

**Lufthygiene in der Schule am Beispiel der CO₂-Konzentration
und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrpersonen
sowie von Schülerinnen und Schülern;
Erhebung des aktuellen Kenntnisstandes unter Nutzung
systematischer Literaturrecherche und Experteninterviews**

Bachelorarbeit

vorgelegt dem Prüfungsausschuss des Fachbereiches Pflege und Gesundheit an der
Fachhochschule Münster

von

Carina Windau

Bernings Kotten 2a
48161 Münster
c.windau@fh-muenster.de

Matrikelnummer: 712432

Referent: Prof. Dr. med. Joachim Gardemann

Korreferent: Norbert Göttker

09. Juli 2015

Abstract

Die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Lufthygiene in der Schule am Beispiel der CO₂-Konzentration und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrpersonen sowie von Schülerinnen und Schülern; Erhebung des aktuellen Kenntnisstandes und Nutzung systematischer Literaturrecherche und Experteninterviews“ thematisiert die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Klassenräumen und dessen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Lehrpersonen, Schülerinnen und Schüler. Die Bestimmung der Luftqualität, die Situationen an verschiedenen Schulen in Deutschland sowie das Lüftungsmanagement werden ausführlich dargelegt. Das Lüftungsmanagement fokussiert die Fensterlüftung. Zudem wird die Situation an einem Berufskolleg in Münster in Westfalen in Form zweier Experteninterviews vorgestellt und mit entsprechender Literatur verglichen. Ferner wird begründet, warum es wichtig ist, die Schulen mit ihren Lehrpersonen und den Schülerinnen und Schülern für das Thema Lufthygiene zu sensibilisieren.

Die Literatur zu diesem Thema konnte hauptsächlich in den Bereichsbibliotheken der Fachhochschule Fachhochschulzentrum (FHZ), Steinfurt sowie im Datenbankinformationssystem (DBIS) gefunden werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Relevanz des Themas Lufthygiene in der Schule am Beispiel der CO₂-Konzentration und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrpersonen sowie von Schülerinnen und Schülern zu verdeutlichen und die Schulen für dieses Thema zu sensibilisieren.

Inhaltsverzeichnis

Abstract	I
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1. Einleitung.....	1
2. Methodik	2
2.1 Formatierung und Zitierweise	2
2.2 Literaturrecherche	3
2.3 Methoden der Experteninterviews	3
3. Ergebnisse.....	6
3.1 CO ₂ -Konzentrationen in Klassenräumen	6
3.1.1 Bestimmung der Luftqualität anhand der CO ₂ -Konzentration	6
3.1.2 Situationen an verschiedenen Schulen in Deutschland.....	9
3.1.3 Lüftungsmanagement	13
3.2 Auswirkungen erhöhter CO ₂ -Konzentration auf die Gesundheit	20
3.2.1 Auswirkungen auf die Gesundheit von Schülerinnen und Schülern	20
3.2.2 Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrerinnen und Lehrern	23
3.3 Interviews.....	24
3.3.1 Ergebnisse der Experteninterviews.....	24
3.3.2 Analyse der Interviews.....	32
4. Diskussion	37
4.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Literatur mit den Ergebnissen der Interviews.....	37
4.2 Begründung für die Notwendigkeit der Sensibilisierung der Schulen für die CO ₂ - Konzentration in den Klassenräumen und die Auswirkungen auf die Gesundheit der Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler	40
5. Fazit.....	42
Literaturverzeichnis.....	44
Anhang	49

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1.</i> Erfundene simulierte CO ₂ -Konzentration in einem Klassenraum während eines Unterrichtstages.....	9
<i>Abbildung 2.</i> Simulierte CO ₂ -Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweiter Aktivitätsgrade: Dauerhafte Kippstellung im Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.....	16
<i>Abbildung 3.</i> Simulierte CO ₂ -Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweiter Aktivitätsgrade: drei Minuten Stoßlüftung nach 45 Minuten Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.	18
<i>Abbildung 4.</i> Simulierte CO ₂ -Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweiter Aktivitätsgrade: drei Minuten Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.	19

Abkürzungsverzeichnis

APA:	American Psychological Association
ASR:	Arbeitsstättenrichtlinie
DBIS:	Datenbankinformationssystem
DFLW	Deutscher Fachverband für Luft- und Wasserhygiene
DIN:	Deutsches Institut für Normierung
EN:	Europäische Norm
FHZ:	Fachhochschulzentrum
HMUELV:	Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
IRK:	Innenraumlufthygiene-Kommission
MAK:	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
NDIR:	nicht-dispersive Infrarot Spektrometrie
OHP:	Overheadprojektor
PAS:	photoakustische Spektroskopie
ppm:	parts per million
RLT-Anlage:	Raumlufttechnische Anlage
PDF:	Portable Dokument Format
QUIRL/CO ₂ :	Qualität der Innenraumluft am Beispiel von CO₂
VDI:	Verein Deutsche Ingenieure
ZNS:	Zentralnervensystem

1. Einleitung

Die Lufthygiene in Innenräumen spielt eine große Rolle, da die deutsche Gesellschaft die meiste Zeit in Gebäuden verbringt. Bezogen auf die Schule bedeutet dies, dass sich die Schüler¹ 30% bis 50% des Tages in einem Schulgebäude aufhalten. Somit werden hier genaue Bewertungsrahmen benötigt. (Fromme et al., 2008, S. 89) Zunächst sollten die Begriffe Luft und Hygiene geklärt werden.

Luft besteht zu 78,09% aus Stickstoff, zu 20,90% aus Sauerstoff, zu etwa 1,00% aus Edelgasen, wie Argon und zu 0,03% aus Kohlenstoffdioxid. Die Luft ist nach Hartmann (2015, S. 38) „das wichtigste Lebensmittel des Menschen“, die ohne untypische Gerüche oder Färbungen nicht wahrgenommen wird. Dies ist der Grund warum das Bewusstsein für Luft wenig ausgeprägt ist. (Hartmann, 2015, S. 37 ff.) Hygiene ist die Lehre der Gesundheit. Dabei kann zwischen dem Umgang mit Organismen, wie z. B. Bakterien und dem Umgang mit Allergenen sowie weiteren potenziell belastenden physikalischen und chemischen Einflussfaktoren, wie etwa Gifte oder Feinstaub, differenziert werden. (Etschenberg, 2008, S. 1289) Lufthygiene ist demnach die Lehre der gesunden Luft.

Die für den Menschen gesunde Luft kann qualitativ bewertet werden. Sie wird durch verschiedene Schadstoffe beeinflusst, wie z. B. flüchtigen organischen Verbindungen, schwerflüchtigen Metallen oder Chemikalien (Hartmann, 2015, S. 45). Um das vielfältige Thema Lufthygiene einzugrenzen, beschränkt sich die vorliegende Arbeit auf den anorganischen Stoff Kohlenstoffdioxid (CO₂), der als Indikator für Lufthygiene verwendet werden kann (Lahrz et al., 2008, S. 1358). Max von Pettenkofer erforschte bereits 1858 die hygienische Raumluft und kam zu dem Ergebnis, dass der Kohlenstoffdioxidgehalt für eine gute Raumluftqualität 0,1 Vol.-%, das bedeutet 1000 ppm, nicht überschreiten sollte (Hartmann, 2015, S. 38 ff.).

Mithilfe des richtigen Lüftens und dem zugrundeliegenden Luftaustausch ist es möglich, den CO₂-Gehalt in der Innenraumluft zu senken. Doch in den deutschen Klassenräumen ist das Lüften mangelhaft. (IRK, 2006, S. 31; Heudorf, 2008, S. 1299) Hinzu kommen dicht abschließende Fenster, die den Luftaustausch minimieren. Das Einsparen von Lehrpersonal und die daraus resultierende hohe Anzahl der Schüler pro Klasse wirken sich bei schlechter Lüftung nachteilig auf die Luftqualität aus. (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197) Es kommt zu einem Dominoeffekt. Denn die schlechte Luftqualität sowie ein schlechtes Lüftungsmanagement beeinflussen die Gesundheit der Lehrpersonen sowie der Schüler negativ.

¹ Zur besseren Lesbarkeit werden in der vorliegenden Arbeit personenbezogene Bezeichnungen, die sich zugleich auf das weibliche und männliche Geschlecht beziehen, in der männlichen Form aufgeführt. Dies soll keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

Obwohl Max von Pettenkofer 1858 wie auch die DIN-Vorschriften DIN EN 13779 (2007, S. 59) und DIN EN 15251 (2012, S. 33) einen Richtwert für die CO₂-Konzentration in Klassenräumen darlegen, tritt häufig ein schlechtes Lüftungsverhalten in Schulen auf. Die Gründe sind vielfältig und die Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentration sind entweder unbekannt oder werden ignoriert.

Die vorliegende Arbeit soll das Thema Lufthygiene in der Schule am Beispiel der CO₂-Konzentration und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrpersonen und Schülern aufgreifen wie auch die Relevanz der Sensibilisierung für dieses Thema deutlich machen. Daher wird nach dem zweiten Kapitel zur Methodik, das die Formatierung und Zitierweise, die Literaturrecherche sowie die Methoden des Experteninterviews beinhaltet, auf die Ergebnisse aus der Literatur und den Experteninterviews eingegangen. Die Ergebnisse der Literatur erstrecken sich von der CO₂-Konzentration in Klassenräumen, die die Bestimmung der Luftqualität anhand der CO₂-Konzentration, die Situationen an verschiedenen Schulen in Deutschland sowie das Lüftungsmanagement enthält, bis hin zu den Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentration auf die Gesundheit von Lehrpersonen und Schüler. Anschließend folgen die Ergebnisse der Interviews, die in einen Ergebnis- und einen Analyseteil gegliedert sind. Darauf folgt das vierte Kapitel mit der Diskussion, wo die Ergebnisse der Literatur und die Ergebnisse der Interviews gegenübergestellt werden. Außerdem wird in diesem Abschnitt eine Begründung für die Notwendigkeit der Sensibilisierung der Schulen für die CO₂-Konzentration in Klassenräumen und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit der Lehrer sowie der Schüler dargelegt. Diese Arbeit wird mit einem Fazit vervollständigt.

2. Methodik

In diesem Abschnitt werden die angewandten Methoden zur Formatierung und Zitierweise, zur systematischen Literaturrecherche sowie zur Durchführung der Experteninterviews erläutert.

2.1 Formatierung und Zitierweise

Für die Formatierungsvorgaben wird die Richtlinie zur Gestaltung von Hausarbeiten, Projektarbeiten und Abschlussarbeiten am Fachbereich Pflege und Gesundheit vom 20.12.2013 herangezogen. Die Zitierweise erfolgt nach den Richtlinien der international anerkannten APA. Diese wird im Bereich des Kurzbelegs im Text durch die Seitenzahl ergänzt, sodass die Quellen genau nachvollziehbar sind. An dem APA-Stil orientieren sich Manuskriptempfehlungen der deutschen Literatur. Die Formatierung der Seitenränder erfolgt nach Absprache mit dem Erstprüfer und auf Rücksichtnahme der Buchbindung.

2.2 Literaturrecherche

Zu Beginn der systematischen Literaturrecherche wurde ein Mitarbeiter der Stadt Münster mit dem Sachgebiet Kinder- und Jugendärztlicher Dienst kontaktiert. Er empfahl der Autorin einen Gesundheitsingenieur der Stadt Münster sowie eine Mitarbeiterin der Hygieneabteilung der Stadt Frankfurt am Main. Daraufhin setzte sich die Verfasserin ebenfalls mit diesen Personen und zusätzlich mit einem Professor des Bereiches Energie, Gebäude und Umwelt der Fachhochschule Münster in Verbindung und erhielt brauchbare Literatur zum Thema Lufthygiene in Klassenräumen sowie zum Thema Lüftungsmanagement. Für den weiteren Erkenntnisgewinn wurde das Schneeballsystem verwendet, wobei die Literaturangaben der vorhandenen Literatur für die weitere Literaturrecherche verwendet wurden. Außerdem wurden Schlagwörter festgehalten, die anschließend per Handsuche in den verschiedenen Hochschulbibliotheken der Universität und der Fachhochschule Münster sowie bei der Verwendung des elektronischen DBIS genutzt wurden. Diese Schlagwörter wurden zu einer Wortliste mit aussagekräftigen Kernbegriffen untergliedert, in der sowohl Synonyme als auch Ober- und Unterbegriffe Berücksichtigung fanden. Diese Wortliste, die u. a. Lufthygiene, Kohlenstoffdioxid, Schule und Konzentration aufführt, wurde für die Recherche genutzt. Für die Methode des Interviews wurde ebenfalls nach Literatur mit den Stichworten Interview und Experteninterview verwendet.

Mithilfe der Stichwörter konnte Literatur in der Fachbereichsbibliothek der Fachhochschule Münster FHZ, die u. a. Literatur für den Bereich des Institutes für berufliche Lehrerbildung und den Fachbereich Oecotrophologie führen, wo z. T. auch Bücher aus der Zweigstelle mit dem Standort Steinfurt bestellt wurden, gefunden werden. In der Bibliothek des Institutes für Erziehungswissenschaft sowie in der Zweigbibliothek Medizin und der Hauptstelle der Universitäts- und Landesbibliothek Münster wurde weitere Literatur gesichtet. Zudem wurde das DBIS der Universitäts- und Landesbibliothek für die Findung von medizinischen Fachzeitschriften genutzt. Die ersten DIN- und VDI-Vorschriften wurden der Verfasserin dieser Bachelorarbeit vom Erstprüfer dieser Arbeit zur Einsicht zur Verfügung gestellt. Weitere DIN- und VDI-Vorschriften, die sich durch das Lesen der vorherigen DIN- und VDI-Vorschriften sowie in einem Gespräch mit dem oben genannten Professor des Fachbereiches Energie, Gebäude und Umwelt der Fachhochschule Münster ergaben, erhielt die Autorin durch diesen Professor ebenfalls zur Einsicht. Es wurde darauf geachtet, die Literatur möglichst aktuell zu halten.

2.3 Methoden der Experteninterviews

Für die weitere Informationsbeschaffung zur Anwendung, Durchführung und möglichen Verbesserungen von CO₂-Messgeräten in Schulen wurden Experteninterviews als Methode der qualitativen Sozialforschung durchgeführt. Diese wird angewendet, da die qualitative Forschung auf der Erfahrungsrealität basiert und nicht auf numerischen Beschreibungen

wie bei der quantitativen Forschung. Gesteuert und gestaltet wird der Gesprächsverlauf des qualitativen Interviews vorrangig von dem Interviewten. (Bortz & Döring, 2006, S. 296 ff.)

In der ersten Befragung mit einer einzelnen Person bzw. einem Experten eines Berufskollegs in Münster in Westfalen wurde das teilstandardisierte Leitfadenterview eingesetzt. Hierzu wurde ein Interviewplan mit Fragenkatalog mithilfe der Interviewtechniken nach Stein (2007, S. 22) entworfen. Dieser enthält Informationen über das Interviewthema, das Datum, die Uhrzeit, den Ort, den Interviewten, den Interviewer, der beabsichtigten Verwendung sowie den Gesprächsablauf (Stein, 2007, S. 22). Der Leitfaden wurde als Gedächtnisstütze verwendet, sodass die Fragen flexibel einsetzbar waren und durch neue Fragen und Themen erweitert werden konnten (Bogner, Menz & Litting, 2014, S. 29 f.).

Das zweite Experteninterview wurde mit einer Klasse derselben Schule von 19 Schülern und einer Lehrerin in Form einer Gruppendiskussion durchgeführt. Dabei ist es möglich, die Ansichten mehrerer Personen und die Gruppendynamik der Kommunikation zu erfassen. Zudem ist die Atmosphäre ungezwungener als in einer Einzelbefragung, da der einzelne Schüler weniger gefordert wird oder sich aus der Diskussion heraushalten kann. (Bortz & Döring, 2006, S. 319) Für die Gruppendiskussion wurde ein Fragenkatalog für die gesamte Klasse erstellt, der dem Fragebogen der ersten Befragung ähnlich ist. Beide Interviewpläne sind im Anhang A und B zu finden.

Aufmerksam wurde die Autorin dieser Arbeit auf das Berufskolleg, welches CO₂-Messgeräte verwendet, durch eine Kommilitonin, die zurzeit das Praxissemester an dieser Schule absolviert. Daraufhin wurde die Schule per E-Mail kontaktiert. Da es keine Rückmeldung gab, wurde bei einer Lehrperson dieser Schule, welchen die Autorin während ihres Studiums kennengelernt hatte, bzgl. eines Interviews angefragt. Dieser lud die Verfasserin am 24. April 2015 zu einem Experteninterview in die Schule ein. Die Interviewerin informierte den Gesprächspartner über das Thema der Bachelorarbeit, den Zweck des Interviews und die Vorgehensweise während des Interviews. Vor Beginn der Befragung ermöglichte der Interviewpartner das Fotografieren der CO₂-Messgeräte im Sekretariat und in zwei Klassenräumen. Diese Fotos dürfen von der Interviewerin dieser Arbeit beigelegt werden und sind im Anhang E zu finden. Anschließend wurde das Leitfadenterview, nach mündlicher Einwilligung der Lehrperson, mit der Applikation „Diktiergerät“ (Splend App) mit einem Mobiltelefon der Marke Motorola G2 auditiv aufgezeichnet. Die Aufzeichnung, die Transkription und die Verwendung der Inhalte des Interviews für diese Bachelorarbeit wurden mündlich vereinbart. Die Interviewerin fordert den Gesprächspartner auf, etwas über die Einführung der Messgeräte zu erzählen. Dabei berücksichtigt diese den zuvor angefertigten Fragenkatalog und befragt den Interviewpartner an einigen Stellen genauer. Außerdem werden zusätzliche Fragen, die sich aus den Antworten des Interviewten ergeben, in den Fragenkatalog aufgenommen. Am Ende bedankte sich die Interviewerin bei ihrem Gesprächspartner

für das Interview und die Hilfsbereitschaft. Mithilfe der Audioaufnahme und notierter Stichpunkte, konnte die Aufnahme transkribiert sowie eine angemessene Verschriftlichung und Auswertung des Interviews gewährleistet werden. Nach der Transkription wurde das Schriftstück an den Befragten als PDF-Dokument per E-Mail gesendet, um mögliche Fehler zu korrigieren sowie die Zustimmung für die weitere Verwendung einzuholen.

Während dieses Interviews bot der Lehrer an, eine Klasse derselben Schule zu befragen. Dieses Angebot hat die Interviewerin angenommen. Dazu vereinbarte sie gemeinsam mit der zuständigen Lehrperson und der Klasse einen Interviewtermin, welcher per E-Mail nochmals bestätigt wurde. Das Gruppeninterview mit den Schülerexperten vollzog sich zwölf Tage nach dem Leitfadeninterview. Dazu wurde ein weiterer Fragenkatalog vorbereitet, der zu dem vorherigen Katalog aus der Einzelbefragung passt, und in Form der Gruppendiskussion angewendet. Um eine gute Atmosphäre zu gewährleisten, hat das Interview in einem sogenannten Spielraum der Schule stattgefunden. Um die Vollständigkeit der Antworten garantieren zu können, wurde erneut ein mündlicher Vertrag abgeschlossen, durch den gewährleistet wurde, dass die Schüler und die Lehrkraft mit einer auditiven Aufzeichnung, die im Anschluss vernichtet wird und nicht transkribiert wird, einverstanden sind. Die Schüler und die Lehrkraft waren einstimmig einverstanden. Die Interviewerin bot die Möglichkeit, dass nicht auditiv aufgezeichnet wird, sobald eine Gegenmeldung käme. Würde ein Schüler an dem gesamten Interview nicht teilnehmen wollen, hätte dieser die Möglichkeit erhalten, den Raum zu verlassen. Nachdem jeder Schüler einzeln zugestimmt hat, begann die Autorin mit der Audioaufzeichnung. Diese wurde erneut mit der Applikation „Diktiergerät“ mit dem Motorola G2 aufgenommen. Um die Stimmen der Aufnahme den jeweiligen Personen einordnen zu können, erhielt jeder Schüler und die Lehrperson eine Zahl, die die Schüler und die Lehrkraft vor ihrem Redeanteil laut sagen sollten. Diese Vorgehensweise setzte die Klasse um. Während des Interviews wurde die Reihenfolge der Fragen vertauscht, um möglichst gut auf die gegebenen Antworten reagieren zu können. Zum Schluss fasste die Autorin dieser Arbeit das gesamte Interview zusammen, bedankte sich bei den Gesprächspartnern für das Interview und bot an, ihnen die Bachelorarbeit nach Fertigstellung zur Verfügung zu stellen. Um die Anonymität der Schüler und der Lehrkraft zu gewährleisten und diese Arbeit einheitlich gestalten zu können, transformierte die Autorin die Zahlen in alphabetischer Reihenfolgen in die Buchstaben B bis U um. Zudem wurden die gegebenen Antworten den entsprechenden Fragen zugeordnet und sind im Anhang D nachzulesen.

3. Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden alle Erkenntnisse der Literatur und dessen aktueller Kenntnisstand zum Thema Lufthygiene am Beispiel der CO₂-Konzentration in Klassenräumen und ihre Auswirkung auf die Gesundheit von Lehrpersonen sowie von Schülern vorgestellt. Weiter werden die Ergebnisse der eigenen Erhebung dargelegt.

3.1 CO₂-Konzentrationen in Klassenräumen

Kohlenstoffdioxid ist eine chemische Verbindung aus Kohlenstoff und Sauerstoff. Es ist farb-, geruchs- und geschmacklos (VDI 4300 Blatt 9, 2005, S. 5). Kohlenstoffdioxid wird durch die Verbrennung organischen Materials und somit als Abbauprodukt der Atmung erzeugt (IRK, 2000, S. 17). Das bedeutet, dass der Mensch wesentlich zu der Verunreinigung der Innenraumluft beiträgt. Neben dem Menschen tragen äußere Einflüsse, wie Rauch oder das Abbrennen von Kerzen, ebenfalls zu Luftverschmutzung bei. (Pluschke, 1996, S. 71 ff.) Ein Innenraum ist, nach VDI 6022 Blatt 3 (2011, S. 5), ein vor Witterungseinflüssen geschützter Raum. Auf die Schule bezogen, bedeutet das, dass bei einer hohen Raumbelastung in schlecht belüfteten oder stark genutzten Klassenräumen durch die Schüler selbst eine hohe CO₂-Konzentration entsteht. Steigt die CO₂-Konzentration an, erhöht sich ebenfalls die Geruchsintensität der menschlichen Ausdünstungen sowie die Menge der flüchtigen organischen Verbindungen. (Pluschke, 1996, S. 69) Dies hat Einfluss auf die Raumlufthygiene.

Um die Raumlufthygiene ermitteln zu können, kann CO₂ als Indikator verwendet werden. (Lahrz et al., 2008, S. 1358) Dies wird im folgenden Abschnitt genauer erläutert. Des Weiteren wird auf die Situationen an deutschen Schulen bzgl. der Lufthygiene eingegangen sowie das Lüftungsmanagement genau betrachtet.

3.1.1 Bestimmung der Luftqualität anhand der CO₂-Konzentration

Der CO₂-Gehalt wird in der Einheit „parts per million“ gemessen, das bedeutet, dass 1 cm³ Schadstoff auf 1 m³ Luft kommt. Ein CO₂ Gehalt von 0,1% sind 1000 cm³ auf 1 m³ also 1000 ppm. (Hankammer & Lorenz, 2007, S. 274) Vor der Festlegung des CO₂-Wertes durch die DIN-Vorschrift, definierte Max von Pettenkofer in der Mitte des 19. Jahrhunderts einen Wert von 1000 ppm, den er als unbedenklichen Maximalwert für die Lufthygiene festlegte (VDI 4300 Blatt 9, 2005, S. 8).

Für die Bestimmung der Luftqualität wird zunächst eine Beschreibung für gesundheitsverträgliche Raumlufqualität benötigt. Die VDI-Richtlinie 6022 Blatt 3 (2011, S. 2) nennt die Raumlufqualität als gesundheitsverträglich, „wenn die Raumluf und das Raumklima von den Nutzern als angenehm und behaglich empfunden werden, keine negativen Geruchswahrnehmungen vorhanden sind und alle physikalischen, chemischen und biologischen Messgrößen in einem hier definierten Bereich liegen“.

Ferner werden für die Beurteilung der CO₂-Konzentration in Innenräumen und somit auch in Klassenräumen sogenannte DIN-Normen sowie VDI-Richtlinien als Entscheidungshilfe angeboten. Die DIN EN 13779 gibt Richtwerte anhand der Personen vor, die DIN 15251 gibt ebenfalls Richtwerte vor, die aber zusätzlich die Gebäudeemissionen miteinbezieht. Dennoch unterscheiden sich diese Werte nicht wesentlich. (DIN EN 13779, 2007, S. 59; DIN EN 15251, 2012, S. 33) Für die weitere Festlegung der Richtwerte wird die DIN EN 13779 (2007, S. 59) herangezogen, wo ein Kohlenstoffdioxidgehalt von 1500 ppm vorgeschrieben ist und nach Pluschke (1996, S. 76) langfristig nicht überschritten werden sollte. Zudem klassifiziert diese DIN-Vorschrift die Luftqualität in Aufenthaltsräumen nach hoher Raumlufqualität, mittlere Raumlufqualität, mäßige Raumlufqualität und niedrige Raumlufqualität. Da sich die CO₂-Werte der DIN EN 13779 auf die CO₂-Konzentration der Außenluft berechnen und diese schätzungsweise bei 380 ppm liegt, kann die Raumlufqualität genau klassifiziert werden (DIN EN 13779, 2007, S. 59; Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2003, S. 7). Bis zu einem CO₂-Gehalt von 780 ppm ist die Raumlufqualität hoch. Zwischen 780 ppm bis 980 ppm herrscht eine mittlere Raumlufqualität und zwischen 980 ppm und 1380 ppm ist die Raumlufqualität mäßig. Ab einem Wert von 1380 ppm ist die Raumlufqualität niedrig. Der MAK-Wert liegt bei 5000 ppm (Pluschke, 1996, S. 76; Hartmann, 2015, S. 47). Dieser Grenzwert kann als Toleranzwert gesehen werden. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz (1984, S. 5) charakterisiert diese Toleranzwerte wie folgt: „Toleranzwerte sind maximale Konzentrationen von chemischen Substanzen in der Luft am Arbeitsplatz oder im Organismus der Beschäftigten, bei deren Einhaltung nicht mehr mit einer Gesundheitsschädigung gerechnet wird.“ Zudem wird dem MAK-Wert eine Belastungszeit von acht Arbeitsstunden bei einer durchschnittlichen Arbeitswoche von 40 Stunden zugrunde gelegt. Dabei kann eine Überschreitung nicht durch eine Unterschreitung des MAK-Wertes von 5000 ppm ausgeglichen werden. (Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 1984, S. 7 ff.)

Wichtige Kriterien der Raumlufqualität sind Auskünfte über die Anzahl der Personen im Innenraum, das Raumvolumen, die Aktivität der Personen im Innenraum, die Dauer der Raumnutzung, den Luftwechsel, das Rauchen sowie Emissionsquellen neben dem menschlichen Stoffwechsel. Beeinflusst wird die Qualität zusätzlich durch die Luftfeuchte und die Temperatur (Lahrz et al., 2008, S. 1358). Für eine angemessene Raumgröße sollten jedem Schüler 2,5 m² Bodenfläche zur Verfügung stehen. (DIN EN 13779, 2009, S. 29) Das bedeutet, dass eine Klasse mit 25 Schülern einen Klassenraum von 65 m² benötigt, wenn die Lehrperson mit eingerechnet wird.

Um den Kohlenstoffdioxidgehalt der Innenraumluft zu messen, kann nach VDI 4300 Blatt 9 (2005, S. 10) die NDIR oder die PAS Anwendung finden. Die nicht-dispersive Infrarot Spektrometrie bildet mithilfe der im infraroten Bereich absorbierten Anregungsenergie eine gewünschte technische Maßeinheit ab. In diesem Fall wäre es die Maßeinheit ppm. Zudem

wird für die NDIR-Technik nur ein einzelner Strahlengang benötigt, sodass eine einfache, kostengünstige Einrichtung der Messgeräte möglich ist (LumaSense Technologies, 2015). Die PAS transformiert die absorbierte Anregungsenergie des infraroten Bereiches in ein Signal um. Dazu müssen Quereinflüsse, wie Wasserdampf, bei der Kalibrierung beachtet werden. Diese beiden Messverfahren sind in einem Konzentrationsbereich zwischen 1 ppm und 5000 ppm zuverlässig und kontinuierlich bestimmbar. Zudem sollten die Messungen nach DIN EN 15251 (2012, S. 22) vorzugsweise im Winter durchgeführt werden, da sich herausgestellt hat, dass die Zuluft unter winterlichen Bedingungen geringer ausfällt als unter sommerlichen.

Für Räume bis 50 m² kann die Messung mithilfe einer Probenahmestelle durchgeführt werden. Ab 50 m² sind mehrere Stellen anzubringen. Gemessen wird bei der freien Lüftung, die in Punkt 3.1.3 genau erklärt wird, in einer Höhe von 1,5 m sowie in einen bis zwei Meter Abstand zu den Wänden. Zwischen den Geräten ist auf einen ausreichenden Abstand zu achten. Bei einer maschinellen Lüftung sind die Probennehmer direkt an der Zuluft anzubringen. Dies bringt den Vorteil, dass die Vorbelastungen erkennbar werden. Ziele der Messungen sind die Überprüfung der Einhaltung der vorgegebenen Richtwerte sowie das Überprüfen der Lüftungssituationen in Räumen. (VDI 4300 Blatt 9, 2005, S. 10 ff.)

Eine weitere Möglichkeit neben der CO₂-Messung bietet die VDI 6040 Blatt 2. Mithilfe dieser kann der Verlauf der CO₂-Konzentration rechnerisch ermittelt werden. Zusätzlich können Lüftungsmaßnahmen, die Uhrzeit, die Raumfläche und –höhe sowie die Raumbelastung eingefügt werden. Die Rechnung der VDI 6040 Blatt 2 ist kritisch zu betrachten, da der Luftstrom zu jeder Jahreszeit und bei unterschiedlichen Wetterbedingungen anders verläuft. Zudem werden hier Werte für die Kipplüftung berechnet, die wenig energieeffizient ist. Ein weiteres Programm bzw. Modell wurde von dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt (2003) erarbeitet, welches die Qualität der Innenraumluft anhand des Kohlenstoffdioxids simulierend darstellt. Dabei wird für die relevanten Prozesse der notwendige Mindestmaßstab fokussiert. (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2003, S. 4) Dieses Modell nennt sich QUIRL und gibt Beispiele für die Luftwechselrate, der CO₂-Konzentration durch die Raumnutzer sowie Schlüsselwörter für eine einfache Berechnung an. Die resultierende Grafik enthält eine horizontale Achse, wo die genaue Zeitangabe eingezeichnet ist, die vertikale Achse zeigt die CO₂-Werte in ppm an. Der Referenzwert von 1500 ppm wird in Form einer gelben waagerechten Linie dargestellt.

Die folgende Abbildung zeigt eine erfundene Simulation der CO₂-Konzentration während eines beliebigen Unterrichtstages von 07:45 Uhr bis 14:00 Uhr. Der rote Graph zeigt ein Schultag ohne Lüftung mit einfachen, geschlossenen Fenstern, der grüne Graph simuliert einen Schultag mit Lüftungsphasen in Form der Stoßlüftung während der Pausen. Die letzte Unterrichtsstunde beinhaltet in dieser Simulation zwei Personen weniger im Klassenraum.

Zudem wird ein leichter Aktivitätsgrad ab einem Alter von 15 Jahren festgelegt, um eine Klasse in einem Berufskolleg, die den Studiengang der Autorin widerspiegelt, anzuzeigen.

