen zur Methodik sowie Beiträge zur Kosteneffizienz von Maßnahmen für den Gesundheitsschutz sind abrufbar unter: <http://kosteneffectiviteit-preventie.rivm.nl/algemene-hta-literatuur/richtlijn-kea-onderzoek/>.

wiederholt wird. Schulungen zu Fragen der Reinigung, des Rauchens, guter Hygienepraxis und zu den Merkmalen bestimmter Bauprodukte können das Verhalten positiv beeinflussen und die Gesundheit verbessern. Beispiele können dem dänischen Datenblatt „Innenraumklima in Grundschulen“ (<http://www.ggdkennisnet.nl/groep/7/documenten/1189>) und dem belgischen Schulungsmaterial für Grund- (<http://www.lekkerfris.be>) und Sekundarschulen (<http://www.airatschool.be>) entnommen werden. Die in Belgien gemachten Erfahrungen zeigen, dass sich die Innenraumluftqualität nach den Schulungen verbessert hat.

Gruppe 3: Gute Lüftungspraxis. Eine gute Lüftung in Klassenräumen (über natürliche Lüftung wie Öffnen der Fenster oder mechanische Lüftung) senkt bekanntlich die CO₂-Konzentration der Luft und die Konzentration von Innenraumschadstoffen und erhöht die Lernfähigkeit der Schüler.

Gruppe 4: Verwendung von Produkten und Materialien. Diese Maßnahme steht in engem Zusammenhang mit Maßnahme 2. Das Wissen, welche Bauprodukte, Ausstattungen und Produkte (wie Kleber und Farben usw.) bestimmte Stoffe enthalten und freisetzen, ermöglicht bewusste Entscheidungen, um die Verwendung bestimmter Produkte zu vermeiden und sie durch solche zu ersetzen, die sich nicht nachteilig auf die Innenraumluftqualität auswirken und damit die Gesundheitsrisiken senken. Die Verwendung emissionsarmer Baumaterialien und Verbraucherprodukte sowie die Berücksichtigung der Angaben auf den Produktetiketten und der Vorschriften zu den Materialemissionen tragen erheblich zur Erreichung dieses Ziels bei.

Gruppe 5: Technische Maßnahmen wie die Gestaltung (neuer) Schulgebäude oder die Renovierung (von Teilen) bestehender Schulgebäude unter besonderer Berücksichtigung der Innenraumhygiene. Dies kann beispielsweise den Einbau einer mechanischen Belüftung und die Festlegung ihrer technischen Spezifikationen (etwa für den Luftaustausch und Lärmschutz) beinhalten. Bei technischen Maßnahmen wird gemeinhin von höheren Kosten ausgegangen, wenngleich sich der gesundheitliche Nutzen nur schwer beziffern lässt. Die Kosten solcher technischen Maßnahmen können jedoch im Vergleich zu den Gesamtrenovierungskosten immer noch relativ niedrig sein. Bei bereits geplanten Renovierungen könnte die Einbeziehung technischer Maßnahmen durchaus kosteneffizient sein.

Gruppe 6: Überwachung der Innenraumluftqualität. Für die regelmäßige Kontrolle der Innenraumluftqualität in einer kleinen Zahl zufällig ausgewählter Klassenzimmer können einige Indikatoren in die engere Wahl gezogen werden. Diese Indikatoren müssen auf der Grundlage verfügbarer Leitlinien (etwa von der WHO), der praktischen Durchführbarkeit von Bewertungen und annehmbaren Kosten festgelegt werden.

Tabelle 7 enthält Beispiele möglicher Maßnahmen zur Verbesserung der Innenraumluftqualität in Schulen, die sich auf die in Kapitel 4 genannten Kriterien stützen sowie auf den in Abschnitt 4.1.1 erläuterten Zusammenhang zwischen Kosten und gesundheitlichem Nutzen.

Tabelle 7. Beispiele für qualitative maßnahmenpezifische Kriterien

Maßnahme		Kriterium			
	<i>Beschreibung</i>	<i>Wirksamkeit</i>	<i>Verhältnismäßigkeit</i>	<i>Praktische Anwendbarkeit</i>	<i>Kontrollierbarkeit</i>
<i>Hygiene</i>	Reinigung der Toiletten	Im Vergleich zu älteren Schülern größere Wirkung bei jüngeren Schülern aufgrund des häufigeren Körperkontakts (Hände) mit den Toiletten und des Hand-Mund-Verhaltens	Zu veranschlagen sind geringe Zusatzkosten. (Wiederholte) Ausbildung von Reinigungs- und Schulpersonal.	Die Toiletten können visuell kontrolliert werden. Das Reinigungspersonal kann in Listen den Zeitpunkt der letzten Reinigung eintragen.	Diese Maßnahme lässt sich durch eine regelmäßige (z. B. jährliche) Befragung der (älteren) Schüler zu ihrer Zufriedenheit kontrollieren.
<i>Sensibilisierung</i>	Öffnen von Fenstern	In Klassenräumen, die über keine mechanische Lüftung verfügen, kann das Bewusstsein dafür geschärft werden, CO ₂ - und VOC-Werte durch häufiges Öffnen der Fenster niedrig zu halten. Dies erhöht die Konzentrations- und Lernfähigkeit der Schüler und wirkt sich auch positiv auf die Hirnentwicklung aus.	Die Sensibilisierung von Schulpersonal, Eltern und Schülern kostet Zeit. Ebenso brauchen Verhaltensänderungen Zeit. Die Kosten für die Entwicklung und Abfassung von Lehrmaterial in der jeweiligen Sprache dürften sich in Grenzen halten, da das Material über mehrere Jahre wiederverwendet werden kann.	Freiwillige oder verbindliche Sensibilisierungsprogramme Schulen könnten auf der Grundlage von strategischen Maßnahmen ausgearbeitet und koordiniert werden.	Kontrollieren lässt sich die Zahl der Schulen, die die Sensibilisierungsprogramme konsultieren bzw. umsetzen.
<i>Verwendung von Produkten und Materialien</i>	Vermeidung der Verwendung von lösungsmittelhaltigen Farben und Klebern	Die Schüler werden keinen schädlichen Lösungsmitteln mehr ausgesetzt. Auch wenn sich die Risikominderung nur schwer beziffern lässt, besteht nach wie vor der gesundheitliche Nutzen der Vermeidung häufiger Exposition gegenüber Lösungsmitteln.	Die Wahl anderer Produkte dürfte die Kosten nicht wesentlich erhöhen.	Die Schule kann die Verfahren für den Kauf von Produkten ändern oder den Lieferanten wechseln. Eine visuelle Kontrolle durch das Schulpersonal ist fakultativ.	Entfällt.

	Vermeidung der Verwendung von Baumaterialien, die Stoffe freisetzen, die bekanntlich mit Asthma in Zusammenhang gebracht werden ²¹	Werden bestimmte Baumaterialien nicht mehr verwendet, werden die Nutzer der Gebäude nicht mehr Stoffen ausgesetzt sein, die mit Asthma in Verbindung gebracht werden. Je nachdem, welche Baumaterialien sich als Alternative anbieten, lässt sich das Risiko minimieren.	Die Kosten hängen vom Preis der alternativen Baumaterialien ab. Verglichen mit den gesellschaftlichen Kosten der Asthmabehandlung dürften die Kosten alternativer Baumaterialien relativ niedrig sein.	Die Verwendung von Baumaterialien für die Renovierung und den Bau von (neuen) Schulgebäuden, die nicht mit Asthma in Zusammenhang gebracht werden, kann durch nationale Strategien vorgeschrieben und kontrolliert werden.	Langfristig lässt sich kontrollieren, wie sich die Verwendung von alternativen Baumaterialien auf die Häufigkeit von Asthmafällen auswirkt. Die Kosten, die hierbei anfallen, sind zwar schwer abzuschätzen, doch dürften sie im Vergleich zu den Kosten für die Asthmabehandlung niedrig sein.
<i>Technische Maßnahmen</i>	Einbau eines CO ₂ -Melders in Klassenräumen zur Überwachung der Innenraumluftqualität (z. B. in Form von CO ₂ -Ampeln wie in den Niederlanden oder Kontrolllampen wie in Belgien)	Die Kontrolle, dass ein bestimmter CO ₂ -Wert nicht überschritten wird, führt zu einer besseren Konzentrations- und Lernfähigkeit und wirkt sich auch positiv auf die Hirnentwicklung aus.	Der Erwerb eines CO ₂ -Melders ist eine kostengünstige Lösung.	Die praktische Anwendbarkeit hängt davon ab, wie die CO ₂ -Konzentration bei Überschreitung des empfohlenen Grenzwerts gesenkt werden soll. Der Einbau einer mechanischen Lüftung ist (erheblich) teurer als das Öffnen der Fenster.	Der Einbau eines CO ₂ Melders in jedem Klassenzimmer ermöglicht dem Schulpersonal und den Schülern die Überwachung der CO ₂ - Konzentrationen. Die Kosten hierfür dürften niedrig sein.
<i>Überwachung der Innenraumluftqualität</i>	Überprüfung der Einhaltung mit vorhandenen Leitlinien zur Innenraumluftqualität.	Ermittlung kritischer Situationen (Ursachen für Schadstoffe in der Innenraumluft, schlechte Luft in Klassenzimmern, usw.).	Die Kosten für die Überwachung dürften nach wie vor niedriger sein als die Kosten der Behandlung von Asthma und der Verlust der Lernfähigkeit.	Verwendung passiver Sampler und von CO ₂ -Meldern.	Kontrolliert werden kann der Prozentsatz der Schulen oder Klassenräume, in denen die in den Leitlinien festgelegten Werte für die Innenraumluftqualität überschritten werden sowie die

²¹ „Healthy Environments. A Compilation of Substances linked to Asthma“ (2012). Dieser am 8. August 2012 veröffentlichte Bericht gibt einen Überblick darüber, welche in Baumaterialien enthaltenen Stoffe Asthma verursachen oder verschlimmern können. Dieser Überblick soll wertvolle Informationen liefern, um Asthmaauslöser oder Allergene zu erkennen und um die Entwicklung von Maßnahmen zu unterstützen, mit denen deren Verwendung in Baumaterialien und im Innenausbau verringert werden können.
http://transparency.perkinswill.com/assets/whitepapers/NIH_AsthmaReport_2012.pdf.

					Entwicklung über mehrere Jahre.
--	--	--	--	--	------------------------------------

5. Bewältigung von Herausforderungen und Umsetzung von Empfehlungen

Die Rahmenleitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen in diesem Bericht sollen als Grundlage für die Ausarbeitung nachhaltiger Programme für eine gesunde Schulumgebung in Europa dienen. Diese kann besser durch eine vorbeugende und kostenwirksame Strategie als durch ein problembasiertes Konzept erreicht werden, bei dem das Problem erst auftreten muss, bevor nach einer Lösung gesucht wird. In diesem Sinne wird die Ausarbeitung nachhaltiger Programme als ganzheitliche, umfassende und implementierbare Strategie aufgefasst, bei der vorbeugende Maßnahmen und die Erhaltung eines guten Zustands von Schulgebäuden und -geländen gefördert werden, um umweltgesundheitliche Probleme zu bewältigen. Diese Programme sollten eine Schulumgebung fördern, die dem Lernen förderlich ist und die Gesundheit von Schülern und Lehrern schützt. Zusätzlich zur Verbesserung der physikalischen Umgebungsbedingungen und zur Minimierung potenzieller Gesundheitsgefahren sollten nachhaltige Programme für eine gesunde Schulumgebung in Europa auch dazu beitragen, Bemühungen auf der Ebene nationaler und lokaler Behörden zu koordinieren, die darauf abzielen, dass Entscheidungen für gesunde, sichere und kostenwirksame Lösungen nach den umweltgesundheitlichen Prioritäten jeder Schule getroffen werden. Hierzu gehören unter anderem die Verbesserung der Gesundheit der Schüler, ein geringerer Krankenstand bei Kindern und Lehrern, bessere schulische Leistungen der Schüler und stärkere Beteiligung am Unterricht, längere Berufsausübung und mehr Zufriedenheit am Arbeitsplatz bei Lehrern sowie Kosteneinsparungen bei Energie und Wasser und bessere Instandhaltung.

