Europäische Kommission

SINPHONIE

Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit
Netz der Beobachtungsstellen in Europa

Zusammenfassung des Abschlussberichts

sinphonie
Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe

REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Europäische Kommission
Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher
Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle – Institut für Gesundheit und Verbraucherschutz

Kontakt
Via E. Fermi 2749, TP 281, I-21027 Ispra (VA), Italy
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

JRC91163

EUR 26730 DE

ISSN 982-92-79-39173-6 (PDF)

doi: 10.2788/95174

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2014

© Europäische Union, 2014

Die Widergabe des Textes oder seiner Teile ist mit Quellenangabe zulässig.

Gedruckt in Italien

Kurzfassung
Dieser Report ist die Zusammenfassung des Endberichtes des Projektes SINPHONIE (Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit: Netz der Beobachtungsstellen in Europa). Das Projekt wurde vom Europäischen Parlament finanziell unterstützt und unter einem Vertrag mit der DG SANCO (Vertrag SANCO/2009/C4/04, SI2.570742) durchgeführt. SINPHONIE bildete ein wissenschaftlich-technisches Netzwerk auf europäischer Ebene mit dem langfristigen Ziel die Qualität der Innenraumluft in europäischen Schulen und Kindergärten zu verbessern. Damit sollten die Risiken für Atemwegserkrankungen bei Kindern und Lehrern reduziert werden. Gleichzeitig unterstützt das Projekt zukünftige politische Maßnahmen wie die Erstellung von Richtlinien und Empfehlungen sowie die Erarbeitung Optionen des Risikomanagements hinischtlich einer besseren Luftqualität und entsprechenden Gesundheittseffekten in Schulen.

SINPHONIE
Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit
Netz der Beobachtungsstellen in Europa

Zusammenfassung des Abschlussberichts

Verfasser des Berichts:

Éva Csobod, Isabella Annesi-Maesano, Paolo Carrer, Stylianos Kephalopoulos, Joana Madureira, Peter Rudnai and Eduardo de Oliveira Fernandes

Mitwirkende:

Josefa Barrero-Moreno, Tímea Beregszászi, Anne Hyvärinen, Hans Moshammer, Dan Norback, Anna Páldy, Tamás Pándics, Piersante Sestini, Marianne Stranger, Martin Täubel, Mihály J. Varró, Eva Vaskovi, Gabriela Ventura and Giovanni Viegi

REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Regionales Umweltzentrum für Mittel- und Osteuropa

2000 Szentendre

Ady Endre ut 9-11, Ungarn

Danksagungen

Dieses Dokument wurde im SINPHONIE[1] Projekt erarbeitet, das vom Europäischen Parlament finanziert und im Rahmen eines Vertrags mit der Europäischen Kommission, Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher (GD SANCO) durchgeführt wurde (SANCO 2009/C4/04, SI2.570742).

Dieser Bericht umfasst die Arbeit eines Konsortium von 38 Partnern aus 25 Ländern mit rund 300 beteiligten Spezialisten mit ärztlichem, wissenschaftlichem oder technischem Hintergrund.

Die Co-Autoren dieses Berichts wollen ihre tiefe Dankbarkeit für alle ihre Mitarbeiter für ihren herausragenden Beitrag zur Durchführung des Projekts SINPHONIE ausdrücken. Die Namen aller Mitwirkenden finden Sie am Ende dieses Berichts sowie auf der Website der SINPHONIE Projekt (www.sinphonie.eu).

Besondere Anerkennung gilt den Lehrern, Schülern und Eltern, die am SINPHONIE Projekt teilgenommen haben, für ihre Begeisterung und die enge Zusammenarbeit.

1 Schools Indoor Pollution and Health: Observatory Network in Europe

1 Einleitung

Schlechte Raumluftqualität (IAQ) schädigt die Atemwege und hat auch weitere gesundheitsrelevante Auswirkungen. Sie beeinträchtigt das allgemeine Wohlbefinden durch verschiedene spezifische Schadstoffe mit einer Vielzahl von Ursachen und Quellen. Dies ist wiederholt in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben worden und fand Eingang in aktuelle politische Deklarationen, Luftqualitätsrichtlinien [1, 2] und gesamtheitliche Managementstrategien zur IAQ [3]. Die Erklärung von Parma der Weltgesundheitsorganisation (WHO) Europa [4], die von 53 Ländern im Jahr 2010 verabschiedet wurde, rief Mitgliedsstaaten der WHO-Region Europa auf, messbare Aktionen zu setzen, um die in der Erklärung der WHO festgelegten Ziele zu erreichen. Die in der WHO-Deklaration implementieren Richtlinien für die Raumluftqualität [5] betonen ausdrücklich, dass saubere Luft eine Grundvoraussetzung für das Leben sei. Es wird auch betont, dass das primäre Ziel eine einheitliche Grundlage für den Schutz der öffentlichen Gesundheit vor den nachteiligen Auswirkungen der Exposition gegenüber Luftverschmutzung sei, indem Belastung durch die bekanntermaßen oder wahrscheinlich gefährlichen Schadstoffe zu beseitigen oder auf ein Minimum reduziert wird. Diese Richtlinien wenden sich an den öffentlichen Gesundheitsdienst bei der Vorbeugung von Gesundheitsrisiken durch Umweltbelastung. Insbesondere sind sie auch durch Fachkräfte und Behörden bei der Gestaltung und Nutzung von Gebäuden und bei der Auswahl der Materialien und Produkte anzuwenden.

Die Europäische Kommission hat den Umwelt-und Gesundheitsaktionsplan 2004-2010 [6] im Juni 2004 als ersten Zyklus in der Umsetzung der europäischen Umwelt-und Gesundheitsstrategie beschlossen. Der Aktionsplan hat die 13 wichtigsten Maßnahmen für den Zeitraum bis 2010 dargelegt. Unter diesen Schlüsselaktionen ging es in Aktion 12 um die "Verbesserung der Raumluftqualität". Im Rahmen der Umsetzung der Aktion 12 wurde vom EU-finanzierten Projekt EnVIE [7] eine Prioritätenstrategie für IAQ-Management erarbeitet unter Berücksichtigung bedeutender Schadstoff-Quellen. Im Falle von Schulen betrifft dies vor allem Aspekte wie Lage, Design und Konstruktion, Belegungsdichte und das Lüftungsregime.

Das 7. Umweltaktionsprogramm und das Clean Air Richtlinienpaket sind Ende 2013 in Kraft getreten. Diese Dokumente bieten den politischen Rahmen für mögliche Folgeaktivitäten zum SINPHONIE Projekt.

Das Raumklima in Schulen bildet einen besonderen Anlass zur Sorge, da die Schulkinder eine besonders gefährdete Gruppe der Bevölkerung sind. In Europa verbringen mehr als 64 Millionen Studenten und fast 4,5 Millionen Lehrer viele Stunden jeden Tag in Vor-, Primar- und Sekundarschulen. Kinder verbringen mehr Zeit in der Schule als in jedem anderen Ort außer zu hause. Es gibt viele Beweise über die potenziell nachteilige Wirkung einer Vielzahl von Schadstoffen in Innenräumen auf die Gesundheit. Diese Schadstoffe sind auch im schulischen Umfeld zu finden und stammen entweder aus der Umgebungsluft oder werden in Innenräumen von Materialien, Produkten oder Aktivitäten abgegeben bzw. produziert. Das Vorhandensein von Schadstoffen in Schulen kann auch Auswirkungen auf das Wachstum von Kindern, Chancen und Lernleistung sowie ihre kulturelle und soziale Entwicklung haben.

Ein Anstieg der Prävalenz von Asthma bronchiale wurde in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts in der industrialisierten Welt, auch in Europa dokumentiert [8]. Asthmatische Kinder sind besonders empfindlich auf die Auswirkungen der schlechten Luftqualität.