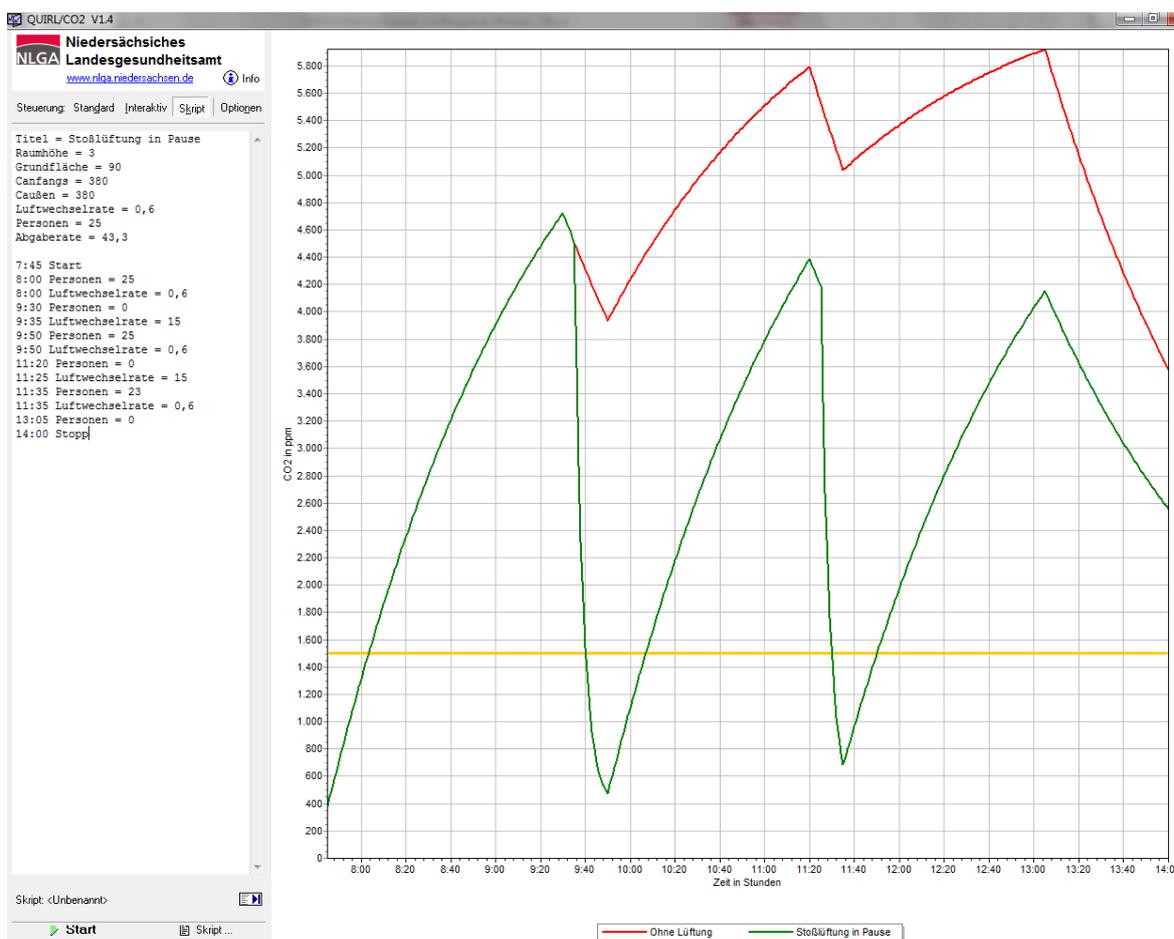


Abbildung 1. Erfundene simulierte CO₂-Konzentration in einem Klassenraum während eines Unterrichtstages.

Abbildung 1 zeigt, dass durch die Stoßlüftung der CO₂-Gehalt erheblich gesenkt wird. Jedoch bleibt dieser nur etwa 20 Minuten unterhalb des gelb markierten Referenzwertes von 1500 ppm.

Zusammengefasst kann die Luftqualität anhand der CO₂-Konzentration ermittelt werden, wobei ein CO₂-Gehalt in Innenräumen 1500 ppm nicht überschreiten sollte.

3.1.2 Situationen an verschiedenen Schulen in Deutschland

In verschiedenen Bundesländern und deren Städten wurden Messungen zur CO₂-Konzentration an Schulen durchgeführt. Neumann und Buxtrup (2014, S. 235 f.) berichten von Messungen an 111 Schulen unterschiedlicher Schulformen und 363 Klassenräumen in Nordrhein Westfalen, wo sowohl Kohlenstoffdioxid als auch das Raumklima erfasst wurden. Gemessen wurde in Klassenräumen, wo bisher keine Beschwerden wegen schlechter Raumluftqualität vorlagen. Um auch weiterhin ein gutes Raumklima zu erbringen, wurde die Anzahl der geöffneten Fenster mit den Lehrpersonen und den Schülern abgesprochen. Die Messgeräte befanden sich mindestens 1,5 m von der Wand entfernt und auf der Mittelachse

des Raumes im Bereich der letzten Tischreihe. Die Höhe vom Fußboden betrug 1,2 m. (Neumann & Buxtrup, 2014, S. 235 f.) Diese Angaben entsprechen der VDI-Richtlinie 4300 Blatt 9 (2005, S. 10 ff.).

Der Messbereich lag zwischen 0 ppm und 50.000 ppm mit einer Auflösung von 100 ppm. Die Messungen erfolgten zunächst in einem leeren Raum, in dem seit mindestens acht Stunden nicht gelüftet wurde und nochmals am Ende der ersten Unterrichtsstunde ohne Lüftung. Anschließend wurde die Stoßlüftung mit Türen und Fenstern angewendet. Da die Stoßlüftung nur eine Seite zum Lüften verwendet, besteht die Annahme, dass die Autoren an dieser Stelle die Querlüftung meinen. Die dritte Messung erfolgte anschließend zu Beginn der zweiten Unterrichtsstunde und nochmals am Ende dieser Stunde. Während der zweiten Stunde wurden die Fenster in die Kippstellung gebracht. Ferner wurden die Klassenvolumina erfasst. Das Mittel betrug 205 m³. Die kleinsten Volumina befanden sich in den Sonderschulen und am Gymnasium. Die größten Klassenvolumina wiesen die Berufskollegs auf. Durchschnittlich befanden sich 23 Personen in diesen Räumen, sodass die Schüler bei einer Deckenhöhe von 3,5 m mindestens 2,5 m² Bodenfläche zur Verfügung hatten und der DIN EN 13779 (2009, S. 29) entsprechen. Die Medianwerte der CO₂-Konzentration waren ohne Kippstellung bei 2000 ppm und bei 1000 ppm mit Kippstellung. Der Maximalwert wurde in einer Realschule mit einem Wert von 3900 ppm gemessen. (Neumann & Buxtrup, 2014, S. 235 f.)

Bei dieser Untersuchung wurden außerdem die Temperaturen im Innenraum erfasst. Diese betragen im Winter ohne Lüftung zwischen 19,4° C und 28,3° C und mit Lüftung 18,0° C und 26,5° C. Im Sommer lagen die Werte ohne Lüftung bei 20,2° C bis 31,1° C und mit Lüftung zwischen 19,8° C und 30,1° C. Diese Werte lassen einen Unterschied von ca. 1° C bis 2° C zu, sodass Neumann und Buxtrup angeben, dass diese Werte als nicht zu kühl empfunden werden sollten. (Neumann & Buxtrup, 2014, S. 236) Doch die technischen Regeln für Arbeitsstätten geben eine Mindesttemperatur von 20°C bei leichter Tätigkeit, wie leichte Hand- oder Armarbeit, ruhiges Sitzen oder Stehen sowie leichtes Gehen, vor. Dabei sollte die Temperatur von 26° C nicht überschritten werden. (ASR A3.5, 2010, S. 4) Liegt die Außentemperatur bei über 26° C, so sind geeignete Maßnahmen, wie bspw. die Lüftung in den Morgenstunden oder das effektive Einsetzen eines Sonnenschutzes, anzuwenden (ASR A3.5; 2010, S. 6).

Süd-Bayern

In Süd-Bayern wurden 92 Klassen im Winter und 76 Klassen im Sommer an Grund- und weiterführenden Schulen hinsichtlich der Innenraumluftqualität untersucht. Diese Studie wurde in zwei Messperioden aufgeteilt. Die erste Teiluntersuchung fand vom 02. Dezember 2004 bis zum 16. März 2005 für die Wintermessung und die zweite vom 02. Mai 2005 bis zum 28. Juli 2005 für die Sommermessung statt. Zudem wurde in den jeweils drei Monaten

möglichst in den gleichen Räumen gemessen. Die Innenraumluftqualität wurde mithilfe von Klimaparameter, flüchtigen organischen Substanzen und, für diese Arbeit wichtig, Kohlenstoffdioxid gemessen. Wie in der oben vorgestellten Studie, wurden auch hier die Daten der Raum- und Gebäudecharaktere anhand eines standardisierten Fragebogens erhoben und die Messungen in der jeweiligen Messperioden während des Unterrichts durchgeführt. (Fromme et al., 2008a, S. 88 ff.)

Der Standort unterscheidet sich bei Fromme et al. (2008, S. 90) von denen von Neumann und Buxtrup (2014, S. 235 f.). In dieser Studie wurden Kombi-Messgeräte Testo 445 der Firma Testo an der hinteren Wand gegenüber der Schultafel in der Mitte befestigt. Sie befanden sich ca. 50 cm von der Wand entfernt. Die Sensoren zur Messung lagen 90 cm über dem Fußboden. Diese Angaben weichen von der VDI 4300 Blatt 9 (2005, S. 10 ff.) ab. Zugleich wurden Werte der Außenluft vor dem entsprechenden Klassenraum aufgezeichnet. Die Messgenauigkeit betrug bei 0 ppm bis 5000 ppm +/- 2% vom Messwert bzw. 3% vom Messwert im restlichen Bereich. Die Kalibrierung der Fühler lag bei 0 ppm, 1015 ppm sowie bei 5010 ppm. Zudem wurden die Anzahl der Personen und das Raumvolumen der Klassenzimmer berücksichtigt und u. a. als Median angegeben. Im Winter waren 23 Personen und im Sommer 24 Personen anwesend. Der Median des Raumvolumens lag bei 222 m³, sodass auch hier die DIN EN 13779 eingehalten wird. (Fromme et al., 2008, S. 90 f.)

Der Indikator der Innenraumlufthygiene CO₂ zeigte im Median zwischen 598 ppm und 4172 ppm im Winter sowie zwischen 480 ppm und 1875 ppm Sommer an. Diese Werte weisen einen großen Unterschied auf und bedürfen laut ASR A3.6 (2012, S. 4) Maßnahmen zur Verbesserung des Lüftungsverhaltens. Bei Werten über 2000 ppm erfordert es weitere Maßnahmen, wie etwa die Verminderung der Personenzahl im Klassenraum. Zudem wurde der Wert von 1000 ppm im Sommer um 20% überschritten, wohingegen im Winter 92% diesen Wert überstiegen. Eine weitere Auffälligkeit war zwischen den Medianen mit einer Differenz von 51% zu erkennen. Denn im Winter lagen 60% über diesem Wert und im Sommer waren es 9%. Daraus geht hervor, dass die Raumlufqualität im Winter hygienisch inakzeptabel ist. (Fromme et al., 2008, S. 92) Auch Fromme et al. (2008, S. 88) stellten fest, dass die Klassengröße die Raumlufqualität signifikant beeinflusst. Das Stadtgesundheitsamt Frankfurt (2006, S. 25) ergänzt: „Zwischen der Kohlendioxidkonzentration im Raum und der Anzahl der Aktivität der Raumnutzer besteht erfahrungsgemäß ein hochsignifikanter und zu der Lüftung (dem Lüftungsindex) ein hochsignifikanter negativer Zusammenhang“.

Frankfurt

Die Stadt Frankfurt führte ebenfalls eine Studie durch, in der u.a. der Kohlenstoffdioxidgehalt untersucht wurde. Dazu wurde ein Lüftungsindex angelegt. Dieser ordnete den Fenstern eine Zahl zu, die auf die Größe des Lüftungsvolumens passen. Das bedeutet, dass die Kipplüftung einen Wert von 0,5 und ein weit geöffnetes Fenster oder eine weit geöffnete Tür einen Wert von 1 erhält. Der Lüftungsindex entstand durch die Addition dieser Punkte. (Stadtgesundheitsamt Frankfurt, 2006, S. 6 ff.) Hier lagen die CO₂-Werte bei der Lüftung, wie sie zuvor angewendet wurde, zwischen 1437 ppm und 1479 ppm und einem Lüftungsindex von 1,3. In der dritten Woche sollte die Schule eine intensivere Lüftung durchführen. (Stadtgesundheitsamt Frankfurt, 2006, S. 22) Das bedeutet, dass sowohl vor Unterrichtsbeginn der ersten Stunde als auch in jeder Pause alle Fenster vollständig geöffnet und die Oberlichter auf Kippstellung gebracht wurden (Stadtgesundheitsamt Frankfurt, 2006, S. 7). Während der Untersuchung fiel auf, dass der Lüftungsindex in Altbauten geringer ausfiel als in Neubauten. Dies hatte negative Auswirkungen auf den CO₂-Gehalt in der Innenraumluft. Trotz einiger Schwierigkeiten während der Studie, wie die unzureichende Umsetzung der Lüftungsvorgaben, war erkennbar, dass die Richtwerte von 1000 ppm und 1500 ppm die meiste Zeit überschritten wurden. (Stadtgesundheitsamt Frankfurt, 2006, S. 22) Es stellte sich heraus, dass die Pausenlüftung unzureichend durchgeführt wurde. Dafür gab es unterschiedliche Gründe, beispielshalber die Sicherheitsbedenken oder die Konstruktion der Fenster.

Anders als bei Neumann und Buxtrup (2014, S. 235 f.) wird hier von der Kipplüftung abgeraten, da diese nicht den erforderlichen Effekt erzielt. Vielmehr sollte der Querlüftung mehr Aufmerksamkeit zukommen. Allerdings liegt dieser vorgestellten Studie nur eine geringe Datengrundlage vor. (Stadtgesundheitsamt Frankfurt, 2006, S. 32 ff.)

Hannover

Im niedersächsischen Hannover wurden vier Schulen innerhalb und drei außerhalb der Stadt auf Temperatur, relative Luftfeuchte und Kohlenstoffdioxid untersucht, wobei die äußeren Bedingungen, wie bspw. die Windgeschwindigkeit, ebenfalls Beachtung fanden. In dieser Studie wurde mit zwei Messgeräten gemessen, wobei ein Messgerät pro Raum Verwendung fand. (Grams, Hehl & Dreesman, 2004, S. 4 ff.) Die Räume unterschieden sich hinsichtlich der Belüftungssituation. Die einen Klassenräume wurden mithilfe der freien Lüftung, wie die Fensterlüftung gelüftet und die anderen künstlich, mithilfe einer RLT-Anlage (Grams et al., 2004, S. 11). Die Messdauer betrug pro Schule über einen Zeitraum von zwei Schultagen pro Raum etwa acht Stunden am Tag. Die untersuchten Klassen bekamen den Auftrag, die Lüftung bis zur vorletzten Stunde alltagsnah durchzuführen. Ab den letzten zwei Unterrichtsstunden blieben die Fenster und Türen geschlossen. Sobald der Unterricht beendet wurde, sollte die Klasse schnell verlassen und verschlossen werden. Grund dafür

war, dass eine erhöhte CO₂-Konzentration herbeigeführt werden sollte, um ungünstige Unterrichtsbedingungen zu simulieren. Auch in dieser einjährigen Studie war festzustellen, dass sich die Werte des Winters erheblich von den Werten im Sommer unterschieden. In 89% der Messungen wurden im Winter die DIN-Vorgaben von 1500 ppm überschritten und in 11% der Fälle unterschritten. Im Sommer hingegen gab es 32% Über- und 68% Unterschreitungen. Hingegen gab es in den künstlich belüfteten Räumen, die gering belegt waren, keine auffälligen CO₂-Konzentrationen. Werden die CO₂-Konzentrationen genauer betrachtet, so lag dieser Wert im Sommer durchschnittlich bei 766 ppm und im Winter bei 1652 ppm. Wie in den vorherigen Studien auch, gab es hier Unterschiede zwischen der Lüftung im Winter und der Lüftung im Sommer. (Grams et al., 2004, S. 4 ff.) Grams et al. (2004, S. 24) erkannten, dass für jeden Temperaturabfall um 1° C die CO₂-Konzentration im Durchschnitt um 40 ppm anstieg.

Im Mittel waren dort 25 Personen in einer Klasse, wobei das Klassenvolumen 212,5 m³ betrug. Somit wurde die Vorschrift DIN EN 13779 bei einer Deckenhöhe von 3 m erfüllt und bei einer Deckenhöhe von 3,5 m nicht eingehalten. Die Temperaturen lagen im Sommer durchschnittlich bei 22,9°C sowie bei 20,9°C im Winter. Ebenfalls wurden hier Zusammenhänge zwischen Kohlenstoffdioxid, Jahreszeit, Außentemperatur und Fensteralter entdeckt. (Wegner nach Grams et al., 2004, S. 12 ff.) Dennoch wiederlegten sie die Vermutung, dass die Fugenlüftung bei älteren Fenstern einen niedrigeren CO₂-Wert hat. Vielmehr war die Größe der Fensterfläche unzureichend, da sie sich nur bedingt öffnen ließen. Auch das Atemvolumen der Schüler beeinflusste die CO₂-Konzentration, da ein 20-jähriger Schüler um den Faktor 2,4 mehr CO₂ in der Stunde produziert als ein sechsjähriger Schüler. (Grams et al., 2004, S. 24)

Somit lagen in allen Klassen ohne RLT-Anlagen, wo die Studie stattgefunden hat, vor allem im Winter über 1500 ppm. Diese Studien wurden vereinzelt durchgeführt und können nicht verallgemeinert werden. Dennoch sollten die Schulen in Deutschland auf ein sinnvolles Lüftungsmanagement aufmerksam gemacht und für Luftqualität sensibilisiert werden, um dieses wichtige Thema präsent zu machen. (Grams et al., 2004, S. 24)

Auch in Passivhausschulen wurden die CO₂-Konzentrationen von 1000 ppm während des gesamten Jahres zu 33,33% überschritten. Zwar wurde ein Wert von 1500 ppm nur selten erreicht, doch eine Konzentration von 1400 ppm wurde überschritten. Daher lässt sich sagen, dass in den Passivhausschulen ebenfalls eine niedrige Raumluftqualität vorlag. (Heudorf, 2007, S. 2)

3.1.3 Lüftungsmanagement

In einer Klasse sind die Schüler sowie die anwesende Lehrperson die Hauptquelle der Verunreinigung der Innenraumluft. Daher ist das regelmäßige Lüften in Schulen besonders wichtig, um diese schadstoffreiche Luft, die bspw. von der CO₂-Konzentrationen verursacht

wird, durch frische Luft zu ersetzen (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197). So soll die Luft hygienisch und/ oder technologisch zulässig werden (Trogisch, 2009, S. 92). Der Austausch der Luft wird als Luftwechselzahl beschrieben, die sich aus dem Zuluftstrom in den Raum hinein und der Raumgröße berechnen lässt. Diese Größe ist dimensionslos und wird pro Zeiteinheit definiert. Das bedeutet bei 1/h, „dass (rechnerisch) das gesamte Raumluftvolumen eines Raumes innerhalb von einer Stunde vollständig ausgetauscht wird“ (IRK, 2000, S. 10; HMUELV, 2012, S. 3). Typische Luftwechselraten liegen bei geschlossenen isolierten Fenstern bei 0,2/h bis 0,4/h, bei geschlossenen, einfachen Fenster bei 0,5/h bis 0,8/h, während der Kipplüftung bei 3/h bis 10/h sowie bei weit geöffneten Fenstern bei 10/h bis 20/h (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2003, S. 6)

Die Luftwechselrate ist von der Dichte der Fenster und von der Anzahl wie auch von der Dauer der geöffneten Fenster abhängig. Das bedeutet, je undichter die Fenster, desto höher die Luftwechselrate. (HMUELV, 2012, S. 3) Bei einer hohen Kohlenstoffdioxidbelastung, ist die notwendige Luftwechselrate höher als wenn die Kohlenstoffdioxidbelastung gering ausfällt. Laut IRK benötigt eine Klasse in einem Klassenraum eine drei- bis vierfache Luftwechselzahl pro Stunde und muss regelmäßig gelüftet werden. (IRK, 2000, S. 10) Ebenso muss zwei bis dreimal gelüftet werden, wenn das Wetter mild und feucht ist, um Schimmelpilzbildung vorzubeugen (HMUELV, 2012, S. 6). Die energieeffizienten Gebäude verringern, im Gegensatz zu ineffizienten Schulen, die natürliche Lüftung in geschlossenen Räume. Somit ist ein höheres Lüftungsmanagement durch den Raumnutzer, wie die Schüler oder die Lehrperson, nötig, um eine gute Raumlufqualität gewährleisten zu können. (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1). Sinnvoll ist nach Bachmann und Lange (2013, S. 395) eine „nicht vom Nutzer beeinflussbare Grundlüftung“, wie etwa durch Falzlüftung.

Dazu gibt es verschiedene Lüftungstechnische Maßnahmen, die die Raumluf verändern können. Die VDI 6022 Blatt 3 gibt hier die freie Lüftung und die maschinelle Lüftung mit oder ohne Luftbehandlung an. Zu der freien Lüftung werden die Fensterlüftung, die Schachtlüftung und die Dachaufsatzlüftung gezählt. Durch die freie Lüftung kann die Raumlufqualität eingeschränkt eingehalten werden, da sie von den äußeren Bedingungen, wie den Windverhältnissen, der Grundrissgestaltung und vom Lüftungsverhalten der Schüler und Lehrpersonen, abhängig ist (Bachmann & Lange, 2013, S. 395). Die freie Lüftung benötigt nach VDI 6040 Blatt 2 (2014, S. 7) eine ausreichende Raumhöhe sowie hohe Fensterflügel. Denn bei eine Raumhöhe unter 3,5 m und Belegungsdichten kleiner gleich 2,5 m² pro Person, stößt die freie Lüftung an ihre Grenzen. Die maschinelle Lüftung ist relativ unabhängig von den Außenbereichen und kann die Luftverschmutzung minimieren sowie einen Luftaustausch mit geringerer Luftbelastung gewährleisten. In manchen Fällen kann eine mechanische Lüftung erforderlich sein, weil eine Luftzufuhr über die Fensterlüftung

nicht ausreicht. (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197 f.) Doch diese Lüftungsanlagen bergen hygienische Risiken, wie die Vermehrung von Mikroorganismen, die bei der Einsetzung berücksichtigt werden müssen (DFLW, 2012). Zudem muss mit Ausfällen gerechnet werden, was eine regelmäßige Kontrolle, Wartung und Instandhaltung erfordert (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197 f.). Diese mechanische Lüftung bzw. Ablüftung findet in der Schule in Räumen Anwendung, in denen mit Schadstoffen gearbeitet wird, wie beispielshalber in einem Chemieraum (IRK, 2000, S. 7; IRK, 2008, S. 24). Da die Fensterlüftung, die am häufigsten anzutreffende Form der Lüftung in Schulen darstellt, wird im Folgenden die maschinelle Lüftung nicht näher behandelt (Trogisch, 2009, S. 115).

Fensterlüftung

Die Fensterlüftung zählt zu der freien Lüftung und ist ebenfalls von den äußeren Bedingungen abhängig, da sie auf die Temperatur- und Druckdifferenzen zwischen den Bedingungen der Innenraumluft und der äußeren Luft basiert. Soll z. B. ein Klassenraum abgekühlt werden, muss die Raumtemperatur höher sein als die Außentemperatur. Beeinflusst wird die Fensterlüftung auch durch die Höhe der Fenster. (Trogisch, 2009, S. 115) Ein weiterer Einflussfaktor auf den Luftaustausch ist die Lüftungsart, die zwischen Kipplüftung bzw. Spaltlüftung, Stoßlüftung und Querlüftung unterscheidet (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1). Die meisten Quellen geben an, dass eine kontinuierliche Kipplüftung für eine gute Raumluftqualität nicht ausreicht, es gibt aber auch Quellen, die dem entgegensehen (Bilek, Koch, Penschorn & Wiechert, 2008, S. 3; Bachmann & Lange, 2013, S. 397). Neumann und Buxtrup (2014, S. 240) haben u. a. den Einfluss der Fensterfläche sowohl bei der Kipp- als auch bei der Stoßlüftung genauer betrachtet. Sie stellten fest, dass die Fensteröffnung, hinsichtlich der Senkung des CO₂-Gehaltes während des Stoßlüftens oder des Anstiegs der CO₂-Konzentration durch die Kipplüftung, nicht allein ausschlaggebend ist. Vielmehr wird der dem Wind zugeneigten Seite des Gebäudes Beachtung geschenkt. Somit befürworten Neumann und Buxtrup (2014, S. 240) die Kipplüftung, um die Luftqualität in den Gebäuden zu steigern. Im Sommer wird eine Kombination aus Stoß- und Kipplüftung empfohlen. Auch in den Wintermonaten ist die Kipplüftung für Neumann und Buxtrup praktikabel. Um eine gute Raumluftqualität gewährleisten zu können ist eine Kombination aus Kipplüftung im Unterricht und Stoßlüftung während der Pausen erforderlich. Die Stoßlüftung erfolgt einseitig. Dabei wird die Luft der Klasse innerhalb kurzer Zeit ausgetauscht und sollte regelmäßig erfolgen. (ASR A3.6, 2012, S. 9)

Die folgende Abbildung zeigt den CO₂-Verlauf bei einer Stoßlüftung in den Pausen sowie einer Kipplüftung während des Unterrichts, wobei zwei unterschiedliche Aktivitätsgrade im Alter ab 15 Jahren angezeigt werden. Das Alter ist ab 15 Jahre gewählt worden, um die Situation am Berufskolleg, wo die Autorin dieser Arbeit später unterrichten möchte,

darzustellen. Setzt man die leichte Aktivität mit der leichten Tätigkeit der Arbeitsstättenrichtlinie gleich, so werden darunter, wie oben beschrieben, leichte Hand- oder Armarbeit, ruhiges Sitzen oder Stehen sowie leichtes Gehen verstanden (ASR A3.5, 2010, S. 4).

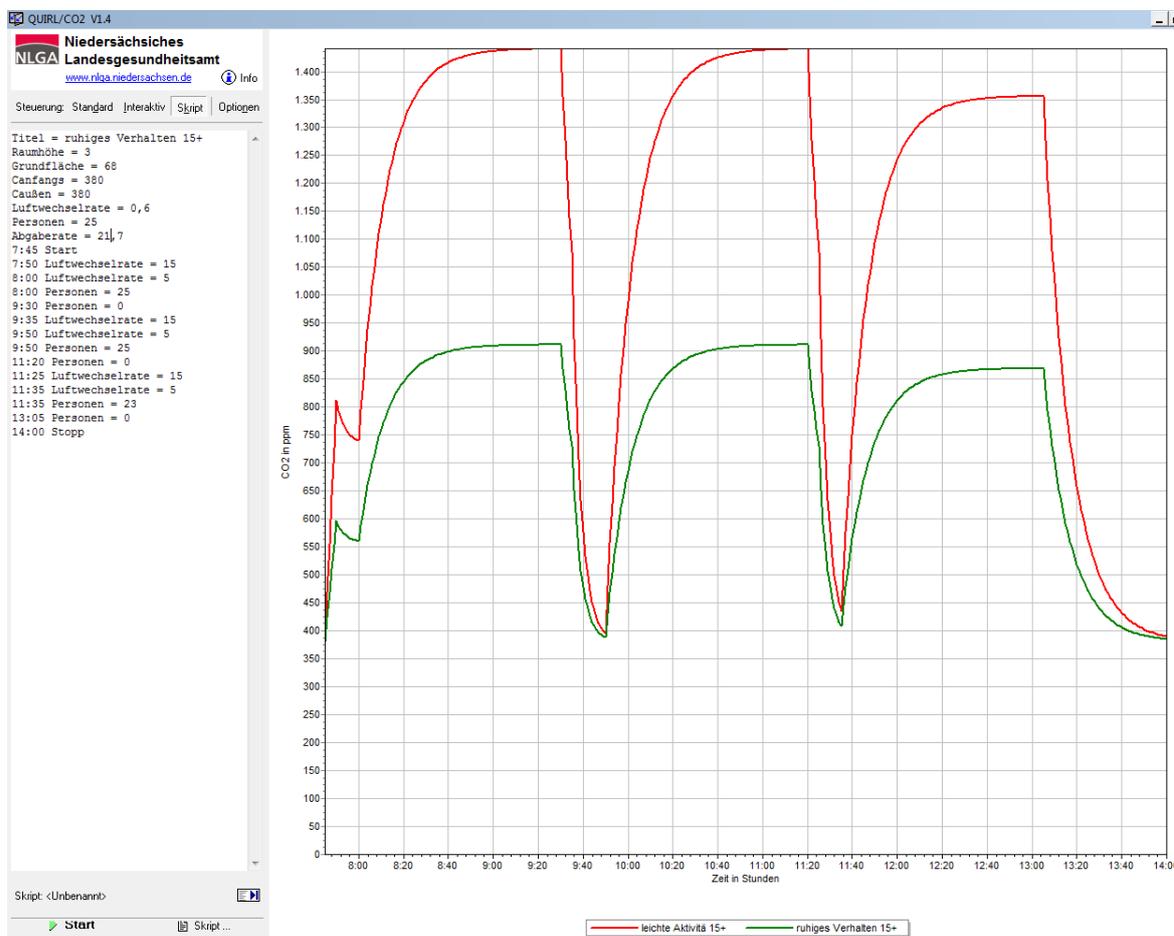


Abbildung 2. Simulierte CO₂-Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweiter Aktivitätsgrade: Dauerhafte Kippstellung im Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.

Betrachtet man den Graph der leichten Aktivität in Abbildung 2, so wird die Aussage von Neumann und Buxtrup (2014, S. 241), dass ein Wert von 1400 ppm dauerhaft nicht zu unterschreiten ist, unterstützt. Lediglich bei ruhigem Verhalten wird der Wert nicht überschritten. Daher ist die Aussage, dass die Fensterlüftung in Form gekippter Fenster während des Unterrichts ausreicht, kritisch zu betrachten.

Das HMUELV (2012, S. 8) empfiehlt die dauerhafte Kipp Lüftung von Mai bis September. Im Winter sollte, aus hygienischen Gründen, die dauerhafte Kipp Lüftung durch eine sieben bis 20-minütige Kipp Lüftung in der Stunde ersetzt werden. Denn durch die kühle Witterungsperiode kühlt der Baukörper im Bereich der Fenster aus, sodass das Risiko der Schimmelbildung erhöht wird (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1). Zudem kann der Unterricht während des gesamten Jahres durch Außenlärm gestört werden, wodurch die Kommunikation erschwert wird und daher nicht empfehlenswert ist (Bilek et al., 2008; S. 3; Tiesler, Schönwälder & Ströver, 2008).