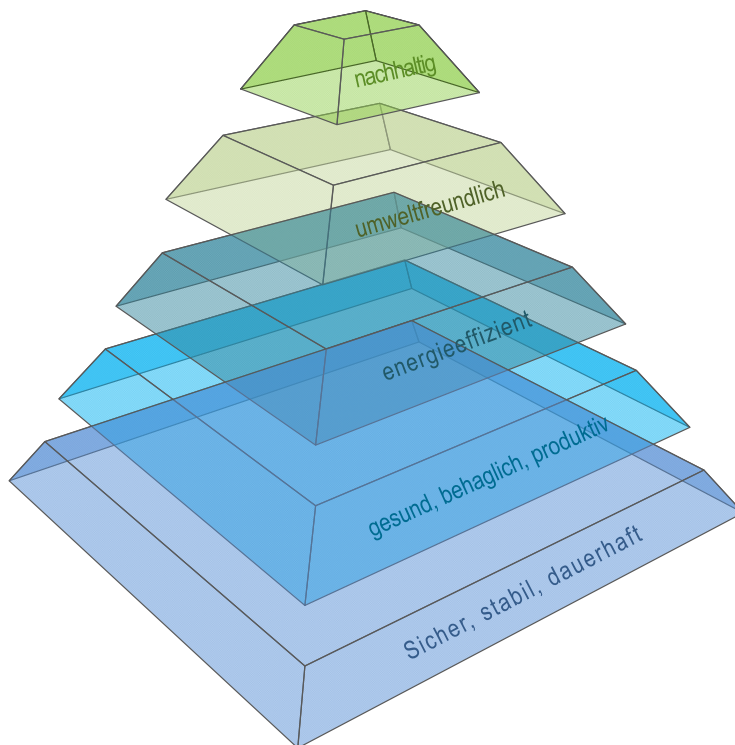


Abbildung 4. Das ganzheitliche Konzept eines „effizienten Gebäudes“

Eine wichtige Voraussetzung für ein nachhaltiges Programm für eine gesunde Schulumgebung ist die Gestaltung nachhaltiger Schulgebäude, indem Fortschritte in der Architektur und im Ingenieurwesen unter Berücksichtigung von klimatischen Gegebenheiten und regionalen/lokalen kulturellen Werten mit den neuesten Fortschritten bei der Entkopplung von Heiz-/Kühlfunktionen und Belüftung zusammengeführt werden. Die Belüftung sollte nicht länger als Allheilmittel angesehen werden, sondern als Lösung, um die Exposition gegenüber physikalischen, chemischen und biologischen Belastungsfaktoren in Innenräumen von Schulen auf unbedenkliche Werte zu begrenzen. Daher sollte jede nur mögliche Anstrengung unternommen werden, um zu verhindern, dass Schadstoffe aus der Außenluft ins Schulgebäude gelangen, und damit innerhalb von Gebäuden möglichst wenig Schadstoffe abgegeben werden und entstehen. Zu hohe CO₂-Emissionen, wie sie z. B. in der SINPHONIE-Erhebung festgestellt wurden, die auf Mängel bei Gestaltung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Gebäuden sowie auf die Verwendung von ungeeigneten Materialien und Produkten in Klassenräumen und Gebäuden zurückzuführen sind, stellen eindeutig eines der bevorstehenden Umsetzungsprobleme dar. Auch die Feinstaubkonzentrationen müssen gesenkt und bestehende Schulgebäude nachgerüstet werden, damit sie die geltenden Energieeffizienzanforderungen und -normen erfüllen.

Was die Belüftung betrifft, so können natürliche Methoden nicht mehr empfohlen werden, um in Schulgebäuden eine akzeptable Raumlufthqualität zu erreichen. So könnte ein grundlegendes Umdenken in Richtung der Umsetzung der gesundheitsbasierten Lüftungsleitlinien, die unlängst im Rahmen des von der EU finanzierten HEALTHVENT-Projekts (2010-2012) (Carrer et al., 2013) entwickelt wurden, von entscheidender Bedeutung sein für die Entwicklung nachhaltiger gesunder Schulumgebungen in Europa. Im Rahmen dieser Programme sollten die zuständigen Stellen auf nationaler und lokaler Ebene technisch angemessene Lösungen und fundierte Interventionen auf der Grundlage neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse und technischer Möglichkeiten fördern, koordinieren und durchführen.

Nachhaltige Programme für eine gesunde Schulumgebung in Europa können

- *Initiativen* – auch legislative Initiativen – zur Regulierung der Gestaltung und des Baus von Schulgebäuden, der verwendeten Baustoffe sowie von Reinigungs- und Instandhaltungsverfahren sowie zur Durchsetzung des Rauchverbots, zur Vermeidung von Allergenen und für eine an gesundheitlichen Kriterien orientierte Belüftung in Schulen *fördern*;
- *Sensibilisierungskampagnen und Schulungen* für eine gesunde Schulumgebung *fördern*, die an Schüler und ihre Familien, Schulpersonal, Fachkreise, politische Entscheidungsträger und die breite Öffentlichkeit gerichtet sind;
- *Forschung und Innovation zur Entwicklung nachhaltiger Maßnahmen fördern*, die darauf abzielen, die Raumlufthqualität im schulischen Umfeld zu verbessern und somit einen Nutzen für die öffentliche Gesundheit durch kosteneffiziente und neueste wissenschaftliche und technologische Strategien im Bereich der bebauten Umwelt zu erzielen.

Als Beispiele für Maßnahmen, Initiativen und Entwicklungen, die auf nationaler und lokaler Ebene in einer europäischen Perspektive und Dimension unternommen werden können und die zu nachhaltig gesunden Schulumgebungen beitragen können, wird Folgendes empfohlen:

- ❖ Entwicklung und schrittweise Anwendung eines Instrumentariums für eine

gesündere Schulumgebung in der EU (Indikatoren, standardisierte Fragebogen, Werkzeuge, Protokolle und klinische Tests für die Überwachung der Raumluftqualität, Überprüfung von Schulgebäuden, Bewertung der Gesundheit in der Schulumgebung und quantitative Gegenüberstellung des gesundheitlichen Nutzens von Maßnahmen und der mit ihnen verbundenen Kosten). Darüber hinaus sollten Anforderungen an die regelmäßige Überwachung, Überprüfung und Bewertung der Raumluftqualität und der gesundheitsbezogenen Parameter in Schulen gemäß dem Harmonisierungsrahmen „PILOT INDOOR AIR MONIT“ und nach den standardisierten Methoden und Instrumenten des SINPHONIE-Projekts festgelegt werden.

- ❖ Aufbau eines europäischen medizinischen Überwachungssystems für das Screening der Gesundheit von Schülern und Personal mit Hinweisen zur Asthmakontrolle. Ein solches System kann auf der Aktualisierung der SINPHONIE-Datenbank aufbauen, indem Daten aus künftigen Kampagnen zur Überwachung der Raumluftqualität und Gesundheitsdaten europäischer Schulen aggregiert und über die Initiative IPCheM (Information Platform for Chemical Monitoring) der GD ENV, die von der GD JRC (<http://ies.jrc.ec.europa.eu/index.php?page=80>) unterstützt wird, zur Verfügung gestellt werden.
- ❖ Orientierungshilfen zur Durchführung eines nationalen Programms für eine nachhaltige Schulumgebung in europäischen Ländern a) auf Basis von neuesten Bautechniken und Raumluftqualitätsstrategien, die die Kontrolle der Beschaffungsquellen von Baustoffen und -materialien fördern, und der Entkopplung der Heiz-/Kühlfunktionen in europäischen Schulen nach dem an gesundheitlichen Kriterien orientierten Belüftungskonzept, das im Rahmen des von der EU finanzierten HEALTHVENT-Projekts entwickelt wurde, b) unter angemessener Berücksichtigung geografischer, klimatischer und kultureller Gegebenheiten und Besonderheiten in allen EU-Mitgliedstaaten und c) mit der Möglichkeit, die bestehenden nationalen Vorschriften, Strategien, Leitlinien und wirtschaftlichen Fähigkeiten auf ressourceneffiziente Weise anzupassen.
- ❖ Orientierungshilfen für das Management der Schulumgebung, das der Gesundheit und Sicherheit von Schülern und Personal in allen Aspekten, die Gestaltung, Bau, Renovierung, Betrieb und Instandhaltung von Schulgebäuden und -geländen betreffen, Rechnung trägt und eine nachhaltige Nutzung der Ressourcen sicherstellt (Wasser, Energie, Lehrmaterial, Reinigungsprodukte und -verfahren usw.).
- ❖ Erstellung einer EU-weiten Bestandsaufnahme vorbildlicher Praktiken in europäischen Schulen auf dem Gebiet Raumluftqualität und Gesundheit von Kindern.
- ❖ Entwicklung und Bewertung kosteneffizienter Abhilfemaßnahmen für Schulen, an denen Probleme festgestellt wurden, unter Einbeziehung der Ergebnisse der SINPHONIE-Erhebung und der Erfahrungen mit den bestehenden nationalen Netzen zur Überwachung der Raumluftqualität und der Gesundheit in Schulen in europäischen Ländern.

- ❖ Förderung einer angemessenen Eindämmung der Verschmutzung der Außenluft (durch Verkehr sowie städtische und industrielle Aktivitäten) und anderer Quellen in der Nähe von oder unter Schulgebäuden, damit die Zielwerte des einschlägigen EU-Rechts im Einklang mit den Leitlinien und Empfehlungen der WHO erfüllt werden können.
- ❖ Verbot von Tabakrauch in der Umgebungsluft und Verpflichtung zur Verwendung emissionsarmer Materialien und Produkte mit EU-Prüfsiegeln in allen Schulen in Europa.
- ❖ Durchführung angemessener Radonpräventions- und -abhilfestrategien auf Basis der Empfehlungen des von der EU finanzierten RADPAR-Projekts (2009-2011) (<http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/documents.cfm>).
- ❖ Durchführung von Maßnahmen zur Vermeidung von Feuchtigkeit und Schimmelpilzbefall in Schulgebäuden und Verringerung der Exposition gegenüber Allergenquellen unter Berücksichtigung der einschlägigen Leitlinien und Empfehlungen der WHO.
- ❖ Orientierungshilfen zu wirksamen Verfahren für die Reinigung und Instandhaltung von Schulgebäuden, Heiz-/Lüftungs- und anderen Anlagen.
- ❖ Angemessene Schulungsmaßnahmen für Kinder, Eltern und Lehrer in Fragen der Raumluftqualität und Gesundheit, sowie für das Schulpersonal, das für Verwaltung, Instandhaltung und Reinigung von Schulgebäuden verantwortlich ist.

6. Literatur

Carrer P, Wargocki P, De Oliveira Fernandes E, Kephelopoulos S, et al. (2013). Guidelines for health-based ventilation in Europe, European Commission. ECA Report No. 30, DG Joint Research Centre, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (in Bearbeitung).

Bauprodukteverordnung (BPVO, 2011). Verordnung (EU) Nr. 305/2011 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. März 2011 Festlegung harmonisierter Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten und zur Aufhebung der Richtlinie 89/106/EWG des Rates.

Csobod E, Rudnai P, Vaskovi E (2010). School Environment and Respiratory Health of Children (SEARCH). Szentendre, Ungarn.

Csobod E, Annesi-Maesano I, Carrer P, Kephelopoulos S, Madureira J, Rudnai P, De Oliveira Fernandes E, Barrero-Moreno J, Beregszaszi T, Hyvärinen A, Moshhammer H, Norback D, Paldy A, Pandics T, Sestini P, Stranger M, Täubel M, Varró M, Vaskovi E, Ventura G, Viegi, G (2013). Abschlussbericht des SINPHONIE-Projekts (Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit: Netz der Beobachtungsstellen in Europa) (SANCO/2009/C4/04 Vertrag SI2.570742). Europäische Kommission, Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher (in Bearbeitung). <http://www.sinphonie.rec.org/>

De Oliveira Fernandes E, Jantunen M, Carrer P, Seppänen O, Harrison P, Kephelopoulos S (2008). EnVIE Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects: Final Activity report. Project No. SSPE-CT-2004-502671, IDMEC, Porto, Portugal.

EER (2010). Richtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung).
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>

Europäischer Dachverband der Vereinigungen von Patienten mit Allergien und Atemwegserkrankungen (EFA) (2000). Indoor air pollution in schools. EFA publications.
<http://www.efanet.org>

Fisk W J, Black D, Brunner G (2011). „Benefits and costs of improved IEQ in U.S. offices.“
Indoor Air 21(5): 357-367.