Schulgebäude sind Teil der städtischen Infrastruktur, die von den lokalen Bedingungen, einschließlich Geographie, Klima, Energieverbrauch, zur Verfügung stehenden Materialien, wirtschaftlicher Entwicklung und urbane Strategien beeinflusst wird. Schulgebäude spiegeln auch den technologischen Fortschritt in Bezug auf die Konstruktion und den Komfort sowie den Einfluss der Architekturmodelle, Bau-Erfahrung und Praktiken aus anderen Regionen wieder. Diese vielfältigen Einflüsse sind nicht immer in einer angemessenen Weise integriert und kohärent zu lokalen Werten und der traditionellen Bau- und Nutzungspraxis.

Das SINPHONIE Projekt formte ein wissenschaftlich-technisches Netzwerk, um auf EU-Ebene mit der langfristigen Perspektive der Verbesserung der Luftqualität in Schulen und Kindergärten das Risiko von Atemwegserkrankungen bei Kindern und Lehrern zu verringern. Gleichzeitig unterstützt das Projekt künftige politische Maßnahmen durch Formulierung von Leitlinien, Empfehlungen und Risikomanagement-Optionen für eine bessere Luftqualität und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Gesundheit in den Schulen.

SINPHONIE wurde vom Europäischen Parlament initiiert und finanziert. Es wurde im Rahmen eines Vertrags mit der Europäischen Kommission, Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucher (GD SANCO) durchgeführt. Das Projekt wurde als Pilotprojekt als ein anspruchsvolles Forschungsprojekt in den Bereichen Gesundheit und Umwelt konzipiert. Es behandelte nicht nur die Innenraumluft in Schulen, sondern auch die Außenluft in der Nähe der Schule, einschließlich der Berücksichtigung der Auswirkungen von Verkehr und Klimawandel sowie die Wohnumwelt der Schüler. Das multidisziplinäre Projekt dauerte mehr als zwei Jahre (2010-2012). Es erstreckte sich über die meisten europäischen Länder, darunter auch einige EU-Beitrittskandidaten, und zielte darauf ab, ein Beobachtungsnetz in Europas Schulen mit dem Schwerpunkt auf Innenraumbelastungen und Gesundheit zu etablieren. Neben dem ultimativen Ziel der Verbesserung der Luftqualität in Schulen und Kindergärten auf lange Sicht legte das Projekt auch besonderes Augenmerk auf die Verbesserung der allgemeinen IAQ Bewertung in europäischen Schulen und die Ausarbeitung von Methoden und Verfahren für die Durchführung breit angelegter Umfragen und Untersuchungen, die wesentliche Werkzeuge für IAQ Überwachung und Gebäudebewertungen sind. Ein Verständnis für die Belastung der Kinder gegenüber bestimmten Schadstoffen in Innenräumen und Bewertung der damit verbundenen möglichen gesundheitlichen Folgen sind die Voraussetzungen für eine datenbasierte Unterstützung für die Politik und für das praktische Handeln.

Das SINPHONIE Konsortium bestand aus 38 Partnern aus 25 Ländern. Die Partner trugen ein breites Know-how in den Bereichen Gesundheit, Exposition, Schadstoffquellen und Raumluftqualität bei. Sie empfahlen wichtige Komfortparameter für die Steuerung und das Management von Baumaßnahmen und Lüftungsregimen. Insgesamt 114 Grundschulen in 23 europäischen Ländern nahmen an der Umwelt-und Gesundheitsüberwachung und -bewertung teil. Die Exposition von 5.175 Schulkindern (einschließlich 264 Kinder in Kindergärten) wurde bewertet .

Unter Nutzung vorhandenen Wissens versuchte das SINPHONIE Projekt die Palette der verfügbaren Informationen aus alten und neuen EU-Mitgliedsstaaten sowie einigen Beitrittsländern mit einem standardisierten Protokoll zu vergrößern. Dieses Verfahren wurde in einem Prozess der Ausbildung von über 80 Personen implementiert, um die Gesamtqualität und zuverlässige Ergebnisse zu gewährleisten. Aufgrund des interdisziplinären Charakters des Projekts war dies der einzige Weg um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Dies war die Garantie für die Sinnhaftigkeit von Empfehlungen und Leitlinien zu bewährten Verfahren für bessere Raumluft innerhalb der europäischen Schulumgebungen.

Eine Analyse der Ergebnisse SINPHONIE bestätigt, dass die Raumluftqualität in Schulen ein sehr wichtiges Thema ist und Auswirkungen auf die Gesundheit von Kindern hat, insbesondere hinsichtlich Atemwegserkrankungen wie Asthma und Allergien, aber auch auf Konzentrationsvermögen und Leistung. Die SINPHONIE Ergebnisse zeigen, dass Luftverschmutzung in den Schulen komplex und variabel ist, unterschiedlicher Herkunft (Außen, Innen) und Natur (physikalische, chemische und biologische), und dass sie von einer Vielzahl von Quellen (z. B. Verbrennungsprozesse, Baustoffe oder Bauteile und Verbraucherprodukte) herrührt. Luftschadstoffe in den Klassenzimmern überschritten in mehreren Fällen WHO-Richtwerte und waren somit schädlich für die Gesundheit der Schulkinder.

Die SINPHONIE Ergebnisse bestätigen im Einklang mit Studien über die Wirksamkeit bestimmter Sanierungsmaßnahmen insgesamt, dass die Schulen häufig IAQ Probleme durch ungünstige Standortwahl, durch Fehler bei Bau und Wartung, durch hohe Belegungsdichte, schlechte Reinigung und unzureichender Belüftung aufweisen.

2 Ziele

Die allgemeinen Ziele der SINPHONIE waren (a) einen Beitrag zur besseren Charakterisierung der IAQ in den Schulen in der EU zu leisen, (b) Empfehlungen und Leitlinien für Sanierungsmaßnahmen in der Schulumgebung für eine Vielzahl von Situationen in Europa zu entwickeln und (c) die Verbreitung dieser Richtlinien, um politische Entscheidungsträger und andere Akteure in der Lage zu versetzen, gezielte Maßnahmen in den verschiedenen europäischen Ländern in Angriff zu nehmen.

Um diese Ziele zu erreichen, wurden Zwischenschritte definiert:

- *Die europäische und nicht-europäische Forschung über die Auswirkungen der wichtigsten Innenraumluft-Schadstoffe in Schulen auf die Gesundheit zusammen zu tragen und kritisch zu überprüfen;*
- *Beurteilung der politischen Relevanz der Ergebnisse dieser Forschung;*
- *Epidemiologischen und toxikologischen Forschungsbedarf im Hinblick auf die wissensbasierte Entwicklung der Politik zu identifizieren;*
- *Gebäudeeigenschaften und Muster der täglichen Nutzung in ausgewählten Klassen auf deren Auswirkung auf die IAQ beurteilen;*
- *Physikalische und Komfort Parameter (Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftwechselrate) sowie chemische und biologische Schadstoffe in der Innen-Luft und*

dem benachbarten Außenraum der Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen in ganz Europa zu messen um neue Expositionsdaten für eine Reihe von Schadstoffen zu generieren: Formaldehyd, Benzol, α-Pinen und Limonen, Naphthalin, NO2, CO, CO2, Radon, Trichlorethylen, Tetrachlorethylen, PAK und BaP, Partikel (PM10 und PM2.5), Allergene in Staub sowie Schimmel und Bakterien in Staub und Luft;

- *Bewertung der Auswirkungen der Außenluft sowie von Transport, Verkehr und Klimawandel;*
- *Den Einfluss der Gebäudeeigenschaften, von Reinigungsmitteln und Lüftungsanlagen auf die Belastung ermitteln;*
- *Den Erfolg von Luftreinhaltemaßnahmen für die Außenhluft einschließlich kurzfristiger Maßnahmen hinsichtlich der Wirkung auf die IAQ;*
- *Eine systematische und quantitative Quellenzuordnung von Schadstoffen in Innenräumen;*
- *Bewertung des Einflusses von Schadstoff-Mischungen und der Entstehung neuer Schadstoffe durch chemische und biochemische Wechselwirkungen;*
- *Daten über den Gesundheitszustand der Kinder zu erhalten, über Fragebögen und klinische Tests, die sich auf Asthma, Infektionen der Atemwege, Symptome der oberen Atemwege, Husten, Keuchen, Atemnot, allergische Rhinitis, Bronchitis und Schulleistung beziehen;*
- *Bewertung der Auswirkungen der Raumluft in den Klassenzimmern auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Kinder um Prioritäten für die Politikentwicklung zu definieren;*
- *Die Wirksamkeit von Lüftungsregimen bei der Verringerung der Luftverschmutzung in Schulen zu bewerten;*
- *Ausarbeitung von Empfehlungen und Leitlinien für Sanierungsmaßnahmen im schulischen Umfeld, die eine breitere Palette von Situationen in Europa abdecken; und*
- *Verbreitung der Ergebnisse und Empfehlungen an die entsprechenden verantwortlichen Stellen und Entscheidungsträger.*