Werden die Vorgaben der Stoßlüftung der ASR A3.6 (2012, S. 9) auf die Schule übertragen, so müsste hier nach 20 Minuten gelüftet werden. Die Dauer der Fensteröffnung liegt im Winter bei drei Minuten, im Frühling und Herbst bei fünf Minuten und im Sommer bei angemessenen Temperaturen bei zehn Minuten, wobei eine Lüftungsdauer ab sieben Minuten weniger zu einer Verbesserung der Innenraumluft führt (ASR A3.6; Pluschke, 1996, S. 76). Dafür wird eine Raumtiefe von 2,5 m empfohlen. Die Stoßlüftung hat den Vorteil, dass innerhalb von zwei bis drei Minuten mindestens ein Drittel der Raumluft durch frische Außenluft ersetzt wird. Trotzdem bleibt die Gesamtwärme des Raumes erhalten. Dies ist ein Vorteil für die Wintermonate. (Bilek et al., 2008, S. 3)

Das HMUELV bestimmt die Lüftungszeit pro Monat. Werden die Monate von November bis März zu der Jahreszeit Winter zusammengefasst, ergibt sich eine empfohlene Lüftungsdauer in einer Stunde von vier bis zehn Minuten. Die Monate April und Mai sowie Oktober und September können den Jahreszeiten Frühling und Herbst zugeordnet werden, sodass eine Lüftungspause von zwölf bis 20 Minuten befürwortet wird. Somit umfasst die Jahreszeit Sommer die Monate Juni bis August, in der eine Lüftung von 25 bis 30 Minuten pro Stunde erfolgen sollte. Werden diese Werte auf die vorigen übertragen, stimmen sie in etwa überein. Möchte die Schule energiesparend Lüften, so ist vor allem im Winter hohe Disziplin erforderlich, da maximal vier bis sieben Minuten gelüftet werden sollte. (Hessen, 2012, S. 7 f.)

Die dritte und effektivste Art der Lüftung ist die Querlüftung. Hier gibt die ASR A3.6 eine Raumtiefe von 5 m an, um diese Form effektiv nutzen zu können. Die Querlüftung lässt die höchste Luftwechselrate erkennen, da sowohl die Fenster als auch die Tür weit geöffnet sind. Es kommt zum Durchzug, der sich auf die Befindlichkeit der Schüler und Lehrpersonen, z. T. in Form von Kälte, negativ auswirken kann. Daher ist diese Lüftungsform schwer in den Alltag zu integrieren. (ASR A3.6; Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1)

Neben den Lüftungsfaktoren sollte ebenfalls auf die Sonnenlichteinstrahlung geachtet werden, um hohen Innenraumtemperaturen entgegen zu wirken. Die IRK empfiehlt die Fenster groß auszuführen, dass zum einen eine angemessene Beleuchtung und zum anderen die Lüftung durchgeführt werden kann. (IRK, 2000, S. 10) Auch bei Kälteerscheinungen, ist eine gute Lüftung während der Wintermonate unabdingbar. Ohne ausreichende Lüftung wird der Wert von 1500 ppm schnell überschritten. An sehr warmen Tagen sollte auch in der Nacht über die Oberlichter sowie über Kipplüftung ein Luftaustausch möglich gemacht werden, sodass die Räume abkühlen können. (IRK, 2000, S. 447)

Vor- und Nachteile der Fensterlüftung

Ein Vorteil der Fensterlüftung ist die flexible Anpassungsfähigkeit der Lüftungsanforderungen. Zudem ist sie energiewirtschaftlich günstig, wenn große Luftströme für kurze Zeit und

kleine Luftströme in der restlichen Zeit benötigt werden. Dabei kann es zu Zug- und Kälteerscheinungen kommen, die nachteilig wirken. Auch ist die Fensterlüftung durch die Nutzer individuell geprägt und eine Energierückgewinnung nicht möglich. Trotzdem ist sie erschwinglicher als eine RLT-Anlage, da es keine Anschaffungs- und Betriebskosten gibt. (Trogisch, 2009, S. 116) Dies sollte kritisch betrachtet werden, da durch die Fensterlüftung Energie verloren gehen kann, sodass die Heizkosten höher ausfallen.

Zusammengefasst sollten Unterrichtsräume mithilfe der Stoßlüftung in jeder Pause mindestens fünf bis zehn Minuten belüftet werden, wobei alle verfügbaren Fenster geöffnet werden und die Tür geschlossen bleibt. Während des Unterrichts sollte mindestens alle 45 Minuten eine dreiminütige Stoßlüftung vollzogen werden. (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 2) In der Abbildung 3 wird diese Lüftungsempfehlung mithilfe des Programmes QUIRL/CO₂ dargestellt. Auch hier werden für die Vergleichbarkeit der Abbildungen dieselben Aktivitätsgrade und Altersklassen verwendet.

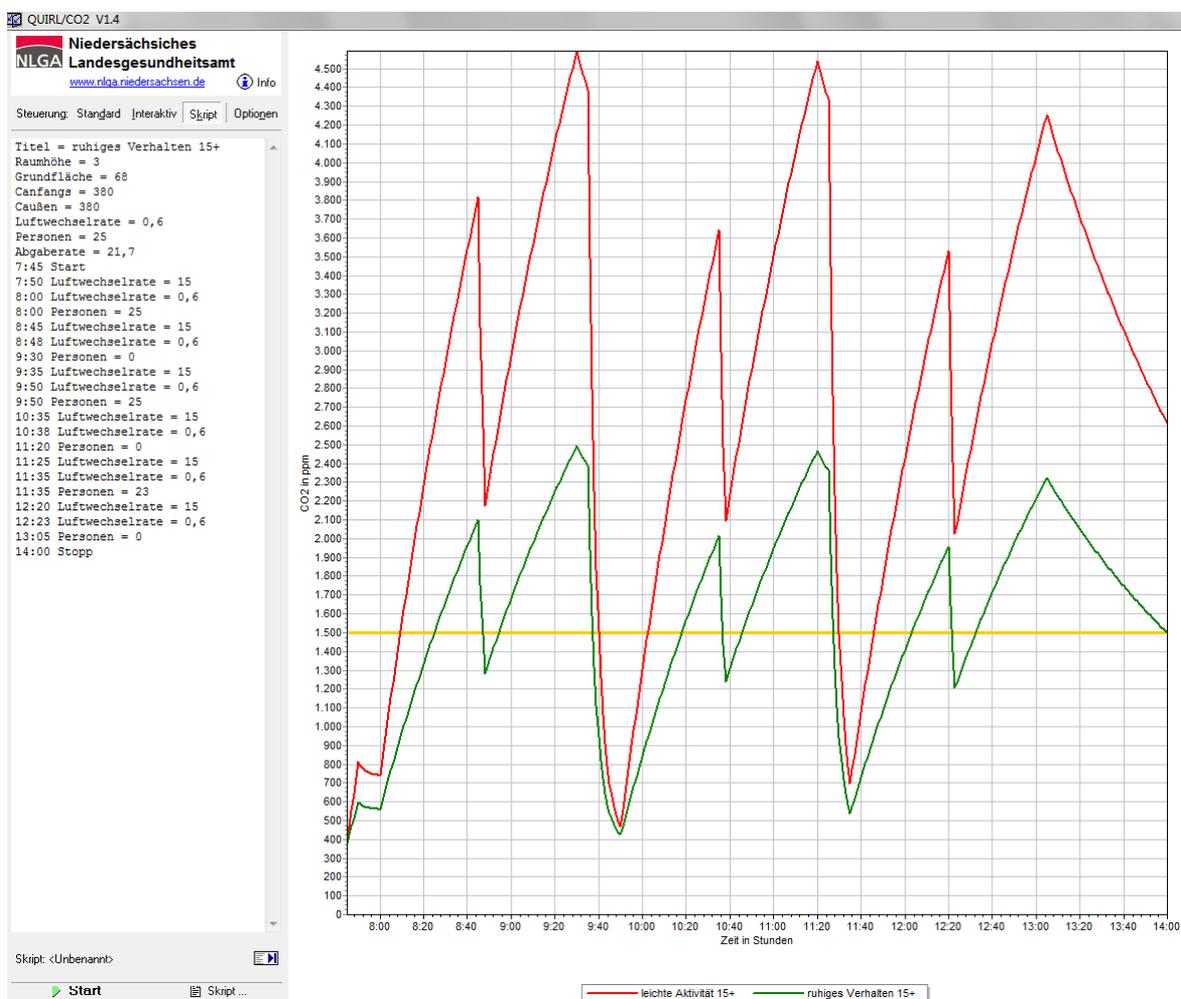


Abbildung 3. Simulierte CO₂-Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweiter Aktivitätsgrade: drei Minuten Stoßlüftung nach 45 Minuten Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.

Die oben stehende Abbildung zeigt, dass die Lüftungsempfehlung des Niedersächsischen Landesgesundheitsamtes nicht ausreichen, um eine gute Raumluftqualität nach DIN EN 13779 gewährleisten zu können.

Bilek et al. (2008, S. 3) empfehlen eine Lüftung von zwei bis drei Minuten nach 20 Minuten Unterricht. Dabei sollten die Lüftungspausen vor Unterrichtsbeginn festgelegt werden. So wirken sie vor der Pause als Motivator und während der Pause erholsamer. (Bilek et al., 2008, S. 14) Um ein regelmäßiges Lüften zu gewährleisten, sollte in den Klassenräumen mindestens ein Fenster zur Lüftung frei zugänglich sein (Bachmann & Lange, 2013, S. 397). Auch vor der Belegung der Klassenräume sollte gelüftet werden, um vor dem Unterricht die vorgesehene Raumluftqualität zu erzielen (DIN EN 13779, 2005, S. 20). Diese Lüftungsempfehlung (Bilek et al., 2008, S. 3) ist in Abbildung 4 graphisch dargestellt und enthält dieselben Parameter wie die vorigen Abbildungen.

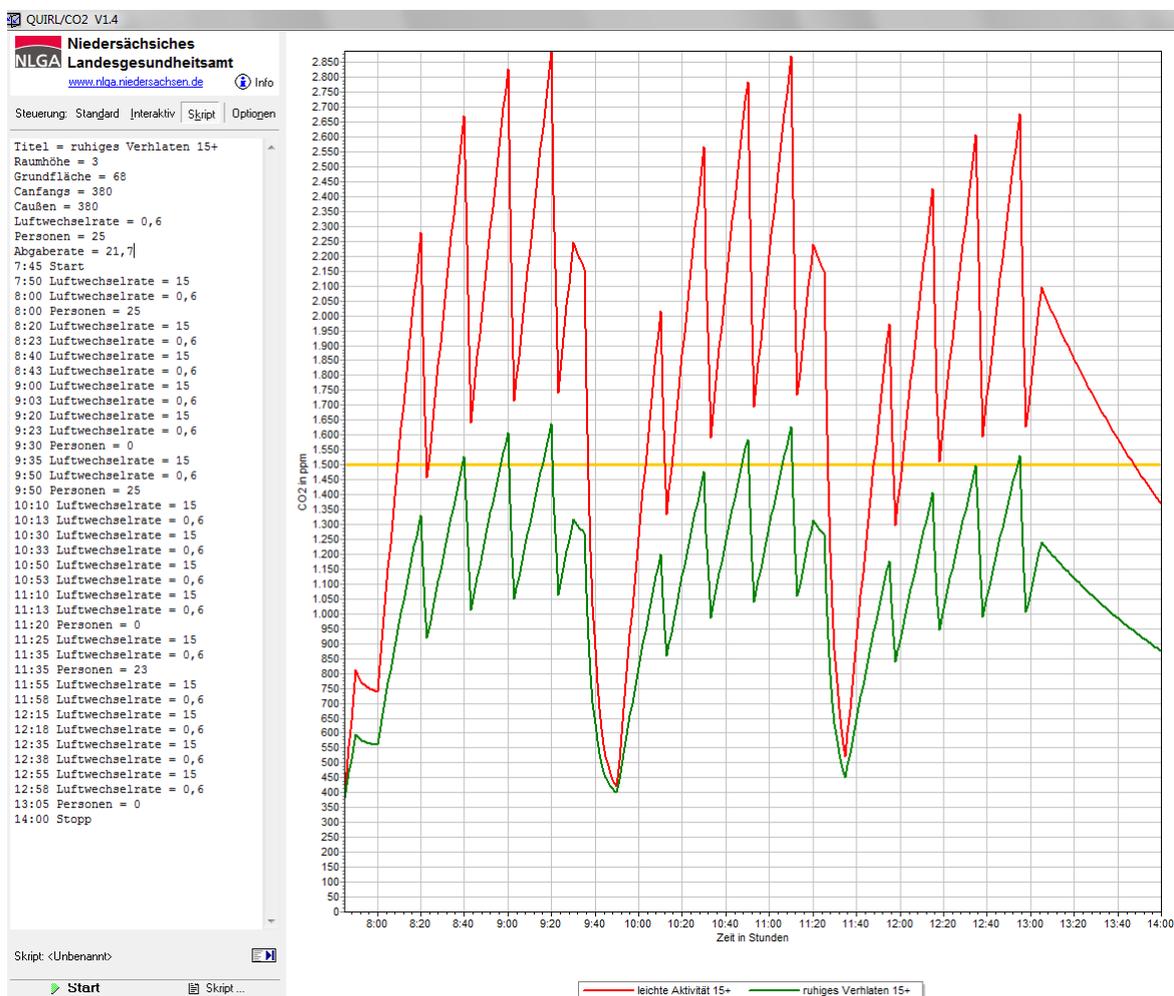


Abbildung 4. Simulierte CO₂-Konzentration der Lüftungsempfehlung anhand zweier Aktivitätsgrade: drei Minuten Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht und Stoßlüftung in den Pausen.

Mithilfe der Lüftungsintervention soll der CO₂-Gehalt in der Innenraumluft sinken und ein Wert von 1000 ppm selten überschritten werden, wobei die Effektivität in den untersuchten

Schulen unterschiedlich ist (Tiesler et al., 2008). Jedoch zeigt Abbildung 3, dass diese Lüftungsintervention bei einem leichten Aktivitätsgrad nicht ausreicht.

Insgesamt bleibt nur die Lüftungsempfehlung von Neumann und Buxtrup, die eine Kombination aus Kipp- und Stoßlüften vorschlagen, unterhalb des CO₂-Wertes von 1500 ppm. Da diese Empfehlung aus Gründen der Energieeffizienz, Schimmelpilzbildung sowie des Lärms als kritisch anzusehen ist, sind Überlegungen über das Einsetzen von RLT-Anlagen in den Schulen sinnvoll, um eine gute Raumlufqualität und eine hohe Energieeffizienz gewährleisten zu können. Sollte trotzdem auf RLT-Anlagen verzichtet werden, ist die Fensterlüftung, auch wenn der CO₂-Wert nicht dauerhaft unterhalb der Grenze von 1500 ppm bleibt, durchzuführen, da die Raumluf dennoch verbessert wird.

3.2 Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentration auf die Gesundheit

Dieser Abschnitt der Arbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen der CO₂-Konzentrationen auf die Schüler- und Lehrgesundheit. Kohlenstoffdioxid beeinflusst die Atmung im menschlichen Organismus. Das bedeutet, dass eine erhöhte CO₂-Konzentration in der einzuatmenden Luft bzw. Innenraumluf die Atemfrequenz und das Atemvolumen steigert. Das Kohlenstoffdioxid erweitert die Bronchien, sodass das Totvolumen erhöht wird. Wegen der gesteigerten Adrenalinausschüttung sinkt der Blutdruck nicht ab, wodurch eine kompensatorische Gefäßverengung verursacht wird. (Lahrz et al, 2008, S. 1362). Ab CO₂-Werten von 15.000 ppm ist mit Atemschwierigkeiten zu rechnen. Bei Konzentrationen ab 60.000 ppm kommt es zur Bewusstlosigkeit und ggf. zum Tod. (VDI 4300 Blatt 9, 2005, S. 6) Im Folgenden werden Studien vorgestellt und die Auswirkungen der Kohlenstoffdioxidkonzentration auf die Schüler und auf die Lehrpersonen näher erläutert.

3.2.1 Auswirkungen auf die Gesundheit von Schülerinnen und Schülern

Der CO₂-Gehalt der Innenraumluf beeinflusst die Gesundheit der Anwesenden. In einer Studie zur geistigen Leistungsfähigkeit durch erhöhten CO₂-Konzentrationseinfluss wurde die Denkleistung verlangsamt. Dabei atmeten die Probanden in 20 minütigem Abstand Kohlenstoffdioxidkonzentrationen von 0 ppm, 45.000 ppm, 55.000 ppm, 65.000 ppm oder 75.000 ppm bei einem konstanten CO₂-Gehalt von 2100 ppm ein. (Sayers et al nach Lahrz et al., 2008, S. 1363)

In zwei weiteren Experimenten, wurden die Auswirkungen der CO₂-Konzentrationen erfasst. Dazu wurden im ersten Experiment Kohlenstoffdioxidgehalte von 600 ppm, 1500 ppm, 2500 ppm und 5000 ppm und im zweiten Experiment 600 ppm, 1500 ppm, 3000 ppm und 4000 ppm betrachtet. Um die Aufmerksamkeit überprüfen zu können, nahmen die Probanden an einem zweimal bzw. dreimal 70-minütigen Test teil, wo Fehler in einem Text aufgespürt werden sollten. Dabei wurden zum einen die Anzahl der Fehler und zum anderen die Zahl der Textspalten zusammengetragen und die Raumtemperatur sowie

die Raumfeuchte vor, während und nach dem Aufmerksamkeitstest gemessen. Auch der subjektive Komfort und das Wohlbefinden wurden mithilfe eines Fragebogens aufgenommen. Es stellte sich heraus, dass sich das subjektive Wohlbefinden sowie der Komfort bei zunehmender CO₂-Belastung verschlechtern. (Kajtár et al nach Lahrz et al., 2008, S. 1364) Dies könnte mit belästigenden Körpergerüche bei erhöhter CO₂-Konzentration einhergehen (IRK, 2000, S. 10; HMUJELV, 2012, S. 4). Auswirkungen auf die Leseleistung und die gelesene Textmenge blieben aus. Dennoch nahm die mentale Leistung altersjustiert ab. Im zweiten Experiment wurden bei 600 ppm etwas mehr Fehler erkannt als bei einer Konzentration von 3000 ppm, wobei dieser Wert sehr gering ausfiel (Kajtár et al nach Lahrz et al., 2008, S. 1364). In einer weiteren Untersuchung nahmen ab einer CO₂-Konzentration von 1500 ppm ZNS-Symptome wie Müdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche sowie Schwindel zu (Manzey & Lorenz nach Lahrz et al., 2008, S. 1364; Fromme et al., 2008, S. 89). Auch Heudorf (2008, S. 1300) erwartet bei einer Überschreitung von 1000 ppm Beeinträchtigungen im Wohlbefinden, eingeschränkte Leistungsfähigkeit sowie Müdigkeit. Fromme et al. (2008, S. 89) erklären diese Auswirkungen anhand einer leichten Verschiebung des Blut-pH-Wertes und der Veränderung des Sauerstofftransportes im Blut. Des Weiteren kann ein Anstieg der CO₂-Konzentrationsdifferenz um 100 ppm zu einer Zunahme der Schleimhaut- und respiratorischen Symptome führen (Erdmann & Apte nach Lahrz et al., 2008, S. 1365).

In Bremen wurde ebenfalls eine Studie durchgeführt, die auf die Auswirkungen erhöhter Kohlenstoffdioxidkonzentrationen abzielte und im Folgenden genau erläutert wird. Dafür wurden zunächst Ermüdungserscheinungen wie folgt definiert (Tiesler et al. 2008): „Unter Ermüdung wird eine tätigkeitsbedingte, reversible Minderung der Leistungsfähigkeit verstanden, welche an Ermüdungssymptomen zu erkennen ist und eine Schutzfunktion darstellt. Wichtige Merkmale sind: Wahrnehmungsstörungen, Störungen der Auge-Hand-Koordination, Aufmerksamkeitsstörungen, Konzentrationsabbau, Denkstörungen, Antriebsstörungen sowie Veränderungen des sozialen Verhaltens.“

Dieser Definition entsprechend wurden unterschiedliche Einflussfaktoren festgelegt und anschließend angewendet, die für eine Überprüfung der Ermüdungsreaktionen der Schüler während des Unterrichts geeignet waren. Diese sind die CO₂-Messung, der Reiz-Reaktionstest, der Aufmerksamkeitstest, der Schallpegel, die pädagogischen Aspekte und die Herzfrequenz. Der CO₂-Gehalt der Innenraumlufte wurde mithilfe eines Raumklimamessers sowohl im normalen Unterrichtsablauf als auch nach der Einführung einer Lüftungspause im Sekundentakt aufgezeichnet. So konnten Veränderungen des Raumklimas berücksichtigt werden. Der Reiz-Reaktionstest kontrollierte über 90 Sekunden die Reaktionsfähigkeit der Lehrpersonen als auch der Schüler vor und nach dem Unterricht mithilfe eines computergestützten Reiz-Reaktionstests. Ebenfalls wurde vor und nach dem Unterricht ein Papier-

und Bleistifttest durchgeführt, um die Aufmerksamkeit zu überprüfen. Dazu mussten Symbolen Zahlen zugeschrieben werden. Der Schallpegel bzw. die Lautstärke wurde durch einen Schallpegelmesser registriert. Dies diente zur Überprüfung der veränderten Lautstärke im Klassenraum. Die sozialen Aspekte wurden von Beobachtern auf zwei Computern zusammengetragen. Die Beobachter machten detaillierte Aufzeichnungen bzgl. der Charakteristika, der Interaktion und Kommunikation von Schülern und Lehrpersonen während des Unterrichts. (Tiesler et al, 2008)

Die Herzfrequenz wurde mithilfe eines Herzfrequenzmessers ermittelt, die sowohl eine Gruppe von Schüler als auch der entsprechende Klassenlehrer erhielten. Der Herzfrequenzmesser bestand aus einem Brustgurt mit Puls-Aufnehmer sowie einer Uhr zur Datenspeicherung, um die Bewegungsfreiheit zu gewährleisten. (Tiesler et al, 2008) Dabei weist eine hohe Herzfrequenz auf Anspannung hin, eine niedrige auf Entspannung (Bilek et al., 2008, S. 7).

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind, dass Kohlenstoffdioxid in der Klassenraumluft zu Ermüdung und entsprechenden Folgeerscheinungen führt (Tiesler et al., 2008). Ein Beispiel dafür sind Wahrnehmungsstörungen mit resultierender verminderten Effektivität bei CO₂-Werten bis zu 2700 ppm (Bilek et al. 2008, S. 6). Deshalb setzten Tiesler et al. (2008) das Ziel einer verbesserten Raumluft durch Lüftungsinterventionen. Mithilfe der Lüftungsintervention konnte in Schulen der Schallpegel, in Abhängigkeit zu den Nachhallzeiten eines Unterrichtsraumes, gesenkt werden. Das bedeutet, je günstiger die Nachhallzeiten, desto geringer der Schallpegel. Nach der Lüftungspause wurde die Herzfrequenz der Schüler im Durchschnitt herabgesetzt. Auch war eine Häufigkeitsverschiebung der hohen Herzfrequenzen zu niedrigeren Frequenzen zu verzeichnen. Diese Ergebnisse ließen auf eine allgemeine geringere Belastung der Schüler im Verlauf des Schultages in den untersuchten Schulen schließen. Der Aufmerksamkeitstest, der zur Ermittlung der Ermüdung dienen sollte, wurde von Tiesler et al. (2008) so dargestellt, dass eine niedrige CO₂-Belastung einen höheren Übungsgewinn mit sich bringt. Die Tests zum Reaktionsverhalten konnten nicht allein durch den Kohlenstoffdioxidgehalt erklärt werden, sondern schlossen auch die Lüftungspausen mit ein. Hinsichtlich der pädagogischen Aspekte war ein deutlicher Zuwachs in der Interaktion und Kommunikation zu beobachten, sodass ein besseres Lernklima entstand. Zudem nahmen dysfunktionale Aktivitäten, wie Unterrichtsstörungen, ab und die Disziplinierungsmaßnahmen verringerten sich. Die Lüftungsintervention hatte demnach ein verbessertes Raumklima zur Folge, wodurch sowohl die Schüler als auch die Lehrer einer geringeren Belastung ausgesetzt waren. Der Geräuschpegel wurde vermindert und der Lerneffekt erhöht. Somit konnte der Unterricht mithilfe einfacher Lüftungsinterventionen optimiert werden. (Bilek et al., 2008, S. 14)

Neben der CO₂-Konzentration wird die Luftqualität in Schulen auch durch andere Verunreinigungen beeinträchtigt, sodass bei den Studien die raumklimatischen Bedingungen, wie die Temperatur, mitberücksichtigt werden müssten. Da diese Angaben nicht in allen Studien aufgeführt werden, wird der Vergleich zwischen diesen erschwert. (Lahrz et al., 2008, S. 1364)

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Studien, dass sich das Unterrichtsgeschehen bei erhöhter CO₂-Belastung negativ verändern kann. Eine erhöhte CO₂-Konzentration führt zu einer gesteigerten Anspannung und zu einer Erhöhung der ZNS-Symptome. Diese haben Müdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche und Schwindel zur Folge. Auch das subjektive Wohlbefinden und der Komfort werden durch die CO₂-Belastung beeinträchtigt. Diese Effekte der raumklimatischen Bedingungen beanspruchen die Schüler. Ferner kann der Geräuschpegel ansteigen. Der Lerneffekt ist bei erhöhter CO₂-Konzentration niedriger und der Anteil der dysfunktionalen Störungen höher. (Bilek et al., 2008, S. 7 ff.; Tiesler et al., 2008)

3.2.2 Auswirkungen auf die Gesundheit von Lehrerinnen und Lehrern

Durch den Anstieg des Geräuschpegels und der dysfunktionalen Störungen, wird die Lehrperson aufgefordert die Schüler zu disziplinieren (Bilek et al., 2008, S. 14). Die Unterrichtsstörungen wirken in Form eines Stressors, der die Arbeit der Lehrpersonen zur seelischen Schwerarbeit macht. Zudem wirken sie störend auf das Unterrichtsgeschehen, wodurch das Lernen in etwa 35% der schuljährlichen Unterrichtszeit gehemmt wird. (Keller, 2008, S. 7 ff.) Es kommt zu einer Veränderung der Kommunikationsstruktur (Bilek et al., 2008, S. 14). Auch die oben genannten Auswirkungen sind in ähnlicher Form auf die Lehrpersonen übertragbar. Die Lehrkräfte sind Arbeitsbelastungen ausgesetzt, die objektiv gemessen, aber subjektiv empfunden werden. Die Indikatoren für diese Arbeitsbelastung sind die Herzfrequenz, das Schwitzen, die Hormonausschüttung o. Ä. (Tiesler, Schönwälder & Ströver, 2009, S. 18)

Bei einer Langzeit-Herzfrequenz-Messung wurden die Daten von 96 Lehrpersonen in Form von 295 Tages- und 50 Wochenprofilen aufgezeichnet. Zudem wurden die Messungen an gleichen Wochentagen, aber in zwei unterschiedlichen Untersuchungswochen wiederholt. Es gab eine Ausfallrate von 3,39% wegen Aufzeichnungsfehlern. Diese Studie zeigt auf, dass die Lehrpersonen während der aufgezeichneten Stunden ihres Arbeitstages keine völlige psychische oder physische Entspannung erreichten. Nur nach der Mittagspause, die etwa eine Zeitstunde betrug, trat ein Erholungseffekt in Form einer ansteigenden Aktivierung auf. (Tiesler, Berndt, Ströver & Schönwälder, 2002, S. 238)

Aktivierung meint den „Grad der psychophysischen Erregung eines Menschen, der irgendwo zwischen völliger Entspannung und maximaler Anspannung liegt“ (Tiesler et al., 2002, S. 238). Diese zeigt sich durch eine langsamere oder schnellere Herzschlagfolge in

Bezug auf die normale Herzfrequenz und in anderen, nicht erfassten psychophysischen Funktionen. Durch innere oder äußere Antriebe steigt das Ausmaß der Aktivierung und somit die Herzschlagfolge an. Bei einer Verminderung der Antriebe, bspw. durch Erschöpfung oder Ermüdung verlangsamt sich der Puls. (Tiesler et al., 2002, S. 240)

Bedingt war es den Lehrpersonen möglich, das morgendliche Aktivierungsniveau über den Arbeitstag hinweg durchzuhalten. Zwei direkt aufeinander folgende Unterrichtsstunden bewirkten nach Tiesler et a. (2002, S. 240) den Abbau der basalen Aktivierung. Wurden die Pausen zwischen den Unterrichtsstunden für die Erholung genutzt, so konnten die Lehrkräfte ihrem Aktivitätsverlust entgegenwirken. Dennoch fehlten in den Schulen ausreichende Erholungsmöglichkeiten in Form von Pausen. (Tiesler et al., 2002, S. 238 ff.) Obwohl in diesem Beispiel die Arbeitspausen und nicht die Lüftungsinterventionen untersucht wurden, ist diese Studie für die hier behandelte Thematik aussagekräftig.

Denn würde nach den oben genannten Empfehlungen gelüftet werden, so würde sich dies vom Raumklima über die geringere Beanspruchung, bis hin zu reduzierten dysfunktionalen Störungen durch die Schüler und den daraus resultierenden verminderten Disziplinierungen durch die Lehrperson auswirken. Die Stressoren können weniger greifen und die Lehrkräfte sind weniger erschöpft.

3.3 Interviews

In diesem Kapitel werden zwei Interviews mit unterschiedlichen Durchführungsmethoden vorgestellt. Diese Interviews beschäftigen sich mit den Messgeräten zur Bestimmung des CO₂-Gehaltes in der Luft der Klassen eines Berufskollegs in Münster in Westfalen. Es werden Informationen über die eingesetzten Geräte und über die Maßnahmen zur CO₂-Senkung in den Räumen der Schule sowie über die Auswirkungen auf die Gesundheit eingeholt. Diese Angaben sind subjektiv und können von Einstellungen anderer abweichen.

Die Ergebnisse der Interviews werden im nächsten Schritt präsentiert und anschließend analysiert. Aufgrund der großen Datenfülle von 40 bis 60 minütigem Gesprächsinhalten, können nicht alle Details genannt werden. Es werden die relevanten Aspekte für diese Arbeit fokussiert. Die ausführlichen Versionen dieser Interviews sind im Anhang C und D zu finden. Die darauffolgende Analyse wurde zu Informationszwecken durchgeführt (Bogner, Litting & Menz, 2014, S. 72 ff.).

3.3.1 Ergebnisse der Experteninterviews

Das Leitfadeninterview mit **Interviewpartner A** wurde am 24. April 2015 um 11:39 Uhr geführt. A ist eine Lehrkraft an dem Berufskolleg in Münster in Westfalen, wo die CO₂-Messgeräte der Marke Wöhler CDL 210 vor drei Monaten eingeführt worden seien.

A erzählt, wie das Berufskolleg auf die CO₂-Messgeräte aufmerksam geworden sei. Dies habe u. a. mit dem Umgang mit Müll sowie mit dem Gebäude und der Schulgemeinde begonnen. Das Umweltbewusstsein sei für diese Schule und das Schulprofil ein zentraler Aspekt. 2006 habe die Schule Regeln für den Umgang mit Hausmüll aufgestellt, die die Klassen in die Verwaltung der Klassenräume einbinde. Es beinhaltete das Thema Sauberkeit, da diese die Wohlfühlatmosphäre bedinge, die eine gute Lern- und Lehrumgebung schaffe. Für das Thema Sauberkeit sei das System Meister Proper und Sauber-Fee in dieser Schule eingeführt worden. Meister Proper und Sauber-Fee seien zwei Schüler, die in ihren Klassen für die Sauberkeit und für den verantwortlichen Umgang mit dem Raum zuständig seien und ihre Mitschüler daran erinnern sollen. A sagt, dass Meister Proper und Sauber-Fee auch Umweltbeauftragte genannt werden können. Meister Proper und Sauber-Fee träfen sich in Meister Proper-Konferenzen, die von der Schulleitung und einer beauftragten Lehrkraft begleitet werde. In den Meister Proper-Konferenzen gehe es um die Verbesserungsvorschläge für die Schule, wenn beispielhaft Beschwerden aus der Nachbarschaft bzgl. der Sauberkeit um das Schulgebäude vorliegen oder Reinigungsmittel in den Klassen fehlen. Außerdem werden auf diesen Konferenzen Dinge vereinbart, wie etwa, dass in den Klassen Papiereimer stehen und die restlichen Dinge auf dem Flur entsorgt werden müssen. A findet, dass durch das System Meister Proper und Sauber-Fee das Verantwortungsbewusstsein der Schüler gestiegen sei.