Frankreich (2010). Le Grenelle Environnement.
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Grenelle_Loi-2_GB_.pdf

Umwelt-Survey, Umweltbundesamt, Deutschland.
<http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit-e/survey/>

HEAL (2009). Directory of Agencies by EU country providing information on damp and mould to the public
http://www.vzbb.sk/sk/urad/narodne_centra/nrc_vo/Directory_of_agencies_July09.pdf

Jantunen M, De Oliveira Fernandes E, Carrer P, Kephelopoulos S (2011). Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ). Luxemburg: Europäische Kommission, Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher;
http://ec.europa.eu/health/healthy_environments/docs/env_iaiaq.pdf

International Society of Indoor Air Quality (ISIAQ) (2001). ISIAQ Task Force report on „Creation of a healthy indoor environment in schools“.
http://www.isiaq.org/publications/TF_Schools_Creation_of_Healthy_Indoor_Environment_in_Schools.pdf/view

Kephelopoulos S, Kotzias D, Arvanitis A, Jantunen M, De Oliveira Fernandes E, Madureira J, Silva G, De Brouwere K, Molhave L, Schneider T, Mandin C, Fromee H, Kettrup A, Samoli E, Katsouyanni K, Carrer P, Fossati S, Ruggeri L, Cavallo D, Nevalainen A, Haverinen-Shaughnessy U, Forastiere F, Cesaroni G, Koistinen K (2012). ECA Report No. 28. Health risks from indoor particulate matter (INDEX-PM). Europäische Kommission GD Gemeinsame Forschungsstelle, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, EUR 25588 EN, 2012.

Kephelopoulos S, Crump D, Dauemling C, Winter-Funch L, Horn W, Keirsbulck M, Maupetit F, Sateri J, Saarela K, Scutaru AM, Tirkkonen T, Witterseh T, Sperk C (2012). ECA Report No. 27. Harmonisation Framework for Indoor Products Labelling Systems in EU. Europäische Kommission GD Gemeinsame Forschungsstelle, Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, EUR 25276 EN, 2012.

Kotzias D, Koistinen K, Kephelopoulos S, Schlitt C, Carrer P, Maroni M, et al. (2005). The INDEX project. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU. Abschlussbericht. EUR 21590 EN: Europäische Kommission, GD Gemeinsame Forschungsstelle.

OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur) (2001). France.
<http://www.oqai.fr/obsairint.aspx>

Perkins+Will (2012). Healthy Environments. A Compilation of Substances linked to Asthma. National Institutes of Health, Office of Research Facilities, Division of Environmental Protection.
http://transparency.perkinswill.com/assets/whitepapers/NIH_AsthmaReport_2012.pdf

UBA (Umweltbundesamt) (2008) Leitfaden für Innenraumhygiene in Schulgebäuden. Umweltbundesamt, Berlin.

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/4113.pdf>

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/leitfaden-fuer-innenraumhygiene-in-schulgebaeuden>

US Environmental Protection Agency. Website on Creating Healthy Indoor Environments in Schools.

<http://www.epa.gov/iaq/schools/>

US EPA Indoor Air Quality Tools for Schools – Reference Guide.

http://www.epa.gov/iaq/schools/pdfs/kit/reference_guide.pdf

World Health Organization (2005). Air Quality Guidelines Global Update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO Regional Office for Europe.

World Health Organization (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

<http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/who-guidelines-for-indoor-air-quality-dampness-and-mould>

World Health Organization (2010). WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected pollutants. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

World Health Organization. Parma Declaration on Environment and Health. 2010.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/78608/E93618.pdf

WHO-JRC (2011). Report on methods for monitoring indoor air quality in schools.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0011/147998/e95417.pdf

7. ANHÄNGE

ANHANG A – Übersicht über politische Maßnahmen (Verordnungen, Gesetze, Leitfäden, Programme) für eine gesunde Schulumgebung in europäischen Ländern

Land	Einzelstaatliche Maßnahmen (Verordnungen, Gesetze, Leitfäden, Programme)				
	Art	Allgemeine Beschreibung	Spezifikation (Parameter)	Betroffene/Zielgruppe	Fundstelle/ Informationsquelle
<i>Albanien</i>	Keine Leitlinien	-	-	-	-
<i>Belgien</i>	Flämische Verordnungen und Entscheidungen zum Raumklima (ARAB, KB (12. August 1993), KB (27. März 1998, 3. Mai 1999, 11. März 2002 und 17. Juli 2002), -Entscheidung der flämischen Regierung (8. Dezember 2006, 11. Juni 2004, 19. November 2010 und 1. Juni 1985)	Leitlinien und Empfehlungen für sichere und saubere Innenräume, einschließlich des flämischen Erlasses über Raumluftqualität.	Enthält Anforderungen an Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Belüftungs- und Heizungsanlagen, Verwendung und Lagerung von Reinigungsmitteln sowie an die Raumluftqualität in Form von Richt- und Interventionswerten für chemische und biologische Schadstoffe und physikalische Einwirkungen. Belgien hat auch Bildungsprogramme für Primar- und Sekundarschulen, in denen es um die Bedeutung der Lüftung von Klassenräumen durch das Öffnen der Fenster geht. Die Wirkung wurde durch Messungen der Luftqualität in den teilnehmenden Schulen nachgewiesen.	-	http://www.lekkerfris.be/ , www.airatschool.be
<i>Deutsch-</i>	Leitfaden für die	Ausführlicher Leitfaden mit	Der Leitfaden enthält	Lehrer, Schüler, Eltern,	www.umweltdaten.de/

<i>land</i>	Innenraumhygien e in Schulgebäuden (2008)	Maßnahmen zur Schaffung eines gesunden Raumklimas in Schulen.	ausführliche Empfehlungen zu: a) Hygieneanforderungen in Schulen, einschließlich Reinigung und Belüftung, sowie kleinere Baumaßnahmen und Renovierungen, b) Schadstoffen in der Raumluft und damit verbundene gesundheitliche Auswirkungen (chemische und biologische Stoffe sowie physikalische Einwirkungen), c) baulichen Anforderungen, einschließlich Anforderungen an Baustoffe, Möbel und Akustik, d) Verfahren für den Umgang mit Beschwerdefällen und e) einen Überblick über die geltenden Renovierungs-/Sanierungsrichtlinien.	Schulverwaltung, Bildungsbehörden, Planungsbehörden, Gesundheits- und Umweltbehörden, mit Planung, Bau, Renovierung oder Modernisierung von Schulgebäuden befasste Berufsgruppen	publikationen/fpdf-1/4113.pdf
<i>Finnland</i>	Allgemeine Empfehlungen und Leitlinien zu verschiedenen Aspekten der Raumluftqualität in Gebäuden aller Art	Verbindliche Empfehlungen für das Raumklima und die Belüftung von Gebäuden (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet (2012). Empfehlungen für gesundes Wohnen (Asumisterveysopas Sosiaali- ja terveysministeriö). Leitfaden zu Problemen mit Feuchtigkeit und Schimmelpilz	Enthält Empfehlungen zu physikalischen Bedingungen wie Temperatur, Lärm und Beleuchtung sowie Angaben zu zulässigen Höchstkonzentrationen von chemischen Verbindungen und	-	-

		in Schulgebäuden. (Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Opas ongelmien selvittämiseen (Finnisch)).	Mikroorganismen. Der Leitfaden bezieht sich auf die Lösung von Feuchtigkeitsproblemen.		
Frankreich	Gesetz über die obligatorische Überwachung der Raumluftqualität in Schulen (Erlass Nr. 2011-1728) und Gesetz mit mehr Einzelheiten über die Überwachung (Erlass Nr. 2012-14).	Beide Gesetze enthalten verbindliche Auflagen für die Überwachung der Raumluftqualität in Primar- und Sekundarschulen sowie in Kindertagesstätten. Die drei Indikatoren, die zu bestimmen sind, sind Benzol, Formaldehyd und schlechte Luft. Darüber hinaus wird ein Belüftungsaudit durchgeführt.	In allen Primarschulen und Kindertagesstätten soll bis Januar 2018 eine Überwachung der Raumluftqualität durchgeführt werden. Diese Überwachung soll dann alle sieben Jahre wiederholt werden, außer wenn bei den gemessenen Indikatoren die Grenzwerte überschritten werden. In diesem Fall sind die Messungen innerhalb von zwei Jahren zu wiederholen.	Ministerien, Gemeinden, Schulen, akkreditierte Unternehmen	http://www.legifrance.gouv.fr/
	Beschluss über die Durchführung der Gesetze über die Raumluftqualität in Schulen (DEVP1200916A).	In diesem Beschluss werden die Bedingungen für die Beurteilung der Raumluftqualität und die Belüftungsinspektion beschrieben.	Messungen und Belüftungsaudit sollten von akkreditierten Stellen und Labors durchgeführt werden. Die Akkreditierung erteilt das Comité français d'accréditation (COFRAC).	Ministerien, Gemeinden, Schulen, akkreditierte Unternehmen	http://www.cofrac.fr/
Griechenland	Es gibt keine spezifischen Vorschriften über Raumluftqualität oder Belüftung	In Griechenland gibt es zwei Verordnungen über die Energieeffizienz in Gebäuden, in denen das Thema Belüftung berücksichtigt wird. Bei beiden Verordnungen stehen Energiefragen im Vordergrund, die sich auf die Luftqualität in Schulgebäuden auswirken	Empfehlungen zur Energieeffizienz von Gebäuden (Berechnung des Energieverbrauchs von Gebäuden, Festsetzung von Mindestanforderungen an die Energieeffizienz sowie Vorgaben für die Erteilung eines Energieeffizienzcertifikats, für die	Die Verordnungen richten sich hauptsächlich an Bauingenieure und die Inspektoren, die die Energieeffizienzcertifikate erteilen. Weitere Interessenträger sind: mit Planung, Bau oder Renovierung von	http://www.epbd-ca.eu/ http://kenakteetdk.files.wordpress.com (Griechisch) http://portal.tee.gr/portal/page/portal/tptee/totee/FEK%20407-B-

		können (griechisches Gesetz 3661/2008 (KENAK, Ap. Φύλλου 407); außerdem gibt es einen Technischen Leitfaden der Ingenieurskammer von Griechenland (TOTE)).	<p>Inspektion von Heizkesseln und Klimaanlage und für die Einrichtung eines nationalen Gremiums von Energieinspektoren nach Maßgabe der Richtlinie 2002/91/EG), für die thermophysikalischen Eigenschaften von Baustoffen sowie die Inspektion der Wärmeisolationseffizienz.</p> <p>Empfehlungen für die Belüftung von Wohngebäuden (natürliche Belüftung nach Maßgabe von TOTE) und Gebäuden des Tertiärsektors mit mechanischer Belüftung, Belüftung nach Maßgabe der voraussichtlichen Höchstzahl Personen und dem Mindestvolumen Luft je Person, um ein Mindestniveau Frischluft zu erreichen.</p> <p>KENAK schlägt Verordnungen zur Luftaustauschrate je nach Raumnutzung vor, erfasst jedoch keine Schulen. Die Lüftungsrate wird nach einer Standardformel berechnet.</p>	Schulgebäuden befasste Berufsgruppen sowie die Ministerien für Umwelt, Energie und Klimawandel und für Gesundheit, Bildung und Beschäftigung.	2010%20-%20KENAK.pdf
<i>Italien</i>	Gazzetta Ufficiale Nr. 252. Leitfaden	Leitfaden für Hygienemaßnahmen in Schulen,	Der Leitfaden enthält Empfehlungen zu	Verschiedene Ministerien, Schulpersonal, Schüler	-

	für die Prävention von Risikofaktoren für Allergien und Asthma in Innenräumen an Schulen (2010)	Empfehlungen zum Bau und zur Instandhaltung von Gebäuden.	Lebensmittelsicherheit, Konzeption/Bau und Verwaltung von Gebäuden; Normen/Richtwerte für Schadstoffe in der Raumluft, Abhilfemaßnahmen/Gebäuderenovierung (Beseitigung der Quellen), Hygiene (Reinigung), Klimaanlage (Regelung, Wartung), Rauchverbot/Maßnahmen gegen Passivrauchen, Sensibilisierung von Kindern/Familien/Schulpersonal ; Förderung einer gesunden Lebensweise.	und Familien.	
Litauen	Hygienenorm (HN21:2011)	Die Norm schreibt vor, dass Schulgebäude mit Heizungs-, Belüftungs- und (oder) Klimaanlage konzipiert und ausgestattet werden müssen, mit denen Mikroklima und Luftqualitätsparameter geregelt werden können.	Die Norm enthält Empfehlungen zur Temperatur: Die Durchschnittstemperatur in Klassenräumen muss 18-20 °C betragen; zur Luftfeuchtigkeit: Die Luftfeuchtigkeit in Schulgebäuden muss 35-60 % betragen; zur Belüftung: Jeder Klassen- und sonstige Unterrichtsraum muss auf natürliche Weise durch Öffnen der Fenster zu belüftet sein. Klassen- und sonstige Unterrichtsräume, die nicht mit einem mechanischen Belüftungssystem ausgestattet	-	-