3 Methoden

Da die Innenraumluft grundsätzlich aus der Außenluft stammt [8] hat diese einen großen Anteil an der Luftverschmutzung in Gebäuden. SINPHONIE berücksichtigte daher geographische und klimatische Aspekte sowie den Standort von Schulgebäuden und deren Umfeld (z.B. Verkehrsaufkommen, Urbanisierung, Bau-Praktiken und Gebäudetypologien). Die Luftqualität im Schulumfeld innen und außen und die damit verbundenen gesundheitlichen Folgen mussten daher unter Berücksichtigung interregionaler Variabilität in den beteiligten Ländern bewertet werden. Vier geographische Cluster wurden im Rahmen des Projektes als ein Werkzeug für die Organisation der Präsentation und Diskussion der meisten Ergebnisse (siehe Abbildung 1) definiert.

Während Schulgebäude in vielen europäischen Regionen auf eine natürliche Belüftung setzen, gibt es einen Trend zur Installation der mechanischen Beatmung und korrelierter Systeme für Heizung und Kühlung. Solche Systeme werden oft als wesentliche und

allgemeine Voraussetzung für jedes Schulgebäude vorgeschlagen, obwohl sie nur sinnvoll sind, wenn sie von den Klima- und Umgebungsbedingungen her gerechtfertigt sind. Es sollte auch betont werden, dass ein entsprechend umgesetzter ganzheitlichen Ansatz sogar erfordern kann, dass Funktionen wie Heizung oder Kühlung und Lüftung entkoppelt werden, so dass die Luftwechselrate entsprechend gesundheitsbasierten Kriterien gesteuert werden kann. In Übereinstimmung mit den Ausschreibungs-Kriterien des Projektes wurden Schulen aus städtischen und ländlichen Standorten ausgewählt. Es wurden verschiedene Settings (grüne Zonen, Bereiche mit hohem Verkehrsaufkommen und industriellen Bereiche), verschiedene Orte innerhalb des Landes (Nord, Süd, Ost, West) und verschiedenen Belüftungs-Praktiken, Bauweisen und Alter von Gebäuden, unterschiedliche klimatische Bedingungen (maritim, kontinental, alpin) gewählt. Es wurden keine Einschränkungen in Bezug auf die Konstruktionsmerkmale eingeführt. Die Partner waren für die repräsentative Auswahl der Schulen im jeweiligen Land verantwortlich.

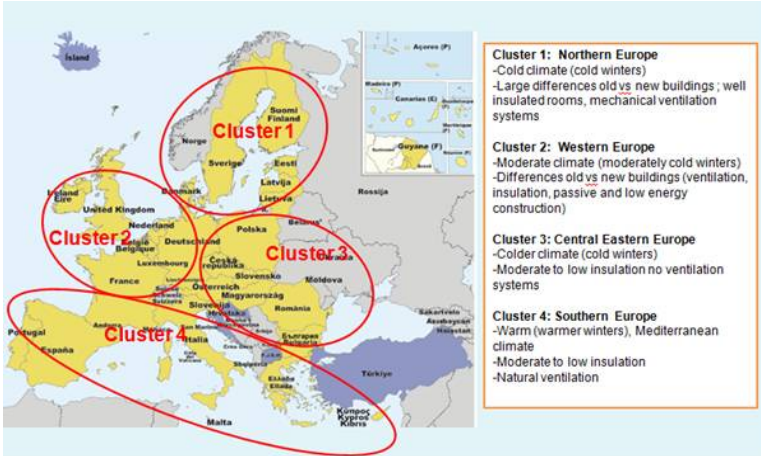

Abbildung 1. Die vier geographischen Cluster im SINPHONIE Projekt

Nach der Auswahl und Definition der geeigneten Werkzeuge, Methoden und Verfahren, die in SINPHONIE verwendet werden, wurden Feldstudien in bis zu 6 ausgewählten Schulen (bzw. Kindergärten) in jedem Land und in ihrem Umfeld durchgeführt, wobei jeweils drei Klassenräume gezielt untersucht wurden. Insgesamt wurden 114 Schulen aus 23 Ländern für die Feldaktivitäten auf der Grundlage der oben beschriebenen Kriterien ausgewählt. Zur Methodenauswahl wurden frühere relevante von der EU und der WHO geförderte Projekte geprüft und analysiert, darunter AIRMEX (European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment) [11], THADE (Towards Healthy Air in Dwellings in Europe) [12]; EU-INDEX (Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU) [13], SEARCH (School Environment and Respiratory Health of Children) [14], PILOT INDOOR AIR MONIT [15] sowie die WHO-Richtlinien für IAQ [16].

SINPHONIE war ehrgeiziger als frühere Projekte aufgrund seines integrierten Ansatzes für Gesundheit und (Schul-)Umwelt und der großen Anzahl von bewerteten Parametern. Dies

machte besondere Anstrengungen notwendig, um die Feldstudien und Kampagnen in den 23 teilnehmenden Ländern gut vorzubereiten und erforderte ein ausführliches Training der über 80 wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiter. Diese fand im European Commission's Joint Research Centre (JRC) in Ispra in Italien statt. Ein wichtiges Element des Projektes war der Aufbau und die Befüllung der SINPHONIE Datenbank. Die Datenbank unterstützt die Einrichtung des Überwachungs-Netzwerks für Europa auf Schulinnenraumbelastungen und Gesundheit durch die Generierung von umfangreichen und qualitativ hochwertigen Daten im Einklang mit den Projekt-Zielen und kann auch für ähnliche Projekte und Aktionen in der Zukunft genutzt werden.

Die Feldstudien begannen mit einer gründlichen Inspektionen der ausgewählten Schulgebäude, denen die Erhebung von Daten über Schulgebäudeeigenschaften folgte. Die Daten über das Schulgebäude und die Klassenzimmer wurden mittels "Checkliste" erhoben, die eine möglichst umfassende Beschreibung sowohl des Schulraumklimas und des Schulgebäudes selbst gewährleistete. Die Charakterisierung der Schulumwelt und der gesundheitsbezogenen Symptome / Erkrankungen der Gebäudenutzer wurde durch spezifische Fragebögen für Lehrer, Schüler und Eltern während der Feldaktivitäten in jeder Schule untersucht.

Zur Charakterisierung der Schul-Umwelt wurden zahlreiche chemische, physikalische, biologische und Komfortparameter bestimmt, während die Gesundheit zusätzlich zu den Fragebögen über spezifische klinische Tests an einer Stichprobe der Kinder erhoben wurde. Gesundheitliche Fragestellungen wurden mit Schwerpunkt auf inhalative Exposition und diesbezügliche Auswirkungen wie Reizerscheinungen und Erkrankungen der Atemwege (z.B. allergische Reaktionen der Atemwege) untersucht.

Für die Messkampagnen wurde eine Reihe von Methoden und Geräte nach den einschlägigen Normen der Internationalen Organisation für Normung (ISO) und des Europäischen Komitees für Normung (CEN) ausgewählt.

Die Analyse von 16 chemischen, physikalischen und Komfortparametern (einschließlich der von der WHO und der Europäischen Kommission als prioritär anerkannten Verbindungen) und 13 biologische Schadstoffe, einschließlich Endotoxine (ein Analyt), Pilz-und bakterielle DNA (sieben Analyten) und Allergene (fünf Analyten), machte es möglich, einen Überblick über die Raumluftqualität in Schulen in ganz Europa zu erhalten.