Durch die Themen Ökologie, Umweltbewusstsein und Verantwortung für das Schulgebäude seien die Tage der Gesundheit eingeführt worden, wo die gesamte Schulgemeinde eingebunden sei. Es habe sich die AG Gesundheit gegründet, die u. a. das Thema Burnout, Belastung sowie Arbeitsbelastung behandelt. Die Themen der AG Gesundheit werden aktuell gehalten. Diese AG habe die Schule motiviert am Schulpreis „Gesunde Schule“ und im Jahr 2014 am Ökoprofitverfahren teilzunehmen. Das Ökoprofitverfahren sei parallel zu der Qualitätsanalyse Nordrhein Westfalen gelaufen. Die drei Verfahren legen den Fokus auf Gesundheit, ökologische Aspekte und auf das Thema Raum- bzw. Klimamanagement. Dabei sei die Schule durch einen Begleiter des Ökoprofitverfahrens auf den Umgang mit Klassenräumen hinsichtlich der Lüftung, der Beleuchtung, dem Lärm und der Sauberkeit aufmerksam gemacht worden. Das Thema Sauberkeit habe die Schule, wie oben beschrieben, umgesetzt. So sei das Ökoprofitverfahren und das Verfahren „Gesunde Schule“ erfolgreich durchlaufen worden. Dazu sei die Schule mit dem Ökoprofitsiegel ausgezeichnet worden und habe den Schulpreis von 10.000 Euro als gesunde Schule erhalten. Daraufhin habe sich die Schule mit der Raumhygiene beschäftigt.

A und sein Kollegium haben festgestellt, dass das Lüftungsverhalten in Schulen schwierig beziehungsweise nicht gut ausgeführt werde, obwohl das Bewusstsein für gesunde Raumluft vorhanden sei. Denn bisher haben die Lehrer und die Schüler subjektiv entschieden,

wann gelüftet werden müsse. Ein objektives Kriterium fehlte. Daraufhin habe der Umweltberater des Schulträgers die Schule auf die CO₂-Messgeräte aufmerksam gemacht. Diese seien nicht einfach so eingeführt, sondern in einer Forumsveranstaltung eingesetzt worden, in der die CO₂-Konzentrationen aufgezeichnet wurden. Dort habe die gesamte Schulgemeinde teilgenommen. Die Themen der Forumsveranstaltung haben die Müllvermeidung, die Energieeinsparung und die Papiereinsparung beinhaltet. Müll und Papier seien von der Schule bereits in Angriff genommen worden. Das Energiesparen solle nun mit dem Lüften gekoppelt werden. Für die Lüftung seien die Umweltbeauftragten Meister Proper und Sauber-Fee verantwortlich. Als Ergebnis des Energiesparens seien in allen Klassen die CO₂-Messgeräte installiert und die Heizkosten der Schule verringert worden.

Das CO₂-Messgerät bezeichnet A als eine Autorität im Hintergrund, die sich ab einem Wert von 1500 ppm melde. Die Nächste Etappe die A und sein Kollegium erreichen möchten, sei, dass jede Klasse ein Hinweisblatt mit einer Betriebsanleitung für richtiges Lüften erhalte. Darin sollen zum einen Lüftungsempfehlungen mit den Begründungen und zum anderen die Folgen falschen Lüftens enthalten sein. Außerdem möchte die Schule auf die anderen Aspekte des Raummanagements näher eingehen. A findet, dass die Schule nun einen deutlich besseren Umgang mit dem Raummanagement habe. Auch bei Klassenarbeiten werde auf das Lüften geachtet. Das Gerät sei eingeschaltet und nach ca. einer halben Stunde werde für fünf Minuten stoßgelüftet. Es gebe weniger Diskussionen, ob gelüftet werde, weil das Gerät eine objektive Autorität besäße. Somit sei es nicht mehr die Autorität des Lehrers, die bestimme, dass gelüftet werde.

Das Gerät messe den gesamten Tag die CO₂-Werte des Klassenraumes und gebe einen lauten Signalton ab, sobald die Grenze von 1500 ppm erreicht sei und höre erst auf, wenn der Wert deutlich unter dem Grenzwert liege. Dieser Ton könne teilweise zwischen fünf und zehn Minuten andauern. Das habe dazu geführt, dass der Ton des Geräts in einigen Klassen ausgeschaltet worden sei. Der Erfahrungswert für den Lüftungsabstand von A liege bei etwa 20 bis 30 Minuten. Dabei müsse mindestens fünf Minuten gelüftet werden. Dies sei abhängig von der Außentemperatur und der Raumgröße.

Es sei möglich, die gemessenen Werte aufzeichnen zu lassen. Dies habe die Schule bei der Einführung gemacht, da sie selbst wissen wollten, wie das Ganze funktioniere und welche Werte über den Tag verteilt auftreten. Dies sei ohne Signalton geschehen. Ebenfalls seien die CO₂-Werte, wie oben erwähnt, auf der Forumsveranstaltung aufgezeichnet worden. Dabei sei erkennbar gewesen, dass die Konzentration abgebaut und die Unruhe verstärkt würde. Nach der Startphase der Messgeräte seien die Aufzeichnungen eingestellt worden. Die Messgeräte seien nach den wissenschaftlichen Vorgaben installiert worden.

A hat den Eindruck, dass sich die Aufmerksamkeit und das Wohlbefinden deutlich verbessert haben. Zudem sei der Lärmpegel hinsichtlich der Diskussionen über das Lüften

gesenkt worden. A betont, dass es deutlich spürbar sei, dass nach den Lüftungspausen ganz anders gearbeitet werde. Dies liege nicht nur an der Pause, sondern auch daran, dass die Raumluft wieder frischer ist. Lüftungspausen werden unterschiedlich gestaltet. Es könne sein, dass während der Lüftung weitergearbeitet werde, es könne auch sein, dass das Lüften mit einer kleinen Pause verbunden werde, damit sich die Schüler im Winter etwas anziehen können, da es sonst zu kalt sei. Während der Pause bleiben die Schüler im Klassenraum. Außerdem empfinde A als Lehrperson diese Intervention als entlastend, da in den Klassen weniger diskutiert werde. A könne sich selbst besser konzentrieren und sich auf das Unterrichtsgeschehen in einem guten Wohlfühlklima einlassen, wenn die Luft frisch ist. Während des Klassenwechsels sei wahrnehmbar, welche Klassenräume gut und welche Klassenräume schlecht gelüftet worden seien. Dieser Unterschied empfinde A als deutlich.

A sagt, dass das CO₂-Messgerät eigentlich nur Vorteile mit sich bringe, da sich die Schule u. a. mit dem Thema Lufthygiene auseinander gesetzt habe. Außerdem habe die Schule einen sozialpädagogischen Bildungsauftrag, da die Schüler in die Praxisphasen gehen. In dieser Praxis werde ökologisches Handeln, Umweltbewusstsein, das Beachten des effizienten Energieverbrauchs sowie das Achten auf Raumklima und Lärm erwartet. Diese Dinge haben eine Transmissionsfunktion. Das bedeute, dass die Schüler in der Schule lernen, wie bspw. mit Raumklima umgegangen werde und anschließend in die eigene Praxis transportiert werden könne. Als Nachteil sehe A die Kostenfrage dieser Geräte, die in etwa 100 Euro pro Stück kosten. Da das Gerät gemeinsam mit den Schülern und der Schülervertretung eingeführt worden sei, falle das Gefühl, dass es den Schülern „aufgedrückt“ werde, weg. Es sei zu einem gemeinsamen Schulvorhaben herangewachsen. Dazu habe die Schule einen Umweltberater eingeladen, der auf den Zusammenhang zwischen Konzentration, Luftbelastung und Sauberkeit aufmerksam gemacht habe. Dieses Thema werde von der Schulkonferenz, der Schülervertretung, der Schulleitung und dem Lehrerkollegium behandelt. Als Verbesserungsvorschlag führt A die Kostenausstattung an. Die Idee sei, dass die CO₂-Messgeräte zur Regelausstattung von Schulen gehören. A wünscht sich, dass es für das, was diese Schule selbst entwickelt habe, Karteikarten für Raummanagement von Seiten der Schulaufsicht gebe, das als Vorschlagswerk fungiere. Außerdem könne die Schule aufgrund der Sicherheitsbestimmungen nicht alle Fenster komplett öffnen, sodass es beim Lüften Komplikationen gebe. Könnte die Schule alle Fenster weit öffnen, so wäre eine effizientere Lüftung möglich. In jeder Klasse lassen sich zwei Fenster komplett öffnen und zwei lassen die Kipplüftung zu. A sieht nicht nur die negative Seite dieser Fenster sondern auch die positive, da die Fenster manuell geöffnet werden können.

Als Verbesserungsvorschlag nennt A schließlich, dass die Schule alle Fenster komplett öffnen können sollte. Weiter gibt A an, dass große Klassenräume wünschenswert

seien, da dort bessere Luftverhältnisse herrschen. Doch hinsichtlich der baulichen Bedingungen sei die Schule eingeschränkt. Vorteilhaft findet A es, wenn die Schule die Möglichkeit biete, die Kleidung außerhalb des Klassenraumes aufhängen zu können. Dazu wären Spinde oder eine Garderobe nötig. Spielraum sei auch in den anderen Faktoren der Lufthygiene, als da sind Licht und Lärm, vorhanden. Ein Lüftungssystem wäre aus energetischen Gründen ebenfalls ein Vorteil für A, da z. B. die Lüftungsintervalle verlängert werden könnten.

Zusammenfassend gibt A an, dass die Schüler und das Kollegium die Messgeräte mit einer Selbstverständlichkeit angenommen haben, was für A ein Beleg sei, dass das Gerät Vorteile habe und zu einer Verbesserung der Raumluft sowie des Wohlbefindens führe. A geht davon aus, dass die Schüler lüften, da sie selbst wahrnehmen können, dass es ihnen mit der frischen Luft besser gehe.

Die Gruppendiskussion in der elften Klasse mit den **Personen B bis U** desselben Berufskollegs in Münster in Westfalen fand am 06. Mai 2015 um 11:30 Uhr in einem Spielraum statt. Diese Klasse sei seit kurzem an der Schule. Bei dem Interview waren vier Jungs, 15 Mädchen und eine weibliche Lehrperson anwesend.

Nachdem die Interviewerin fragte, ob die Klasse an der Beschaffung der CO₂-Messgeräte beteiligt gewesen sei, stimmt Person F, mit Unterstützung der anderen Teilnehmer zu. Diese berichtet, dass die CO₂-Messgeräte zuvor in einem Tutorium vorgestellt wurden. Anschließend würde gemeinsam abgestimmt, ob die elfte Klasse eines der Messgeräte testen möchte. Dazu sei, so Person F, eine Probezeit ohne Ablaufdatum vereinbart worden. Da die Klasse das CO₂-Messgerät ausprobieren mochte, sei dieses vor drei Monaten eingesetzt worden. Seit dem lief das Gerät durch, um u. a. die CO₂-Konzentrationen zu messen. Person E äußert, dass es nicht in jedem Raum ein CO₂-Messgerät gebe, wie auch in dem Spielraum nicht, wo das Interview stattfand. Als Begründung gibt E an, dass der Spielraum nicht als Klassenraum genutzt werde. Ferner erzählt Person T, dass die Schule überlegt habe, die CO₂-Messgeräte in allen Klassen einzusetzen. Dies werde, laut Person T, von der Schule nicht umgesetzt. Person F wendet ein, dass der Einsatz der Geräte in allen Klassen abgestimmt würde, ob diese ein CO₂-Messgerät anschaffen möchten oder nicht. Person L und Person U sagen, dass solche Messgeräte ebenfalls im Sekretariat und im Lehrerzimmer vorhanden seien.

Die Lage der Geräte in den Klassenräumen befinde sich nach Person H z. T. hinter der Tür. Darauf entgegnet Person M, dass die Messgeräte oft zwischen der Tafel und den Fenster angebracht seien. Dies ist auf einem Bild in Anhang E zu sehen. Dadurch, dass sich das Gerät in der interviewten Klasse am Fenster befinde, fragt sich Person M, ob die frische Luft, die das Gerät messe, auch zur selben Zeit an der Tür angekommen sei. M sei der

Meinung, dass es sinnvoller wäre, wenn das Gerät auf der anderen Seite des Raumes angebracht wäre. Person E stimmt Person L zu und führt ein Beispiel an. Dabei habe Person L die Luft bereits als gut empfunden, doch Person M habe zur selben Zeit ein anderes Gefühl und fordere einen Mitschüler auf, das Fenster zu öffnen. Daran erkenne Person F, dass die Luft im Klassenraum unterschiedlich verteilt sei.

Auf die Frage, ob die Klasse einen Minimal-, einen Mittel- oder ein Maximalwert nennen könne, antwortet Person N, dass das Gerät einmal „HI“ (high) angezeigt habe, weil der Wert über 3000 ppm angestiegen sei. Außerdem gebe das Gerät einen Signalton ab, wenn der Wert von 1500 ppm überschritten werde, sodass dieser ausgeschaltet werden müsse, so Person F. Person L fügt hinzu, dass das Fenster nicht immer aufgemacht werden müsse, obwohl das Gerät „high“ signalisiert. Denn die Klasse empfinde die Raumluft und die Konzentration zu diesem Zeitpunkt als gut. Person L ergänzt, dass es in der Startphase zu einem Hypochondrismus gekommen sei, wenn der Wert über 1500 ppm läge. Doch im Nachhinein glaubt Person L, dass das nicht stimme. Person M sagt, dass die Geräte mittlerweile ausgeschaltet sein. Doch Person F gibt an, dass die Geräte letzte Woche noch eingeschaltet wären. Außerdem habe die Klasse trotz eines Wertes von 900 ppm gelüftet, da die Schülerschaft die Luft als stickig empfände. In solchen Situationen warte die Klasse nicht darauf, bis das Gerät einen schlechten CO₂-Wert signalisiert, sondern lüfte auch nach Gefühl. Zudem lüfte die Klasse vor dem Unterricht und während der Pause, sofern jemand in der Klasse ist und auf den CO₂-Gehalt achtet. Sei einer Person zu kalt, werden die Fenster nach fünf Minuten geschlossen.

Person H setzt hinzu, dass es eine Regelung gegeben habe, die einmal in der Schulstunde eine Lüftung für fünf bis zehn Minuten vorgegeben habe. Doch daraus sei, nach Meinung von Person H, eine übertriebene Sache entstanden, wo alle 45 Minuten 15 Minuten gelüftet würde. Das hätte zur Folge, dass den Schülern kalt würde und niemand lüften wollte. Nun sei die Außentemperatur wärmer, sodass nicht nur bei schlechter Raumluft, sondern auch bei warmer Luft gelüftet werde. Nach Angaben von Person J, habe sich die Lüftungsrate verbessert, doch dafür gebe es keine feste Regelung.

Für die Senkung der CO₂-Konzentration, wende die befragte Klasse die Fensterlüftung an. Ferner sagt Person F, dass die Klasse die Fenster für die Lüftung vollständig aufmache, da die Kipplüftung nichts bringe außer Feuchtigkeit und kalte Luft. Doch im Winter würden z. T. nur das erste und das letzte Fenster bzw. nur das erste Fenster geöffnet, weil laut Person F die Schüler „erfroren“ wären. Jetzt im Frühling habe die Klasse aber alle Fenster vollständig auf. Diese Reaktion bringt Person F mit dem Wetter in Verbindung. Person K entgegnet, dass es auch Klassen gebe, die immer nur das erste und das letzte Fenster weit öffnen können. Somit nehmen die mittleren Fenster die Kippstellung ein. Außerdem sei der Klas-

senraum der interviewten Klasse sehr klein, sodass die geöffneten Fenster einigen Schülern „im Nacken“ sitzen, weil die Tische einen Meter von den Fenstern entfernt stehen. Person N ergänzt, dass der OHP während der geöffneten Fenster nicht genutzt werde, da einige Schüler das erzeugte Bild nicht sehen können. Aus diesem Grund bleiben die Fenster während der OHP-Nutzung geschlossen. Auch bei windigem Wetter seien die Fenster nicht vollständig geöffnet, da die Schulsachen von den Windböen weggeweht werden können. Außerdem käme die in der Meister-Propper-Konferenz vorgestellte Stoßlüftung nicht zum Tragen, bzw. würde diese Lüftung nur von Lehrkraft X konsequent durchgeführt, sofern die Luft in dem Klassenraum nicht zumutbar oder die Klasse unruhig wäre.

Daher sagt Person O, dass die Intervention in diesem Sinne fehlgeschlagen sei. Person L fügt hinzu, dass der Winter für die Maßnahme zu kalt gewesen und diese im Sommer besser anzuwenden sei, da die Fenster die gesamte Unterrichtszeit offen stünden. Dennoch habe die Klasse durch diese Geräte etwas dazugelernt und an Erfahrung gewonnen. Wegen des Kenntniszuwachses findet die Klasse, dass das Messgerät unnötig sei, da sie genug gelernt hätten. Person S ergänzt, dass das Gerät geholfen habe, die Schülerinnen und Schüler sowie die Lehrpersonen zu sensibilisieren. Allerdings gebe Person M zu bedenken, dass diese Ansichten auch an dem kleinen Klassenraum liegen könnten. Denn der Klassenraum sei für die hohe Anzahl der Schüler sehr klein, wodurch der CO₂-Wert schnell ansteige und den Wert von 1500 ppm überschreite. Für diesen Klassenraum sei das Gerät zu sensibel eingestellt. Person N stimmt Person M zu, dass die Abschaffung an den äußeren Gegebenheiten liege und deswegen die Fenster öfter geöffnet werden müssen. Im Endeffekt habe das Gerät Person N gezeigt, dass die Klasse einen größeren Klassenraum benötigt, um anständig arbeiten zu können.

Auch der Signalton ab einem Wert von 1500 ppm habe die Intervention beeinträchtigt, da der Ton ausgestellt würde. Dies führe dazu, dass die Werte selten beachtet oder die Geräte abgestellt würden. Neuerdings solle das Gerät komplett abgeschafft werden, da nach einiger Zeit in einem Tutorium über die Abschaffung des Gerätes debattiert und sich gegen das Gerät entschieden würde. Person O verweise an dieser Stelle auf die ursprüngliche Idee der Einführung der Geräte, die Diskussionen über das Lüften zu verringern. Aus der Sicht von Person O, seien die Diskussionen aufgrund des ständigen Signaltons vermehrt aufgetreten. Nach der Abschaffung ist Person F der Meinung, dass sich das Lüftungsverhalten an die Interessen der Schülerschaft anpassen werde. Außerdem hänge es mit den Jahreszeiten zusammen, wie die Schüler lüften, so Person M. Doch Person N warnt, dass es im nächsten Winter wieder kalt sein werde, sodass die alten Probleme wieder aktuell werden. Allerdings gebe Person N zu verstehen, dass sie die Geräte sehr praktisch finde, weil die Schüler und die Lehrpersonen auf die schlechte Luft aufmerksam gemacht würden und gefordert wären, die Fenster zu öffnen.

Um Auswirkungen festzustellen würden in der Klasse keine Testverfahren oder ähnliches durchgeführt. Dazu sagt Person L, dass die Schüler zu Beginn dächten, dass sie sich besser konzentrieren können, wenn der CO₂-Wert gesenkt werde. Doch bei genauerer Betrachtung und zunehmender Skepsis gegenüber dem Gerät, ändere sich das Bewusstsein von dieser Person. Person F und Person N stimmen dieser Aussage nicht zu. Person N bemerkt, dass die frische Luft zu einem klaren Kopf ver helfe. Auch Person K habe die Lüftung bei hohen CO₂-Werten als erfrischend empfunden. Person K gibt an, dass sie sich besser konzentrieren könne. Auch das Wohlbefinden würde durch die schlechte Raumluft negativ beeinflusst werden. Person S hingegen könne sich besser bei warmer Luft konzentrieren und empfinde Werte über 1500 ppm als angenehm.

Ob die Schüler durch die Intervention leistungsfähiger geworden seien, werde von Person F bejaht. Person T ergänzt, dass die Klasse bisher eine Klausur in ihrem eigenen Klassenraum geschrieben habe. Die anderen Klausuren schreibe die Klasse in einem größeren Raum, wo bessere Luftbedingungen herrschen.

Auf die Frage, ob sich die Fehlstunden durch die Intervention positiv verändert haben, gibt Person F lachend an, dass die Schüler auf der Fensterseite öfter krank wären. Person U finde diese Beurteilung schwierig und schlägt vor, dass die Fehlzeiten in zwei bis drei Jahren verglichen werden können. Auch der Lärmpegel habe sich negativ verändert. Person T stellt dar, dass der Lärmpegel nach der Intervention gestiegen sei, da die Klasse aktiver geworden sei. Außerdem beginnen einige Schüler Einzelgespräche, sobald jemand aufstehe, um das Fenster zu öffnen. Person N gibt an, dass die Klasse sehr wohl bei schlechten Luftbedingungen lauter wäre. Weiter merkt Person O an, dass es zu großen Diskussionen käme, wenn gelüftet werden sollte. Zudem müssen die Schüler ihre Jacken an- und ausziehen, sodass etwa 20 Minuten kein normaler Unterricht möglich wäre. Diese inoffiziellen Pausen finden die Schüler störend. Würden offizielle Pausen eingelegt werden, gäbe es alle 15 Minuten eine zweiminütige Pause. Dies wäre für Person N ein sehr entspannter Tag. Zum Schluss geben Person F und Person T zusammenfassend an, dass der Lärmpegel gleich geblieben sei.

Nun rücken die Vor- und Nachteile in den Mittelpunkt. Person M führt als ersten Nachteil die Kostenfrage an, da die Geräte teuer wären. Weitere negative Aspekte seien der Signalton des Gerätes, die manuell zu öffnenden Fenster, der Kältestrom, der durch das Lüften in die Klasse gelangt sowie die bereits angesprochenen Punkte, die oben beschrieben wurden.

Als möglichen Vorteil bringt Person M die spürbare frische Luft hervor. Jedoch sei die Intervention in dem Klassenraum aufgrund der Raumgröße nicht richtig durchsetzbar, sodass dieser Vorteil zum Nachteil werde. Dennoch habe sich die Klasse mit dem Thema Luft und CO₂ auseinandergesetzt, dass die gesamte Klasse als Vorteil erachte.

Um mehr Vorteile zu erlangen, müsse einiges verbessert werden. Als Beispiel gibt Person N an, dass die Klasse einen größeren Klassenraum benötige, da das Gerät in dem kleinen Klassenraum Werte vorgebe, die die Schüler dort nicht erreichen können. Die Klasse könne, laut Person N, nicht einen dauerhaften Niedrigwert aufweisen, wenn die Luftmenge gering sei. Person F fügt hinzu, dass die Messgeräte in einem größeren Raum gegenüber der Fenster angebracht werden sollten. Person M schlägt ein Lüftungssystem vor und entmacht diesen Vorschlag, weil die Anschaffung aus dessen Sicht utopisch sei, denn die Systeme seien zu teuer. Person S gibt als weiteren Verbesserungsvorschlag an, dass der Signalton durch ein Lied ersetzt werden könne.

Insgesamt erachten elf Personen die Intervention als sinnvoll, 3 Personen für nicht sinnvoll und 5 Personen sowie die Lehrperson enthalten sich. Nachdem Person N zugibt, dass sie die Abschaffung der Geräte als unsinnig erachte, erläutert Person F nochmals das Vorgehen der Abschaffung. Zudem findet Person F, dass sie genug gelernt habe und das Gerät nun nicht mehr benötigt.

Zusammengefasst hat das CO₂-Messgerät in der Hinsicht etwas gebracht, dass die Schüler und die Lehrpersonen auf das Thema aufmerksam gemacht würden. Wenngleich der Signalton der Geräte und das Kälteempfinden der Personen im Winter unangenehm seien, würde die Klasse jedoch im Sommer die Fenster öffnen. Für dieses Lüftungsverhalten benötigen sie die CO₂-Messgeräte nicht.

3.3.2 Analyse der Interviews

Neben der Lehrperson des Berufskollegs in Münster wurden Schüler einer elften Klasse interviewt. So ist es der Autorin möglich sowohl die Lehrer- als auch die Schülerperspektive zu betrachten und zu vergleichen. Die verwendeten Geräte seien von der Marke Wöhler CDL 210, doch bei genauer Recherche konnte die Autorin diese Marke nicht mit den Bildern der CO₂-Messgeräte identifizieren. Es stellte sich heraus, dass die fotografierten Messgeräte von der Firma Electro-Mation mit dem Modell EMAQ-31, ein CO₂-Sensor mit Lüftungsampel ist. Dieses misst die CO₂-Konzentration mithilfe der nicht-dispersiven Infrarot Spektrometrie. Der Messbereich dieses Gerätes geht bis 3000 ppm und die Genauigkeit liegt bei +/- 5% vom Mittelwert unter 2000 ppm und bei +/- 7% vom Mittelwert ab einem Wert von 2000 ppm. Zudem misst dieses Gerät die Temperatur sowie die Luftfeuchte. (EM, 2015) Die Fotos der CO₂-Messgeräte und deren Standort in der Klasse sind im Anhang E zu finden.

Zunächst spricht die Lehrperson über das Umweltbewusstsein sowie über die ökonomischen Anstrengungen der Schule, um später auf das Thema Lufthygiene überzuleiten. Es stellt sich heraus, dass Interviewpartner A auf das Erreichen des Schulpreises im Wert von 10.000 Euro sowie den Erhalt des Ökoprofitsiegels stolz ist, da er dies besonders betont (Anhang C, Z. 222 ff.). Mit diesen Projekten sowie mit dem System Meister Proper und

Sauber-Fee erlernen sowohl die Lehrer als auch die Schüler einen verantwortungsvollen Umgang mit ökologischen Aspekten, die sie in die Praxis übertragen können. Interviewpartner A findet, dass das Verantwortungsbewusstsein der Schüler durch die Meister Proper und Sauber-Fee Intervention gestiegen ist. Auch für das Lehren und Lernen sollte eine gute Wohlfühlatmosphäre herrschen, die u. a. durch Sauberkeit erreicht werden kann. Das Verantwortungsbewusstsein soll auch bei dem Thema Raumlufthygiene steigen. Nach der Vorstellung der Geräte durch einen Umweltbeauftragten wurden die CO₂-Messgeräte aus der Sicht der Lehrperson und aus der Sicht der Schüler gemeinsam eingeführt. Diese Gemeinsamkeit wiederholt und betont Person A mehrfach, sodass es als ein wichtiges Anliegen gewertet werden kann (Anhang C, Z. 724 ff.). Vor dieser Intervention war das Lüften wegen der Kälteempfindlichkeit vor allem im Winter ein schwieriges Thema, obwohl die Schüler ein Bewusstsein für gesunde Raumlufthatten.

Es kam zu Diskussionen bzgl. des Lüftens, die durch das Gerät vermindert werden sollten. Dieses Ziel ist in den Augen des Lehrers erreicht worden, nicht aber in den Augen der Schüler. Sie finden, dass die Diskussionen trotz des objektiven Kriteriums vermehrt stattfinden. Nur bei Lehrperson X, die ihren Unterricht für das Lüften und für die Konzentrationsfindung fünf Minuten später beginnt, treten keine Auseinandersetzungen auf. Denn diese beharrt, nach Angaben der Klasse, auf die Stoßlüftung. Die Erklärung, wie das Stoßlüften stattfindet, lässt erkennen, dass die Schüler die Querlüftung meinen. Diese unterschiedliche Handhabung des Lüftungsmanagement ist demnach von der Lehrperson abhängig.

Ein weiteres Ziel ist für A, dass das CO₂-Messgerät in allen Klassen installiert wird. Das Ziel wurde laut Schülerschaft nicht umgesetzt. Es haben die Klassen ein CO₂-Messgerät eingeführt, die in der Abstimmung während der Meister-Propere-Konferenz für das Gerät gestimmt haben. Die Schüler erklären, dass die Geräte zur Probe mit unbefristeter Laufzeit, angeschafft wurden. Dies kann sowohl ein Vorteil als auch ein Nachteil für die gemeinschaftliche Anschaffung der Geräte sein. Wenn die Klassen die Geräte zu jeder Zeit abschaffen können, so kann die unbestimmte Probezeit als ein positiver Aspekt gewertet werden. Wäre die Abschaffung zu einem beliebigen Zeitpunkt nicht möglich, so wäre die unbestimmte Laufzeit als nachteilig zu sehen. In diesem Fall war es der Klasse möglich, das CO₂-Messgerät durch eine Abstimmung abzuschaffen. Somit wird der Eindruck der Gemeinsamkeit abermals bestätigt und ein Nutzungszwang vermieden.

Das Messgerät ist durch den Umweltberater nach wissenschaftlichen Kenntnissen eingestellt worden. Dabei liegt der Grenzwert der CO₂-Konzentration bei 1500 ppm und ist in der DIN EN 13779 (2007, S. 59) zu finden. Wird der CO₂-Gehalt überschritten, gibt das Gerät ein Geräusch in Form eines Signaltons ab. Zudem schaltet sich das CO₂-Messgerät niemals ab, sodass über den gesamten Tag Werte abgelesen werden können. Interviewpartner A gibt an, dass nach etwa 20 bis 30 Minuten das Gerät anschlägt, sodass fünf

Minuten gelüftet werden müsse. Die befragte Klasse wird in einem kleinen Klassenraum unterrichtet, wo das Gerät nach zehn Minuten ausschlägt und daher öfter gelüftet werden muss. Sind Schüler während der Pausen in ihrem Klassenraum anwesend und die Temperatur angenehm, so wird ebenfalls gelüftet. Jedoch geben die Schüler an, dass das Lüften im Winter zur Kälteempfindlichkeit führt, weshalb sich die Lüftung auf einen kurzen Zeitraum beschränkt. Da die Klasse die Klausuren meistens in einem anderen Klassenraum schreibe, achte sie auch während der Klausur auf eine gute Raumluft. Diese Aussage unterstützt A und gibt zu bedenken, dass die Lüftungsdauer von der Größe des Raumes, der Außentemperatur und dem Wind abhängig ist.

Da der Signalton von der Klasse als störend empfunden wird, wurde der Ton sowohl in der befragten Klasse als auch in anderen Klassen abgestellt. Somit müssen die Schüler selbst auf die Werte achten. Dies wird laut Interviewpartner A gut durchgeführt. Dennoch ignorieren einige Klassen diese CO₂-Angaben, da bspw. die befragte Klasse einen nicht mehr messbaren Maximalwert erreichte. Dieser lag über 3000 ppm, sodass sich das Gerät, nach Angaben der interviewten Klasse, abschaltete. Allerdings ist die Aussage, dass sich das Messgerät ausschalte, kritisch zu betrachten, da zuvor erklärt wurde, dass das Gerät „high“ angezeigt habe. Die Aussage, dass das CO₂-Messgerät bis zu einem Wert von 3000 ppm messe, stimmt mit dem Messbereich des Gerätes überein (EN, 2015). In einer anderen Klasse, wo das CO₂-Messgerät fotografiert werden durfte, ist ein CO₂-Wert von 1665 ppm zu erkennen. Zudem leuchtet eine rote Lampe der Lüftungsampel auf. Doch trotz der Überschreitung des Wertes von 1500 ppm waren die Fenster geschlossen. A gibt an, dass in einigen Klassen auf das Gerät verwiesen werden müsse, obwohl das Gerät „eigentlich etabliert“ sei. Damit widerspricht sich A innerhalb seiner Aussage. Er fügt hinzu, dass es einen Unterschied zwischen gut und schlecht belüfteten Räumen gibt. Diese Punkte entmachten die Aussage, dass alle Schüler selbstständig auf die Kohlenstoffdioxidwerte achten und freiwillig lüften bzw. verantwortlich mit der Raumluftthygiene umgehen.