			<p>sind, müssen nach jeder Unterrichtsstunde durch Öffnen der Fenster belüftet werden. In Klassen- und sonstigen Unterrichtsräumen, Werkstätten, Sporthallen, Küchen, Toiletten und Duschen müssen getrennte Belüftungssysteme installiert sein.</p> <p>CO₂-Grenzwerte: Der Grenzwert für die durchschnittliche CO₂-Konzentration in Klassenräumen während des Unterrichts ist 1500 ppm; der Grenzwert für Kurzzeitkonzentrationen ist 5000 ppm.</p>		
	Norm mit Grenzwerten für Luftschadstoffe in Schulen (HN34:2007)	Diese Norm enthält Grenzwerte für eine Reihe von Luftschadstoffen.	Sie enthält Grenzwerte für chemische Stoffe und physikalische Einwirkungen, darunter NO ₂ , Ozon, CO, Formaldehyd, Benzol, Trichlorethylen, Tetrachlorethylen, PM ₁₀ , PM _{2,5} . Tests auf Luftschadstoffe werden in Schulen nur durchgeführt, wenn die zuständige Behörde eine Beschwerde erhält.	-	-
Malta	Leitlinien zur Abfallreduzierung in Schulen 2011	Diese Leitlinien enthalten Ratschläge für Lehrer und Schüler über die Einleitung einer Kampagne zur Abfallreduzierung an ihrer	Die Leitlinien enthalten Empfehlungen zur Verringerung von Papierabfällen und von organischen Abfällen. Außerdem enthalten sie Ratschläge zum	Schulpersonal und Schüler	http://www.ekoskola.org.mt/uploads/2011/1/Printable-Version-of-Waste-reduction-Guidlines-for-a-Whole-

		Schule.	Kauf von Schreibwaren und zur Abfallkompostierung.		School-Approach.pdf
<i>Niederlande</i>	Leitlinien und Empfehlungen für sichere Innenräume	In den Leitlinien werden Hygienemaßnahmen sowie Bau und Planung von Schulen erläutert.	Sie enthalten Richtwerte zu Belüftung (wichtigster Indikator für die allgemeine Luftqualität), Akustik, Beleuchtung, Temperatur, Reinigung und Sanierung (Asbest). Außerdem gibt es Hinweise zum Bau neuer Schulen mit gesundem Raumklima.	Schulpersonal	http://www.scsb.nl/images/stories/modellen/naslagwerk_definitief_binnenmilieu.pdf http://www.agentschap.nl/content/brochure-eeen-nieuwe-frisse-school . http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609021044.pdf Ratgeber für eine gesunde Innenraumumgebung beim Schulneubau Datenblätter für eine bessere Lüftung in Primarschulen Richtlinie des kommunalen Gesundheitsdienstes zur Umweltmedizin
<i>Österreich</i>	Leitfaden für Hygieneanforde-	Allgemeine Leitlinien für Hygienemaßnahmen in Schulen	Enthält Empfehlungen zu Sauberkeit und persönlicher	Schulpersonal	http://www.bmukk.gv.at/schulen/unterricht/

	rungen in Schulen		Hygiene, Lebensmittelhygiene usw. In künftigen Aktualisierungen soll ein Kapitel über Raumluftqualität aufgenommen werden.		hygieneplan.xml
	Leitfaden für Raumluft in Wohnräumen	Leitfaden für die Bewertung der Raumluft in Wohnräumen. Dieser Leitfaden gilt auch für Schulen.	Enthält Empfehlungen für die Bewertung chemischer und biologischer Schadstoffe und Anforderungen an die Belüftung (Schimmelpile, Formaldehyd, CO ₂ , Toluol, Styrol, Tetrachlorethylen, flüchtige organische Verbindungen insgesamt) und erläutert gesundheitsrelevante Grenzwerte.	-	http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html
	Deutscher Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden	Ausführlicher deutscher Leitfaden für Innenraumhygiene in Schulgebäuden; wird auch häufig in Österreich benutzt.	Siehe Deutschland für nähere Erläuterungen.	-	www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3689.pdf
<i>Portugal</i>	Obligatorische portugiesische Verordnung über Raumluftqualität und technischer Vermerk mit Einzelheiten zur Überwachung. Seit Januar 2009 ist SCE für alle Gebäude	In der Verordnung werden die Bedingungen für die Beurteilung der Raumluftqualität und die Kontrolle der Belüftung erläutert. • Gesetzesverordnung Nr. 78/2006. (2006). Nationale Regelung für die Zertifizierung von Energieeffizienz und	Die Verordnung enthält Anforderungen in Bezug auf CO ₂ , PM ₁₀ , CO, HCOH, O ₃ , TVOC, Radon, Belüftung, Befall mit Bakterien, Schimmelpilz und Legionellen, und die jeweiligen Höchstkonzentrationen. Messungen und Belüftungsprüfungen sollten von akkreditierten Stellen und Labors	Gemeinden, Schulen, zertifizierte Labors und Unternehmen	http://dre.pt/pdf1sdip/2006/04/067A00/24162468.pdf http://dre.pt/pdf1sdip/2006/04/067A00/24682513.PDF http://dre.pt/pdf1sdip/2006/04/067A00/24112415.PDF

	obligatorisch: Neubauten, größere Renovierungen, öffentliche Gebäude, alle Gebäude, die verkauft oder vermietet werden.	<p>Raumluftqualität in Gebäuden (in Portugiesisch: Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gesetzesverordnung Nr. 79/2006. (2006). Verordnung für Energie- und HLK-Systeme in Gebäuden (in Portugiesisch: Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios-RSECE). • Gesetzesverordnung Nr. 80/2006. (2006). Verordnung über Merkmale des Wärmeverhalten von Gebäuden (in Portugiesisch: Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios-RCCTE). 	durchgeführt werden.		<p><u>Hinweis:</u> Portugal ist das EU-Land, das die größten Fortschritte bei der Einbeziehung von Maßnahmen zur Kontrolle der Raumluftqualität in Energieeffizienzprüfungen von Gebäuden erzielt hat.</p>
Rumänien	Leitfaden für Raumluftqualität (Gesetz Nr. 1955/1995)	Der Leitfaden enthält Erläuterungen zu Hygieneanforderungen im Rahmen eines Programms von Hygieneverordnungen für Schulen.	Er enthält Empfehlungen zu Aspekten wie Abwasserbehandlung, Ernährung (Kalorienaufnahme), Heizungsanforderungen, Beleuchtung, Belüftung, Raumklima (Temperatur und Luftfeuchtigkeit), Normen für körperliche Betätigung,	Gesundheitsbehörden auf Kreis- und Gemeindeebene, Schulamt/Schulpersonal	http://80.96.57.20/fisiere/Ordin_1955.pdf

			Anforderungen an die Reinigung (von Sanitäranlagen), und Anforderungen an Möbel.		
<i>Serbien</i>	Keine Leitlinien	-	-	-	-
<i>Slowakei</i>	Gesetze zum Schutz, zur Förderung und zur Entwicklung der öffentlichen Gesundheit in Bezug auf Raumklima und Raumluftqualität in öffentlichen Gebäuden (Gesetz Nr. 355/2007 und Erlass Nr. 259/2008)	Die Vorschriften enthalten Anforderungen an Mikroklima, Heizung und Belüftung, Beleuchtung und Raumluftqualität in öffentlichen Gebäuden einschließlich Schulen.	Es handelt sich um rechtliche Anforderungen und Empfehlungen in Bezug auf das Mikroklima (Temperatur und Luftfeuchtigkeit), Heizung und Belüftung, Beleuchtung und Reinigung. Die Luftqualität wird im Erlass Nr. 259/2008 behandelt, der Anforderungen in Bezug auf chemische Stoffe und physikalische Einwirkungen, einschließlich Gerüche enthält (CO, PM ₁₀ , NO ₂ , O ₃ , SO ₂ , HCHO, NH ₃ , C ₇ H ₈ , C ₄ H ₄ (CH ₃) ₂ , C ₈ H ₈ , C ₂ Cl ₄ , CS ₂ , H ₂ S und Asbest).	Staatliche Verwaltungsbehörden, Gemeinden, andere juristische und natürliche Personen: Unternehmer Designer, Schulgebäudeverwalter und Nutzer.	http://jaspi.justice.gov.sk/jaspiw1/htm_zak/jaspiw_mini_zak_vyber_hl1.asp?clear=N http://www.zbierka.sk
	Erlass des Gesundheitsministeriums Nr. 259/2008 Coll. über Anforderungen an das Raumklima in Gebäuden	Die Vorschrift enthält bestimmte obligatorische Anforderungen an das Raumklima u. a. in Bildungseinrichtungen für Kinder, Schüler und Jugendliche.	Der Erlass enthält Zielwerte für Raumluftqualität/Luftschadstoffe ; Grenzwerte für chemische, mikrobiologische und biologische Schadstoffe und Feinstaub in Innenräumen/Anforderungen an das Raumklima, an Heizung, Belüftung, Isolierung, Beleuchtung und Klimatisierung. Sichtbarer Schimmelpilzbefall in Innenräumen ist verboten.	Staatliche Verwaltungsbehörden, Gemeinden, andere juristische und natürliche Personen: Unternehmer Designer, Schulgebäudeverwalter und Nutzer.	http://www.zbierka.sk
	Erlass des	Die Vorschrift enthält	Der Erlass enthält Vorschriften	Staatliche	http://www.zbierka.sk

	Gesundheitsministeriums Nr. 257/2007 Coll.	bestimmte obligatorische Anforderungen zum Schutz der Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Einrichtungen für Kinder und Jugendliche (Kindertagesstätten, Schulen usw.).	für die Gestaltung von Einrichtungen für Kinder und Jugendliche, z. B. m ² /Kind in Kindertagesstätten, in Klassenräumen in Primar- und Sekundarschulen je nach Spezialisierung, Anzahl der Sanitäreinrichtungen; Anforderungen an Heizung und Belüftung; Verpflichtung des Schulleiters zur Aufstellung eines Plans für Reinigungs- und Desinfektionspraktiken, einschließlich Häufigkeit, sowie der Belüftungspraktiken (natürliche Belüftung). Die für die öffentliche Gesundheit zuständigen slowakischen Behörden überwachen die Einhaltung dieser Vorschriften und allgemeiner verbindlicher Rechtsvorschriften.	Verwaltungsbehörden, Gemeinden, andere juristische und natürliche Personen: Unternehmer, Designer, Schulgebäudeverwalter und Nutzer.	
<i>Tschechische Republik</i>	Gesetze über den Schutz und die Förderung der öffentlichen Gesundheit mit Blick auf die Schulumgebung (öffentliche Gebäude, außer Wohnungen)	Diese Gesetze enthalten Hygieneanforderungen für Innenräume im Allgemeinen (CR Nr. 6/2003 Ld.) und für als Bildungseinrichtungen für Schulkinder und Jugendliche konzipierte Bereiche (Nr. 410/2005 Ld.).	Enthält Anforderungen in Bezug auf chemische und biologische Agenzien und physikalische Einwirkungen in Innenräumen (CR Nr. 6/2003 Ld.) und an Belüftung, Isolierung, Beleuchtung, Möbel, Reinigung usw. (Nr. 410/2005 Ld.).	-	-

	(Erlass Gesundheitsminist erium CR Nr. 6/2003 Ld. und Erlass Gesundheitsminist erium CR Nr. 410/2005 Ld.).				
<i>Ungarn</i>	Keine speziellen Leitlinien für Raumluftqualität. Es gibt Normen für die Temperatur- regelung.	Die Norm enthält Vorgaben für die Temperatur in Grundschulgebäuden.	Die Norm enthält eine Empfehlung zur Anwendung natürlicher Belüftung außer für Räume, in denen Großveranstaltungen stattfinden. Hier sollte eine kontinuierliche Belüftung ohne übermäßige Lärmentwicklung oder Luftzug sichergestellt werden.	-	-
<i>Zypern</i>	Keine Leitlinien	-	-	-	-

ANHANG B – Für das Raumklima in Schulen relevante physikalische und chemische Belastungsfaktoren, ihre Quellen/Ursachen und Gesundheitsfolgen sowie Optionen für das Risikomanagement, Abhilfemaßnahmen, Normen/Leitlinien/SINPHONIE-Ergebnisse zum Vergleich