In der Hauptstudie wurden 30 verschiedene Labors aus den 23 Ländern an der chemischen Analyse beteiligt. Jedes Labor delegierte nationale Messtechnik-Experten für die Ausbildung im JRC im Mai 2011 über harmonisierte Messortwahl, Probenahme, Probenvorbereitung und Analyse. Um für die SINPHONIE Datenbank vergleichbare Daten zu erhalten, wurden die Daten in einer einheitlichen Weise gesammelt und die Messunsicherheit auf ein Minimum reduziert. SINPHONIE Feldarbeit und Analyse Leitlinien wurden formuliert und Feld-und Laborarbeiter entsprechend ausgebildet.

Das Protokoll über die Entnahme von biologischen Schadstoffen in Schulen leitete die Studienzentren in der eigentlichen Probenahme. Die biologischen Proben wurden zentral in

Finnland und Ungarn analysiert. Klinische Proben (Nasensekret) wurden zentral in Schweden untersucht.

4 Resultate

SINPHONIE Ergebnisse wurden vor allem aus der Analyse der gesammelten Daten erhalten, insbesondere über die kausale Beziehung zwischen Exposition und gesundheitliche Auswirkungen. Parallel wurden zusätzliche Informationen über Umweltbedingungen und die Verwendung und Verwaltung der Schulgebäude abgefragt. Die SINPHONIE Ergebnisse sind umfassend im Abschlussbericht beschrieben.

A. Belastungswerte

- Die von der WHO empfohlenen Richtwerte für PM2.5 und Radon wurden in einem bedeutenden Teil der Klassenräume überschritten.
- 13% aller Schülerinnen und Schüler waren PM2.5-Konzentrationen über 25 µg/m3 (WHO-Empfehlung für den 24-Stunden-Mittelwert) ausgesetzt und mehr als 85% Konzentrationen über 10 µg/m3 (WHO-Empfehlung für den Jahresmittelwert). Die genannten Richtwerte basieren auf gesundheitlichen Überlegungen um das Risiko von langfristigen Auswirkungen auf Herz-Kreislauf- sowie Atemwegs-Erkrankungen, auf die Lungenfunktion und das Krebsrisiko zu begrenzen.
- 50% der Schulkinder waren Radon auf mit mehr als 100 Bq/m³ ausgesetzt. (Dieser Richtwert wurde von der WHO im Jahr 2010 für Wohnräume vorgeschlagen, um das Lebenszeitrisiko von Radon-induziertem Lungenkrebs zu reduzieren). Die höchsten Durchschnittswerte fanden sich in Mittel-und Osteuropa sowie in Südeuropa.
- Ungefähr 25% aller Schülerinnen und Schüler waren in der Schule Benzol-Konzentrationen über 5 µg/m³ ausgesetzt (Luftqualitäts-Richtlinie 2008/50/EG). Der Richtwert dient der Reduzierung des Lebenszeitrisikos von Leukämie. Laut Risikoschätzer der WHO-Luft-Qualitäts-Richtlinie errechnet sich für alle Schüler ein Lebenszeit- Leukämierisiko von 1,3 pro 100.000. Für Schulkinder in Mittel-und Osteuropa betrug das entsprechende Risiko 2,0 pro 100.000 oder 1:50.000.
- Mehr als 60% aller Kinder sind Formaldehyd-Konzentrationen über 10 µg/m³ ausgesetzt. Dieser Richtwert wurde von der Französisch Agentur für Umwelt-und Arbeitssicherheit (AFSSET) vorgeschlagene Wert um langfristig vor Krebs und beeinträchtigter Lungenfunktion zu schützen. Die höchsten Durchschnittswerte fanden sich in Mittel-und Osteuropa sowie in Westeuropa.
- Exposition gegenüber Tabakrauch kann immer noch in einigen Schulen (5%) gefunden werden.
- Die zahlenmäßig bedeutendsten Bio-Verunreinigungen in den Schulen und Kindergärten wurden betrafen die Pilzgattungen Penicillium spp., Aspergillus spp., Paecilomyces spp., gefolgt von zwei Bakteriengattungen, Mycobacterium spp. und Streptomyces spp. 50% der Kinder und Lehrer waren in hohem Maß Endotoxinen und Mikroben ausgesetzt. Diese Ergebnisse zeigen, dass Pilze, die typisch für feuchte Gebäude sind, gegenüber typischerweise im Freien gefunden Gattungen überwiegen.

Es gibt keine EG-Grenzwerte oder WHO-Leitlinien gegen die die Messwerte verglichen werden könnten. Auch entsprechende nationale Leitlinien existieren nur in wenigen Ländern. SINPHONIE liefert durch die einheitliche und innovative Erfassung dieser Parameter wertvolle Daten für zukünftige Richtlinien.

- CO2-Konzentrationen (Mittelwert und Median) waren sowohl in Grundschulen als auch Kindergärten höher als 1000 ppm. Cluster 1 (Nordeuropa) und Cluster 2 (Westeuropa) stellte den höchsten Prozentsatz der Klassenräume mit niedrigen CO2-Werten (<1000 ppm), während Cluster 3 (Mittel-und Osteuropa) und Cluster 4 (Südeuropa) höhere Prozentsätze an Klassenräumen mit CO2-Gehalt über 1.500 ppm aufwies. Diese Werte können die Qualität der Lernleistung von Kindern in diesen Regionen reduzieren.
- Die Mehrheit (86%) der Lüftungsraten je Kind waren niedriger als die wünschenswerten 4l/s. Dies beruhte auf zwei Faktoren: der hohe Belegungsdichte in den Klassenzimmern in einigen europäischen Ländern; und der unangemessene Art und Weise, in der Lüftungsraten ausgedrückt werden (d.h. in Bezug auf die Luftwechsel pro Stunde anstatt Liter pro Sekunde und Person/Kind).
- Das Innen-/Außen (I/O)-Verhältnis für NO2 und Ozon ist kleiner als 1 im Gegensatz zu den meisten anderen Schadstoffen, für die das I/O-Verhältnis größer als 1 ist (z. B. Formaldehyd und Limonen). Dies unterstreicht die Bedeutung sowohl der Luftverschmutzung im Freien rund um das Schulgebäude als auch die Innenraumquellen im Schulgebäude.
- Hinsichtlich des Außenbereichs der Schulen interessierten inbesondere die verkehrsbedingten Luftschadstoffen PM2.5, NO2 und Ozon. Deren Konzentrationen waren in Mittel-und Ost- sowie südeuropäischen Ländern signifikant höher.
- 58% der Schulen waren von zu lautem Straßenverkehrslärm betroffen.

B. Gesundheitsfolgen

Mehrere Luftschadstoffe zeigten signifikante Zusammenhänge mit den gesundheitlichen Folgen bei Kindern und Lehrern. Symptome in den letzten drei Monaten waren häufiger als Symptome im vergangenen Jahr oder „jemals“ mit Schadstoffen assoziiert.

Diese Zusammenhänge zwischen Gesundheit und Umweltexposition wurden identifiziert:

- Bis zu 1,5% der Schülerinnen und Schüler berichteten über Asthmaanfälle in der Schule. Das entspricht fast 100.000 Fällen bei Schulkindern in Europa. Unter ihnen hatte etwa ein Drittel Asthma-Attacken im Klassenzimmer. Das entspricht 30.000 Fällen hochgerechnet auf Europa.
- Die Prävalenz von diagnostiziertem Asthma, nasalen Allergien und Neurodermitis lag bei den Schulkindern bei 8%, 9% bzw. 17%.
- Unter allen Kindern war das häufigste in den letzten 3 Monaten aufgetretene Symptom eine verstopfte Nase (47%), gefolgt von einer laufenden Nase, Fieber oder Grippegefühl, Kopfschmerzen, Müdigkeit und Abgeschlagenheit sowie Halsschmerzen (36%).