Aus Sicherheitsgründen können in jeder Klasse, so Interviewpartner A, zwei von vier Fenstern weit geöffnet werden. Die restlichen Fenster nehmen die Kippstellung ein. Die Interviewpartner B bis U fügen dem hinzu, dass in manchen Klassen alle Fenster zu öffnen sind. Somit ist der Luftaustausch in diesen Klassen höher, da die Fensteröffnungen größer sind. Bei kleineren Fensteröffnungen, findet ein verringerter Luftaustausch statt. Hier ist das Lüften zeitintensiver, wobei es zur Auskühlung des Raumes kommt. Noch weniger Luftaustausch findet bei einem einzigen geöffneten Fenster statt und ist daher nicht effektiv (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1; Bilek et al., 2008, S. 3). Die Klasse sei sich dieser Tatsache bewusst (Anhang D, Z 68). Daher stellt sich die Frage, warum sie trotz des Wissens nicht effizient lüften. Ein weiteres Problem tritt bei der Anwendung des OHPs auf, da die weit geöffneten Fenster die Sicht auf das erzeugte Bild behindern. Deshalb wird

die Klasse, während der Nutzung des OHPs, nicht belüftet, sodass der CO₂-Gehalt stark ansteigt.

Die Standorte der Geräte sind von der Anschlussfähigkeit abhängig. Das hat zur Folge, dass z. B. das Gerät an der Tür oder wie bei der befragten Klasse, zwischen Tafel und Fenster angebracht und nicht optimal platziert ist. Dadurch entsteht die Frage, ob die CO₂-Werte am Fenster mit den Kohlenstoffdioxidwerten an der Tür übereinstimmen.

Das Lüften in den Klassen wirkt sich auf die Gesundheit, aus der Sicht von A, positiv aus. Wo zuvor die Konzentration abnahm und die Unruhen stiegen, ist nach der Lüftungspause eine höhere Konzentration und Aufmerksamkeit sowie ein besseres Wohlbefinden zu verzeichnen. Diesen Punkten stimmen die Schüler überwiegend zu. Wobei sie sich unsicher sind, ob sie sich diese Auswirkungen einreden. Dennoch geben einige Schüler an, dass sie aktiver geworden sind, der Kopf klarer wird und ihre Unterrichtsbeteiligung steigt. Damit werden die Aussagen von A bzgl. der Auswirkungen unterstützt. Doch der Lärmpegel bleibe gleich, da während der Lüftung Einzelgespräche entstehen und einige Schüler ihre Jacken an- und ausziehen müssen. Diese dysfunktionalen Aktivitäten finden im Lüftungszeitraum statt. Würde hier eine Pause angesetzt werden, gebe es keine Unterrichtsstörungen.

Interviewpartner A sagt, dass die Intervention entlastend wirkt, da die Konzentration steigt und sich die Lehrperson auf das Unterrichtsgeschehen einlassen kann. Auch das Wohlfühlklima sei erhöht worden. Diese Wahrnehmungen und Empfindungen können sich von Eindrücken anderer unterscheiden, da sie subjektiv wahrgenommen werden und somit nicht auf andere übertragbar sind.

Für die Lehrperson überwiegen die Vorteile des Messgerätes, für die Klasse die Nachteile. Sowohl für Person A als auch für die Personen B bis U ist die Beschäftigung mit dem Thema Lufthygiene ein Vorteil, da dies zu einer Bewusstseinsweiterung geführt habe. Für Person A liefert das Gerät harte Fakten bzgl. der Lehrer- und Schülergesundheit. Die manuell zu bedienenden Fenster befürwortet A, damit auch nach Gefühl gelüftet werden kann. Hier ist nicht ersichtlich, ob dies auf CO₂-Konzentrationen unterhalb 1500 ppm bezogen ist oder auf die Werte oberhalb von 1500 ppm. Die manuell zu öffnenden Fenster empfinden die Schüler als Nachteil, da sich während des Öffnens Einzelgespräche entwickeln und mindestens ein Schüler aufstehen muss. Weiter führen beide Interviewpartner negativ die Kostenfrage sowie die Sicherheitsbestimmungen an. Für die Klasse ist es ein weiteres Manko, dass die Tische und Stühle dicht an den Fenstern stehen und so das komplette Öffnen der Fenster mit Komplikationen verbunden ist. Durch die falsche Umsetzung des Lüftens im Winter und durch die vorhandenen Hindernisse kühlt der Klassenraum aus.

Der wichtigste Kontrapunkt ist die Klassenraumgröße der befragten Klasse. Wegen des kleinen Klassenraums übersteigt der Kohlenstoffdioxidgehalt bereits nach 10 Minuten den Richtwert von 1500 ppm. Diesen Wert dauerhaft zu unterschreiten, ist der Klasse bei den

vorhandenen Lüftungsbedingungen kaum möglich. Dies hatte zur Folge, dass die Klasse ihr Messgerät, wie oben erwähnt, abgeschaltet hat. Für die Klasse und ihren kleinen Klassenraum ist die Intervention, im Gegensatz zu der Meinung von Person A, fehlgeschlagen. Die Klasse findet, dass das Gerät für ihre Klasse zu sensibel eingestellt ist. Diese Aussage zeugt nicht von einer wissenschaftlich fundierten Kenntnis über den empfohlenen CO₂-Wert. Da anderen Klassen ein anderes Raumvolumen zur Verfügung steht, kann die Meinung der befragten Klasse nicht auf andere Klassen übertragen werden.

Trotz der Abschaffung der CO₂-Messgeräte möchte die Klasse, bei erstmaligem Nachfragen, genauso weiter Lüften wie bisher. Bei wiederholter Nachfrage stellt sich heraus, dass das Lüften jahreszeitenabhängig vollzogen und dass das Lüftungsverhalten von der Einstellung der Klasse abhängen werden wird. Zudem findet es eine Person der Klasse seltsam, dass die Mitschüler sagen, dass ihnen das Thema näher gebracht wurde, aber sich direkt beschweren, wenn die Fenster für fünf Minuten geöffnet werden sollen. Diese Einstellung gegenüber dem Lüften ist erneut subjektiv zu betrachten.

Mithilfe der genannten Nachteile können Verbesserungsvorschläge formuliert werden. Die Klasse nennt zwei Empfehlungen. Zum einen sollte das Messgerät an der Tür angebracht werden und zum anderen müsste eine Erhöhung des Raumvolumens stattfinden. Jedoch ist eine Vergrößerung des Raumes, aus der Sicht von Interviewpartner A, kaum umsetzbar. Die Idee von Interviewpartner M, Lüftungsanlagen zu installieren, wäre eine gute Möglichkeit für die Klasse, doch dies sei nach Angaben dieser Person aus Kostengründen utopisch. Als weitere Anregung nennt Person A, dass die CO₂-Messgeräte zur Regelausstattung in allen Schulen gehören sollten. Dazu könnten Karteikarten für Raummanagement in Form eines Vorschlagswerks von der Schulaufsicht zur Verfügung gestellt werden. Hier stellt sich für die Verfasserin dieser Arbeit die Frage, warum dieses Vorschlagswerk kein Regelwerk darstellen sollte. Interviewpartner A führt als zusätzliche Verbesserung an, auf den Fluren die Garderobe abzulegen oder Spinde für jeden Schüler zur Verfügung zu stellen.

Zusammengefasst nehmen laut Interviewpartner A, der zwölf Tage vor der Gruppendiskussion interviewt wurde, alle Beteiligten die Lüftungsintervention an. Für Person A ist die Intervention erfolgreich verlaufen; für die Klasse ist sie gescheitert. Diese unterschiedlichen Ansichten können sich innerhalb des Interviewabstandes verändert haben. Außerdem ist es möglich, dass andere Klassen, die in größeren Räumen unterrichtet werden, die Lüftungsintervention als erfolgreich bewerten. Doch dies sind Spekulationen und können durch die geführten Experteninterviews nicht bewertet werden. Die Klasse selbst sagt aus, dass die Intervention wegen des kleinen Klassenraums gescheitert sei. Diesen baulich zu verändern oder weniger Schüler in die Klassen einzuteilen, sei der Schule aus Kostengründen nicht möglich. Daher ist hier die Überlegung über eine Anschaffung einer RLT-Anlage sinnvoll.

4. Diskussion

Dieses Kapitel stellt die oben aufgeführten Literatur- und Interviewergebnisse gegenüber und begründet, warum es notwendig ist, die Schulen für die CO₂-Konzentration in den Klassenräumen sowie dessen Auswirkungen auf die Schüler- und Lehrgesundheit zu sensibilisieren.

4.1 Gegenüberstellung der Ergebnisse der Literatur mit den Ergebnissen der Interviews

Die Ergebnisse der Literatur zeigen Möglichkeiten zur Messung von Kohlenstoffdioxid auf, wie die Messung über NDIR oder PAS (VDI 4300 Blatt 9, 2005, S. 10). Sowohl das Berufskolleg in Münster als auch Fromme et al. (2008, S. 90) verwenden CO₂-Messgeräte, die mit der NDIR messen. Die Messbereiche der Geräte sind bei Fromme um 2000 ppm höher als bei dem Berufskolleg in Nordrhein-Westfalen. Hier verläuft der Messbereich bis 3000 ppm. Die Messgenauigkeit bei Fromme et al (2008, S. 90) beträgt bis 5000 ppm +/- 2% vom Messwert und +/- 3% im restlichen Bereich, beim Berufskolleg sind es +/- 5% unter 2000 und +/- 7% ab 2000 ppm. Es fällt auf, dass die Messbereiche und die Messgenauigkeit des Kombi-Messgerätes Testo 445 höher sind als die des EMAQ-31.

Für eine optimale Messung gibt die DIN EN 15251 (2012, S. 22) die Jahreszeit Winter an, da zu diesem Zeitpunkt die Lüftungsraten geringer ausfallen als im Sommer. Das Münsteraner Berufskolleg hat die Messgeräte im Winter eingeführt. Da die interviewte Schule keine Studie durchführt, sondern um richtiges Lüften und um die CO₂-Senkung bemüht ist, bleibt das Gerät in den jeweiligen Klassen zu jeder Jahreszeit in Betrieb.

Sowohl im Winter als auch im Sommer soll die Innenraumtemperatur bei einer leichten Tätigkeit mindestens 20° C erreichen. Die Lüftungsmaßnahmen von Neumann und Buxtrup lassen z. T. diese Temperatur unterschreiten. Die Temperaturspanne beträgt dort 18,0 bis 26,5° C im Winter und 19,8 bis 30,1° C im Sommer. In der Studie von Grams et al. (2004, S. 12) liegen die Temperaturen im Winter im Mittel bei 20,9° C und im Sommer bei 22,9° C. Das bedeutet, dass Grams et al. (2004, S. 12) die Werte der Arbeitsstättenrichtlinie einhalten. Neumann und Buxtrup geben kein Mittel, sondern eine Spanne an, die zwei Grad unter dem Richtwert beginnt. Daher sollte hier eine Temperatur von mindestens 20° C angestrebt werden. In den Interviews wurde nicht konkret auf die Temperaturen im Klassenraum eingegangen. Lediglich die Kälteempfindlichkeit zeugt von einer geringeren Raumtemperatur. Ferner kann sich die Autorin dieser Arbeit auf die fotografierten Messgeräte beziehen, die aber nicht auf andere Klassenräume übertragen werden können. In einem der zwei Klassenräume, wo das Gerät fotografiert wurde, der CO₂-Wert unter 1500 ppm liegt und die Fenster geöffnet sind, sind es 21,3° C. In dem zweiten Klassenraum, in dem der CO₂-Wert 1500 ppm überschritten wird, beträgt die Raumtemperatur, trotz geschlossener Fenster 19,4° C und liegt damit unterhalb der Vorgabe der Arbeitsstättenrichtlinie.

Für diese Arbeit ist für die Bestimmung der Luftqualität der CO₂-Gehalt besonders wichtig. In der Literatur ist in der DIN EN 13779 ein Grenz- bzw. Richtwert von 1500 ppm vorgegeben, der ohne RLT-Anlage häufig überschritten wird. Sowohl Fromme et al. (2008, S. 92), das Stadtgesundheitsamt Frankfurt (2006, S. 22) als auch Grams et al. (2004, S. 24) berichten von Überschreitungen. Die Passivhausschule erreicht Werte über 1400 ppm und gelangt somit ebenfalls an den Grenzwert. Lediglich die Lüftungsmaßnahme von Neumann und Buxtrup unterschreitet im Median mit 1000 ppm den Richtwert der DIN-Vorschrift. Doch hier müsste die Temperatur auf 20° C hochgesetzt werden. Es stellt sich die Frage, ob dies mit Kipplüftung möglich ist. Es kann kein Vergleich zu dem Berufskolleg in Münster hergestellt werden, da die Schule die CO₂-Werte nicht aufzeichnen lässt. Die Werte aus der Startphase können, wegen eines Defektes an einer Festplatte eines Computers, nicht zur Verfügung gestellt werden. Die befragte Klasse des Berufskollegs erreicht nach eigenen Angaben schnell einen Wert von 1500 ppm. Zudem berichtet sie von einem Maximalwert, der über 3000 ppm lag, weshalb das Gerät keine Messangabe anzeigen konnte.

Als Grund für das schnelle Erreichen des Richtwertes sieht die interviewte Klasse die Raumgröße und somit das Raumvolumen. Sie beschreibt diesen als sehr klein. In einem großen Klassenraum, stieg der CO₂-Gehalt langsamer an. Der Median des Raumvolumens in der Literatur beträgt bei Fromme et al. (2008, S. 90 f.) 222 m³ bei einer Personenzahl von 23. Grams et al. (2004, S. 24) berichtet von einem durchschnittlichem Raumvolumen von 212,5 m³ und einer Personenanzahl von 25. Somit steht jedem Schüler mindestens 2,5 m² Bodenfläche zur Verfügung, wie es die DIN EN 13779 (2009, S. 29) vorgibt.

Für die Senkung des Kohlenstoffdioxidgehaltes unterscheidet die VDI 6022 zwischen mechanischer und freier Lüftung. Da die freie Lüftung bisher die häufigste Form in deutschen Schule darstellt und auch in dem Münsteraner Berufskolleg angewendet wird, beschränken sich die literarischen Angaben auf die Fensterlüftung, die der freien Lüftung zugeordnet ist. Die Literatur unterscheidet dabei zwischen Kipp-, Stoß- und Querlüftung, wobei die Querlüftung als effektivste Form ausgewiesen wird. (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1) Die ASR A3.6 (2012, S. 8 f.), Bilek et al. (2008, S. 3) sowie Pluschke (1996, S. 76) empfehlen eine Stoßlüftung nach 20 Minuten Unterricht für drei bis zehn Minuten. Dadurch wird die Gesamtwärme des Raumes erhalten (Bilek et al., 2008, S. 3). Diese Angaben entsprechen den Erfahrungswerten des Interviewpartners A. Die Interviewpartner B bis U müssen spätestens nach zehn Minuten lüften. Zudem scheint der Klassenraum der befragten Klasse durch das Lüften auszukühlen. Das bedeutet, dass die Werte der Klasse nicht mit den Angaben der Literatur übereinstimmen. Die Erfahrungswerte des Interviewpartners A hingegen sind deckungsgleich. Dazu werden die Kipp- und Stoßlüftung angewendet. In seltenen Fällen wird die Querlüftung betrieben.

Um die Lüftungsmaßnahmen erfolgreich durchführen zu können, empfehlen Bachmann und Lange (2013, S. 397) die freie Zugänglichkeit der Fenster. Nach Angaben der befragten Klasse, ist dies in dem kleinen Klassenraum nicht möglich. Dort stehen die Stühle und Tische einen Meter von den Fenstern entfernt, sodass die manuelle Fensterlüftung erschwert wird. Dies wird von der Klasse als Nachteil deklariert. Ein weiterer Nachteil, der aus den Interviews hervorgeht, ist, dass sich durch das manuelle Öffnen der Fenster Einzelgespräche entwickeln. Wobei das manuelle Öffnen der Fenster den Vorteil hat, nach Bedarf lüften zu können. Zudem können zwei Fenster weitgeöffnet und zwei Fenster, wegen der Sicherheitsbestimmungen auf Kippstellung gebracht werden. Dies beeinträchtigt die Stoß- und die Querlüftung. Die Verwendung des OHPs ist während des Lüftens nicht möglich und schränkt entweder den Unterricht oder die Lüftungsmaßnahme ein. Die Fenster werden bei windigem Wetter ebenfalls nicht vollständig geöffnet, um das Verwehen der Schulutensilien zu vermeiden. Die Literatur führt als Nachteil die Zugerscheinungen sowie mangelnde Energierückgewinnung auf. Die Zugerscheinungen sind auch in den Angaben der Klasse wiederzuerkennen. Genauso wie Interviewpartner A, sieht die Literatur die manuelle Fensterlüftung als einen positiven Punkt. Denn dadurch ist das Lüftungsverhalten flexibel. Zudem sei es energiewirtschaftlich günstig, da keine Anschaffungs- und Betriebskosten für eine RLT-Anlage anfallen. (Trogisch, 2009, S. 116)

Die Auswirkungen erhöhter CO₂-Konzentrationen sind in der Literatur eine verlangsamte Denkleistung, eine Verschlechterung des subjektiven Komforts sowie des Wohlbefindens (Sayers et al. nach Lahrz et al., 2008, S. 1363; Kajtár et al. nach Lahrz et al., 2008, S. 1364). Zudem nehmen die Symptome des ZNS zu und äußern sich in Müdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsschwäche und Schwindel (Manzey & Lorzen nach Lahrz et al., 2008, S. 1364; Fromme et al., 2008, S. 89). Ferner kommt es zu Schleimhaut- und respiratorischen Symptomen (Erdmann & Apte nach Lahrz et al., 2008, S. 1365). Auch Interviewpartner A verzeichnet einen Konzentrationsabfall sowie gesteigerte Unruhe bei erhöhter Kohlenstoffdioxidbelastung. Die Schüler des Interviews haben ebenfalls eine Verminderung der Konzentration festgestellt, meinen aber zum Zeitpunkt des Interviews, dass dies eine Einbildung gewesen sein könnte.

Durch die oben beschriebene Ermüdung verweist die Literatur auf die Zunahme der dysfunktionalen Aktivitäten während des Unterrichts (Tiesler et al., 2008). Diese wirken nach Keller (2008, S. 14) als ein Stressor. Je mehr Unterrichtsstörungen, desto mehr Disziplinierungen finden durch die Lehrperson statt. Zudem haben Tiesler et al. (2002, S. 238 ff.) festgestellt, dass die Lehrpersonen zu wenig Erholungspausen haben, um sich zu regenerieren. Mithilfe der Intervention Lüften nehmen die dysfunktionalen Aktivitäten und somit die Disziplinierungen ab. Dadurch sinkt dieser Stressor. Zudem wird die Interaktion zwischen Lehrkraft und Schülerschaft verbessert und der Geräuschpegel sinkt. Es tritt ein höherer

Lerneffekt auf. (Tiesler et al., 2008) Auch Interviewpartner A kann sich nach der Lüftungspause besser konzentrieren und sich auf das Unterrichtsgeschehen einlassen. Das Wohlbefinden und die Aufmerksamkeit sind erhöht worden. Für Interviewpartner A ist der Lärmpegel gesenkt worden, für die befragte Klasse ist dieser gleich geblieben. Auch den Verbesserungen der Arbeitsphase und der Diskussionen über das Lüften widerspricht die Klasse. Sie findet, dass die Einzelgespräche sowie die Diskussionen zugenommen haben. Die Lüftungsphasen wirken für einige Interviewpartner der Klasse erfrischend.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Angaben des Interviews mit den literarischen Ergebnissen weitestgehend übereinstimmen. Dennoch unterscheiden sich einige Angaben, vor allem in Bezug auf die interviewte Klasse. Ein möglicher Grund ist der kleine Klasseraum. Generell können die Ergebnisse des Interviews nicht auf die gesamte Schule oder auf andere Schulen übertragen werden. Die Gegenüberstellung zwischen der Literatur und der beiden Interviews kann daher nicht induktiv auf andere Schulen übernommen werden.

4.2 Begründung für die Notwendigkeit der Sensibilisierung der Schulen für die CO₂-Konzentration in den Klassenräumen und die Auswirkungen auf die Gesundheit der Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler

Wie die Literatur zeigt, ist das richtige Lüften in Schulen nicht selbstverständlich, sodass ein CO₂-Wert von 1500 ppm schnell erreicht wird (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197; Fromme et al., 2008, S. 1358). Es werden verschiedene Gründe dargelegt, warum Lüftungsvorgaben falsch durchgeführt werden, wie etwa die Sicherheitsbestimmungen für das Öffnen der Fenster, die Vorstellung, dass die Kipplüftung ausreicht oder die Kälteempfindlichkeit (Heudorf, 2008, S. 1300; IRK, 2000, S. 47; Bilek et al., 2008, S. 16). Bilek et al. (2008, S. 16) schlagen dazu einige Lösungen vor. Sind Fenster aus Sicherheitsgründen mit einem Schloss versehen, kann während des Unterrichts in Anwesenheit des Lehrers gelüftet werden. In den Pausen können statt der Fenster die Klassenräume verschlossen werden. Für eine effektive Nutzung der Lüftungspausen, sind Bewegungsspiele empfehlenswert. Um an die Lüftungsphasen zu erinnern, kann sich die Klasse einen Wecker stellen. Sollte es Beschwerden bzgl. einer zu niedrigen Raumtemperatur geben, kann bei einer zwei bis drei minütigen Lüftungspause nach Bilek et al. (2008, S. 16) kein Wärmeverlust wahrgenommen werden, da die Gegenstände, die sich im Raum befinden, die gespeicherte Wärme abgeben und die Raumtemperatur erhalten bleibt. (Bilek et al., 2008, S. 16) Wird die Kipplüftung als ausreichend angesehen, kann auf die Gefahr der Schimmelbildung hingewiesen werden (HMUELV, 2012, S. 6).

Die Auswirkungen des schlechten Lüftens und den damit einhergehenden Symptomen der hohen CO₂-Konzentration, wie Konzentrationsschwäche oder Müdigkeit, sind in Kapitel 3.2. dargestellt. Durch richtige Lüftungsinterventionen soll dem entgegengewirkt werden. Daher

„könnte sich hier [langfristig] die Frage stellen, ob durch eine solche Reduzierung von Ermüdungserscheinungen der ganze Schulbetrieb nicht nur humaner sondern auch fehlerfreier und damit auch sicherer abläuft. Fehler in einem Arbeitsablauf treten immer dann häufiger auf, wenn Ermüdung eintritt“ (ISF, 2008). Zudem scheint das Lüften Stressoren zu mindern, sodass das Lüften in der Schule zu einer Selbstverständlichkeit werden sollte.

Dazu müssen die Interventionsmaßnahmen an dem Kenntnisstand der Lehrer und Schüler ansetzen. Ihnen sollten triftige Gründe genannt werden, warum frische Luft und die Lüftungsinterventionen auch während des Unterrichts wichtig sind. Das Berufskolleg in Münster hat hierfür die ersten Grundsteine gelegt. Durch die gemeinsame Einführung der CO₂-Messgeräte hat sich das Wissen der Schüler und Lehrpersonen erweitert. Zwar scheint die Intervention nicht in allen Klassen erfolgreich durchgeführt zu werden, dennoch arbeitet die Schule daran, die Lufthygiene in den Klassenräumen zu verbessern, indem sie neben der CO₂-Konzentration ebenfalls die Lichtverhältnisse sowie die Senkung des Lärmpegels in Angriff nehmen möchte. Auch andere Schulen sollten das „Ziel anstreben, die Belastungen der Raumluft in den Unterrichtsräumen so gering wie möglich zu halten“ (Bilek et al., 2008, S. 1). Dazu reichen große Fenster wie auch das Wissen über das freie Lüften und die CO₂-Konzentration oder die Sanierung einer Schule, also die Verbesserung der Verhältnisse, nicht aus. Vielmehr muss das Verhalten geändert werden.

Deshalb muss neben der Verhältnisprävention auch die Verhaltensprävention für die Schulgemeinschaft Anwendung finden. Wie Meister Proper und Sauber-Fee des Münsteraner Berufskollegs, die in den jeweiligen Klassen für die Raumhygiene und z. T. auch für die Fensterlüftung sowie für die CO₂-Wertüberprüfung verantwortlich sind, könnte in den anderen Schulen ein Lüftungsdienst bestimmt werden. Dieser kann entweder für einen bestimmten Zeitraum festgemacht werden oder wöchentlich wechseln. Bei einem wöchentlichen Wechsel ist darauf zu achten, dass die Personen selbst wissen, dass sie in der Woche für den Lüftungsdienst verantwortlich sind. Dieser Lüftungsdienst ist dafür zuständig, dass sowohl vor Unterrichtsbeginn, während des Unterrichts als auch in den Pausen gelüftet wird. Bei Fenstern mit Schließern bittet der Lüftungsdienst die Lehrkraft, die Fenster zu öffnen und den Klassenraum abzuschließen. (Grams, 2004, S. 31) Zudem sollte das Thema Lufthygiene in die Gesundheitslehre und Gesundheitserziehung mit aufgenommen werden, die „in allen Bundesländern Bestandteil der Lehrpläne für den Sachunterricht in der Primarstufe und für den Biologie-, Chemie- und Haushaltslehreunterricht an weiterführenden Schulen“ (Etschenberg, 2008, 1294) vorliegen. Diese Lehre und Erziehung sollte den angehenden Lehrern ebenfalls in der Studien- und Prüfungsordnung während des Studiums begegnen. Ferner sollten die Lehrpersonen der Schule das hygienische Verhalten vorbildlich durchführen. (Etschenberg, 2008, S. 1294 ff.)

Sollte die Raumlufte durch die Fensterlüftung dauerhaft nicht verbessert werden, sind nach der IRK (2008, S. 38) Maßnahmen, wie bspw. das Einbauen von RLT-Anlagen oder die Reduzierung der Schülerzahlen pro Klassenraum, vorzunehmen. Dabei ist die Hygiene sowie die Wartung und Instandhaltung ein wichtiger Faktor (Moriske & Heudorf, 2008, S. 197 ff.).

Insgesamt müssen Konzepte entwickelt werden, wie die CO₂-Konzentrationen niedrig gehalten bzw. der Richtwert von 1500 ppm dauerhaft unterschritten werden kann (IRK, 2008, S. 38 f.). Dazu ist bei der Verhältnis- und bei der Verhaltensprävention sowohl während der Lehramtsausbildung als auch in der Schule anzusetzen. Denn nur mit einer Kombination aus Verhaltens- und Verhältnisprävention können die Auswirkungen der CO₂-Belastung in der Innenraumlufte der Schulen auf die Gesundheit vermindert werden.

Deswegen sollten die Lehrkräfte sowie die Schüler der Schulen in Deutschland auf das Thema Lufthygiene in Klassenräumen aufmerksam und entsprechende Lüftungsinterventionen an allen Schulen eingeführt werden. An Schulen, wo Lüftungsinterventionen nicht ausreichen, sollten RLT-Anlagen installiert werden.

5. Fazit

Die Situation der Lufthygiene in deutschen Schulen hinsichtlich der CO₂-Konzentration ist verbesserungswürdig. Die hohen CO₂-Werte gehen mit einer Geruchsintensität menschlicher Ausdünstungen sowie mit einer Menge flüchtiger organischer Verbindungen einher (Pluschke, 1996, S. 69). Zudem wird die Raumluftequalität durch die Anzahl der Personen, anderen Emissionsquellen neben dem menschlichen Stoffwechsel, die Luftfeuchte, die Temperatur, das Raumvolumen, die Aktivität, die Dauer des Aufenthaltes sowie durch den Luftwechsel beeinflusst (Lahrz et al., 2008, S. 1358).

Der Grenzwert für die Kohlenstoffdioxidkonzentration in Innenräumen liegen zurzeit in der DIN EN 13779 bei 1500 ppm und wird in den deutschen Schulen und somit auch in dem Berufskolleg in Münster in Westfalen innerhalb kurzer Zeit überschritten. Somit ist die Raumluftequalität in vielen Schulen vor allem im Winter inakzeptabel (Fromme et al., 2008, S. 92).

Um den CO₂-Gehalt der Innenraumlufte zu senken, müssen Lüftungsmaßnahmen ergriffen werden. Diese sind z. B. abhängig von der Art der Lüftung, den Wetterbedingungen sowie von den Fenstergrößen. Neben den Verhältnissen hängt das Lüftungsverhalten ebenfalls von dem Verhalten der Lehrpersonen und der Schüler ab, da in den meisten Schulen die manuelle Fensterlüftung Anwendung findet. Denn sowohl die Studien als auch die Interviews zeigen einen Unterschied zwischen dem Lüftungsverhalten im Sommer und dem im Winter (Niedersächsisches Landesgesundheitsamt, 2012, S. 1; DIN EN 15251, 2012, S. 22; Anhang C, Anhang D). Kann eine dauerhafte Unterschreitung des Richtwertes von

1500 ppm auch mit einer Stoßlüftung vor und während des Unterrichts nicht immer gewährleistet werden, sollte die Lüftung trotzdem durchgeführt werden. Denn ohne Lüftung kann ein MAK-Wert von 5000 ppm in den Klassenräumen erreicht werden. Zudem sollte eine RLT-Anlage in Erwägung gezogen werden.

Die Senkung des CO₂-Gehaltes ist wichtig, um den Auswirkungen entgegenzusetzen. Denn durch eine erhöhte Kohlenstoffdioxidkonzentration in der Innenraumluft wird die Gesundheit der Lehrpersonen und der Schüler beeinflusst. Es steigen die ZNS-Symptome, die Herzfrequenz sowie dysfunktionale Störungen an. Die Denkleistung, das subjektive Wohlbefinden sowie der Komfort verringern sich. Die Studien zeigen, dass Lüftungsmaßnahmen diesen Auswirkungen entgegenwirken und sich die Kommunikationsstruktur ändert. (Bilek et al., 2008, S. 14)

Um die Lüftungspausen gezielt und sinnvoll einzusetzen, sind vor Unterrichtsbeginn Pausen festzulegen. Dadurch wirkt die Zeit vor den Lüftungspausen motivierend und während der Pausen erholsam. (Bilek et al., 2008, S. 14)

Es ist wichtig, die Schulen mit dem Lehrpersonal sowie den Schülern auf das Thema Lufthygiene aufmerksam zu machen. Denn durch einfache Maßnahmen lässt sich ein besseres Lern- und Wohlfühlklima in den Klassen herstellen und die Gesundheit positiv beeinflussen. Zwar unterbrechen die Lüftungspausen während des Unterrichts den Unterrichtsfluss und verkürzen die Unterrichtszeit um einige Minuten, dennoch können sich die Schüler wie auch die Lehrer durch diese besser auf das Unterrichtsgeschehen einlassen, sodass die Unterrichtszeit effektiver gestaltet werden kann.

Die Schulen könnten in Form von Informationsveranstaltungen durch Experten in allen deutschen Schulen über das Thema aufgeklärt werden. In solchen Veranstaltungen können CO₂-Messgeräte angebracht werden, um die Kohlenstoffdioxidkonzentrationen zu messen und diese auf erfahrbare Weise mit dem Wohlbefinden und der mentalen Konzentration in Verbindung bringen. Außerdem können Möglichkeiten für eine sinnvolle Nutzung der Lüftungspausen während des Unterrichts aufgezeigt und z. T. angewendet werden.

In den Schulen, wo die freie Lüftung ungenügend ist, sollte vor einer Sanierung über RLT-Anlagen nachgedacht werden. In Schulen die neu und energieeffizient erbaut werden, sollte zuvor auf RLT-Anlagen verwiesen werden, um ein besseres Raumklima gewährleisten zu können.