Belastungsfaktor	Beschreibung	Quelle/Ursache	Gesundheitsfolgen	Optionen für das Risikomanagement und Abhilfemaßnahmen	Normen/Leitlinien/ SINPHONIE-Ergebnisse zum Vergleich
PHYSIKALISCHE UND CHEMISCHE BELASTUNGSFAKTOREN FÜR DIE RAUMLUFT					
Partikel (PM_{2,5} und PM₁₀)	<p>Feinstaub in der Luft besteht aus Hunderten von Stoffen, die in Form von Partikeln vorliegen, in Bezug auf ihre chemische Beschaffenheit und Größe sehr heterogen sind und je nach Ort und Zeit extrem unterschiedlich sein können.</p> <p>Ein wichtiger Bestandteil von Feinstaub (PM_{2,5}) ist Ruß. Rußteilchen sind in Dieselausgasen enthalten und haben einen</p>	<p>Die Partikelkonzentration in Innenräumen hängt von den PM-Quellen im Freien und in Innenräumen ab. Verbrennungspartikel im Freien stammen von Emissionen aus Industrieschornsteinen, Abgasen von Kraftfahrzeugen (Diesel/Benzin), nicht auf Straßen benutzten Fahrzeugen (z. B. Schiffe, Baufahrzeuge, landwirtschaftliche Fahrzeuge und</p>	<p>Epidemiologische Studien deuten darauf hin, dass die Exposition gegenüber feinstaubbelasteter Luft beim Menschen sowohl kurz- als auch langfristig mit Gesundheitsfolgen verbunden ist. Partikel wurden insbesondere mit einem erhöhten Risiko, an Herz-Kreislaufkrankungen, Lungenerkrankungen, Asthma und anderen Störungen der Atemwege zu erkranken</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Begrenzung der Zeit, in der Fahrzeuge mit laufendem Motor in der Nähe von Schulgebäuden stehen, auf ein Minimum. ❖ Einsatz wirksamer Techniken zur Senkung verkehrsbedingter PM-Werte, z. B. Filter und Katalysator in Fahrzeugen. ❖ Sorgfältige Prüfung potenzieller PM- 	<p>In der EU gibt es keine Normen speziell für PM_{2,5}- und PM₁₀-Werte in der Raumluft in Schulen.</p> <p>In den Luftgüte-Richtlinien der WHO von 2005 werden für PM_{2,5} 25 µg/m³ als Tagesmittel und 10 µg/m³ als Jahresmittel zum Schutz vor Kurz- bzw. Langzeitfolgen und für PM₁₀ 50 µg/m³ als Tagesmittel und 20 µg/m³ als Jahresmittel für die</p>

	<p>Durchmesser von weniger als 2,5 Mikrometer.</p>	<p>Lokomotiven), Heizungsabgasleitungen (aus der Verfeuerung von Kohle oder Holz), Waldbränden und anderen offenen Feuern oder Verbrennungen (z. B. Verbrennung von Garten- oder anderen Abfällen).</p> <p>Wie stark diese aus dem Freien stammenden Partikel die Raumluft in einem Schulgebäude beeinträchtigen, richtet sich nach dem Standort des Gebäudes, seiner Entfernung von den Quellen in Freien, der Hauptwindrichtung in Bezug auf diese Quellen, der Art des Lüftungssystems, dem Anteil der Außenluft am Innenraumluftgemisch und danach, an welcher Stelle die Außenluft in den Raum geleitet wird.</p> <p>Quellen für Verbrennungspartikel in Innenräumen sind u. a.</p>	<p>oder zu sterben, in Verbindung gebracht.</p> <p>Bei bestimmten Gruppen, z. B. Kindern, älteren Menschen oder Personen mit Atemwegserkrankungen (z. B. chronisch obstruktive Lungenerkrankung, akute Bronchitis, Asthma, Lungenentzündung) ist das Risiko für Gesundheitsfolgen wegen der Exposition gegenüber Partikeln besonders hoch.</p> <p>Kinder reagieren besonders empfindlich auf Luftverschmutzung, da sie je kg Körpergewicht 50 % mehr Luft einatmen als Erwachsene.</p> <p>Die größte Gesundheitsgefahr geht von PM_{2,5} aus, denn diese Partikel können bereits bestehende</p>	<p>Quellen (Verkehr und Industrie) in der Umgebung, in der eine neue Schule gebaut werden soll.</p> <p>❖ Empfehlung zur Einführung gesundheitsbezogener Lüftungsleitlinien (HEALTHVENT-Projekt) zur Kontrolle der Exposition gegenüber NO₂ aus Quellen im Innen- und Außenbereich in Schulgebäuden.</p>	<p>Raumluft in Schulen empfohlen.</p> <p>Angesichts jüngster Erkenntnisse (Kephalopoulos et al., 2012) müssen die Werte dieser Richtlinien in Zukunft möglicherweise überarbeitet werden. Es gibt nämlich Hinweise darauf, dass in Innenräumen erzeugte Partikel stärker bioaktiv sein könnten als Partikel aus der Außenluft, was oft mit Endotoxinen und anderen entzündungsfördernden Komponenten in Partikeln, die in Innenräumen erzeugt wurden, zusammenhängt.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Bei SINPHONIE ging es nicht um die 24-Stunden-Durchschnittswerte, sondern um die durchschnittlichen</p>
--	--	--	---	--	--

		<p>Heizungsanlagen, nach dem Trockenverfahren arbeitende Fotokopierer, Kochgeräte und Tabakrauch.</p>	<p>Atemwegserkrankungen wie Asthma und Bronchitis verschlimmern. Es besteht ein unmittelbarer Zusammenhang mit mehr Krankenhauseinweisungen und Besuchen in der Notaufnahme wegen Herz- und Lungenerkrankungen, eingeschränkter Lungenfunktion und vorzeitigen Todesfällen.</p> <p>Kurzzeitexposition kann zu Atemnot, Augen- und Lungenreizungen, Übelkeit, Benommenheit und zur Verschlimmerung von Asthma führen.</p>		<p>PM_{2.5}-Konzentrationen in Schulstunden, da die Schüler nur während der Schulstunden anwesend sind und die beiden Werte sich um 50 % unterscheiden können.</p> <p>Insgesamt waren nur 40 % der Schüler Konzentrationen unter 10 µg/m³ ausgesetzt. 47 % waren Konzentrationen zwischen 10 und 25 µg/m³ und 13 % Konzentrationen über 25 µg/m³ ausgesetzt, was ein Risiko für langfristige Auswirkungen auf die Herz-Kreislauf-Atemfunktion und für Mortalität aufgrund von Lungenkrebs darstellt.</p>
Benzol	<p>Benzol ist ein farbloser und bei Raumtemperatur und Umgebungsdruck flüssiger Stoff. Wegen seines niedrigen</p>	<p>Benzol in der Raumluft kommt aus der Außenluft (Abgase von mobilen Quellen) und aus Emissionsquellen im Raum z. B. aufgrund von</p>	<p>Benzol schädigt nach akuter Exposition das zentrale Nervensystem.</p> <p>Chronische Benzolexposition kann</p>	❖ Senkung des zulässigen Benzolgehalts in allen Materialien und Verbraucherprodukt	<p>Benzol ist von der Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC) als bekanntes Humankarzinogen eingestuft. Daher kann</p>

	<p>Siedepunkts und seines hohen Dampfdrucks ist es flüchtig; es ist leicht entzündlich und hat einen charakteristischen aromatischen Geruch.</p> <p>Benzol wird in zahlreichen Anwendungen als industrielles Lösungsmittel verwendet, z. B. in Farben, Lacken, Verdünnern und Benzin (1 bis 4 %). Es kann auch als Ausgangsmaterial (chemisches Zwischenprodukt) für die Synthese von Styrol, Phenol, Cyclohexan, Anilin, Alkylbenzolen in der Herstellung verschiedener Kunststoffe, Harze oder Reinigungsmittel oder für die Synthese von Pestiziden oder Pharmazeutika verwendet werden. Es kommt auch als</p>	<p>Verbrennungsvorgängen (Heizen, Kochen, Abbrennen von Räucherstäbchen, Rauchen usw.), von angebauten Garagen, aus Baustoffen, Vinyl-, Kautschuk- und PVC-Bodenbelägen, Nylonteppichen, Möbeln und aus gelagerten Lösungsmitteln.</p>	<p>zu Knochenmarksdepression führen.</p> <p>Das größte Gesundheitsrisiko bei niedriger Exposition gegenüber Benzol ist Leukämie; die häufigste Form beim Menschen ist die akute myeloische Leukämie (AML). Die niedrigste Konzentration, bei der zuverlässig eine erhöhte AML-Inzidenz bei beruflich exponierten Arbeitnehmern festgestellt wurde, scheint im Bereich von 32 bis 80 mg/m³ zu liegen.</p> <p>Der Unit-Risk-Schätzwert für Leukämie je 1 µg/m³ ist 6×10^{-6}, und das Exzessrisiko von 1/10 000, 1/100 000 und 1/1000 000 beträgt 17, 1,7 bzw. 0,17 µg/m³.</p>	<p>en, die in Schulgebäuden verwendet werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Garagen nicht direkt an Schulen anbauen. ❖ Regelmäßige Wartung/Inspektion aller Verbrennungsanlagen in Schulen. ❖ Rauchen sollte in allen Bereichen von Schulgebäuden in den EU-Mitgliedstaaten verboten sein. ❖ Empfehlung zur Einführung gesundheitsbezogener Lüftungsleitlinien (HEALTHVENT-Projekt) zur Kontrolle der Exposition gegenüber NO₂ aus Quellen im Innen- und Außenbereich in Schulgebäuden. 	<p>kein Wert angegeben werden, bei dem eine Exposition unbedenklich wäre; die Raumluftkonzentration sollte so niedrig wie möglich gehalten werden und Konzentrationen im Freien nicht übersteigen.</p> <p>In der Luftqualitätsrichtlinie (2008/EG/50) (88) wurde für Benzol ein EU-Grenzwert für die Konzentration in der Umgebungsluft von 5 µg/m³ (Jahresmittelwert) festgesetzt.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Etwa 25 % der Schüler sind Konzentrationen über 5 µg/m³ ausgesetzt, wobei die höheren Prozentsätze in mittel- und osteuropäischen Ländern zu finden sind.</p>
--	---	--	---	---	---

	Verunreinigung in Chemikaliengemischen aus der Mineralölindustrie vor.				
NO₂	<p>Stickstoffdioxid (NO₂) ist ein rötlich-braunes Gas mit einem Siedepunkt von 21,2 °C und einem Molekulargewicht von 46,01 g/mol.</p> <p>Es wird bei Verbrennungsprozessen freigesetzt und durch photochemische Reaktionen erzeugt.</p> <p>Es ist ein starkes Oxidationsmittel mit charakteristischem stechendem Geruch.</p>	<p>Die wichtigsten NO₂-Quellen im Innenbereich sind Gasverbrauchseinrichtungen, Kerosinöfen, Holzöfen und Feuerstellen ohne Abzugsrohre</p> <p>Die Umgebungsluft (Autoabgase) trägt erheblich zu NO₂-Konzentrationen in der Raumluft bei.</p> <p>Die wichtigsten Quellen für Stickoxide (NO_x) in der Umgebungsluft sind stratosphärisches NO_x, Bakterien und Vulkantätigkeit sowie Blitze. Mit fossilen Brennstoffen betriebene Kraftwerke, Kraftfahrzeuge und Haushaltsfeuerungsanlagen emittieren Stickstoffmonoxid (NO),</p>	<p>NO₂ ist ein Oxidationsmittel, das die Schleimhäute stark reizt und viele unterschiedliche Auswirkungen auf die Gesundheit hat. Die meisten Studien belegen deutliche Veränderungen der Lungenfunktion bei normalen, gesunden Erwachsenen bei oder über NO₂-Konzentrationen von 2 ppm.</p> <p>Asthmatiker reagieren offenbar bereits bei etwa 0,5 ppm und haben bei dieser Konzentration subjektive Beschwerden.</p> <p>NO₂ erhöht die bronchiale Reaktivität, gemessen an</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Begrenzung der NO₂-Exposition in Schulküchen durch angemessene Belüftung mithilfe von Dunstabzugshauben. ❖ Empfehlung zur Einführung gesundheitsbezogener Lüftungsleitlinien (HEALTHVENT-Projekt) zur Kontrolle der Exposition gegenüber NO₂ aus Quellen im Innen- und Außenbereich in Schulgebäuden. ❖ Verbot (bevorzugte Option) von Gasöfen ohne Belüftung, die in Schulgebäuden in Europa möglicherweise noch in Betrieb sind, 	<p>Für die Raumluft in Schulen werden die NO₂-Konzentrationen der WHO-Leitlinien 2010 und der Raumluftleitlinien des EU-INDEX-Projekts 2005 und 2009 von 40 µg/m³ (Jahres- und Wochendurchschnitt) und 200 µg/m³ (Stundendurchschnitt) empfohlen.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Mit Ausnahme weniger Klassenräume, in denen erhöhte NO₂-Werte gemessen wurden, lagen die Konzentrationen, denen die Schüler ausgesetzt waren, im Allgemeinen unter dem Richtwert von 40 µg/m³.</p>