- Kinder in Schulen mit erhöhten Konzentrationen an chemischen Schadstoffen haben ein höheres Risiko von Symptomen der Atemwege während der letzten 3 Monate.
- Multiple Zusammenhänge wurden in SINPHONIE zwischen einzelnen Mikroben im Hausstaub verschiedenen Symptomen während der letzten drei Monate, frühere Atemwegs-Symptome und klinischen Befunden gezeigt. Das belegt die Relevanz der Mikroben für die Atemwegs-Gesundheit von Schülern und Lehrern.
- Kinder mit einer bestehenden Allergie sind besonders anfällig. Die Exposition gegenüber Luftschadstoffen kann bei ihnen ganz besonders Symptome und Krankheiten auslösen.
- Tetrachlorethylen ($p = 0{,}036$) und Ozon ($p = 0{,}021$) waren signifikant mit einer Abnahme des forcierten exspiratorischen Volumens in einer Sekunde (FEV1) assoziiert.
- Viele Lehrer hatte Atemprobleme und fast 17% litten an Husten oder Auswurf, 27% haben in ihrem Leben eine nasale Allergie erlitten und 9% hatten ärztlich diagnostiziertes Asthma.

C. Ergebnisse der Fallstudien

- Eine Formaldehyd-Vermeidungsmaßnahme konnte Formaldehyd mit einem Wirkungsgrad von 79% in der Testkammer reduzieren. Die Simulation der Decken-Abdeckung mit sorptiven Platten in einem Testhaus-Klassenzimmer erreichte eine Formaldehyd-Reduktion von 60%.
- Emissionsprüfung aus einer Auswahl von typischen Klassenzimmer- Produkten unterstrich, in welchem unterschiedlichen Ausmaß diese Erzeugnisse IAQ in den Klassenzimmern beeinträchtigen. Die getesteten Flüssig-Farben waren die Hauptverursacher (wenn auch nur vorübergehend) von flüchtigen organischen Verbindungen in Innenräumen. Lackierte und verklebte Stühle trugen zur Innen-Konzentrationen von flüchtigen organischen Verbindungen und Aldehyden während der sechs Tage dauernden Emissionsmessungen bei.
- Sowohl natürliche und mechanische Belüftung kann für effektive Belüftung während des Unterrichts sorgen, vorausgesetzt, dass die richtige Belegungsdichte in der Klasse eingehalten wird, dass die Arbeitszeiten und Pausen entsprechend organisiert sind und dass die Belüftung gut geplant und verwaltet wird.

D. Die insgesamt auffälligsten Ergebnisse

Die auffälligsten Ergebnisse insgesamt sind diejenigen, die: (a) die Bedeutung der Raumluftqualität in Schulen als ein gesellschaftliches Problem mit klaren Auswirkungen auf die Gesundheit, Lebensqualität und Lernleistung der europäischen Schulkinder unterstreichen und (b) deutlich zeigen, dass eine Reihe von Werten und Regeln noch nicht vollständig in unserer Gesellschaft in Bezug auf die Raumluftqualität und Gesundheit in Schulen umgesetzt sind.

Das SINPHONIE Projekt bewies erneut:

- Bis zu 1,5% der Schülerinnen und Schüler berichteten über Asthmaanfälle in der Schule. Das entspricht fast 100.000 Fällen bei Schulkindern in Europa. Unter ihnen hatte etwa ein Drittel Asthma-Attacken im Klassenzimmer. Das entspricht 30.000 Fällen hochgerechnet auf Europa.
- IAQ in den Klassenzimmern variiert beträchtlich zwischen den Schulen und Städten in den 23 europäischen Ländern sowie je nach Art, Lage (Nähe-Umgebung), Alter und Verwaltung (einschließlich Reinigungsverfahren) der Schulgebäude.
- Kinder in Schulen mit erhöhten Konzentrationen an Luftschadstoffen haben ein größeres Risiko für Beschwerden von Seiten der Atemwege.
- In 5% der Schulen ist das Rauchen im Haus immer noch erlaubt, auch wenn innerhalb eines abgegrenzten Raucherbereichs.
- In Bezug auf die Belegungsdichte bieten 8% der Klassenräume weniger als 1,5 m² pro Kind und 20% stellen weniger als 2 m² zur Verfügung. Dies bedingt ein hohes Potenzial für ziemlich niedrig Lüftungsraten pro Kopf (entsprechend CO_2-Konzentrationen deutlich über 1.500 ppm), was die Gesundheit und Lernleistung der Kinder negativ beeinflusst.

In Bezug auf die überwachten mikrobiellen Verunreinigungen waren 50% der Kinder und Lehrer einem hohen Maß an Endotoxinen und Mikroben ausgesetzt.

E. Ursachen und Quellen von Gesundheitsschäden

Während der Untersuchung der Schulgebäude erwiesen sich bestimmte Parameter als potenziell besonders bedeutsam für IAQ-bezogenene Gesundheitswirkungen bei Schulkindern. Mögliche Ursachen und Quellen werden im Folgenden erläutert:

- Außenquellen: 67% der SINPHONIE Schulen wurden in der Nähe von Verkehrswegen und 45% in der Nähe von Industriegebieten errichtet. In diesen Schulen gab es höhere Exposition gegenüber Partikeln, NO_2 und Benzol.
- Boden: 73% der Schulen wurden in Low-Radon-Zonen und 4% in einer Radon-Risikozone errichtet. Allerdings fehlten relevante Informationen für 23% der Schulen.
- Bau-und Gebäudemanagement: Bei 61% der Schulen fehlte ausreichende Wanddämmung, bei 42% fehlte Dachisolierung, 25% hatten Luftleckagen und 7% wiesen sichtbares Schimmelpilzwachstum mit einem gewissen Maß an biologischenVerunreinigungen auf. Nur ein sehr geringer Prozentsatz der Klassenzimmer war mit zertifizierten schadstoffarmen Baumaterialien gebaut.
- Ge- und Verbrauchsmaterialien: 63% der Klassenräume hatten Tafeln und 46% hatten ein oder mehrere Computer, Drucker oder Kopierer; 69% der Möbel in den Klassenräumen waren aus Holz. Diese Produkte können die Höhe der Exposition im Klassenzimmer erhöhen.
- Verhalten der Nutzer: 5% der Schulen hatten ein Raucherzimmer. Die Lüftungsbedingungen der Klassenzimmer waren schlecht, was zu hohen CO_2-

Konzentrationen führte. Die Belegungsdichte war oft hoch und effiziente Lüftung erfolgte oft nur in den Pausen.

F. Richtlinien für eine gesunde Schulumwelt

SINPHONIE hat Richtlinien für eine gesunde Schulumgebung produziert, die unabhängig von diesem Bericht veröffentlicht werden. Die Übersetzungen der Richtlinien sind auf der Website des SINPHONIE Projektes veröffentlicht worden: www.sinphonie.eu.

Die Leitlinien sollen in den meisten Schulumgebungen in Europa allgemein anwendbar sein. Da jede Schulumgebung in Bezug auf Design, klimatische Bedingungen, Betriebsarten, etc. einzigartig ist, muss jedoch die Umsetzung jedoch auf nationaler oder lokaler Ebene angepasst werden. Kriterien für die Aufnahme und Durchführung der Beratung in die nationalen politischen Die SINPHONIE Richtlinien sollen bestehende nationalen und lokalen Regelungen nicht ersetzen sondern bereichern und verstärken.

Die SINPHONIE Richtlinien fördern einen kostengünstigen präventiven Ansatz zur Erzielung guter Raumluftqualität in einem bestimmten Umfeld der Schule im Gegensatz zu einem problemorientierten Ansatz, der versucht Probleme zu lösen, nachdem sie entstanden sind.

Die Richtlinien für eine gesunde Schulumgebung in Europa wenden sich vor allem an die relevanten Entscheidungsträger auf europäischer und nationaler Ebene und die lokalen Behörden mit dem Ziel das schulische Umfeld in ihren Ländern zu verbessern. Eine zweite Zielgruppe dieser Richtlinien umfasst Designer und Manager von Schulgebäuden, die verantwortlich für die Planung, den Bau und die Renovierung von Schulgebäuden sind. Eine dritte Zielgruppe sind Schüler und ihre Eltern, Lehrer und andere Mitarbeiter der Schule.