Literaturverzeichnis

American Psychological Association (2015). *APA Style*. Verfügbar unter

<http://apastyle.org/> [15.05.2015]

Arbeitsstättenrichtlinie. (Januar 2012). *Lüftung* (ASR A3.6), zul. geändert und ergänzt

GMBI 2013, S. 359. Verfügbar unter <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/ASR.html> [05.06.2015]

Arbeitsstättenrichtlinie. (Juni 2010). *Raumtemperatur* (ASR A3.5), zul. geändert GMBI

2014, S. 287. Verfügbar unter <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/ASR.html> [05.06.2015]

Bachmann, P. & Lange, M. (Hrsg.) (2013). *Mit Sicherheit gesund bauen. Fakten, Argumente und Strategien für das gesunde Bauen, Modernisieren und Wohnen*. Wiesbaden: Springer.

Bilek, A., Koch, M., Penschorn, M. & Wiechert, J. (2008). *Frische Luft für frisches Denken. Neue Unterrichtsqualität in unseren Klassenräumen*. Wiesbaden: Universum.

Bogner, A., Menz, W. & Litting, B. (2014). *Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Springer.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz (1984). *MAK-Wert. Bedeutung und Anwendung in der Praxis*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag.

Deutscher Fachverband für Luft- und Wasserhygiene (DFLW) (01.02.2012). *Lüftungstechnik – Warum Hygiene so wichtig ist*. Verfügbar unter <http://www.dflw.info/136.html> [04.07.2015]

DIN EN 13779. (September 2007). *Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlsysteme; Deutsche Fassung EN 13779:2007*. Berlin: Beuth.

DIN EN 15251 (Dezember 2012). *Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik; Deutsche Fassung EN 15251:2007*. Berlin: Beuth.

- Electro-Mation (EM). (2015). *Technisches Datenblatt. CO₂-Sensor mit Luftgüteampel. EMAQ-31*. Verfügbar unter file:///C:/Users/Carina/Downloads/productattachments-files-d-a-datenblatt_emaq-31.pdf [19.06.2015]
- Etschenberg, K. (2008). Hygiene – eine Aufgabe von Verhältnis- und Verhaltensprävention in Schule und Unterricht. Anmerkungen aus pädagogischer Sicht. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 51, 1289-1296. doi: 10.1007/s00103-008-0698-z
- Fachhochschule Münster (20.12.2013). *Richtlinien zur Gestaltung von Hausarbeiten, Projektarbeiten und Abschlussarbeiten am Fachbereich Pflege und Gesundheit. Version 1.2*. Verfügbar unter https://ilias.fh-muenster.de/ilias/goto_Bibliothek_file_93731_download.html [08.01.2015]
- Fromme, H. et al. (2008). Raumluftqualität in Schulen – Belastung von Klassenräumen mit Kohlendioxid (CO₂), flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Aldehyden, Endotoxinen und Katzenallergenen. *Das Gesundheitswesen*, 70, 88-97. doi: 10.1055/s-2008-1046775
- Grams, H., Hehl, O. & Dreesman, J. (2004). *Niedersächsisches Schulmessprogramm: Untersuchung von Einflussfaktoren auf die Raumluftqualität in Klassenräumen sowie Modellierung von Kohlendioxidverläufen*. Verfügbar unter http://www.keabw.de/fileadmin/user_upload/pdf/schulen/Luftqualit_Niedersaechsisches_Schulmessprogramm.pdf [19.04.2015]
- Hankammer, G. & Lorenz, W. (2007). *Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden. Erkennen und Beurteilen von Symptomen und Ursachen*. Köln: Rudolf Müller.
- Hartmann, F. (Hrsg.) (2015). *Lüftungskonzepte. Erstellung – Kosten – Projektbeispiele*. Kissing: Weka Media.
- Heudorf, U. (2007). Bringt die Passivhausschule die Lösung der Raumlufthygienischen Probleme in Schulen? *Gesundheitswesen*, 69, 1-8. doi: 10.1055/s-2007-985133
- Heudorf, U. (2008). Hygiene in Schulen. Altbekannte Probleme heute noch aktuell. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz. Hygiene im Alltag*, 51, 1297-1303. doi: 10.1007/s00103-008-0696-1

- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUELV) (April 2012). Lüftung im Wohngebäude. Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethoden. *Energiesparinformationen des Landes Hessen*, 08, 1-12.
- Institut für interdisziplinäre Schulforschung (ISF) (29. April 2008). *Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Unterricht – Ein Beitrag zur Ergonomie der Schule*. Verfügbar unter http://www.isf.uni-bremen.de/ISF_Forschung.htm [09.06.2015]
- Keller, G. (2008). *Disziplinierungsmanagement in der Schulklasse. Unterrichtsstörungen vorbeugen – Unterrichtsstörungen bewältigen*. Bern: Hans Huber.
- Lahrz, T. et al. (2008). Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Mitteilung der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz: Hygiene im Alltag*, 51, 1358-1369. doi: 10.1007/s00103-008-0707-2
- LumaSense Technologie Inc. (2015). *Nichtdispersive Infrarottechnologie*. Verfügbar unter <http://www.lumasenseinc.com/DE/branchenloesungen/technologie-grundlagen/nichtdispersive-infrarot-absorption-ndir/> [18.06.2015]
- Pluschke, P. (1996). *Luft-Schadstoffe in Innenräumen*. Berlin: Springer.
- Moriske, H.-J. & Heudorf, U. (2008). Innenraumhygiene – Situationen in deutschen Schulen. Ein altes und aktuelles Thema. *Umweltmedizin in Forschung und Praxis*, 13/4: 197-198.
- Neumann, H.-D. & Buxtrup, M. (Juni 2014). *Beurteilung der CO₂-Konzentration in Klassenräumen*. Verfügbar unter https://www.unfallkasse-nrw.de/fileadmin/server/download/Praeventionsmaterialien/CO2_in_Schulen.pdf [08.01.2015]
- Niedersächsisches Landesgesundheitsamt (Mai 2003). *Ein Modell zur Simulation der Qualität der Innenraumluft am Beispiel von CO₂. Handbuch zum Programm QUIRL/CO₂ Version 1.0*. Verfügbar unter http://www.nlga.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=27083&article_id=19316&_psmand=20 [15.06.2015]

- Niedersächsisches Landesgesundheitsamt. (Juni 2012). *Merkblatt. Lüftungsempfehlung für Arbeitsräume*. Verfügbar unter http://www.nlga.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=27081&article_id=19335&_psmand=20 [11.05.2015]
- Stadtgesundheitsamt Frankfurt. (Mai 2006). *Innenraumklima in Schulen. Feinstaubkonzentrationen in Klassenräumen in Abhängigkeit von der Reinigung und Lüftung*. Verfügbar unter http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Feinstaub%20in%20Schulen_Endbericht.pdf [13.04.2015]
- Tiesler, G., Berndt J., Ströver, F. & Schönwälder H.-G. (2002). Herzklopfen? Psychophysische Beanspruchung von Lehrerinnen und Lehrern durch Schul-Arbeit. In Max-Traeger-Stiftung & Riecke-Baulecke, T. (Hrsg.) *Jahrbuch für Lehrerforschung und Bildungsarbeit* (235-247). Weinheim: Juventa.
- Tiesler, G., Schönwälder, H.-G. & Ströver, F. (29. April 2008). *Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Unterricht – Ein Betrag zur Ergonomie der Schule*. Verfügbar unter http://www.isf.uni-bremen.de/ISF_Forschung.htm [09.06.2015]
- Tiesler, G., Schönwälder, H.-G. & Ströver, F. (2009). *Gesundheitsfördernde Einflüsse auf das Leistungsvermögen im schulischen Unterricht. Ein Beitrag zur Ergonomie der Schule*. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag für neue Wissenschaft.
- Trogisch, A. (2009). *Planungshilfen Lüftungstechnik* (3. Auflage). Heidelberg: Müller.
- Umweltbundesamt, Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) (Hrsg.). (2000). *Leitfaden für die Innenraumlufthygiene in Schulgebäuden*. Berlin: Komag.
- Umweltbundesamt, Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) (Hrsg.). (2008): *Leitfaden für die Innenraumhygiene in Schulgebäuden*. Berlin: Komag.
- VDI 4300 Blatt 9. (August 2005). *Messen von Innenraumluftverunreinigungen Messstrategie für Kohlendioxid (CO₂)*. Berlin: Beuth.
- VDI 6022 Blatt 3. (Juli 2011). *Raumlufttechnik, Raumluftqualität. Beurteilung der Raumluftqualität*. Berlin: Beuth.

VDI 6040 Blatt 2 Entwurf (Juni 2014). *Raumluftechnik, Schulen, Ausführungshinweise.*
Berlin: Beuth.

Anhang

Inhaltsverzeichnis

Anhang A: Interviewplan des Leitfadeninterviews

Interviewplan: CO ₂ -Messgeräte in einem Berufskolleg in Münster in Westfalen	Datum: 24.04.2015 Uhrzeit: 10:39-11:17 Uhr Ort: Sekretariat
Interviewter:	Interviewpartner A, Lehrer an einem Berufskolleg in Münster in Westfalen
Interviewerin:	Carina Windau (Studentin)
Beabsichtigte Verwendung:	Bachelorarbeit
<p>Gesprächsablauf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begrüßung • Vorstellung der Interviewerin und Erläuterung des Gesprächsablaufs mit technischer Durchführung. Verweis: Daten werden vertraulich und nur für die Bachelorarbeit verwendet. • Informationen über die Schule durch A/ Wie wurde die Schule auf die CO₂-Messgeräte aufmerksam? • Informationen über die CO₂-Messgeräte: Welches Gerät und welche Firma, Dauer des Einsatzes, Anzahl der Messung pro Unterrichtsstunde, Messungen außerhalb der Raumnutzung, Standort der Messgeräte, Minimal- und Maximalwerte, Mittelwerte, Vergleichswerte. Vor und nach der Intervention • Informationen, wie die Schule den CO₂-Gehalt senken möchte: Maßnahmen durch die Schule, um den CO₂-Gehalt zu senken/ favorisierte Maßnahmen • Informationen zum Lüftungsmanagement: Ab welchem Wert wird gelüftet? Wie oft wird im Durchschnitt gelüftet? Maßnahmen neben der Lüftung, Raumluftechnische Lüftungssysteme vorhanden? Manuelle oder technische Fenster? • Informationen zur Durchführung der geplanten Maßnahmen durch die Schule: Durchführung des Lüftungsmanagement und der Feuchtreinigung. Andere Maßnahmen • Erfolge bei der Durchführung: Erfolge und Probleme, mögliche Gründe • Informationen zu den Veränderungen im Unterrichtsverlauf: Konzentration, Lautstärke, Entlastung für den Lehrer, weniger Schülerausfälle wegen Krankheit • Weitere Informationen: Sinnhaftigkeit der Intervention, Vor- und Nachteile der CO₂-Messgeräte, Verbesserungsvorschläge 	

Anhang B: Leitfaden der Gruppendiskussion

Interviewplan: CO ₂ -Messgeräte in der Evangelische Sozialpädagogische Ausbildungsstätte Münster	Datum: 06.05.2015 Uhrzeit: 11:30 Uhr – 12:30 Uhr Ort: Spielraum
Interviewte:	Elfte Klasse der eines Berufskollegs in Münster in Westfalen
Interviewerin:	Carina Windau (Studentin)
Beabsichtigte Verwendung:	Bachelorarbeit
<p>Gesprächsablauf:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begrüßung und Zuordnung von Zahlen auf die Schülerinnen und Schüler • Vorstellung der Interviewerin und Erläuterung des Gesprächsablaufs mit technischer Durchführung. Redet ein Schüler, so muss dieser vorher seine zugewiesene Zahl sagen. Verweis: Daten werden nur für die Bachelorarbeit verwendet. Die Tonaufnahme wird nach der Auswertung gelöscht. Einwilligung der Klasse. Wer nicht zustimmt, muss den Raum verlassen. • Informationen über die Beteiligung der Klasse an der Anschaffung der CO₂-Messgeräte • Informationen über die CO₂-Messgeräte: Dauer des Einsatzes, Anzahl der Messung pro Unterrichtsstunde, Messungen außerhalb der Raumnutzung, Standort der Messgeräte, Minimal- und Maximalwerte, Mittelwerte, Vergleichswerte vor und nach der Intervention • Informationen, wie die Schule den CO₂-Gehalt senken möchte: Maßnahmen durch die Schule, um den CO₂-Gehalt zu senken/ favorisierte Maßnahmen • Informationen zum Lüftungsmanagement: Ab welchem Wert wird gelüftet? Wie oft wird im Durchschnitt gelüftet? Maßnahmen neben der Lüftung, Raumluftechnische Lüftungssysteme vorhanden? Manuelle oder technische Fenster? • Informationen zur Durchführung der geplanten Maßnahmen durch die Schule: Durchführung des Lüftungsmanagement, weitere Maßnahmen • Erfolge bei der Durchführung: Erfolge und Probleme, mögliche Gründe • Informationen zu den Veränderungen im Unterrichtsverlauf: Konzentration, Lautstärke, Entlastung für die Schülerschaft, weniger Schülersausfälle wegen Krankheit • Weitere Informationen: Sinnhaftigkeit der Intervention, Vor- und Nachteile der CO₂-Messgeräte, Verbesserungsvorschläge 	

1 **Anhang C: Transkript des Interviews I**

2 Interview vom 24. April 2015, Beginn: 10:39 Uhr:

3

4 I: dies ist das interview mit herrn* A(Name geändert) an einem berufskolleg in münster. und
5 es GEHT um die co₂-messgeräte in den klassenräumen und in den anderen räumen. ich
6 bin carina windau, ich bin studentin und die beabsichtigte verwendung dieses interviews ist
7 für die bachelorarbeit.** herr A fängt jetzt einfach mal ein wenig an zu ERZÄHLEN und es
8 ist jetzt 10:39 Uhr.

9

10 A: okay, also diese co₂-messgeräte und der umgang mit dem thema lufthygiene * ist eigent-
11 lich nur verständlich, wenn man mal die ganze geschichte auch betrachtet. wir haben relativ
12 lange schon das thema umgang mit Müll.

13

14 I: hm

15

16 A: VERANTwortlicher umgang mit dem gebÄudE, VERANTwortlicher umgang auch mit
17 dem thema SCHÖPFung als thema so in=ner SCHULgemeinschaft, als thema in der schul-
18 KONFERENZ als <programmatischen schwerpunkt.

19

20 I: hm

21

22 A: wir haben, ich habe das mal nachgeguckt, wir haben auf der schulkonferenz 2006, also
23 fast vor 10 Jahren, haben wir regeln verabschiedet über den umgang mit dem hausMÜLL.
24 <gebe ich ihnen gleich mal mit/ kann man auch nochmal gucken/ und wir haben auch eben
25 konzepte gemacht für das thema schUlgesundheit oder mit der <ag gesundheit >und wir
26 haben letztes jahr >teilgenommen * <an dem ökoprofitprozess in der stadt münster. und
27 das ist der GESAMTKontext. und ich fang' mal an bei dem ersten, also, dass wir uns eben
28 ganz lange mit dem thema HAUSMÜLL beschäftigt haben. wir haben festgestellt, dass es
29 für ein lernen und lehren in einer guten atmosphäre wichtig ist, * dass man, ja, 'ne guten
30 wohIFÜhlatmosfera hat. und da ist das thema SAUBERKEIT 'n ganz zentrAles. * und wir
31 haben zwei regeln festgelegt, die so grundlegend sind, dass wir nämlich die KLASSEN
32 einbinden wollen in diese VERWALTUNG ihrer klassenräume, wenn es um das thema sau-
33 berkeit geht.

34

35 I: hm

36

37 A: und dazu haben wir uns ein system ausgedacht, das heißt meister PROPER * und sau-
38 ber-FEE.

39

40 I: hm

41

42 A: das ist ein bisschen sozialpädagogisch irgendwie eingebunden *, hat aber zum beispiel
43 unsere * das das ökoprofit-team beim audit sehr ÜBERzeugt, an der stelle her, erzählich
44 ich das ganz gerne. also * meister proper und SAUBER-fee sind verantwortliche in den
45 klassen * die im grunde ihre klassenkollegen und kollegin daran erinnern sollen, dass der
46 müll weggerÄumt wird, dass die kLAsse sauber gehalten wird und dass sozusagen verant-
47 wortlich mit dem RAUM umgegangen wird. das nichts einfach liegen bLEIbt und <so weiter.
48 >diese meister proper **, man könnte es vielleicht auch übersetzen mit umweltbeauftragte
49 *

50

51 I: mh.

52

53 A: die treffen sich in meister proper KONFERENZEN.

54

55 I: mhm.

56

57 A: und auf diesen meister proper konferenzen, die auch begleitet werden von der schullei-
58 tung und von einer beauftragten kollegin, ^ geht es darum, gemeinsam zu gucken: was kann
59 man verBESSERN?* also beispielsweise machen die darauf aufmerksam, ob genügend
60 REInigungsmittel in den klassen sind. also besen, kerblech, * wir gehen von seiten der
61 schulleitung in diese meister proper konferenz, wenn es BESchwerden von der NACHbar-
62 schaft, etwa mit der sauberkeit rund ums schulgebäude gibt.

63

64 I: ok.

65

66 A: also oder es werden gemeinsam eben auch DINGE verabredet * <zum beispiel ist es so,
67 dass in den klassen selber nur noch mülleimer für papler stehen.

68

69 I: mhm.

70

71 A: >während auf den schulGÄNGen, auf den schulfIuren dann so die müllbehälter für dinge
72 für die müllTREnnung sind.

73

74 I: ok, ja.
75
76 A: und * das ist das ein >sysTEM *
77
78 I: ja.
79
80 A: und wir BELOHNEN, wir belohnen die SAUbersten klässenräume nach einem Punkte-
81 System, also wir bewerten sie nach einem punktesystem. die lehrkräfte * die lehrkräfte be-
82 punkten den raum nach subjektiver einschätzung am ende des unterrichtstAges.
83
84 I: mHM.
85
86 A: ich kann das gleich nochmal zeigen/ können sie auch fotografieren.
87
88 I: ja
89
90 A: von plus zwei bis minus zwei
91
92 I: okay
93
94 A: und ähnlich machen es auch die PUTZkrÄfte.
95
96 I: Achso, also ist einmal von der lehrkraft und wenn nachmittags die putzkräfte #kommen#
97
98 A: #genau, wenn gereinigt# wird
99
100 I: ja
101
102 A: genau. das war nämlich sozusagen der andere Punkt. also uns ist es wichtig so als, ich
103 sag mal ganz bewusst, als diakonische schule das umweltbewusstsein ein zentraler aspekt
104 ist, also auch unseres schulprofills
105
106 I: ja
107
108 A: aber dass wir auch festgestellt haben, es gab klagen vom <reinigungspersonal und das
109 war uns eben auch irgendwie unangenEhm und wollten dem natürlich dann auch rechnung
110 tragen

111

112 I: ja

113

114 A: UND das belohnungssystem heißt, dass wir am ende des schuljahres DEN drei klassen

115 DIE dann immer am höchsten >gerRAnked slnd * <gutscheine geben für des fotokopieren

116

117 I: aja, das ist ja auch nicht schlecht.

118

119 A: ja, und die werden dann auch noch >AUSgezeichnet * und die klassen bekommen mo-

120 natlich eine rückmeldung über ihren STAnd in dem * schulinternen ranking

121

122 I: also, dass sie sich auch nochmal wieder verbessern könnten

123

124 A: genau, so als kleiner anreiz

125

126 I: okay, das spornt ja an.

127

128 A: und das ist tatsächlich SO, wie gesagt, das mag jetzt im ersten angang klingt das so ein

129 bisschen KINDlich, aber es ist auch schon auch wirklich so, dass dadurch das verantwort-

130 tungsbewusstsein sehr gestiegen ist

131

132 I: ja

133

134 A: wenn man so durch=s schulgebäude geht * wird 'drauf geachtet oder wo nicht 'drauf

135 geachtet wird, bekommen wir auch 'ne RÜCKMeldung * als klasse.

136

137 I: das ist ja ganz gut finde ich

138

139 A: genau dass man sozusagen auch transparenz sieht. das hängen wir auch monatlich aus.

140 jede klasse weiß das und kann sich eben dann entsprechend nochmal auf den weg machen

141

142 I: naja, schön

143

144 A: und das war im grunde genommen eines der ersten STARTschüsse zu sagen, dieses

145 thema ökologIE, umweltbewusstSEIN, VERantwortung für das eigene schulgebäude, für

146 den eigenen klassenraum, <das ist ein ganz wichtiger programmatischer bestandteil und

147 >darauf aufbauend ist es weitergegangen. wir haben dann * tage der gesundheit gemacht,

148

149 I: mhm

150

151 A: wo wir * wo wir die ganze schulgemeinde eingebunden haben. wir haben das thema auf
152 LEHRERkonferenzen gehabt, wir haben das abgefragt über verschiedene fragebögenakti-
153 onen * und letztlich ist aus dieser ag gesundheit, die sich dann gegründet HAT *, da ging
154 es auch um themen, die sie gerade ANgesprochen haben, burnout, beLASTUNG, also ar-
155 beitsBELASTUNG, wir haben so ein arbeitszeitmodell entwickELT,

156

157 I: aha

158

159 A: wo wir die stunden umrechnen in jahreswochenstunden und damit lehrer so=n bisschen
160 aus ihrer eigenen verteilung bestimmen kÖnnen, über=s schuljahr gesehen * auf jeden fall
161 dieses THEMA mit der ag gesundheit hat sich immer mal wieder verändert, immer mal
162 wieder aktuelle themen auf eh <aufgegriffen * und die ag gesundheit hat uns MOTIVIERT
163 als schule TEILzunehmen * am * >zwei dingen eigentlich, <nämlich einmal am schulpreis
164 gesunde schule *

165

166 I: hm

167

168 A: das war im letzten jahr und parallel dazu haben wir von der SCHULleitung, aber auch
169 unterstützt mit der ag gesundheit, haben wir uns beteiligt am <ökoprofitverfahren

170

171 I: ja

172

173 A: >UND das lief parallel, <das muss ich auchnochmal sagen, mit der qualitätsanalyse von
174 nordrhein westfalen und da wurde festgestellt, dass >alle drei verFAhren ganz viel wert le-
175 gen auf gesundheit <sondern auch ökologische aspekte und auch auf das thema so RAUM-
176 management, KLIMAmangement, so *

177

178 I: okay

179

180 A: und bei einem dieser beGEHUNGen haben wir so einen leiter gehabt, der dann auch
181 das THEMA umgang mit klassenräumen aufmerksam gemacht hat

182

183 I: mhm

184

185 A: sozusagen wissenschaftlich nochmal gesagt, man kann bei klassenraum GANZ VIEL
186 machen * was LÜFTUNG angeht, was BELEUCHTUNG angeht, was LÄRM angeht, * was
187 sauberkeit angeht. sauberkeit hatten wir aber schon was zu gemACHT

188

189 I: mhm

190

191 A: ehm.

192

193 I: Da habe ich eine Frage zu

194

195 A: ja?

196

197 I: waren das externe reinigungskräfte? Also eine Firma die beauftragt wurde oder

198

199 A: also das sind >externe REINIGUNGSKräfte, die reinigen, und externe auditoren, die aber
200 unabhängig bei diesem zertifizierungsverfahren geprüft haben

201

202 I: aha

203

204 A: also derjenige, der uns diese tipps gegeben hat, war ein begleiter vom ökoprofitverfah-
205 ren, der hatte mit den reinigungskräften nichts zu tun

206

207 I: aha, okay

208

209 A: aber dieses verfahren meister proper und sauber-fee das ist abgestimmt mit den reini-
210 gungskräften

211

212 I: mhm

213

214 A: und * also in diesem ökoprofitverfahren und dem verfahren gesunde SCHULE, *

215

216 I: Mhm

217

218 A: beides externe audits,

219

220 I: ja

221

222 A: <die wir beide erfolgreich auch durchlaufen haben, darauf bin ich auch sehr stolz. also
223 wir haben das ökoprofitsiegel bekommen, können sie auch gerne fotografieren draußen/
224 von mir aus/ und wir haben den schulpreis gewonnen 10.000 EURO als gesunde schule *
225 und da war eben ein baustein * dieses was wir schon haben

226

227 I: mhm

228

229 A: <an gesundheitsmanagement >da gehört ein gesunder schulkiosk zu und gesunde er-
230 nährung an der schule *

231

232 I: mhm

233

234 A: aber es gehört eben auch dazu, dass wir uns auf den weg machen machen, verantwort-
235 lich zu sein für den <eigenen raum. >und im RAHMEN dieses prozessen haben wir eben
236 auch gelernt, dass man sozusagen auch nochmal * ja die klassen hygiene sag ich das mal
237 RAUMhygiene mit zum thema machen kann

238

239 I: ja, find' ich gut

240

241 A: das war für uns >NEU, * wie gesagt, wir stellten schon fest, dass gerade das lüftungs-
242 verhalten in klassen * immer ein <schwieriges thema ist, gerade im <winter, im sommer ist
243 es nicht so schlimm, aber gerade im WINTER

244

245 I: mhm wegen der KÄLTE? wäre das von den schülern oder kommt das auch von lehrern
246 *, dass das probleme * gibt?

247

248 A: also genau, * es gibt ein bewusstsein dafür, dass natürlich gesunde raumluft wichtig ist,
249 das ist klar und das merkt man auch, das merken die schüler und die lehrer auch und du
250 merkst das als lehrer vor alldingen, wenn man gerade in klassenraum <reinkommt. * und
251 bisher war es so, dass es irgendwie 'n objektives kriterium fehlte und sondern der lehrer sagt
252 eben subjektiv, jetzt muss gelüftet werden, es ist zu WARM, zu stickig oder es SAGten
253 einige schüler

254

255 I: mhm

256

257 A: aber es war immer subjektiv

258

259 I: ja

260

261 A: ja und da hatte uns eben der, wir haben so ein umweltberater auch unseres schulträgers,
262 der uns dann auf diese messgeräte aufmerksam gemacht

263

264 I: aha

265

266 A: UND * dann haben wir die nicht einfach eingeführt *, dass das nicht so steht von unserer
267 schule, sondern wir haben in einer FORMUSveranstaltung, wo die ganze SCHULgemeinde
268 zusammenkommt, *

269

270 I: mhm

271

272 A: haben wir den ganzen prozess des ökoprofits vorgestellt.

273

274 I: mhm

275

276 A: also wir wollen eben auch müll VERMEIDEN und <das ist das thema. wir wollen eh
277 energie einsparen und papier einsparen. >also das waren so unsere THEMEN

278

279 I: ja

280

281 A: papier einsparen machen wir über kopien, dass wir drauf achten. das eine ist <müllprob-
282 lem und das >HEIZEN haben gekoppelt sozusagen dann mit dem lüften.

283

284 I: mhm

285

286 A: <wir haben es tatsächlich hingekriegt, dass wir unsere heizkosten reduziert haben * und
287 wir haben jetzt eingeführt, dass alle klassen dieses gerät kriegen * und es in klassen sozu-
288 sagen so umweltbeauftragten gibt, das sind oft die meister proper und sauber-fee

289

290 I: okay

291

292 A: <also als umweltbeauftragte, die d'rauf achten, dass gelüftet wird und der nächste schritt
293 ist jetzt, dass alle klassen ausgestattet werden mit so'm ich sag mal hinweisblatt, mit 'ner
294 BETRIEBsanleitung, wie lüfte ich richtig?

295

296 I: mhm

297

298 A: worauf muss ich ACHTEN? ** <und das interessante ist, über dieses gerät, quasi als *
299 autorität im HINTERgrund, die aber sichtbar ist die sich meldet AUCH *

300

301 I: Mhm

302

303 A: >und mit dem vereinbarten regelwerk des, was weiß ich, wie wird eigentlich sachgerecht
304 gelüftet *

305

306 I: ja

307

308 A: find' ich zum beispiel, dass wir ein deutlich besseren umgang mit * <ja mit raummanege-
309 ment auch haben. klingt vielleicht ein bisschen nebulös aber selbst in klausuren ACHTEN
310 die klassen da drauf, die geräte sind da oft eingeschaltet, dass es kein problem ist nach
311 'ner HALBEN stunden, wenn das gerät ausschlägt zu sagen, okay jetzt wird für fünf minuten
312 STOßgelüftet, das ganze wird eben auch gemacht und dann geht=s weiter

313

314 I: okay

315

316 A: das heißt ich brauch nicht mehr dieses ausHANDELN

317

318 I: mhm

319

320 A: mir ist zu WARM, mir ist zu KALT, mir ist SCHLECHT, mir ist stickig oder so und es ist
321 auch nicht die autorität des lehrers die dann sagt, sondern es ist eine sozusagen <abgefe-
322 derte methode

323

324 I: mhm:

325

326 A: oder eine, abgefedert ist falsch, eine <wissenschaftliche methode, die dann auch eben
327 auch KLAR ist an der stelle.