		<p>eine reaktive Verbindung, die zu NO₂ oxidiert wird.</p>	<p>pharmakologischen bronchialverengenden Mitteln bei Gesunden und Asthmatikern, selbst bei Konzentrationen, die die Lungenfunktion in Abwesenheit eines bronchialverengenden Mittels nicht unmittelbar beeinträchtigen.</p> <p>Epidemiologische Studien deuten darauf hin, dass Kinder, die Schadstoffen in Verbrennungsgasen von Gasöfen ausgesetzt sind, häufiger an Atemwegssymptomen und -erkrankungen leiden als andere Kinder.</p> <p>Es wird befürchtet, dass Kleinkinder bei hohen NO₂-Konzentrationen in Innenräumen stärker gefährdet sind, da sie bezogen auf ihre Körpergröße eine hohe Atemfrequenz haben</p>	<p>oder Gewährleistung ausreichender lokaler Belüftung.</p> <p>❖ Regelmäßige Wartung/Inspektion aller Verbrennungsanlagen in Schulen.</p>	
--	--	---	--	---	--

			und sich hauptsächlich in Innenräumen aufhalten.		
Formaldehyd	<p>Formaldehyd (HCHO) ist ein Gas mit einem Molekulargewicht von 30,03 und einem Siedepunkt von 21 °C.</p> <p>Formaldehyd gehört zu den führenden HPVC (high production volume chemicals – Chemikalien mit hohem Produktionsvolumen): 2004 wurden in der EU und Norwegen 10,7 Mio. Tonnen produziert. (FormaCare, 2008)</p>	<p>Formaldehyd wird aus den meisten Materialien auf Holzbasis freigesetzt, es wird als Konservierungs- und Desinfektionsmittel sowie als Biozid, als Bestandteil von Klebstoffen, Lacken, Druckmaterialien, Ausrüstungen für Textilien, Permanentmarkern, Kfz-Ausrüstungen und von Dutzenden anderer Produkte verwendet.</p> <p>Es entsteht auch bei Verbrennungsprozessen, insbesondere beim Tabakrauchen, durch die Luftchemie von Terpenen, die in Duftstoffen und Lufterfrischern enthalten sind, und vor allem als Produkt der Hydrolyse von Formaldehydharzen</p>	<p>Formaldehyd hat einen stechenden Geruch und reizende Eigenschaften, die Beschwerden verursachen. Symptome der Kurzzeitexposition gegenüber Formaldehyd sind Reizung von Augen, Nase und Rachen mit expositionsabhängigen Beschwerden, Tränen, Niesen, Husten, Übelkeit und Atemnot. Es wurde festgestellt, dass Kinder empfindlicher auf Formaldehyd reagieren.</p> <p>Im Dezember 2012 wurde Formaldehyd im Rahmen des europäischen harmonisierten Systems zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien als Karzinogen der Kategorie 1B eingestuft.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Formaldehydemissionen aus allen Baustoffen, Produkten und Einrichtungsgegenständen. in Schulgebäuden minimieren. ❖ In Schulen sollten Baustoffe, Produkte und Innenausstattungen verwendet werden, die nach den geltenden Kennzeichnungsregelungen auf nationaler und EU-Ebene gekennzeichnet sind. ❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem 	<p>Die WHO-Leitlinien zur Raumluftqualität von 2010 und die Aktualisierung des EU-INDEX-Projekts von 2009 empfehlen zur Vermeidung von sensorischen Reizungen bei der Allgemeinbevölkerung Richtwerte von 120 µg/m³ bzw. 90 bis 120 µg/m³ (30-Minuten-Durchschnitt).</p> <p>Diese Richtwerte gelten für jeden Zeitraum von 30 Minuten und verhindern auch die Folgen länger andauernder Exposition auf die Lungenfunktion oder das Risiko für Krebs des Nasenrachenraums.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Es ist darauf hinzuweisen, dass die</p>

		<p>(meist Harnstoff-Formaldehyd-, Phenol-Formaldehyd und Melamin-Formaldehyd-Harze).</p> <p>Wegen seiner vielfältigen Quellen in Innenräumen kommt Formaldehyd überall in praktisch allen Räumen (also auch in Schulgebäuden) in Konzentrationen vor, die die Konzentrationen im Freien um eine Größenordnung oder mehr überschreiten.</p> <p>Die Formaldehydkonzentration in der Raumluft ist abhängig von der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, der Belüftung, dem Alter des Gebäudes, der Verwendung von Produkten, von Verbrennungsquellen und den Rauchgewohnheiten der</p>	<p><u>Hinweis:</u> In die Kategorie 1 werden Stoffe eingestuft, von denen bekannt ist oder angenommen wird, dass sie beim Menschen Krebs oder Erbgutveränderungen verursachen können. Bei Kategorie 1A beruht die Beurteilung hauptsächlich auf Erfahrungen beim Menschen, bei Kategorie 1B hauptsächlich auf Erfahrungen beim Tier.</p>	<p>Konzept des HEALTHVENT-Projekts sicherzustellen.</p>	<p>genannten Richtwerte nicht direkt mit den in SINPHONIE-Schulen gemessenen Werten verglichen werden können, da letzteren Probenahmen über einen Zeitraum von einer Woche zugrunde liegen.</p> <p>Die Ergebnisse der Formaldehydmessungen in Innenräumen in den SINPHONIE-Schulen reichen von 1,3 bis 66,2 µg/m³, wobei große Unterschiede zwischen den teilnehmenden Ländern zu verzeichnen sind. In west- und mittel-/osteuropäischen Ländern waren die Werte signifikant höher als in nord- und südeuropäischen Ländern.</p>
--	--	--	--	---	---

		Personen im Raum.			
Naphthalin	<p>Naphthalin ist ein weißes kristallines Pulver mit aromatischem Geruch. Es ist ein bicyclischer Kohlenwasserstoff, der aus Steinkohlenteer isoliert wird, hat einen Siedepunkt von 218 °C und ein Molekulargewicht von 128,18 g/mol. Naphthalin hat eine Halbwertszeit von drei bis acht Stunden in der Atmosphäre.</p>	<p>Naphthalin ist ein Zwischenprodukt bei der Herstellung von Phthalaten (Weichmachern), Kunstharzen, Phthaleinen, Farbstoffen, Arzneimitteln, Konservierungsmitteln, Zelluloid, Flammruß, rauchschwachen Pulvern, Anthrachinon, Indigo, Perylene und Naphtholen.</p> <p>Kristallines Naphthalin wird als Mottenschutzmittel und für WC-Steine verwendet. Außerdem wird es bei der Herstellung von Insektiziden verwendet. Auch Holzrauch, Schweröl und Benzin enthalten Naphthalin.</p> <p>Naphthalinmissionen in die Atmosphäre sind hauptsächlich auf</p>	<p>Die größten Gesundheitsgefahren bei der Exposition gegenüber Naphthalin sind Schädigungen der Atemwege, einschließlich Tumoren der oberen Atemwege.</p> <p>Nach der IARC-Einstufung ist Naphthalin möglicherweise karzinogen (Kategorie 2B).</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Beschränkung der Verwendung von Naphthalin-haltigen Produkten in Schulgebäuden (z. B. WC-Steine). ❖ Vermeidung der Verwendung von Kerosinöfen ohne Belüftung und Rauchverbot in Schulgebäuden. ❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem Konzept des HEALTHVENT-Projekts sicherzustellen. 	<p>Zur Vermeidung von Gesundheitsrisiken durch die Exposition gegenüber Naphthalin wurde ein Langzeit-Richtwert von 10 µg/m³ als Jahresdurchschnittswert festgelegt (WHO, 2010). Derselbe Wert wurde auch 2005 und 2009 im Rahmen des EU-INDEX-Projekts empfohlen.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Die Naphthalinkonzentrationen in der Raumluft in SINPHONIE-Schulen lagen zwischen 0 und 30,8 µg/m³, wobei Schulen in mittel- und osteuropäischen Ländern signifikant höhere Werte zu verzeichnen hatten; in allen vier EU-Regionen lagen die Mittelwerte</p>

		<p>diffuse Emissionen und Abgase von Kraftfahrzeugen zurückzuführen. Bei Lagerung, Transport und Entsorgung von Schweröl und Steinkohlenteer kann Naphthalin in Böden und Wasser entweichen und aufgrund von Verflüchtigung, Photolyse, Adsorption und biologischen Abbau in die Atmosphäre gelangen.</p> <p>Die häufigsten Naphthalinquellen in Innenräumen sind Kerosinöfen ohne Belüftung und Tabakrauch.</p>			<p>jedoch deutlich unter dem Wert der WHO-Leitlinie.</p> <p>Etwa 5 % der Schüler waren Naphthalinkonzentrationen von mehr als $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt.</p> <p>Die meisten Schüler waren sehr geringen Naphthalinkonzentrationen ausgesetzt (unter $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$).</p>
Kohlenmonoxid	CO ist ein farb- und geruchloses, inertes Gas, das bei unvollständiger Verbrennung entsteht; es wird jedoch auch in einigen industriellen und biologischen Prozessen hergestellt.	CO entsteht in Innenräumen oft durch Feuerungsanlagen ohne Belüftung, insbesondere wenn sie in schlecht belüfteten Räumen betrieben werden. Auch Tabakrauch ist	<p>Die Exposition gegenüber hohen Kohlenmonoxidkonzentrationen ist oft Ursache tödlicher Unfälle.</p> <p>Die Exposition gegenüber niedrigeren</p>	❖ Die Abgase aller in Schulgebäuden betriebenen Feuerungsanlagen müssen über Kamine, Abzüge, Entlüftungen ins Freie geleitet	Die WHO-Leitlinien zur Raumluftqualität von 2010 empfehlen zur Verhütung von Wirkungen von kurzen Expositionsspitzen eine Reihe von Richtwerten (Mittelungszeiten in

		eine wichtige Quelle für CO in der Raumluft.	<p>Konzentrationen beeinträchtigt die körperliche Leistungsfähigkeit und erhöht das Risiko für ischämische Herzerkrankungen.</p> <p>Epidemiologische Studien mit großen Probandengruppen, die im Allgemeinen relativ niedrigen Kohlenmonoxidkonzentrationen ausgesetzt waren, haben höhere Inzidenzen bei niedrigem Geburtsgewicht, angeborenen Fehlbildungen, Kinder- und Erwachsenensterblichkeit, Krankenhauseinweisungen wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Herzinsuffizienz, Schlaganfall, Asthma, Tuberkulose und Lungenentzündung ergeben (WHO 2010).</p>	<p>werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Es wird empfohlen, für in Schulgebäuden betriebene Feuerungsanlagen in Innenräumen in allen europäischen Ländern regelmäßige, zertifizierte Inspektionen vorzuschreiben. ❖ Es wird dringend empfohlen, in allen europäischen Ländern die Installation von CO-Meldern in Räumen von Schulgebäuden vorzuschreiben, in denen Feuerungsanlagen betrieben werden. ❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem 	<p>Klammern):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 100 mg/m³ (15 Min.) - 60 mg/m³ (30 Min.) - 30 mg/m³ (1 Std.) - 10 mg/m³ (8 Std.) - 7 mg/m³ (24 Std.) <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Mit Ausnahme einer Schule waren die Kinder in allen SINPHONIE-Schulen Konzentrationen unter dem 24-Stunden-Richtwert von 7 mg/m³ ausgesetzt.</p>
--	--	--	--	--	---