Insgesamt und im Rahmen eines pragmatischen zentripetalen Ansatzes unterstreichen die SINPHONIE Richtlinien für gesunde Schulumgebungen in Europa, dass in Zukunft Strategien und Regelungen im Zusammenhang mit der Schulumgebung vorrangig auf die Kontrolle von Schadstoffquellen ausgerichtet sein sollen, wie unten beschrieben wird:

Schulort

- Die möglichste Vermeidung der Luftverschmutzung in Städten, vor allem bezüglich der Hauptquellen für die Städtische Außenluft wie Transport, Verkehr und Heizungen.
- Bessere Kontrolle der Qualität der Außenluft, die in die Schule gelangt, indem "schadstofffreie" Zonen für neue Schulen definiert werden. Dies entspricht Forderungen der WHO-Richtlinien für die Umgebungsluft in der Nähe von bestehenden Schulen zum Beispiel durch die Beschränkung des Verkehrs in der Nähe von Schulen (z. B. in einem Umkreis von 1 km).
- Angemessene Radonreduktionsstrategien.

Baumaterialien, Gebäudedesign und Wartung

- Das richtige Design und die Errichtung von Schulgebäuden, die Auswahl der Materialien für neue oder renovierte Schulen und die Integration von Funktionen, die Energie, Raumluft-und Komfortanforderungen in ganzheitlichen Beurteilung.
- Die Beseitigung von Feuchtigkeit, Schimmel und Allergenquellen im Schulgebäude.
- Eine geeignete Strategie für die Heizung und gegebenenfalls Kühlung, um eine zufriedenstellende Temperatur, relative Feuchtigkeit und Belüftung in Klassenräumen zu gewährleisten.
- Eine geeignete Strategie für die natürliche oder mechanische Lüftung in den Klassenräumen.
- Die Entkopplung, soweit möglich, von Heizung und Kühlung von der Lüftung.
- Die Regelung der Lüftungsstufen nach messbaren Gesundheitskriterien in Litern pro Sekunde und Person.

Gebäudenutzung

- Die Definition und Durchsetzung von maximalen Belegungsdichten in den Klassenzimmern um ein angemessenes Niveau an CO2 mit vertretbaren Lüftungsraten zu gewährleisten.
- Die periodische Überwachung der Raumluftqualität und von Gesundheitsparametern in den Schulen.
- Die Erstellung eines Verfahrenshandbuches für die ordnungsgemäße Regelung und Sicherstellung des Schulraumklimas und insbesondere der IAQ.
- Die entsprechende Reinigung und Pflege von Schulgebäuden.
- Die Auswahl emissionsarmer Produkte für die Reinigung und emissionsarmer Materialien für Schulaktivitäten und Lehre.
- Die entsprechende Ausbildung der Studierenden, ihre Eltern und Lehrer sowie der Mitarbeiter, die für die Verwaltung, Wartung und Reinigung der Schulgebäude verantwortlich sind.
- Die Entwicklung und Umsetzung der harmonisierten Methoden und Protokolle für die IAQ Beurteilung auf verschiedenen Ebenen je nach Komplexität und/oder Dringlichkeit in den europäischen Ländern.
- Ein Verbot von Tabakrauch in allen Schulräumen.

G. Verbreitung der Ergebnisse

Im Rahmen des SINPHONIE Projektes und unter Ausnutzung der Beteiligung von so vielen Schulen in ganz Europa wurde eine Reihe von Flugblättern in alle EU-Sprachen übersetzt mit Empfehlungen und Anweisungen an Schüler, Lehrer und Eltern bezüglich der wichtigsten Fragen zu Betrieb und Management der Schulgebäude erstellt und verbreitet, um eine gute Raumluftqualität zu erreichen. Diese wurden auch über die Website des SINPHONIE Projektes (www.sinphonie.eu) zur Verfügung gestellt.

5 Schlussfolgerung

Es sollte betont werden, dass SINPHONIE als multidisziplinäre Studie, die eine breite Palette von Parametern und Teilnehmern umfasste, nicht genügend Beweise in Bezug auf einige der spezifischen Ziele generieren konnte, damit auch komplexe Themen wie die Auswirkungen des Verkehrs auf die Innenraumluft oder die Auswirkungen des Klimawandels auf die Raumluftqualität in Bezug auf Gesundheit und Komfort im Schulgebäude 30 bis 50 Jahren abschließend beantwortet werden könnten.

Dennoch, trotz der vielfältigen Anwendungsgebiete und die Vielfalt der kulturellen, technologischen, klimatischen und sozialen Aspekte, lieferte SINPHONIE wichtige Ergebnisse und erarbeitete harmonisierte und standardisierte Methoden, die, wenn sie vollständig erfasst und umgesetzt werden, voraussichtlich zu einer gesünderen Schule beitragen werden.

SINPHONIE förderte einen ganzheitlichen Ansatz für die Raumluftqualität in Schulen, die systematische Verknüpfung von Gesundheits-Endpunkten und Umweltfaktoren wie die Quellen und Ursachen von Luftverschmutzung, auch unter Berücksichtigung des Ist-Zustandes der Schulgebäude und deren Management. Dies trug dazu bei, dass die volle Dimension der Probleme angesprochen und identifiziert wurden. Dies ermöglicht effiziente Lösungen für die Verbesserung der Luftqualität und Gesundheit in europäischen Schulumgebungen.

Die SINPHONIE Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Raumluftqualität ein echtes Problem in den Schulen in vielen europäischen Ländern ist. Es gibt Hinweise, dass viele Schulen ein hohes Maß an Luftschadstoffen (oberhalb der empfohlenen Richtwerte bei der PM2.5, Formaldehyd, Benzol und Radon) haben. Zusätzlich waren 67% der ausgewählten Schulen in der Nähe einer Transportachse angeordnet, 20% der Schulen hatten Besatzungsdichten von weniger als 2 m² pro Kind, Rauchen wurde noch in 5% der überwachten Schulen gestattet.

Schulen sind kritische Orte, da die Kinder ein besonders anfällig Segment der Bevölkerung sind, wenn es um bestimmte Gesundheitsfaktoren einschließlich der Raumluftqualität geht. SINPHONIE unterstreicht die Bedeutung der Schulen als Gebäude, von denen die meisten in den 1990er Jahren oder früher gebaut wurden. Obwohl 60% der Schulgebäude in Europa zu einem gewissen Grad später nachgerüstet wurden, sind sie in der Regel weit davon entfernt gesund zu sein. Dies bleibt eine Herausforderung für die künftige Politik auf EU- und nationaler Ebene. Dies führt manchmal zu einer Überbetonung des Bedarfs für Lüftung, Heizung und Kühlung, während die möglichen Auswirkungen des Klimawandels noch zu wenig berücksichtigt werden.

Trotz einiger deutlichen Unterschiede in den Raumtemperaturen in Abhängigkeit von der geographischen Lage der Schule und der Existenz von mehr oder weniger aufwendigen Heiz- und Kühlsystemen, waren die meisten während der Heizperiode beobachteten mittleren Temperaturwerte unabhängig von der Region sehr ähnlich (etwa 20º C). Das unterstützt die Hypothese, dass die absehbare globale Erwärmung und der Klimawandel in näherer Zukunft kaum Auswirkungen auf die (winterlichen) Innenraumtemperaturen haben werden.

Schadfaktoren durch Transport und Verkehr wie PM2.5, NO2, Ozon und Lärm beeinflussen die Innenraumluftqualität und den Lernkomfort in Schulen, vor allem in der Nähe von stark befahrenen Straßen. Hier scheint es eine Wechselwirkung zwischen zwei Faktoren zu geben. Der eine ist das Alter und die Lage der Schulgebäude, von denen viele geplant und gebaut wurden, als die Straßen noch weniger stark befahren waren und die leichte Erreichbarkeit eher als die Schadstoffbelastung berücksichtigt wurde. Der zweite ist die Luftverschmutzung in den Städten selbst, die zweifellos vor allem, aber nicht ausschließlich, vom Transport und Verkehr herrührt. Da die Frage der Raumluftqualität in Schulgebäuden nicht ohne Berücksichtigung der Qualität der Umgebungsluft behandelt werden kann, ist es wichtig, dass die lokalen und nationalen Behörden die Kontrolle der Luftqualität in ihren urbanen Umgebungen verstärken. Dabei sollten sie sich an den WHO-Luftqualitätsrichtlinien orientieren.