328

329 I: also das heißt sobald das gerät, piept da gibt=s auch gar keine

330

331 A: gibt=s #auch keine#

332

333 I: #>nörgelein oder irgendwie was#, #diskussionen#

334

335 A: #nein#

336

337 I: da hält sich eigentlich jeder schüler d'ran

338

339 A: und die klassen die=s abgestellt haben, das war ja gerade die rückmeldung aus der
340 klasse, wo wir auch gerade waren

341

342 I: mhm

343

344 A: die hat den ton abgestellt, weil der wirklich * ERST aufhört, wenn das gerät DEUtlich
345 unter DEM wert ist

346

347 I: achso, okay

348

349 A: und das kann da so teilweise fünf bis zehn minuten dauern

350

351 I: mhm

352

353 A: das war den dann zu anstrengend. aber sie achten jetzt eben auch selber d'rauf

354

355 I: ja, das ist ja eigentlich auch nicht schlecht.

356

357 A: das konnte man ja gerade merken, das war unter 1500 (ppm), 1450 glaub ich

358

359 I: ja

360

361 A: aber da war das fenster jetzt schon auf

362

363 I: ja und das dauert, bis das einigermaßen GESENKT ist, wirklich so fünf bis zehn minuten?

364

365 A: ja

366

367 I: weil ich hab' nämlich literatur gehabt, da war das als empfehlung alle ZWANZIG minuten
368 zwei bis drei minuten lüftung, dass dann möglichst weit runter geht und dann alle zwanzig
369 minuten
370
371 A: alle zwanzig minuten ist auch unser erfahrungswert, also alle zwanzig bis dreißig minu-
372 ten, je nach, das hat was mit AUßENtemperatur zu tun, hat was mit der GRÖßE des raumes
373 zu tun
374
375 I: mhm
376
377 A: <aber da erzähle ich ihnen ja nichts neues. * aber zwanzig minuten ZWANZIG bis dreißig
378 minuten *, wir komm' mit zwei drei minuten kommt man nicht aus, sondern man muss schon
379 glaub ich schon <fünf minuten fünf, minuten je nach dem wie windig es draußen ist und
380 sowas
381
382 I: Ja, das ist ja klar aber im durchschnitt ist das ja auch mal ganz interessant das das
383
384 G: ja
385
386 A: etwas andere werte sind
387
388 G: ja, wenn man, wenn man das auf so ein WERT haben will, der nicht wieder knapp unter
389 1500 liegt dann ist man ja gleich wieder dran mit lüften
390
391 (lachen)
392
393 I: ja, das stimmt
394
395 G: <'ne.
396
397 I: und das GERÄT selber, misst das jede MINUTE oder in welchem ABSTAND misst das
398 gerät?
399
400 A: das gerät läuft durch
401
402 I: <läuft durch, okay

403

404 A: ja, also das läuft den ganzen TAG

405

406 I: mjm

407

408 A: denn man kann das auch aufzeichnen lassen also

409

410 I: machen sie das?

411

412 A: ne' machen wir nicht, weil es, also das war uns jetzt nicht so WICHTIG. wir HABEN
413 aufzeichnungen gemacht

414

415 I: mhm

416

417 A: zum beispiel als wir das gerät eingeführt haben, weil wir selber mal wissen wollten, wie
418 das sozusagen funktioniert, welche werte über den tag verteilt sind

419

420 I: mhm

421

422 A: das heißt wir hab'n das in=ner startphase erstmal ohne piepen einfach nur aufgezeichnet

423

424 I: mhm

425

426 A: und wir haben dann diese messwerte genutzt und unseren umweltberater, also von un-
427 serem TRÄGER den umweltberater, da so 'ne öffentliche veranstaltung da in der schule
428 'raus zu machen

429

430 I: mhm

431

432 A: und haben dann während dieser öffentlichen VERANSTALTUNG auch aufgezeichnet.

433

434 I: mhm

435

436 A: und das war eigentlich so der aha effekt.

437

438 I: ja das ist ja auch nicht schlecht ne

439

440 A: und da konnte man feststellen *, wir sind unten im forum gewesen, ein GROßER RAUM
441 der dann aber voll war mit 200 leuten *
442
443 I: mhm
444
445 A: und dann konnte man feststellen, parallel konnte man feststellen die konzentration ist
446 runter gegangen (Handy vibriert vom Interviewten) ich muss das eben ausstellen. die kon-
447 zentration ist runtergegangen.
448
449 (Interviewter geht an sein Handy und sagt, er rufe gleich zurück)
450
451 A: die unruhe ist größer geworden
452
453 I: mhm
454
455 A: wir haben=s nicht so weit kommen lassen, dass wir das sozusagen verglichen haben mit
456 LEISTUNG auch nochmal.
457
458 I: also keine tests oder irgendwie sowas durchgeführt?
459
460 A: < nein
461
462 I: weil das ja auch
463
464 A: nein
465
466 I genau, schwierig
467
468 A: das ist auch relativ schwierig. also will man 'ne testklasse machen, * also ** subjektiv
469 nach meinem eindruck, ich bin relativ lange hier an der schule, würde ich sagen, dass sich
470 das deutlich verbessert hat, dass die aufmerksamKEIT und das wohlbefinden deutlich an-
471 ders ist.
472
473 I: sowohl bei ihnen als auch bei den schülern?
474

475 A: ja ja * das problem liegt daran, man hätt=s im grunde messen müssen, aber in dem
476 moment, wo man um das verfahren ja weiß und um die werte und dann zu sagen wir ma-
477 chen jetzt trotzdem mal einen tag closed shop und gucken wie die leistungen dann sind
478 oder sogar bei klausuren das durchzuhalten,

479

480 I: ja?

481

482 A: das finde ich auch unfair dann (lacht), ich weiß, dass es wirkt, ich lasse sie aber trotzdem
483 mal in einem zu'n klassenraum erstmal schreiben, das machen wir natürlich nicht

484

485 (lachen)

486

487 A: wir haben jetzt natürlich keine vergleichsmöglichkeiten, dass wir, was weiß ich, bei ab-
488 schlussklausur machen das auch, da müsste man ja jetzt genau gucken, aber wir haben ja
489 keine das kann man ja nicht als VERgleichswert vermitteln

490

491 I: ja klar

492

493 A: es ist 'n VERFAHREN dass die schüler * ALLE annehmen

494

495 I: mhm

496

497 A: <also es gibt KEINE diskussionen dazu * und wir wollen auch an der stelle weiter ma-
498 chen, >also wie gesagt der nächste schritt ist, dass wir jetzt so ein regelwerk aufstellen,
499 dass wir irgendwie in den klassen hängen werden, WIE ist richtiges lüftungsverhalten? ab
500 wann muss gelüftet werden? das auch BEGRÜNDEN welche FOLGEN hat das * und wir
501 werden auch weiter d'ran geh'n jetzt also raummanagement weiterzumachen, wie ist es mit
502 LICHT? wie ist es mit LÄRM? das sind so die nächsten baustellen dann

503

504 I: joa, das ist ja

505

506 A: joa

507

508 I: komme ich mit meiner masterarbeit nochmal wieder

509

510 (lachen)

511

512 A: gerne

513

514 I: ja schön

515

516 A: jetzt muss ich mal gucken, ich hab wie gesagt, das mit dem hausmüll, ag GESUNDHEIT,

517 dann hab' ich hier nochmal das, was wir wieder eingegeben haben für ökoprofitprozess

518 (A hat Informationsmaterialien mitgebracht, die die Interviewerin mitnehmen darf)

519

520 I: das ist gut

521

522 A: ja

523

524 I: ich hab' aber noch 'ne FRAGE und zwar, sie haben ja gesagt, dass die konzentration und

525 alles wurde verbessert, subjektiv gesehen jedenfalls,

526

527 A: ja

528

529 I: ist damit der lärmpegel somit auch gesenkt worden in den klassen, also dass die nicht so

530 unruhig sind?

531

532 A: ich find', also ich persönlich finde JA

533

534 I: mhm

535

536 A: wir haben zumindestens EIN lärmpegel deutlich gesenkt. das kann man glaub ich, <das

537 könnte man auch beWEISEN oder auch erfragen nämlich die diskussion darüber, WANN

538 gelüftet wird und WANN NICHT gelüftet wird

539

540 I: mhm

541

542 A: also es gibt ja auch immer diskussionen, das sorgt auch dafür, dass die, die gerne an

543 der heizung sitzen, den ist zu warm, den anderen ist es zu kalt

544

545 I: mhm

546

547 A: wir haben jetzt so=n kriterium, wo dann sich alle auch d'rauf eh einlassen * und die

548 diskussion darüber sind >WEG

549

550 I: mhm

551

552 A: und man merkt auch schon deutlich, dass nach diesen pausen <auch nochmal ganz
553 anders gearbeitet wird * und ich >glaube es liegt nicht nur an der PAUSE, sondern liegt
554 auch daran, dass einfach der RAUM wieder frischer ist, dass man besser auch atmen kann
555 so.

556

557 I: das heißt, sie führen auch während sie lüften pausen ein, dass die schüler dann in der
558 zeit nicht arbeiten oder?

559

560 A: also wenn es zum beispiel jetzt, wenn man=s im winter, jetzt gerade konnte man in der
561 klasse sehen, da die haben jetzt trotzdem weitergearbeitet , das fenster war auf, das gerät
562 signalisiert sozusagen noch 'ne raumluft die noch okay ist, aber wenn es zum beispiel im
563 winter * sehr KALT ist *

564

565 I: mhm

566

567 A: so und man trotzdem lüftet, dann verbinden wir das oft mit 'ner PAUSE

568

569 I: mhm

570

571 A: so oder ist in dieser zeitintervall, sagen wir mal zwei, drei, vier, fünf minuten gelüftet wird,
572 weil dann ist es oft zu KALT und die leute müssen sich was wieder anziehen, sonst (lächelt)
573 geht das nicht

574

575 I: ja, aber die bleiben dann schon in dem klassenraum in der pause?

576

577 A: die bleiben schon in dem klassenraum genau.

578

579 I: #die gehen nicht raus oder bewegungsspiele#

580

581 A: #nein, wir machen da keine offizielle pause#

582

583 I: oder irgendwie sowas

584

585 A: nein

586

587 I: okay

588

589 A: das nicht. da kann man natürlich sagen, liegt das vielleicht, der lärmpegel, auch weil die
590 konzentration an der pause. <ich führe das aber eher auf die luftgeschichten zurück, weil
591 wir machen ja nicht immer eine pause, sondern manchmal wird auch nur >geLÜFTET.

592

593 I: mhm

594

595 A: <und dann geht das auch in der arbeitsphase auch irgendwie weiter.

596

597 I: ja klar * und würden sie sagen, dass die intervention, also durch diese co₂-messgeräte,
598 für SIE SELBER entlastend sind? also das

599

600 A: als lehrer?

601

602 I: ja

603

604 A: ja deutlich, * also * muss ich nicht mehr mit den klassen diskutieren

605

606 I: mhm

607

608 A: <mein eigenes, ich merke selber, ich kann mich, ich bin konzentrierter, ich kann mich
609 auch einlassen auf unterrichtsgeschehen im guten WOHLFÜHLKLIMA und da trägt LUFT
610 MAßGEBLICH für bei *

611

612 I: mhm

613

614 A: und man merkt es ganz >DEUTLICH, <wenn man in klassenräume kommt, das ist ja
615 nun, wir wechseln ja die klassenräume als lehrkräfte, wir haben also nicht unsere klassen-
616 räume, sondern gehen immer mit in die klassenräume der klassen

617

618 I: mhm

619

620 A: und da merk ich einen ABSOLUT deutlichen unterschied. >also man merkt sofort, wo ein
621 klassenraum gelüftet wird und wo nicht

622

623 I: mhm

624

625 A: und * darüber das jetzt, weil jetzt die gerÄTE da sind, kann ich eigentlich immer auf die
626 geräte auch <verweisen. man kann sagen <okay leute ihr müsst jetzt lüften.

627

628 I: ja

629

630 A: <wo das jetzt nicht so etabliert ist, aber eigentlich ist es etabliert

631

632 I: okay

633

634 A: aber ich merkt einen deutlichen unterschied.

635

636 I: ja, das ist doch auch schön. Wenn=s positive erfolge gibt. >ehm * ich hab AUCH gelesen,
637 dass UNTERRICHTSAUSFÄLLE seitens der schüler und auch seitens der lehrkräfte bei
638 besserer luftbedingung WENIGER werden * ist das hier auch so, dass man merkt die
639 SCHÜLER sind nicht so häufig krank oder lehrkräfte * #sind nicht so häufig krank? #

640

641 A: # haben wir keine erhebung # zu gemacht

642

643 I: okay gut

644

645 A: kann man, müsste man vorher und nachher dann machen

646

647 I: mhm

648

649 A: mhm

650

651 I: ja * und ehm also sie würden sagen, das MESSGERÄT bringt eigentlich NUR VORTEILE
652 mit, also dadurch dass die diskussion weniger wird, also man hat überprüfungswerte?*

653

654 A: ja

655

656 I: es ist ein objektives gerät.

657

658 A: ja und es bringt auch den großen VORTEIL, dass wir uns mit dem thema auch beschäftigt
659 haben. *

660

661 I: mhm

662

663 A: was so ein bisschen aus dieser, sag mal, aus sozialpädagogisch ökologischen DISkus-
664 sionen, JA lehrergesundheit, schülergesundheits ist wichtig, RAUMKLIMA ist WICHTIG und
665 so, das hat jetzt ehm man hat harte FAKTEN. *

666

667 I: mhm

668

669 A: ehm * und damit hat=s dann noch 'n deutlich SCHUB auch an BEWUSSTSEIN gebracht

670

671 I: ja

672

673 A: also was man sofort vielleicht gespürt hat, erahnt hat, ist jetzt klar, dass das ein klar
674 verändertes BEWUSSTSEIN bekommen hat

675

676 I: mhm

677

678 A: und das war ja eigentlich unser anLIEGEN, man muss gucken, ich weiß nicht, ob das für
679 SIE interessant ist, aber für uns war es wichtig, * wir * haben einen sozialpädagogischen
680 bildungsauftrag. *

681

682 I: mhm

683

684 A: das heißt unsere studierenden schüler gehen ja auch die PRAXIS.

685

686 I: ja

687

688 A: und die erwarten ja auch, dass die sozusagen ökologisch HANDELN, dass UMWELT-
689 BEWUSSTSEIN haben und dass sie auch auf effizienten energieverbrauch achten, * auf
690 RAUMKLIMA sowas achten, LÄRM ist ein GANZ GROßES thema im bereich der sozialpä-
691 dagogik *

692

693 I: ja

694

695 A: sozusagen hat das auch immer so 'ne transmissionsfunktion. sie lernen hier, dass es
696 möglich ist, sie lernen dass man mit <MÜLL umgehen kann, mit sauberkeit umgehen kann,

697 mit RAUMklima umgehen kann * und wir hoffen und denken dass sie das auch transprotie-
698 ren in ihre >eigene PRAXIS DANN
699
700 I: ja
701
702 A: uns sozusagen als BOTschafter dieses gedankens auch da <sind, also das ist auch
703 wichtig, das ist immer so 'ne pädagogische funktion
704
705 I: <ja das stimmt * >gibt=s denn auch NACHTEILE? * <Sehen sie irgendwelche?
706
707 A: ja es gibt * es ist eine kostenFRAGE. die GERÄTE kosten glaub' <ich etwa, ich weiß es,
708 nicht genauer, >um hundert EURO
709
710 I: mhm
711
712 A: π mal daumen, * das muss man investieren, ich glaub', <also ist vielleicht auch etwas
713 selbstlobend, >aber * die ART und WEISE, wie wir=s eingeführt haben *
714
715 I: ja
716
717 A: ist nicht von OBEN herab gewesen. also sozusagen es braucht die geräte NICHT, um
718 einen LERHEREINDRUCK zu bestätigen.
719
720 (lachen)
721
722 A: das hätte man ja auch machen können oder um irgendwie schülerkritiken aufzugreifen,
723 sondern wir haben das eingeführt mit den studierenden und der schülerschaft und der SV
724 GEMEINSAM. *
725
726 I: mhm
727
728 A: unsere GEMEINSAME ANSTRENGUNG, * die SCHULE auch weiter VERBESSERN zu
729 wollen.
730
731 I: mhm
732

733 A: und da eben geguckt. der ANSCHLUSS war von den schüler PAPIER, der ANSTOß war
734 das STROMSPAREN und ENERGIESPAREN. *
735
736 I: mhm
737
738 A: und das waren die ANKNÜFUNGSPUNKTE * und indem wir das mit den schülern GE-
739 MEINSAM entwickelt haben, ist glaub' ich auch sowas wie, es wird uns AUFGEDRÜCKT,
740 es ist irgendwie 'ne MAßREGELUNG der SCHULLEITUNG oder LEHRER ist überhaupt
741 nicht geWESEN, *
742
743 I: mhm
744
745 A: sondern eine gemeinsam entwickelte schulformvorhaben.
746
747 I: aja
748
749 A: und das ist wir werden es auch immer mal wieder aufrufen, wir laden so ein umweltBE-
750 RATER regelmäßig EIN,
751
752 I: mhm
753
754 A: der das GERÄT nochmal vorstellt, der den zusammenhang zwischen KONZENTRA-
755 TION, LUFTLASTUNG, SAUBERKEIT <aufmerksam macht.
756
757 I: mhm
758
759 A: und das ist 'n beständiges thema auch zwischen SCHUkonferenz, SCHÜLERvertretung,
760 schulleitung, lehrerkollegium
761
762 I: das ist natürlich # schön #
763
764 A: # und so # finde ich das eigentlich, dass * ich sehe KEINE nachteile
765
766 I: das ist SCHÖN, also gibt es auch keine VerbesserungsWÜNSCHE * die sie #anstreben#
767
768 A: #ne!, ich würde mir natürlich#, wenn man die KOSTENfrage nimmt, ich würde mir wün-
769 schen, dass es natürlich zur regelausstattung von schulen GEHÖRT.

770

771 I: mhm

772

773 A: ich würde mir auch WÜNSCHEN, dass im grunde genommen * sowas, was wir jetzt
774 entWICKELN, also * ich sag mal KARTEIkarte für RAUMmanagement,

775

776 I: mhm

777

778 A: dass das schon von seiten von schulaufsicht in entwickelter form GIBT

779

780 I: ja

781

782 A: nicht als als, was weiß ich, als regelwerk, sondern als VORSCHLAGWERK

783

784 I: mhm

785

786 A: und das würd=s glaub ich an der stelle erleichtern. andererseits *, <wie gesagt dieser
787 pädagogische prozess wäre vielleicht >NICHT in GANG GEKOMMEN und das BERUFS-
788 FELD wäre nicht so STARK

789

790 I: ja, das stimmt

791

792 A:< also sonst nachteile? was sagt die literatUR? was sagen die an nachteilen?

793

794 I: eigentlich so gar keine. so selbst kaum welche gesehen, nur dass man halt in diesen
795 studien, die die durchgeführt haben, in berlin beispielsweise, dass die ja keine blindtest
796 gemacht haben. also nicht gesagt haben, wir haben hier 'ne lüftungsanlage oder das fenster
797 steht auf und der co₂ wird trotzdem zugeführt. und diese * ob es wirklich was BRINGT, ob
798 das sonst vom kopf abhängt oder sowas *

799

800 A: okay

801

802 I: das würde dann halt so als NACHTEIL ausgeprochen

803

804 A: mhm

805

806 I: aber ansonsten haben die eigentlich nur gesagt, dass das jahrelanges thema ist, dass
807 das schon vor 1979 entdeckt wurde, immer aufmerksam gemacht wurde, aber nie umge-
808 setzt wurde
809
810 A: mhm
811
812 I: und dass das eigentlich nur vorteile bringt
813
814 A: das wird
815
816 I: außer #kostenfrage#
817
818 A: tests, das finde ich nochmal interessant geschich/. wie gesagt, wir können ja nur vorher
819 und nachher vergleichen
820
821 I:mhm
822
823 A: wir werden das jetzt auch nicht abschaffen, um sozusagen den alten zustand wieder
824 herbeizuführen
825
826 I: ja
827
828 A: von daher sind alles was wir verbesserungen jetzt spüren eigentlich subjektive EINdrü-
829 cke.
830
831 I: mhm
832
833 A: es ist glaub ich auch unrealistisch zu gucken, ob sich PRÜFUNGSLEISTUNGEN das
834 wäre jetzt das einzig OBJEKTIVE,
835
836 I: ja
837
838 A: aber das lässt sich auch im grunde genommen nicht valide erheben und ob sich sowas
839 UNRUHE, KONZENTRATION, dafür gibt es viele FAKTOREN die da reinspielen.
840
841 I: mhm
842

843 A: aber eben einer ist auch das RAUMKLIMA und *

844

845 I: ja

846

847 A: es, sag mal, ich führe die SELBSTVERSTÄNDLICHKEITEN, mit der das KOLLEGIUM
848 und in der SCHÜLERSCHAFT, angenommen worden is, * ist für mich ein beleg dafür, dass
849 alle eigentlich erkennen, dass es VORTEILE hat und dass es wirklich zu einer VERBES-
850 SERUNG führt

851

852 I: ja

853

854 A: also die schüler nutzen das nicht, um dann, damit sie ihre pause beKOMMEN, sondern
855 sie MERKEN selber, dass es ihnen irgendwie danach auch wieder besser geht

856

857 I: ja

858

859 A: ehm * also das ist eigentlich das beste indiz dass es funktioniert

860

861 I: joa

862

863 A: <und es valide ist

864

865 I: joa *3* das hab=n wa, *2* neben dem LÜFTUNGSverhalten gibt=s dann auch hier eine
866 feuchtreinigung? nochmal da zusätzlich durch die klassenräume? also täglich oder nur zwei
867 bis dreimal die woche?

868

869 A: wir haben, genau haben so eine intervallreinigung

870

871 I: mhm

872

873 A: <jede klasse ist jeden zweiten tag, <da müsste ich nochmal den hausmeister fragen,
874 aber ich meine jeden zweiten tag * würden die räume dann auch sozusagen im intervall
875 feuchtgereinigt.

876

877 I: mhm * okay *2* das fällt damit weg *, GENAU dann habe ich noch 'ne FRAGE zu den
878 FENSTERN: gibt es da schwIERIGKEITEN, fester zu öffnen? sind es manuelle oder tech-
879 nische FENSTER?

880

881 A: <gut, sind ja gut vorbereitet. >ja es ist tatsächlich so, wir können *, das hat was mit
882 SICHERHEITSBESTIMMUNGEN zu tun, wir können nicht alle Fenster KOMplett öffnen

883

884 I: mhm

885

886 A: * das wäre sicherlich 'n VORTEIL

887

888 I: mhm

889

890 A: weil man dann natürlich schneller LÜFTEN könnte, vielleicht kommen so auch die zwei
891 Minuten zustande, das könnte natürlich sein, wenn ich richtig lüften kann und ich mach' die
892 klassentür auf, bin ich schneller mit der DURCHLÜFTUNG.

893

894 I: genau

895

896 A: aber wir kriegen=s, also die fenster lassen sich alle per hand ÖFFNEN das ist VORTEIL,

897

898 I: mhm

899

900 A: find ich, weil man dann INdiviuell <das regel kann, >aber sie lassen sich nicht ALLE
901 öffnen

902

903 I: das heißt, zum beispiel, haben sie einen <computerraum? beispielsweise? gibt=s den?

904

905 A: ja

906

907 I: >kann man die ganz normal öffnen?

908

909 A: also das für, >jedenraum, in JEDEM RAUM den wir HABEN, lassen sich zwei FENSTER
910 ganz öffnen,

911

912 I: >achso

913

914 A: die anderen lassen sich auf kipp öffnen.

915

916 I: ah, okay gut

917

918 A: >aber es wär' natürlich schön man könnt/ ALLE ganz öffnen.

919

920 I: ja klar

921

922 A: sind dann aber mit dem schloss abgeschlossen, sodass man sie nur heran kippen kann,
923 das ist für das LÜFTUGNSVERHALTEN vollkommen UNGEeignet.

924

925 I: ja * das stimmt natürlich, aber wenn man schon mal zwei fenster hat, hat man schon mal
926 die halbe miete.

927

928 A: ja,* aber das ist nochmal, fällt mir jetzt gerade ein, wenn man sich was verbesserungs-
929 wünsche vorstellen dürfte, <dann das ganze und jetzt fällt mir >doch beim NACHDENKEN
930 noch was ein, was natürlich ein * VORTEIL ist, wenn man große klassenRÄUME hat, das
931 merken wir deutlich * <dass die GROßEN klassenräume, wir waren ja gerade in einem
932 klassenraum, der war sehr klein,

933

934 I: genau

935

936 A: aber das sind dann bauliche bedingungen natürlich beschränkt, das kann man nicht ma-
937 chen, man kann nicht einfach die klassengrößen so anpassen, dass es optimal ist, <das
938 kriegen wir nicht hin. >was sicherlich VORTEILHAFT ist, wenn 'ne schule möglichkeiten hat
939 ** kleidung, also gerade im WINTER an NASSEN tagen, kleidung außerhalb des klassen-
940 raums aufzuhängen, haben wir nicht.

941

942 I: mhm ja

943

944 A: also das wäre noch so=n wunsch, was man * sozusagen an der stelle auch * nochmal
945 handlungsfähiger sein könnte.

946

947 I: ja

948

949 A: oder wenn man das übersetzt, <ich glaube, dass klassen die sowas haben, weiß nicht
950 'ne garderobe oder sogar spinde, wo man die nassen sachen gut aufbewahren kann

951

952 I: mhm

953

954 A: ich war mal in 'ner schule, die haben so=n sockenprinzip gehabt, dass die dann auch
955 schuhe selbst draußen hinstellen konnten.
956
957 I: achso
958
959 A: >das gibt=s auch.
960
961 I: mhm
962
963 A: *und ich glaube da ist, >da ist ein <bisschen spielraum noch, wo man sich noch weiter
964 verbessern kann und >dann muss man natürlich gucken, wo man die anderen komponen-
965 ten, also LICHT, LÄRM, eh den <rest dann noch. gerade diese lärmgeschichte ist auch
966 immer wichtig,
967
968 I: ja
969
970 A: <ist so 'ne baustelle vielleicht für die masterarbeit.
971
972 (lachen)
973
974 I: >ist auf jeden fall ein HOCH INTERESSANTES thema LUFTHYGIENE und was da alles
975 mit zusammen hängt. mit den fenstern, wenn die manuell geöffnet werden können, gibt=s
976 wahrscheinlich keine rtl-anlage also raumluftechnische systeme?
977
978 A: ne, gibt=s nicht.
979
980 I: ne
981
982 A: nein, <also sowas wie 'ne klimaanlage oder sowas oder?
983
984 I: ja oder auch ehm die
985
986 A: lüftungsANLAGEN
987
988 I: ja genau
989
990 A: nein

- 991
- 992 I: wie in wohnräumen oder so kennt man das ja auch.
- 993
- 994 A: ne
- 995
- 996 I: wohnhäuser
- 997
- 998 A: gibt=s Nicht ist aber auch zu teuer das einzubauen.
- 999
- 1000 I: ja genau das * wäre <aber sonst noch ganz interessant gewesen.
- 1001
- 1002 A: wäre natürlich auch nochmal interessant, ob da grundsätzlich bei NEUbauten auf sowas
- 1003 geachtet wird
- 1004
- 1005 I: ja, <stimmt
- 1006
- 1007 A: auf ein gutes belüftungssystem oder luftAUSTAUSCHsystem, *6* also unter energeti-
- 1008 schen GESichtspunkten wär' das auf jeden fall ein VORTEIL.
- 1009
- 1010 I: ja, wobei da auch, bei den RLT anlagen gibt=s natürlich VOR- und NACHteile, weil ja
- 1011 keine, es soll ja FRISCHE LUFT sein, aber die menschen, die in dem raum SIND, die diese
- 1012 KÜNSTLICHE LUFTZUFUHR theoretisch belüftet werden, dass die sich gar nicht SO
- 1013 WOHLfühlen
- 1014
- 1015 A: mhm
- 1016
- 1017 I: in den räumen vielleicht dann eher so als UNTERSTÜTZUNGSMaßNAHME, aber
- 1018
- 1019 A: ja vielleicht würde das die INTERvalle ein bisschen verlängern, das könnte sein.
- 1020
- 1021 I: <ja genau
- 1022
- 1023 A: man hat natürlich ein GROßEN VORteil, wenn man, hab' ich bei mir zuhause, wenn man
- 1024 'n * ,sag mal, luftdichten KUBUS hat oder 'ne UMMANTERLUNG hat, das man trotzdem
- 1025 so=n RAUMklima länger konstant halten kann mit 'ner LÜFTUNGSanlagen, das kriegt man
- 1026 über das, sonst muss man viel, viel öfters lüften. das ist natürlich ein VORteil
- 1027 I: ja

1028

1029 A: aber subjektiv * ist es schon so, <dass man, glaub ich am anfang, auch trotzdem mal
1030 das FENSTER auf macht, um *

1031

1032 I: genau

1033

1034 A: <frische luft reinzulassen das glaub ich.

1035

1036 I: genau, *4* und generell wird das aber auch, wenn man das jetzt mal so zusammen fasst,
1037 erfolgreich durchgeführt das KONZEPT, sobald das ehm GERÄT PIEPT oder der WERT
1038 über 1500 liegt, dass wirklich JEDER lüftet? oder gibt=s da auch * so * schwarze schafe,
1039 die dann NICHT lüften? *

1040

1041 A: <also ich leg' jetzt nicht für jeden meine HAND ins FEUER, aber eigentlich ist das die
1042 regel und wird auch immer eingehalten, dass gelüftet wird. und da achten die SCHÜLER
1043 und SCHÜLERINNEN deutlich drauf.*

1044

1045 I: <für das punktesystem?

1046

1047 A: >ne das punktesystem hat ja mit lüften nichts zu tun.

1048

1049 I: >achso, ach ja stimmt, das war wegen der sauberkeit.

1050

1051 A: genau, aber die achten 'drauf, <weil sie das selber als >SINNVOLL erachten und weil
1052 sie merken die, die KONZENTRATION <auch von der luft abhängig ist und von der CO₂
1053 belastung abhängig ist.

1054

1055 I: ja

1056

1057 A: also da, sie können auch gern' nochmal irgendwie rumfragen oder wenn sie nochmal
1058 SCHÜLERDATEN brauchen.

1059

1060 I: mhm

1061

1062 A: lade ich die nochmal ein, dann fragen sie nochmal klassen nach ihrem, <können sie auch
1063 nochmal machen.

1064

- 1065 I: ja stimmt, ja schön * ich glaube dann haben sie alle meine FRAGEN >erfolgreich beant-
1066 wortet. genau sonst die WERTE, die am ANFANG gemessen, das sagten sie ja, da haben
1067 sie werte aufzeichnen lassen, kann man sich die ansehen?
1068
- 1069 A: och, da müssten sie KONTAKT zu UMWELTBERATER aufnehmen
1070
- 1071 I: mhm
1072
- 1073 A: müsste ich ihnen nochmal den, * schicken sie mir nochmal 'ne erinnerungsmail, dann
1074 schicke ich ihnen nochmal den KONTAKT zu herr x
1075
- 1076 I: x.
1077
- 1078 A: herr x aus betel ist das, * also die die ehm GRENZWERTE die sind ja, * also die sind,
1079 die haben wir ja vorgegeben gekriegt, da gibt=s ja glaub ich wissenschaftliche studien, wo
1080 die sagen, ab der und der belastung sinkt das ab und daraufhin also, so sind die geräte
1081 auch eingestellt
1082
- 1083 I: ja
1084
- 1085 A: >wir hab=n jetzt NICHT GETESTET, wo das vielleicht nochmal sinnvoller ist, <ob man=s
1086 noch tiefer setzen kann oder höher ansetzten. wir haben diese werte, die vorgegeben sind
1087 übernommen
1088
- 1089 I: mhm
1090
- 1091 A: aber wir haben das sozusagen transparent gemacht in diesem öffentlichen forumsver-
1092 anstaltung
1093
- 1094 I: aja
1095
- 1096 A: und das war, also der zusammenhang war sowas von deutlich, weil ALLE die da saßen,
1097 die MERKTEN, wo es UNRUHIGER wurde
1098
- 1099 I: ja
1100
- 1101 A: da konnte ENERGIEberater oder der UMWELTberater sagen und hier leute, dass nach

1102 zwanzig MINUTEN war der WERT an der stelle, wo man merkte, dass die KONZENTRA-
1103 TION im GANZEN bereichen runterging.
1104
1105 I: wahnsinn
1106
1107 A: <das ist so *.
1108
1109 I: ja, ich habe aber doch noch 'ne frage
1110
1111 A: mhm
1112
1113 I: >wissen sie also welche FIRMA das gerät hergestellt und welches gerät das GENAU ist,
1114 was sie hier eingeführt haben?
1115
1116 A: kann ich herausfinden
1117
1118 I: okay, würden sie mir das sonst einfach mal zuschicken?
1119
1120 A: vielleicht können wir das auch sofort, moment, ich geh mal eben gucken.
1121
1122 (A verlässt den raum und telefoniert, um die firma des geräts herauszufinden, dann ruft G
1123 mich zu sich. Gerät: wöhler cdl 210)
1124
1125 I: dann würde ich das jetzt einmal ausschalten, die aufnahme.
1126
1127 A: ja, okay
1128
1129 I: vielen DANK.

1 Anhang D: Beantworteter Fragebogen der Gruppendiskussion

2

3 Informationen zur interviewten Gruppe:

4 Klassengröße: 19 Schülerinnen und Schüler, 1 Lehrkraft

5 Anzahl der Jungs: 4 Anzahl der Mädchen: 15

6

7 Fragen:

8 Informationen über die Anschaffung der CO₂-Messgeräte durch die Klasse

9 1. Sind Sie als Klasse an der Anschaffung der CO₂-Messgeräte beteiligt gewesen?

10 *Person F berichtet unter Zustimmung der anderen, dass diese Klasse an der Be-*
11 *schaffung der Messgeräte beteiligt gewesen ist. Zuvor wurden die Messgeräte in*
12 *einem Tutorium vorgestellt. Anschließend wurde gemeinsam abgestimmt, ob die*
13 *Klasse ein CO₂-Messgerät testen möchte. Dazu wurde eine Probezeit ohne festes*
14 *Ablaufdatum vereinbart.*

15

16 Informationen über die CO₂-Messgeräte:

17 2. Seit wann setzen Sie diese CO₂-Messgeräte in Ihrer Klasse ein?

18 *Person Q antwortet, dass die CO₂-Messgeräte seit drei Monaten eingesetzt werden.*

19 3. Finden die Messungen sowohl während der Unterrichtsstunde als auch außerhalb
20 des Unterrichts statt?