				Konzept HEALTHVENT- Projekts sicherzustellen.	des
Ozon	Ozon (O ₃) ist ein Gas, das im Freien bei Sonneneinstrahlung auf natürliche Weise durch Photooxidationsreaktionen entsteht und künstlich als Nebenprodukt menschlicher Tätigkeiten sowohl im Freien als auch in Innenräumen geschaffen wird.	Vor allem in Ballungsräumen mit hohem Verkehrsaufkommen können die Ozonwerte im Freien so stark steigen, dass sie gesundheitliche Probleme verursachen, insbesondere für empfindliche Personen wie ältere Menschen oder Asthmatiker. Da Außenluft über Lüftungsanlagen oder offene Fenster in Gebäude gelangt, kann es auch in Innenräumen zu erhöhten Ozonkonzentrationen kommen. Verschiedene Quellen in Innenräumen können Ozonkonzentrationen zusätzlich erhöhen. Die wichtigsten Ozonquellen in	Als starkes Oxidationsmittel kann Ozon verschiedene physiologische Wirkungen auf die Lungenfunktion ausüben, darunter Einschränkungen der Lungenfunktion, der Luftaustauschrate und der Permeabilität der Luftwege. Ozon kann auch eine reizende Wirkung haben. Zu den gesundheitlichen Auswirkungen der Exposition gegen hohe Ozonkonzentrationen gehören Augenreizung, Atemnot (Dyspnoe), Husten, Asthma, erhöhte Schleimproduktion, Schleimhautreizungen und Schmerzen in der Brust beim Einatmen.	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Laserdrucker und Fotokopierer nicht in der Nähe von Klassenräumen oder Büros und nur in ausreichend und autonom belüfteten speziell hierzu vorgesehenen Räumen im Schulgebäude aufstellen. ❖ Kein oder weniger Sportunterricht im Freien, wenn die Ozonwerte die WHO-Richtwerte überschreiten. ❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem Konzept des HEALTHVENT- 	<p>Der WHO-Richtwert von 2005 (zur Senkung des Risikos eines breiten Spektrums von Atemwegssymptomen, die mit der Exposition gegenüber Ozon verbunden sind) beträgt 100 µg/m³ (8 Std.)</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>In SINPHONIE-Schulen lagen die Ozonwerte zwischen 0 und 141 µg/m³.</p>

		Innenräumen sind Büromaschinen (vor allem elektrische Geräte), Computer, Laserdrucker und Fotokopierer. Eine hohe Dichte dieser Geräte und/oder Mängel bei Lüftungsanlagen können zu gesundheitsschädlichen erhöhten Ozonwerten führen.	Asthmatiker und Personen mit allergischer Rhinitis können besonders empfindlich auf hohe Ozonkonzentrationen reagieren.	Projekts sicherzustellen.	
D-Limonen		<i>D</i> -Limonen wird häufig als Aromastoff in zahlreichen Verbraucherprodukten verwendet, die in Innenräumen verwendet werden.	<p>Potenzielle Gefahren der Exposition gegenüber <i>D</i>-Limonen sind Reizungen der Augen und der Atemwege.</p> <p>Wissenschaftlichen Erkenntnissen zufolge reagieren ungesättigte flüchtige Verbindungen (z. B. Limonen, α-Pinen, Styrol) mit Ozon oder Hydroxygruppen (OH) zu chemisch reaktiven Produkten, bei denen eine höhere Wahrscheinlichkeit für Reizungen von Augen und Atemwegen besteht</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Begrenzung der Verwendung von Verbraucherprodukten, die <i>D</i>-Limonen enthalten (z. B. Lufterfrischer), in Schulgebäuden. ❖ Vermeidung der übermäßigen Verwendung von Reinigungsmitteln mit Duftstoffen in Schulgebäuden. ❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für 	<p>Im Rahmen des INDEX-Projekts der EU wurde 2005 eine Expositionsgrenze von 450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ empfohlen.</p> <p>Dabei wurde jedoch darauf hingewiesen, dass dieser Langzeitexpositionswert wegen fehlender toxikologischer Daten nicht als Richtwert für <i>D</i>-Limonen empfohlen werden könne.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p>

			<p>als bei den normalerweise in Innenräumen gemessenen chemisch inerten flüchtigen organischen Verbindungen.</p> <p>Es wird daher davon ausgegangen, dass bei gleichzeitiger Anwesenheit von Ozon in Innenräumen mit einer Verschlimmerung der Gesundheitsfolgen zu rechnen ist.</p>	Innenräume in Schulen nach dem Konzept des HEALTHVENT-Projekts sicherzustellen.	<p>Die D-Limonenkonzentrationen in der Raumluft in SINPHONIE-Schulen reichte von 0 bis 671 µg/m³, wobei die Werte in osteuropäischen Ländern signifikant höher waren als in süd- und westeuropäischen Ländern; in nordeuropäischen Ländern waren die Werte sehr niedrig.</p> <p>Die meisten Schüler waren sehr geringen D-Limonenkonzentrationen ausgesetzt (unter 100 µg/m³).</p>
Trichlorethylen	<p>Trichlorethylen (TCE) ist ein weit verbreitetes industrielles Lösungsmittel. Es ist eine flüchtige, farblose Flüssigkeit mit süßem, chloroformartigem Geruch. Es hat einen Schmelzpunkt von – 84,8 °C, einen Siedepunkt von 86,7 °C,</p>	<p>Verbraucher können TCE ausgesetzt sein, wenn sie Holzbeize, Lacke, Beschichtungen, Schmierstoffe, Klebstoffe, Korrekturflüssigkeit, Farbentferner und bestimmte Reinigungsmittel, in denen TCE als Lösungsmittel enthalten</p>	<p>Die Exposition gegenüber TCE erhöht das Risiko für Leber-, Nieren und Hodenkrebs sowie für das Non-Hodgkin-Lymphom. Da hinreichend nachgewiesen ist, dass TCE ein gentoxisches Karzinogen ist, gelten alle Expositionen in</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Einschränkung der Verwendung TCE-haltiger Verbraucherprodukte in Schulgebäuden. ❖ Überwachung des TCE-Gehalts im Wasser und im Boden im Bereich 	<p>Auf Basis von WHO-Leitlinien für die Raumluftqualität (2010) beträgt der Unit-Risk-Schätzwert $4,3 \times 10^{-7}$ je µg/m³.</p> <p>Die TCT-Konzentrationen in der Luft, die mit einem Exzesslebenszeitrisiko</p>

	<p>eine Henry-Konstante von $1,03 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ bei 20°C, einen Dampfdruck von $7,8 \text{ kPa}$ bei 20°C, eine Wasserlöslichkeit von 1.1 g/l bei 20°C und einen $\log K_{ow}$ (Octanol-Wasserverteilungskoeffizienten) von $2,29$.</p> <p>TCE wird hauptsächlich für die Dampfentfettung und Kaltreinigung von gefertigten Metallteilen verwendet ($80\text{--}95\%$ des Verbrauchs). Weitere Anwendungen sind chemische Reinigung, Druck, Herstellung von Druckfarben, Extraktionsprozesse, Farbenherstellung und Textildruck.</p>	<p>ist, verwenden.</p> <p>Auch kontaminiertes Wasser oder kontaminierte Böden können zur TCE-Belastung von Innenräumen beitragen.</p>	<p>Innenräumen als gesundheitlich relevant, und es kann kein Schwellenwert festgesetzt werden.</p> <p>Die IARC hat TEC aufgrund ausreichender Beweise bei Versuchstieren und begrenzter Beweise bei Menschen als wahrscheinlich karzinogen für Menschen (Kategorie 2A) eingestuft.</p>	<p>der Schule, um potenzielle Innenraumbelastung durch TEC aufgrund von kontaminiertem Wasser (Baden/Duschen) und von kontaminierten Böden zu vermeiden.</p> <p>❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem Konzept des HEALTHVENT-Projekts sicherzustellen.</p>	<p>für Krebs von $1:10\,000$, $1:100\,000$ und $1:1\,000\,000$ verbunden sind, betragen 230, 23 und $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>In den SINPHONIE-Schulen wurde ein breites Spektrum von Werten gemessen (0 bis $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$), wobei die TCE-Konzentrationen in Innenräumen in den westlichen und nördlichen Ländern signifikant niedriger waren als in den südlichen und östlichen. Nur 10% der Kinder waren in Schulen TCE-Konzentrationen über $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt.</p>
Tetrachlorethylen	<p>Tetrachlorethylen (Perchlorethylen) (CAS RN 127-18-4; C_2Cl_4; Molekulargewicht $165,83$) ist eine leicht flüchtige, farblose</p>	<p>Verbraucherprodukte, die Tetrachlorethylen enthalten können, sind u. a. Klebstoffe, Duftstoffe, Pickelentferner, Fleck-</p>	<p>Die Exposition gegenüber Tetrachlorethylen kann das Zentralnervensystem, Augen, Nieren, Leber,</p>	<p>❖ Einschränkung der Verwendung Tetrachlorethylen enthaltender Verbraucherprodukte in</p>	<p>Die WHO-Leitlinien für Raumluftqualität 2010 empfehlen für die Exposition über einen Zeitraum von einem Jahr einen</p>

	<p>Flüssigkeit mit einem etherartigen Geruch. Die wichtigsten physikalischen und chemischen Eigenschaften sind: Molekulargewicht 165,83 g/mol; Dichte (bei 20 °C) 1,6227 g/ml; Schmelzpunkt etwa - 22 °C; Siedepunkt 121 °C; Wasserlöslichkeit (bei 25 °C) 150 mg/Liter; Dampfdruck 18,47 mmHg bei 25 °C (2), 1,9 kPa bei 20 °C, 3,2 kPa bei 30 °C und 6,0 kPa bei 40 °C; Henry-Konstante 0,018 atm·m³/mol bei 25 °C; log K_{ow} (Octanol-Wasserverteilungskoeffizient) 3,40 (Messwert) und 2,97 (Schätzwert); und log K_{oc} (Octanol-Kohlenstoffverteilungskoeffizient) 177~350 (Messwert).</p>	<p>entferner, Textilveredelungen, wasserabweisende Stoffe, Holzreinigungsmittel, Reinigungsmittel für Kraftfahrzeuge und gereinigte Textilien. Die genannten Verbraucherprodukte sind Quellen für Tetrachlorethylen-Expositionen in Innenräumen.</p> <p>Beim Duschen oder Geschirrspülen kann auch belastetes Trinkwasser eine Quelle für Tetrachlorethylen-Expositionen in Innenräumen sein.</p>	<p>Lunge, Schleimhäute und die Haut schädigen.</p> <p>Karzinogenität wird nicht als Endpunkt verwendet, da es keine Hinweise darauf gibt, dass Tetrachlorethylen gentoxisch ist und die epidemiologischen Daten sowie die Relevanz der Daten über Karzinogenität bei Tieren für den Menschen nicht ganz klar sind. Wegen der noch bestehenden Unsicherheit hinsichtlich der Karzinogenität von Tetrachlorethylen sollte der Stoff jedoch weiter geprüft werden.</p> <p>Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) gelangte zu dem Schluss, dass erwiesenermaßen konstant positive Zusammenhänge zwischen der Tetrachlorethylen-</p>	<p>Schulgebäuden.</p> <p>❖ Überwachung der Wasserversorgung von Schulgebäuden, um sicherzustellen, dass das Wasser nicht mit Tetrachlorethylen belastet ist. Damit soll die Exposition gegenüber Tetrachlorethylen beim Duschen und Geschirrspülen in Schulgebäuden verhindert werden.</p> <p>❖ Es wird empfohlen, eine gesundheitsbezogene Belüftung für Innenräume in Schulen nach dem Konzept des HEALTHVENT-Projekts sicherzustellen.</p>	<p>Tetrachlorethylen-Richtwert von 250 µg/m³.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Kein Kind war Tetrachlorethylen-Konzentrationen über 250 µg/m³ ausgesetzt.</p> <p>Nur 10 % der Kinder waren in Schulen Tetrachlorethylen-Konzentrationen über 3,3 µg/m³ ausgesetzt.</p>
--	--	---	---	---	--