Für die effiziente Umsetzung der Leitlinien und Empfehlungen des SINPHONIE Projektes und um gesunde Schulumgebungen in Europa zu gewährleisten, sollte besonders auf die folgenden Punkte geachtet werden:

- Gute Raumluftqualität in Schulen ist sehr stark abhängig von der Lage der Schule, da die Außenluft eine wichtige Quelle von Innenraumbelastungen ist. Im Einklang mit anderen politischen Tendenzen auf EU-Ebene und der WHO Europa, ist es daher notwendig zu betonen wie wichtig es ist, dass die Städte die WHO-Richtlinien erfüllen. Dies ist der einzige Weg, um die passende Raumluftqualität in Gebäuden einschließlich der Schulen zu gewährleisten.

- Schulgebäude sollten unter Berücksichtigung der Fortschritte in der Konstruktion und den IAQ Strategien ausgelegt werden. Dies beginnt mit der Vermeidung von zusätzlichen Schadstoffen durch saubere Materialien und Bauprodukte und endet bei der Entkopplung der Heiz- und Kühlfunktionen von der gesundheitsbasierten Belüftung Hierbei soll im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes zur Nachhaltigkeit und der Effizienz die lokalen Eigenheiten wie Klima und Geographie, lokales Materialangebot und Nutzungstraditionen berücksichtigt werden.

- Vorrang sollten einfache, aber solide Regeln haben, frei von technischen Schlagworten, sozialen Vorurteilen und kulturellen Bedingungen, wodurch vernünftige Managementverfahren für Schulgebäude erzielt werden, welche die tatsächlichen lokalen Gegebenheiten ausreichend berücksichtigen. Dazu sind ausreichende Kenntnisse zur Spezifität des eigentlichen Bauwerks in seiner tatsächlichen Lage und die ordnungsgemäße Verwendung der notwendigen Ressourcen (Wasser, Energie, Unterrichtsmaterialien, Reinigungsmittel, Reinigungsverfahren) notwendig. So kann jedes Schulgebäude als eine tatsächliche "zweite (oder dritte) Haut" den Kindern für viele Stunden während einer vulnerablen Phase ihres Lebens Schutz und Wohlbefinden bieten.

- Sensibilisierungskampagnen und Schulungen sollten organisiert werden, die an Kinder und ihre Familien, Schulpersonal, Fachleute, politische Entscheidungsträger und die breite Öffentlichkeit gerichtet sind.

Die Entscheidungsfindung auf Basis technisch unzureichender Lösungen, naiver Interpretationen und Interventionen ohne gute wissenschaftliche Begründung ist die Hauptursache für die schlechte Raumluftqualität in europäischen Schulen. Die ausgezeichnete Zusammenarbeit zwischen der EU und der WHO Europa und vielversprechende politische Erklärungen (wie Parma 2010) wird nur dann sinnvoll sein, wenn die konsequente Schritte, Entwicklungen und Empfehlungen, die aus diesem Projekt resultierten, berücksichtigt werden.

Literaturübersicht:

1. World Health Organization. *Air Quality Guidelines for Europe*. 2nd ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2000.
2. World Health Organization. *Air Quality Guidelines Global Update 2005: Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. 2005.
3. De Oliveira Fernandes, E., Jantunen, M., Carrer, P., Seppänen, O., Harrison, P., Kephalopoulos, S. EnVIE Co-ordination Action on Indoor Air Quality and Health Effects: Final Activity report. Project no. SSPE-CT-2004-502671, IDMEC, Porto, Portugal 2008.
4. World Health Organization. *Parma Declaration on Environment and Health*. 2010.
5. World Health Organization. *Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality*. Bonn, Germany: WHO Regional Office for Europe. 2006.
6. European Commission. *The European Union Environment and Health Action Plan 2004–2012*. 2004.
7. De Oliveira Fernandes, E., Gustafsson,H., Seppanen, O., Crump, D., Ventura, G., Madureira. J. et al. WP3 Final Report on the Characterization of Spaces and Sources. EnVIE Project. Brussels: European Commission 6th Framework Programme of Research. 2008.
8. ISAAC, The Global Asthma report, 2011, Paris, France
9. Jantunen, M., De Oliveira Fernandes, E., Carrer, P. and Kephalopoulos, S.. *Promoting actions for healthy indoor air (IAIAQ)*. Luxembourg: European Commission Directorate-General for Health and Consumer Protection. 2011.
10. Carrer, P., Wargocki, P., De Oliveira Fernandes, E., Kephalopoulos, S., Allard, F. Asikainen, A., Asimakopoulos, D., Asimakopoulou, M., Bischoff, W., Braubach, M., Brelik, N., Fanetti, A., Hänninen, O., Heroux, M-E., Jantunen, M., Hartmann, T., Leal, V., Malvik, B., Mustakov, T., Palkonnen, S., Popov, T., Salari, M., Salvi, R., Santamouris, M., Santos, H., Seppänen, O. - Framework for health-based ventilation guidelines in Europe. ECA report no. 30. European Commission DG Joint Research Centre, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 2014 (in print).
11. AIRMEX: European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment. Available from: http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_databases/airmex.
12. Franchi, M., Carrer, P. Kotzias, D., Rameckers, E.M.A.L., Seppänen, O., Bronswijk J.E.M.V., et al. *Towards Healthy Air in Dwellings in Europe*. The THADE Report: European Federation of Allergy and Airways Diseases Patients Associations. 2004.
13. Kotzias, D., Koistinen, K., Kephalopoulos, S., Schlitt, C., Carrer, P., Maroni, M. et al. *The INDEX project. Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU*. Final Report. EUR 21590 EN: European Commission, Directorate-General, Joint Research Centre. 2005.

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

15. Kephalopoulos S., Barrero-Moreno, J. Larsen, B., Geiss, O., Tirendi, S. and Reina, V. "PILOT INDOOR AIR MONIT AA final report". DG SANCO – DG JRC administrative arrangement PILOT INDOOR AIR MONIT (conract no. SI 2582843). March 2013.

16. World Health Organization. *WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2010.

SINPHONIE Partners: Institutions and Staff

1. REC, Regional Environmental Center for Central and Eastern Europe, HQ Hungary (coordinator)

Éva Csobod (Coordination Committee member), Péter Szuppinger, Réka Prokai, Petur Farkas, Cecilia Fuzi

REC Albania: Eduart Cani

REC Bosnia and Herzegovina: Jasna Draganic

REC Serbia: Eszter Réka Mogyorosy, Zorica Korac

2. IDMEC-FEUP, Instituto de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal

Eduardo de Oliveira Fernandes (Coordination Committee member), Gabriela Ventura, Joana Madureira, Inês Paciência, Anabela Martins, Ricardo Pereira, Elisabete Ramos

3. NIEH, National Institute of Environmental Health, Hungary

Peter Rudnai (Coordination Committee member), Anna Páldy, Gyula Dura, Tímea Beregszászi, Éva Vaskövi, Donát Magyar, Tamás Pándics, Zsuzsanna Remény-Nagy, Renáta Szentmihályi, Orsolya Udvardy, Mihály J. Varró

4. JRC, Joint Research Centre – Institute for Health and Consumer Protection, European Commission

Stylianos Kephalopoulos (Coordination Committee member), Dimitrios Kotzias, Josefa Barrero-Moreno