21 *Person F sagt, dass das Gerät durchläuft*

22 4. Wo befinden sich die CO₂-Messgeräte? (Klassenraum, Pausenraum, genaue Stelle
23 in den Klassenräumen)

24 *Person E antwortet, dass es nicht in jedem Raum ein Messgerät gibt. Auch nicht in*
25 *dem Spielraum, wo das Interview geführt wird, da es kein Klassenraum ist.*

26 *Person H gibt an, dass sich die Geräte manchmal an der Tür befinden. Darauf sagt*

27 *Person M, dass die Geräte oft zwischen Tafel und Fenster angebracht sind.*

28 *Dadurch dass es am Fenster hängt, fragt sich Person M, ob der Raum dann wirklich*
29 *so schnell gelüftet wird, wenn das Gerät direkt an der frischen Luft hängt. Sie meint,*

30 *dass der Wert schneller sinkt, als wenn das Gerät auf der anderen Seite des Rau-*
31 *mes hängen würde. Person E stimmt Person L zu indem sie sagt, dass es heute ein*

32 *gutes Beispiel gegeben habe. Denn sie hat die Luft für gut empfunden, aber Person*

33 *M hatte ein anderes Gefühl und forderte jemanden auf, das Fenster zu öffnen. Da*

34 *Person F und Person N nicht an derselben Stelle im Raum sitzen, kann man erken-*

35 *nen, so Person F, dass die Luft, die bei ihr am Fenster angekommen ist, Person N*

36 *noch nicht erreicht hat. Person T gibt an, dass die Schule überlegt hat, in allen Klas-*

37 *sen die Messgeräte einzusetzen, aber das wurde nicht umgesetzt. Darauf antwortet*

38 *Person F, dass in den einzelnen Klassen abgestimmt wurde, ob diese Klasse ein*
39 *CO₂-Messgerät anschaffen möchte oder nicht. Person U sagt, dass im Lehrerzim-*
40 *mer auch ein Gerät steht, wo der Pieper ausgeschaltet ist. Auch im Sekretariat steht,*
41 *laut Person L, ein Messgerät.*

- 42 5. Welche Minimal-, Maximal- und Mittelwerte (Durchschnittswerte) wurden während
43 des eingesetzten Zeitraums gemessen?

44 *Person N antwortet, dass das Gerät einmal nur noch „HI“ (high) angezeigt habe,*
45 *nachdem der Wert über 3000 ppm gestiegen ist. Daraufhin sagt Person F, dass das*
46 *Gerät dann nur noch piept und es ausgeschaltet werden müsse. Zudem fügt Person*
47 *L hinzu, dass es auch Situationen gegeben hat, wo die Klasse selbst gesagt hat,*
48 *dass das Fenster nicht aufgemacht werden muss, obwohl das Gerät high angezeigt*
49 *hat, weil die Klasse es zu dem Zeitpunkt als gute Raumlufte empfunden hat und die*
50 *Konzentration gleich geblieben ist. Außerdem sagt Person L, dass es zu Beginn zu*
51 *einem Hypochondrismus gekommen sei und dass man sich eingebildet habe, dass*
52 *man nicht mehr so Konzentrationsfähig ist, wenn der Wert über 1500 ppm liegt. Aber*
53 *im Nachhinein empfindet Person L, dass das nicht stimmt.*

- 54 6. Wurde das CO₂-Messgerät auch vor der Intervention eingesetzt, um zu beobachten,
55 ob sich die CO₂-Werte nach der Intervention verbessert haben?

56 *Keine gültige Antwort auf die Frage.*

57

58 Informationen, wie die Schule den CO₂-Gehalt senken möchte:

- 59 7. Welche Maßnahmen wendet die Schule bzw. wenden Sie an, um den CO₂-Gehalt
60 zu senken?

61 *Alle zusammen sagen, dass sie die Fensterlüftung anwenden, wobei die Fenster*
62 *vollständig geöffnet werden.*

63

64 Informationen zum Lüftungsmanagement:

- 65 8. Die Schule verfügt über manuelle Fenster, gibt es beim Öffnen dieser Hindernisse?

66 *Person F antwortet, dass die Kipplüftung nichts bringt, außer Feuchtigkeit und kalte*
67 *Luft. Daher sollte die Klasse die Fenster ganz aufmachen. Doch im Winter hat die*
68 *Klasse, laut Person F, nicht alle Fenster aufgemacht, weil die Schüler, vor allem die*
69 *am Fenster sitzen, erfroren wären. Deshalb hat die Klasse ganz vorne und ganz*
70 *hinten die Fenster geöffnet. Jetzt seien aber alle Fenster auf. Person F bringt diese*
71 *Reaktion mit dem Wetter in Verbindung. Person K gibt an, dass es auch Räume*
72 *gibt, die immer nur das erste und das letzte Fenster öffnen können. Person M fügt*
73 *hinzu, dass der Klassenraum dieser Klasse sehr klein ist und die Tische nur einen*
74 *Meter von den Fenstern entfernt stehen, sodass einige Mitschüler die Fenster im*

75 Genick haben. Ferner sagt Person N, dass der OHP nicht genutzt werden kann,
76 wenn die Fenster offen sind, da dann einige Schüler das Bild nicht sehen können.
77 Daher lässt die Klasse die Fenster zu, wenn der Overhead-Projektor verwendet
78 wird. Außerdem werden die Schulsachen der Schüler durch Windböen weggeweht.
79 Bei so einem Wetter, wird das Fenster ebenfalls nicht vollständig geöffnet.

80 9. Gibt die Schule einen CO₂-Wert vor, ab dem Gelüftet werden soll?

81 Ja, die Schule gibt durch die Messgeräte einen Wert von 1500 ppm vor. Ab diesem
82 Wert fangen die Geräte an zu piepen. (Person F, M, N, Q)

83 Person M sagt zudem, dass das Gerät mittlerweile aus ist. Daraufhin entgegnet
84 Person F, dass es letzte Woche noch an war und dass die Klasse auch gelüftet hat,
85 obwohl der Wert bei 900 ppm war. Denn die Schülerschaft hat die Luft als stickig
86 empfunden und hat dementsprechend nicht darauf gewartet, dass das Gerät sagt,
87 dass gelüftet werden muss. Person F gibt an, dass die Klasse nach Empfinden lüftet
88 und nicht nach der Anzeige des Gerätes.

89 10. Wie oft wird im Durchschnitt an Ihrer Schule während und außerhalb des Unterrichts
90 gelüftet?

91 Person F sagt, dass die Klasse auch während der Pause gelüftet hat, wenn jemand
92 in der Klasse war und auf die Werte geachtet hat. Aber wenn einer Person kalt
93 wurde, wurden die Fenster spätestens nach fünf Minuten wieder geschlossen.
94 Person H fügt hinzu, dass es mal eine Regelung gab, dass einmal in der Stunde für
95 fünf bis zehn Minuten gelüftet werden soll. Doch darauf sei eine übertriebene Sache
96 entstanden, sodass alle 45 Minuten 15 Minuten gelüftet wurde. Danach hatte die
97 Klasse keine Lust mehr zu lüften, weil den Schülern im Winter zu kalt wurde. Jetzt
98 wird es wärmer, sodass nicht nur gelüftet wird, wenn schlechte Luft ist, sondern
99 auch, wenn es warm ist. Das ist nach Angaben von Person J viel mehr geworden,
100 aber eine feste Regelung gibt es dafür nicht. Person L gibt an, dass die Schüler, die
101 als erstes in die Klassen kommen die Fenster weit aufmachen. Doch wenn dann ein
102 Schüler hereinkommt, dem zu kalt ist, dann wird das Fenster direkt wieder geschlos-
103 sen.

104

105 Informationen zur Durchführung der geplanten Maßnahmen durch die Schule:

106 11. Werden die Interventionsmaßnahmen (Lüftung, o. a.) von den Lehrkräften und der
107 Schülerschaft erfolgreich durchgeführt?

108 Person O sagt, dass die Intervention fehlgeschlagen ist. Person L gibt zudem an,
109 dass es im Winter auch zu kalt war und dass es im Sommer kein Problem sein wird,
110 zu lüften, da die Fenster im Sommer sowieso die gesamte Zeit offen stehen. Zudem
111 sagt diese Person, dass sich zu Beginn der Intervention einige strikt auf das Gerät

112 geachtet haben und dass die Klasse auch etwas dazu gelernt habe. Aus diesen
113 Gründen und weil die Klasse an Erfahrung dazu gewonnen haben, empfindet diese,
114 dass das Gerät nicht mehr benötigt wird. Daraufhin gibt Person M zu bedenken, ob
115 diese Ansicht repräsentativ ist, da die Klasse trotz der hohen Schülerzahl einen ext-
116 rem kleinen Klassenraum habe. Der kleine Raum und die dafür hohe Anzahl an
117 Schüler hatte, aus der Sicht der Person M, die Folge, dass der Wert relativ schnell,
118 ca. das längste war 10 Minuten, über 1500 ppm war. Dies ist eine andere Situation,
119 als im großen Forum, wo das Gerät von ihrem Schulleiter während der Meister Pro-
120 per-Konferenz vorgestellt wurde, so Person M. Denn während der Konferenz
121 brauchte nur unter fünf Mal in zwei Schulstunden gelüftet werden, weil der Raum
122 viel größer war. Auf Nachfrage, ob die Klasse dennoch so weiter lüften würde, auch
123 wenn das Gerät abgeschafft wird, haben alle Schülerinnen und Schüler nickend zu-
124 gestimmt. Auf eine weitere Nachfrage der Interviewerin, ob die Klasse auch im Win-
125 ter lüften würde, antwortete Person N, dass dies wahrscheinlich nicht der Fall sein
126 wird. Denn darüber hat es damals bereits Diskussionen gegeben, weil den Mitschü-
127 lerninnen und Mitschülern viel zu kalt war. Dieselben haben dann auch gesagt, dass
128 dieses Gerät unnötig sei und dass das Gerät viel zu sensibel eingestellt ist. Person
129 N findet ebenfalls, dass es an den äußeren Umständen liegt, dass die Fenster oft
130 geöffnet werden müssen und dies viele Schülerinnen und Schüler störe. Zudem
131 empfinden es viele als zu kalt und haben daher lieber schlechtere Luft im Klas-
132 senraum. Im Endeffekt habe das Gerät gezeigt, dass die Klasse einen größeren Klas-
133 senraum braucht, um anständig darin arbeiten zu können. Zudem sagt Person S,
134 dass die Geräte selbst nicht mehr benötigt werden, aber trotzdem geholfen haben,
135 die Schüler- und Lehrerschaft zu sensibilisieren, um selbstverantwortlich handeln
136 zu können.

137 12. Treten Probleme hinsichtlich der Durchführung auf? Wenn ja, welche?

138 Ja. Dadurch, dass die Geräte ab einem Wert von 1500 ppm piepen, hat die Klasse
139 den Ton an ihrem Gerät auf lautlos gestellt (Person M). Das führt dazu, dass die
140 Klasse selten darauf achten. Eine Person berichtet, dass es bei der Beachtung die-
141 ser Geräte Gegenwehr gegeben hat (Person N). Daraufhin berichtet Person F, dass
142 das Gerät in ihrer Klasse abgeschaltet ist und dieses abgeschafft wird. Als Begrün-
143 dung führt diese an, dass nach einiger Zeit in einem Tutorium über das Messgerät
144 gesprochen wurde und bei der abschließenden Abstimmung, ob das CO₂-Messge-
145 rät weiterhin eingesetzt werden soll oder nicht, gegen dieses Gerät gestimmt wurde.
146 Person O verweist auf die ursprünglich Idee dieser Messgeräte. Diese war, dass
147 Konflikte oder Diskussionen über das Öffnen oder Schließen der Fenster vermieden
148 werden bzw. minimiert werden. Doch das, aus der Sicht der Person O, ständige

149 *Piepen führte dazu, dass die Fenster ständig auf und zu gemacht werden mussten,*
 150 *wodurch noch mehr Diskussionen über dasselbe Thema entstanden sind. Daraufhin*
 151 *fragt die Interviewerin, ob die Klasse glaubt, dass sich diese neu erlernte Gewohn-*
 152 *heit wieder verändern wird. Darauf antwortet Person F, dass es darauf ankäme, wie*
 153 *sehr es den Schülern wichtig ist mit der frischen Luft. Person M sagt, dass diese*
 154 *Klasse noch nicht lange an der Schule ist und das Lüftungsverhalten nur im Winter*
 155 *kennen gelernt hat. Zu dieser Jahreszeit würde die Klasse nur wenig lüften. Dies*
 156 *soll sich aber, laut Person M, im Sommer verändern, dadurch, dass die Fenster*
 157 *aufbleiben, um im Sommer die Wärme aus dem Raum zu bekommen. Person M ist*
 158 *der Meinung, dass das Lüftungsverhalten Jahreszeitenabhängig ist. Person N ent-*
 159 *gegnet, dass im nächsten Winter erneut dieselben Probleme auftreten werden, wie*
 160 *im in diesem Jahr. Diese sagt, dass den Schülern auch im nächsten Winter kalt sein*
 161 *wird. Person N hat die Geräte praktisch gefunden, weil die Mitschüler und Lehrkräfte*
 162 *sehen konnten, dass im Klassenraum einfach schlechte Luft herrschen kann. Im*
 163 *Endeffekt hat sich aber das Bewusstsein der Klasse erweitert und Person N meint,*
 164 *dass die Klasse darauf achten wird, regelmäßig die Fenster aufzumachen. Beider*
 165 *Meinung ist Person F. Diese sagt, dass der Klasse das Thema näher gebracht*
 166 *wurde, aber andererseits „gejammert“ wird, wenn das Fenster für fünf Minuten offen*
 167 *steht, obwohl im Raum stickige Luft ist. Denn dadurch, dass den Schülern kalt ist,*
 168 *hat auch keiner Interesse am Öffnen der Fenster. Dennoch hat sich die Klasse mit*
 169 *dem Thema auseinandergesetzt. Und Person N merkt vielleicht doch, dass irgend-*
 170 *wann die Konzentration abschweift und dass das an der Luft liegen könnte. Weiter*
 171 *gibt es das Problem in einigen Klassen, dass die Fenster in der Mitte nicht weit*
 172 *geöffnet werden können. Das bedeutet, dass diese Fenster die Kippstellung einneh-*
 173 *men.*

174 Informationen zu den Veränderungen im Unterrichtsverlauf:

175 13. Wurden eigene Tests durchgeführt, um Wahrnehmungs-, Konzentrationsstörungen
 176 o. ä. festzustellen? Wenn ja, welche Tests wurden angewendet und wie waren die
 177 Ergebnisse?

178 *Nein. (F, M, N, S, O, T)*

179 14. Sind Ihnen Veränderungen seit der Durchführung der Intervention im Unterrichtsge-
 180 schehen aufgefallen?

181 *Person L sagt, dass man zu Beginn gedacht hat, dass es spürbar ist, dass man sich*
 182 *durch die Intervention besser konzentrieren konnte. Bei genauerem Betrachten und*
 183 *weniger Überzeugung von dem Gerät, war dies aber doch nicht der Fall. Diese sagt,*
 184 *dass man sich das eingeredet hat, dass die Intervention etwas nützt. Person F ist*

185 da anderer Meinung. Person N ist ebenfalls skeptisch, da diese eine andere Mei-
186 nung zu dem Gerät hat. Diese findet, dass man es extrem gemerkt hat, gerade wenn
187 man außerhalb des Raumes war und dann wieder in den Klassenraum hineinkam,
188 dass die Schülerinnen und Schüler sich an die schlechte Luft gewöhnt hatten. Oft
189 sind Lehrer in die Klasse gekommen und sagten, dass die Fenster geöffnet werden
190 müssten, weil der Klassenraum stinkt. Person N sagt außerdem, dass viele sagen
191 können, dass man sich die Konzentrationsschwäche einbildet, aber Person N sitzt
192 direkt am Fenster und diese hat mitbekommen, dass wenn der Wert sehr hoch war
193 und die Fenster aufgemacht wurden, dass es dann nützlich war, um wieder klarer
194 im Kopf zu werden. Dies sei aber die persönliche Meinung von Person N. Person C
195 ist über die Lehrer, die in den Klassenraum reinkamen und sagten, dass die Luft
196 stickig sei, verwundert. Denn es ist ein paar Mal so gewesen, dass die Fenster kurz
197 vorher geöffnet waren und der Wert gut war. Und obwohl der Wert dann bei 600/
198 700 ppm war, haben einige Lehrer trotzdem gesagt, dass der Raum stickig sei. Da-
199 rauf sagt Person U, dass es vielleicht mit dem Standpunkt des Gerätes zu tun haben
200 könnte, weil es direkt am Fenster hängt. So ist die Luft am Fenster gut, aber die
201 Raumdurchmischung hat noch nicht stattgefunden, sodass die Luft an der Tür
202 schlecht ist. Daraufhin entgegnet Person M, dass bei der Meister Proper-Konferenz
203 besprochen wurde, dass die Stoßlüftung mit geöffneten Fenstern und geöffneter Tür
204 am effektivsten sei. Dies hat die Klasse, laut Person M, höchstens mal in den Pau-
205 sen gemacht. Alle Schülerinnen nennen Lehrkraft X, die vor der Stunde stoßlüftet.
206 Person M sagt, dass die Klasse dann in den Pausen stoßlüftet, wenn die Tür so-
207 wieso zufällig offen steht. Doch bewusst wurde die Stoßlüftung nur bei Lehrkraft X
208 durchgeführt.

209 15. Können Sie sich, Ihrer Meinung nach, seit der Intervention besser konzentrieren?
210 Person M ist es nicht bewusst, dass sich die Schüler besser oder schlechter kon-
211 zentrieren können. Daraufhin sagt Person K, dass es spürbar war, wenn der CO₂-
212 Wert ziemlich hoch war und dann gelüftet wurde, dass es sehr erfrischend war. Per-
213 son K konnte sich nach dem Lüften besser konzentrieren. Person S hingegen findet
214 es angenehmer, wenn der Wert über 1500 ppm war, da es gerade im Winter warm
215 war und sich diese Person dann besser konzentrieren kann. Dabei kommt Person
216 F zu der Erkenntnis, dass deshalb nur vorne die Fenster aufgemacht wurden und
217 hinten zubliefen und dass die Schüler, die vorne sitzen dann erfroren seien. Ferner
218 sagt Person K, dass es im Winter dann zwar warm war, aber wenn jemand den
219 Raum verlassen hat und dann wieder in die Klasse kam, dass dieser jemand es
220 „ekelig“ fand, obwohl es schön warm war. Auf die Frage der Interviewerin, ob sich

- 221 *die Schüler im Wohlbefinden gestört gefühlt haben, nickten die Schüler alle zusam-*
222 *men.*
- 223 16. Sind Sie, Ihrer Meinung nach, leistungsfähiger?
- 224 *Ja, Person F sagt, dass sie leistungsfähiger ist. Person T ergänzt, dass die Klasse*
225 *bisher nur eine Klausur in ihrem eigenen Klassenraum geschrieben hat, da sie bei*
226 *den anderen Klausuren in einen anderen, größeren Raum gehen, wo die Luftbedin-*
227 *gungen ganz anders seien. Auch in diesem Raum wurde nach Angaben von Person*
228 *T gelüftet.*
- 229 17. Sind Ihre Lehrerinnen und Lehrer seit der Intervention entspannter?
- 230 *Person L gibt an, dass diese noch nicht darauf geachtet hat. Die Klasse stimmt*
231 *Person L nickend zu.*
- 232 18. Gibt es Veränderungen hinsichtlich Ihrer Fehlstunden oder hinsichtlich der Fehlstun-
- 233 *den der Lehrer seit der Intervention?*
- 234 *Im Winter ist die Klasse, nach Angaben von Person F, weniger geworden, vor allem*
235 *auf der Fensterseite. Dabei lacht Person F. Ansonsten ist Person F nichts Weiteres*
236 *aufgefallen und ist der Meinung, dass es nicht an der Luft liegen kann. Person U*
237 *findet es schwierig, dies einzuschätzen, weil es das Gerät erst seit den Wintermo-*
238 *naten gibt. Person U regt an, dass man diese Idee nach zwei oder drei Jahren ver-*
239 *gleichen könnte.*
- 240 19. Ist der Lärmpegel, Ihrer Meinung nach, durch diese Intervention gesunken?
- 241 *Person M gibt an, dass die Klasse sowohl vor als auch nach der Intervention ruhig*
242 *gewesen ist. Daraufhin ertönt ein lautes Gelächter. Person T stellt dar, dass der*
243 *Lärmpegel nach der Intervention gestiegen ist, da die Klasse aktiver geworden ist.*
244 *Am Anfang war die Klasse, nach der Ansicht von Person T in einem Schlafmodus,*
245 *sodass zwar zugehört, aber nicht mehr mitgedacht wurde. Sobald dann das Fenster*
246 *aufgemacht wurde und sich die Schüler gereckt haben, konnte Person T wieder*
247 *mitmachen. Person F empfand es anders. Diese findet, dass die Klasse immer*
248 *schon konzentriert war, aber wenn die Klasse eine „lustige Phase“ hat, dann würde*
249 *die frische Luft auch nichts bringen. Dennoch ist die lustige Phase dann irgendwann*
250 *beendet und dann konnte man sich wieder konzentrieren. Person F hatte nicht das*
251 *Gefühl, dass diese Phase durch Lüften beendet wird. Person N entgegnet, dass es*
252 *anders herum war. Wenn schlechte Luft im Klassenraum war, war die Klasse, laut*
253 *Person N unruhiger. Das hat, so Person N nicht damit zu tun, dass gute Luft vor-*
254 *handen war und die Klasse auf einmal viel aktiver war. Aber wenn wirklich schlecht*
255 *Luft in dem Klassenraum war, war die Klasse unruhiger. Person N ist der Meinung,*
256 *dass die Unruhe aber auch am Unterricht liegt. Sie gibt als Beispiel Mathe an. Mathe*

257 *hat die Klasse in der fünften und sechsten Stunde und das war dann „sowieso ge-*
258 *rade kacke“, da das Fach „anstrengend“ ist. Weiter merkt Person O an, dass es*
259 *jedes Mal, wenn gelüftet werden sollte, zu großen Diskussionen kam und die Schü-*
260 *ler ihre Jacken an- und ausziehen mussten, sobald die Fenster im Winter auf waren.*
261 *Dadurch war es 20 Minuten nicht möglich etwas zu machen. Diese Pause empfan-*
262 *den viele als teilweise störend. Auf die Frage der Interviewerin, ob beim Jackenan-*
263 *ziehen eine Pause eingelegt wird, antwortet Person K, dass es keine Pause gäbe.*
264 *Person N gibt an, dass der Unterricht während der Lüftung weitergeht, da sich nicht*
265 *jeder Schüler zu selben Zeit eine Jacke anzieht. Person F stimmt dieser Aussage*
266 *zu und beschreibt, dass sich die Mitschüler immer nach und nach anziehen. Der*
267 *Lehrer würde nicht sagen, dass die Klasse die Fenster auf machen soll und dadurch*
268 *gleichzeitig eine Pause einleite. Person Q hat wahrgenommen, dass durch das Lüf-*
269 *ten und der Kälte im Winter der Lärmpegel steigt, weil die Schüler während des*
270 *öffnen des Fensters Einzelgespräche beginnen. Auf die Frage der Interviewerin, ob*
271 *die Klasse es als sinnvoll ansehen würde, während der Zeit, wo die Fenster geöffnet*
272 *sind, eine Pause einzulegen, antwortet Person F, dass es nicht so ist, da das Öffnen*
273 *der Fenster kein großes Problem darstellt, sodass der Unterricht weitergehen kann.*
274 *Zur Begründung führt Person 5 an, dass die Stimme nicht leiser ist, als das Fens-*
275 *teröffnen, da nur zwei Leute die Fenster öffnen. Person R führt als Beispiel die oben*
276 *genannte bestimmte Lehrkraft an. Diese mache, wenn die Schüler unruhig sind und*
277 *schlechte Luft im Klassen Raum ist, alle Fenster und Türen auf und beginnt fünf*
278 *Minuten später mit dem Unterricht. Dadurch könne sich die Klasse beruhigen. Nach*
279 *dem Lüften und nachdem die Schüler ruhiger geworden sind, beginnt diese Lehr-*
280 *kraft fünf Minuten später mit dem Unterricht. Weiter sagt Person N, dass die Lehr-*
281 *kräfte alle 15 Minuten eine zwei minütige Pause einlegen müssten, um effektiv in*
282 *dem kleinen Klassenraum zu lüften. Dadurch würde der Tag für Person N sehr ent-*
283 *spannt sein. Zudem geben Person F und Person T an, dass der Lärmpegel gleich*
284 *geblieben ist.*

285

286 Sonstige:

287 20. Welche Vor- und Nachteile sehen Sie in den CO₂-Messgeräten?

288 *Person M bringt als Nachteil hervor, dass die Geräte sehr teuer waren. Person M*
289 *meint sich zu erinnern, dass das Gerät über 100 Euro gekostet habe. Ein weiter*
290 *negativer Punkt ist, dass das Gerät nervig sein kann, da es im Minutentakt beginnt*
291 *zu piepen. Zudem muss immer mindestens ein Schüler aufstehen, um das Fenster*
292 *zu öffnen. Weiter ist die Kälte ein weiterer Kritikpunkt. Das alles was bereits bespro-*
293 *chen wurde, stellt Person M auf die Seite der Nachteile. Als eventuell vorhandener*

294 Vorteil erachtet Person M, dass die gute, frische Luft merkbar ist. Doch dazu müsste
295 die Intervention richtig umgesetzt werden. Doch setzt man die Intervention nicht
296 richtig um, so wechselt dieser Vorteil zu den Nachteilen. Zum Schluss verweist Per-
297 son M nochmals auf den negativen Aspekt des Piepens der Geräte. Person M führt
298 als Vorteil heran, dass sich die Schüler mit dem Thema auseinandergesetzt haben.

299 21. Gibt es aus Ihrer Sicht etwas, das verbessert werden könnte?

300 Person N antwortet, dass ein größerer Klassenraum benötigt wird, da mit der Funk-
301 tionalität des Gerätes in dem jetzigen, kleinen Klassenraum nicht umzugehen ist.
302 Denn das Gerät gibt etwas vor, was die Klasse in dem kleinen Raum nicht erreichen
303 kann. Die Klasse kann, so Person N, nicht dauerhaft diesen Niedrigwert haben,
304 wenn ihnen so wenig Mengen an Luft zur Verfügung steht, die verbraucht wird. Das
305 ist für Person N in den Wintermonaten nicht realisierbar. Person S gibt als Verbes-
306 serungsvorschlag an, dass statt des Pieptons ein schönes Lied eingespielt werden
307 könnte. Person 5 geht nochmal auf die Antwort von Person S ein, indem diese sagt,
308 dass der CO₂-Wert nicht so schnell ansteigen würde, wenn ein größerer Raum zur
309 Verfügung stehen würde. Außerdem würde Person F das Gerät in diesem größeren
310 Raum nicht auf der Fensterseite anbringen, sondern vielmehr auf der gegenüberlie-
311 genden Seite. So könnte das Gerät, so Person F, vielleicht nicht so schnell den
312 Höchststand erreichen, weil der Raum so viel Platz bietet und nicht so schnell stickig
313 wird. Daraufhin verweist Person M auf ein Lüftungssystem, sagt aber, dass diese
314 Anschaffung wohl utopisch sei, weil diese Systeme teuer wären. Person U gibt Pas-
315 sivhäuser als Möglichkeit vor.

316 22. Ist für Sie diese Interventionsmaßnahme sinnvoll?

317 Person M erachtet die Intervention als nicht sinnvoll. Person N und C finden diese
318 sinnvoll. Daraufhin wird abgestimmt. 11 Meldungen stehen für Ja, 3 Meldungen sind
319 für Nein und 5 Personen enthalten sich. Person N sagt daraufhin, dass sie es als
320 albern empfindet, dass dieses Gerät abgeschafft wurde. Weitere Personen stimmen
321 Person N zu. Person F beschreibt den Vorgang der Abschaffung so, dass in der
322 Meister Proper-Konferenz Vor- und Nachteile aufgestellt wurden und dabei die
323 Nachteile überwogen haben. Das Gerät sei irgendwie sinnvoll, aber die Nachteile
324 haben überwogen, sodass das Gerät nun in dieser Klasse abgeschafft wird. Person
325 F findet, dass sie genug gelernt hat und das Gerät nun nicht mehr benötigt. Darauf-
326 hin sagt Person K, dass es von den Jahreszeiten abhängt, ob dieses Gerät als sinn-
327 voll erachtet wird. Denn Person K findet das Öffnen der Fenster im Winter sehr ner-
328 vig, da es einfach kalt sei und Person K kalte Füße bekommt. Zudem wurden die
329 Schüler durch diese Kälte krank. Im Sommer sieht Person K das anders, weil die
330 Fenster zu dieser Zeit immer offen stehen. Auf die Frage der Interviewerin, ob die

331 *Gegenstände in dem Klassenraum die Grundwärme nach dem Schließen der Fens-*
332 *ter wieder an die Luft abgeben, sodass die Luft nach der Lüftung wieder erwärmt*
333 *wird, antwortet Person K, dass diese es als sehr kalt empfunden hat. Vor allem auf*
334 *der Fensterseite, weil die Fenster so oft auf waren. Denn durch die Heizung und*
335 *durch geschlossene Fenster ist die Luft immer schlechter geworden. Person C hat*
336 *es auch als sehr kalt empfunden. Person U fragt sich, ob das durch die Stoßlüftung*
337 *vermieden werden könnte. Darauf antwortet Person N, dass das Problem an der*
338 *Stoßlüftung sei, dass alles weg fliegt, sodass sich die Schüler auf ihre Utensilien*
339 *legen müssen. Person O sagt, dass der CO₂-Wert schneller runterging, wenn meh-*
340 *rerer Fenster auf waren. Person M glaubt, dass das Problem ist, dass sich der nied-*
341 *rige Wert aufgrund der Raumgröße nicht halten kann. Lüfte die Klasse nach 20 Mi-*
342 *nuten, ist der CO₂-Wert von 1500 ppm bereits seit 10 Minuten überschritten.*

343 23. Haben Sie weitere Anmerkungen, die Sie mir mit auf den Weg geben möchten?
344 *Person S sagt, dass die Schule eine schöne Schule ist.*

345

346 Am Ende fasst die Interviewerin das Interview wie folgt für alle zusammen:

347 *„Also wenn ich das mal so zusammenfassen darf. Sie würden sagen, das CO₂-Gerät*
348 *hat Ihnen in dem Sinne etwas gebracht, dass Sie auf das Thema aufmerksam ge-*
349 *worden sind. Aber es piept, es ist störend im Winter und es ist einem kalt, aber im*
350 *Sommer würden Sie die Fenster aufmachen, aber bräuchten dazu das CO₂-Gerät*
351 *nicht.“*

352

353 *Die Klasse nickt zustimmend.*

354

355 *Die Interviewerin spricht zum Ende des Interviews ihren Dank und bietet den Ge-*
356 *sprächspartnern an, ihnen die Bachelorarbeit nach Fertigstellung zur Verfügung zu*
357 *stellen.*

Anhang E: Fotos der CO₂-Messgeräte in den Klassen.

Abbildung A. CO₂-Messgerät der Firma Electro-Mation mit dem Modell EMAQ-31 in Klasse 1



Abbildung B. Standort des Messgerätes der ersten Klasse



Abbildung C. CO₂-Messgerät der Firma Electro-Mation mit dem Modell EMAQ-31 in Klasse 2

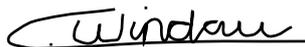


Abbildung D. Standort des Messgerätes der zweiten Klasse

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen verwendet habe. Die eingereichte Arbeit habe ich in gleicher oder ähnlicher Form noch keinem anderen Prüfungsausschuss vorgelegt.

Münster, den 09. Juli 2015



.....
Unterschrift