			Exposition und Risiken für Speiseröhren- und Gebärmutterhalskrebs sowie das Non-Hodgkin-Lymphom bestehen. Die IARC stuft Tetrachlorethylen als Karzinogen der Kategorie 2A ein (wahrscheinlich krebserzeugend für den Menschen).		
Radon	<p>Radongas (^{222}Rn) ist eine wichtige natürliche Quelle ionisierender Strahlung und trägt erheblich zu der Dosis ionisierender Strahlung bei, der die Allgemeinbevölkerung in Innenräumen (Wohnung, Schule, Arbeitsplatz) ausgesetzt ist.</p> <p>Abgesehen von Strahlentherapiedosen und Strahlungsunfällen geht von Radon der größte und variabelste Beitrag zur durchschnittlichen</p>	Die wichtigste Quelle für Radon in Innenräumen ist das durch den Zerfall von Radium im Boden in der Nähe von Gebäuden entstehende Radon.	<p>Der häufigste Expositionsweg für Radon und seine Abbauprodukte ist die Inhalation.</p> <p>Die IARC hat Radon 1988 als Humankarzinogen der Kategorie 1 eingestuft, während die WHO Radon für die zweitwichtigste Ursache von Lungenkrebs nach dem Zigarettenrauchen hält.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Radonkonzentrationen in Schulgebäuden sollten durch verschiedene bautechnische Maßnahmen eingedämmt werden, z. B. durch den Einbau von Radonsümpfen oder radondichten Membranen im Fundament von Schulgebäuden. ❖ Es wird empfohlen, in europäischen Ländern Bauordnungsstrategien einzuführen, die 	<p>Das Exzesslebenszeitrisiko, an radoninduziertem Lungenkrebs zu sterben, liegt bei 6×10^{-4} je Bq/m^3.</p> <p>Angesichts der jüngsten wissenschaftlichen Daten über die Gesundheitsfolgen von Radon in der Raumluft empfahl die WHO (2010) einen nationalen Referenzwert für Wohngebäude von $100 \text{ Bq}/\text{m}^3$.</p> <p>Kann dieser nicht erreicht werden, so</p>

	jährlichen Strahlendosis aus, die auf die Weltbevölkerung einwirkt.			<p>darauf abzielen, die durchschnittlichen Radonwerte in neuen Gebäuden, einschließlich Schulgebäuden, unter die derzeitigen nationalen Durchschnittswerte zu senken.</p> <p>❖ Die EU-Mitgliedstaaten werden aufgefordert, die Vielzahl der Empfehlungen zur Radonprävention und zu Abhilfemaßnahmen zu konsultieren, die 2012 im Rahmen des von der EU finanzierten RADPAR-Projekts herausgegeben wurden (http://web.jrc.ec.europa.eu/radpar/).</p>	<p>sollte der gewählte Referenzwert nicht über 300 Bq/m³ liegen.</p> <p>Für Kinder kann ein Referenzwert von 167 Bq/m³ bei einem Exzesslebenszeitrisiko von 1 x 10⁻³ verwendet werden.</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Die Messungen von Radon in der Raumluft in SINPHONIE-Schulen haben Werte von 0 bis 9186 Bq/m³ (Median 100,9 Bq/m³) ergeben, wobei in mittel- und osteuropäischen sowie in südeuropäischen Ländern signifikant höhere Werte gemessen wurden als in nord- und westeuropäischen Ländern. 50 % der Kinder waren mehr als 100 Bq/m³ ausgesetzt.</p>
--	---	--	--	--	---

ANHANG C – Mikrobiologische Schadstoffe in der Raumluft (Quellen/Ursachen, Gesundheitsfolgen, Optionen für das Risikomanagement/Abhilfemaßnahmen, Normen/Leitlinien/SINPHONIE-Ergebnisse zum Vergleich)

Belastungsfaktor	Beschreibung	Quellen/Ursachen	Gesundheitsfolgen	Optionen für das Risikomanagement und Abhilfemaßnahmen	Normen/Leitlinien/ SINPHONIE-Ergebnisse zum Vergleich
MIKROBIOLOGISCHE SCHADSTOFFE IN DER RAUMLUFT					
Endotoxin Gruppen von Pilzarten, z. B. ❖ Gruppe <i>Penicillium/Aspergillus/Paecilomyces</i> spp. ❖ <i>Aspergillus versicolor</i> ❖ <i>Alternaria alternata</i>	<u>Endotoxine</u> sind Bestandteil der äußeren Zellmembran gramnegativer Bakterien und bestehen aus Proteinen, Lipiden und Lipopolysacchariden. <u>Pilzarten/Gruppen</u> sind überall in der Umwelt zu finden, sowohl im Innen- als auch im Außenbereich. Sie sind eukaryotische Ein- oder Mehrzeller, von denen es Tausende verschiedener Arten	Die Hauptquellen für Bakterien und Pilze in Innenräumen sind die Außenluft, Menschen (direkt oder indirekt, indem sie z. B. Erde an den Schuhen eintragen) sowie das Wachstum von Mikroorganismen aufgrund von Feuchtigkeit auf Oberflächen und Strukturen in Innenräumen. Endotoxine in der Luft sind normalerweise mit	Die wichtigsten Folgen der Exposition gegenüber diesen Schadstoffen sind die erhöhte Prävalenz von Atemwegssymptomen, Allergien und Asthma sowie die Störung des Immunsystems. Der kausale Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber Mikroorganismen und Erkrankungen der Atemwege ist jedoch noch nicht vollständig erforscht.	❖ Anhaltende Feuchtigkeit und beständiges Mikrobewachstum auf Innenraumbooberflächen und innerhalb von Gebäudestrukturen von Schulgebäuden sind zu vermeiden oder zu vermindern. ❖ Schulgebäude sollten regelmäßig überwacht und gründlich kontrolliert werden, um potenzielle Feuchtigkeitsprobleme und Mikrobewachstum zu erkennen und zu	- WHO-Leitlinien zu Feuchtigkeit und Schimmel (2009) - WHO-Informationenbroschüre zu Feuchtigkeit und Schimmel (Gesundheitsrisiken, Prävention, Abhilfe) (2009) - WHO Interventionen

<p>Gruppen von Bakterien, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <i>Streptomyces</i> spp. ❖ <i>Mycobacterium</i> spp. 	<p>gibt. Viele Pilze können Mycotoxine bilden, wobei es sich um Biomoleküle mit relativ geringer Molekülmasse handelt; einige von ihnen sind toxisch für Mensch und Tier.</p> <p><u>Bakterien</u> sind ubiquitäre, prokaryotische Einzeller, von denen es unzählige Arten gibt. Sie sind in der Luft und in Staub sowie auf allen Oberflächen in allen Gebäuden, auch dort, wo es kein Feuchtigkeitsproblem gibt. Bakterien produzieren auch eine Vielzahl bioaktiver Verbindungen, von denen einige die menschliche Gesundheit gefährden können.</p>	<p>Staubpartikeln oder wässrigen Aerosolen verbunden. Die Partikel haben eine breite Größenverteilung, aber die Endotoxinwerte können in der groben Fraktion höher sein.</p> <p>Aus der wissenschaftlichen Literatur geht hervor, dass die Exposition gegenüber Endotoxinen in Klassenräumen deutlich höher ist als im häuslichen Umfeld; ähnliche Trends sind für andere mikrobiologische Schadstoffe zu erwarten.</p>	<p>Die Zusammenhänge zwischen Feuchtigkeit, der Exposition gegenüber vielen Arten von Mikroorganismen und Gesundheitsfolgen sind nur schwer genau zu beziffern. Daher können keine quantitativen, gesundheitsbezogenen Richt- oder Schwellenwerte für akzeptable Belastungen der Raumluft mit Mikroorganismen empfohlen werden.</p> <p>Viele Schimmelpilzarten produzieren Typ-I-Allergene. Die Immunoglobulinsensibilisierung (Ig)E gegen die häufigsten im Innen- und Außenbereich vorkommenden Schimmelpilzarten wie <i>Alternaria</i>,</p>	<p>beseitigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Gut geplante, gebaute und instandgehaltene Schulgebäude sowie sachgemäße Steuerung von Temperatur und Belüftung zur Vermeidung von überhöhter Feuchtigkeit, Oberflächenkondensation oder einer überhöhten Durchfeuchtung der Materialien in Schulgebäuden. ❖ Alle Räume in Schulgebäuden sollten wirksam gelüftet werden, und Zonen mit Luftstillstand sollten vermieden werden. 	<p>n und Maßnahmen gegen Feuchtigkeit und Schimmel: Überblick über ausgewählte Fallstudien (2008)</p> <ul style="list-style-type: none"> - HEAL Verzeichnis der Agenturen in EU-Ländern, die die Öffentlichkeit über Feuchtigkeit und Schimmelpilz informieren (2009) - Verweis auf das SINPHONIE-Konzept nach dem neuesten Stand der Technik bei
--	---	---	--	--	---

			<p><i>Penicillium</i>, <i>Aspergillus</i> und <i>Cladosporium</i> spp., ist mit allergischen Atemwegserkrankungen, insbesondere Asthma, verbunden.</p>		<p>Probenahme und Analyse mikrobiologischer Agenzien in Innenräumen in Schulen (2013)</p> <p><u>SINPHONIE-Schulen:</u></p> <p>Der SINPHONIE-Datensatz liefert Daten über die Verteilung der Exposition gegenüber mikrobiologischen Belastungsfaktoren in der Umgebung in Schulen in Europa und zeigt signifikante negative Zusammenhänge zwischen hohen Werten bei mikrobiologischen</p>
--	--	--	--	--	--

					n Agenzien und Atemwegssymptomen bei Schülern und Lehrern sowie klinische Messungen im Fall von ausgeatmetem NO.
--	--	--	--	--	--

Europe Direct (Informationsdienst für alle Fragen rund um die Europäische Union):

Kostenlose Hotline (*): 00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Einige Mobilfunkbetreiber bieten keinen Zugang zu 00 800-Nummern oder stellen die Anrufe in Rechnung.

Zahlreiche zusätzliche Informationen über die Europäische Union finden Sie im Internet über das Europa-Portal: <http://europa.eu>.

Wo erhalte ich EU-Veröffentlichungen?

Unsere Veröffentlichungen sind über den EU-Bookshop erhältlich: (<http://bookshop.europa.eu>), über den Sie eine Bestellung bei der Vertriebsstelle Ihrer Wahl aufgeben können.

Das Amt für Veröffentlichungen verfügt über ein weltweites Netz von Vertriebsstellen.

Kontaktangaben können Sie über folgende Fax-Nummer abrufen: (+352) 29 29-42758.

Europäische Kommission

EUR 26726 DE – Gemeinsame Forschungsstelle – Institut für Gesundheit und Verbraucherschutz

Titel: Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Autoren: Stylianos Kephelopoulos (Europäische Kommission, Gemeinsame Forschungsstelle), Éva Csobod (REC, Ungarn), Yuri Bruinen de Bruin (RIVM, Niederlande), Eduardo de Oliveira Fernandes (IDMEC-FEUP, Portugal)

Mitwirkende: Paolo Carrer (UMIL, Italien), Corinne Mandin (CSTB, Frankreich), Marianne Stranger (VITO, Belgien), Isabella Annesi-Maesano (UPMC Paris 06, Frankreich), Marcia Giacomini (UBA, Deutschland), Ellen Koudijs (RIVM, Niederlande), Hans Moshhammer (Medizinische Universität Wien, Österreich), Peter Rudnai (NIEH, Ungarn), Joana Madureira (IDMEC-FEUP, Portugal), Dejan Mumovic (UCL, Vereinigtes Königreich), Dainius Martuzevičius und Edvinas Krugly (KUT, Litauen), Anne Hyvärinen, Martin Täubel und Kati Järvi (THL, Finnland), Zorica Zivkovic (USMS, Serbien), Helena Kazmarová (SZU, Tschechische Republik), Michal Jajcaj und Henrieta Savinová (UVZSR, Slowakei), Vasiliki Assimakopoulou und Margarita-Niki Assimakopoulou (UOA, Griechenland), John Bartzis und Krystallia Kalimeri (UOWM, Griechenland), Eugen S. Gurzau und Iulia Neamtii (EHC, Rumänien), Peter van den Hazel (VGGM, Niederlande), Stephen Montefort (WALDONET, Malta), Adamos Hadjipanayis (Larnaca General Hospital, Zypern), Eduart Cani (REC, Albanien)

Diese Veröffentlichung wurde im Rahmen des SINPHONIE-Projekts (Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit: Netz der Beobachtungsstellen in Europa) produziert, das im Auftrag der Europäischen Kommission (Vertrag SANCO/2009/c4/04) durchgeführt und vom Europäischen Parlament finanziert wurde. Die Arbeiten wurden von einem Konsortium aus 25 Ländern (darunter EU-Mitgliedstaaten und Beitritts- und Kandidatenländer) unter Leitung des Regionalen Umweltzentrums für Mittel- und Osteuropa, Ungarn, durchgeführt.

Zitierweise:

Leitlinien für eine gesunde Umgebung in europäischen Schulen

Kephelopoulos, S., Csobod, E., Bruinen de Bruin, Y., De Oliveira Fernandes, E. Gemeinsam veröffentlicht von der Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher und der Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission, Luxemburg, 2014.

Dieses Dokument sowie zwei weitere Dokumente des SINPHONIE-Projekts (Abschlussbericht und Zusammenfassung) können von der Website der Gemeinsamen Forschungsstelle (<https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/human-exposure>) und von der Website des SINPHONIE-Projekts (<http://www.sinphonie.rec.org/>) heruntergeladen werden.

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

2014 – 92 pp. – 21.0 x 29.7 cm

EUR – Reihe Wissenschaftliche und Technische Forschung – 1831-9424 (online)

ISBN 978-92-79-39149-1 (PDF)

doi: 10.2788/89338