5. IPH-ALB, Institute for Public Health, Albania

Rahmije Mehmeti

6. IPH-BH, Institute of Public Health, Bosnia and Herzegovina

Aida Vilic, Daniel Maestro

7. IEH, Institute of Environmental Health, Medical University, Austria

Hanns Moshammer, Gabriela Strasser, Piegler Brigitte

8. UBA-A, Planning & Coordination Substances & Analysis, Umweltbundesamt GmbH, Austria

Philipp Hohenblum

9. VITO, Flemish Institute for Technological Research, Belgium

Eddy Goelen, Marianne Stranger, Maarten Spruy

10. National Centre for Public Health and Analysis, Bulgaria

Momchil Sidjimov

11. LGH, Larnaca General Hospital, Cyprus

Adamos Hadjipanayis

12. CSGL, State General Laboratory, Cyprus

Andromachi Katsonouri-Sazeides, Eleni Demetriou

13. NPHI-CZ, National Public Health Institute, Czech Republic

Ruzana Kubinova, Helena Kazmarová, Beatricia Dlouha, Bohumil Kotlík

14. HPI, Health Board, Estonia

Helen Vabar, Juri Ruut, Meelis Metus, Kristiina Rand, Antonina Järviste

15. THL, National Institute for Health and Welfare, Finland

Aino Nevalainen, Anne Hyvarinen, Martin Täubel, Kati Järvi

16. UPMC Paris 06, Université Pierre et Marie Curie Paris 06, France

Isabella Annesi-Maesano, Rive Solene, Soutrik Banerjee

17. CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, France

Corinne Mandin, Bruno Berthineau

18. UBA, Umweltbundesamt (Federal Environment Agency) – Indoor Hygiene Section, Germany

Heinz-Joern Moriske, Marcia Giacomini, Anett Neumann

19. UOWM, University of Western Macedonia, Greece

John Bartzis, Krystallia Kalimeri, Dikaia Saraga

20. NKUA, National Kapodistrian University of Athens, Greece

Mattheos Santamouris, Margarita Niki Assimakopoulos, Vasiliki Asimakopoulos

21. UMIL, Universitá degli Studio di Milano, Italy

Paolo Carrer, Andrea Cattaneo, Salvatore Pulvirenti, Franco Vercelli, Fabio Strangi, Elida Omeri, Silvia Piazza, Andrea D'Alcamo, Anna Clara Fanetti

22. USiena, Università degli Studi di Siena, Italy

Piersante Sestini, Magdalini Kouri

23. CNR Palermo, National Research Council (CNR) – Institute of Biomedicine and Molecular Immunology (IBIM), Palermo, Italy

Giovanni Viegi, Giuseppe Sarno, Sandra Baldacci, Sara Maio, Sonia Cerrai, Vincenzo Franzitta, Salvatore Bucchieri, Fabio Cibella, Sara Maio

24. FSM, Fondazione Salvatore Maugeri, Italy

Margherita Neri

25. KTU, Kaunas University of Technology, Lithuania

Dainius Martuzevicius, Edvinas Krugly

26. University of Malta, Malta

Stephen Montefort, Peter Fsadni

27. IOMEH, Institute of Occupational Medicine and Environmental Health, Poland

Piotr Brewczynski, Ewa Krakowiak, Jolanta Kurek, Elżbieta Kubarek, Agnieszka Wlazło

28. UAVR CESAM, University of Aveiro – Centre for Environmental and Marine Studies Portugal

Carlos Borrego, Célia Alves, Joana Valente

29. UBB, Babes-Bolyai University, Romania

Eugen Gurzau, Cristina Rosu, Gabriela Popita, Iulia Neamtiu, Cristina Neagu

30. UU, Uppsala University, Sweden

Dan Norback

31. TNO, Netherlands Organisation for Applied Scientific Research, The Netherlands

Phylomena Bluyssen, Michel Bohms

32. HVDGM, Public Health Service Gelderland Midden, The Netherlands

Peter Van Den Hazel

33. RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute for Public Health and the Environment), The Netherlands

Flemming Cassee, Yuri Bruinen de Bruin

34. NILU, Norsk Institutt for Luftforskning (Norwegian Institute for Air Research), Norway

Alena Bartonova, Aileen Yang

35. PHA-SK, Public Health Authority, Slovakia

Katarína Halzlová, Michal Jajcaj, Milada Kániková, Olga Miklankova, Marianna Vítkivá

36. IV, Institute Vinca, Serbia

Milena Jovsevic-Stojanovic, Marija Zivkovic, Zarko Stevanovic, Ivan Lazovic, Zana Stevanovic

37. MC, Dr Dragisa Misovic Medical Centre, Serbia

Zorica Zivkovic, Sofija Cerovic, Jasmina Jocic-Stojanovic

38. UCL, University College London, UK

Dejan Mumovic, Paula Tarttelin, Lia Chatzidiakou, Evangelia Chatzidiakou

Associated Partner

39. Hainaut Public Health Institute, Belgium

Marie-Christine Dewolf

Advisory Committee

ISPRA, Institute for Environmental Protection and Research, Italy

Luciana Sinisi

REHVA, Federation of European HVAC Associations, Belgium

Oli Seppanen

ERS, European Respiratory Society

Nadia Kamel

HEAL, Health & Environment Alliance

Genon K. Jensen, Anne Stauffer

King's College E&H, UK

Frank Kelly

EFA, European Alliance of Asthma and Allergy Associations

Susanna Palkonen

Ministry for Rural Development, Hungary

Zsuzsanna Pocsai

Consulting Tank Experts

ITF, Italian Trust Fund, Ministry for the Environment, Land and Sea, Italy

Stefania Romano

MoH-CY, Ministry of Health, Cyprus

Stella Michaelidou-Canna

DTU, Technical University of Denmark

Pawel Wargocki

Aarhus University, Denmark

Torben Sigsgaard

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 26730 DE – Gemeinsame Forschungsstelle – Institut für Gesundheit und Verbraucherschutz

Titel: **SINPHONIE – Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit Netz der Beobachtungsstellen in Europa: Zusammenfassung des Abschlussberichts**

Autoren: Éva Csobod, Isabella Annesi-Maesano, Paolo Carrer, Stylianos Kephalopoulos, Joana Madureira, Peter Rudnai, Eduardo de Oliveira Fernandes, Josefa Barrero-Moreno, Tímea Beregszászi, Anne Hyvärinen, Hans Moshammer, Dan Norback, Anna Paldy, Tamás Pándics, Piersante Sestini, Marianne Fremde, Martin Täubel, Mihály J. Varró, Eva Vaskovi, Gabriela Ventura und Giovanni Viegi.

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 Arbeiten wurden von einem Konsortium aus 25 Ländern (darunter EUMitgliedstaaten und Beitritts- und Kandidatenländer) unter Leitung des Regionalen Umweltzentrums für Mittel- und Osteuropa, Ungarn, durchgeführt.

Zitierweise:
SINPHONIE – Schadstoffe in Schulgebäuden und Gesundheit Netz der Beobachtungsstellen in Europa: Zusammenfassung des Abschlussberichts
Éva Csobod, Isabella Annesi-Maesano, Paolo Carrer, Stylianos Kephalopoulos, Joana Madureira, Peter Rudnai, Eduardo de Oliveira Fernandes, Josefa Barrero-Moreno, Tímea Beregszászi, Anne Hyvärinen, Hans Moshammer, Dan Norback, Anna Paldy, Tamás Pándics, Piersante Sestini Marianne Fremde, Martin Täubel, Mihály J. Varró, Eva Vaskovi, Gabriela Ventura und Giovanni Viegi. Gemeinsam veröffentlicht von der Generaldirektion Gesundheit und Verbraucher und der Generaldirektion Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission, Luxemburg, 2014.

Dieses Dokument ist mit zwei anderen Dokumenten der SINPHONIE Projekt (SINPHONIE Abschlussbericht und Leitlinien für eine gesunde Umwelt in europäischen Schulen Bericht) verbunden. Alle drei Dokumente können von der JRC Wissenschaft Hub *(https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/human-exposure)* und der Website der SINPHONIE Projekt *(http://www.sinphonie.eu/)* heruntergeladen werden.

Luxembourg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

2014 – 28 pp. – 21.0 x 29.7 cm

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

ISBN 978-92-79-39173-6 (PDF)

doi: 10.2788/95174

LB-NA-26730-DE-N

Publications Office

ISBN 978-92-79-39173-6 (PDF)
doi: 10.2788/95174