

CO2 Konzentration während des Tragens von Mund-Nasen-Bedeckungen

Vertiefung

zur „Unabhängigen Studie zur Mund-Nasen-Bedeckung“

mit dem Titel „Ist der Gebrauch von Mund-Nasen-Bedeckungen in der Gesamtbevölkerung eher schädlich als nützlich unter Berücksichtigung der CO2 Konzentration?“

Autoren: Bernhard Oberrauch* (Architekt und Baubiologe), Marco Adami (Physiker), Ulrich Gutweniger (Psychologe), Elisabetta Galli M.D., Veronika Dellasega M.D, Heike Müller M.D., Bernhard Thomaser M.D, Maria Paregger M.D, Roberto Cappelletti*M.D.

*Korrispondenz an die Autoren: bernhard.oberrauch@archiworldpec.it;
roberto.cappelletti.03yu@tn.omceo.it

November 2020

Einleitung

Seit 4. November 2020 besteht in Italien eine allgemeine Pflicht zum Gebrauch einer Mund-Nasen-Bedeckung (kurz MNB)¹ ab 6 Jahren, sowohl im Freien als auch in Innenräumen, auch für die gesamte Dauer des Unterrichts, „um die Ausbreitung des Sars-Cov-2 Virus in der Bevölkerung in Schach zu halten.“

Im Oktober 2020 erschien in diesem Zusammenhang eine Studie der Provinz BZ „Luftqualität bei Verwendung von Schutzvorrichtungen für Mund und Nase- Eine Studie des Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz“ nachfolgend kurz „Studie LS“ genannt². Da die Ergebnisse der LF Studie, so wie sie dem breiten Publikum vorgestellt wurde („Das Tragen einer MNB ist unschädlich“) nicht mit den in ihr gemessenen Werten übereinstimmen, haben wir unsere Ergebnisse mit denen der LF Studie verglichen. Die LF Studie basiert auf 8 Proband*innen. Die Werte mindestens zweiter Proband*innen sind zu disqualifizieren, weil ihre Atemfrequenz überhaupt nicht physiologisch ist. Eine natürliche Atemfrequenz umfasst 12 - 18 Atemzüge pro Minute außer im Meditationszustand.

Die LS Studie beinhaltet teils missverständliche und teils falsche Aussagen, aber sehr wohl auch sehr richtige und korrekte. Die allgemeinen Presse wurde durch die Schlussfolgerungen irregeführt und übersetzte die Grundaussage mit „Masken sind unschädlich“. Beim genauen Lesen zeigt aber auch diese Studie, dass das Tragen von Masken mit Ausnahme des Gesichts-Visiers schädlich ist.

Die Forschungsfrage lautet: Wie hoch ist die CO₂-Konzentration beim Tragen einer Maske in der Ausatem- und in der Einatemluft? Die in dieser Arbeit gemessenen Werte werden mit den empfohlenen (Richt-)Werten, wie sie das Umweltbundesamt in Deutschland vorgibt, verglichen.

Einer der Gründe diese Studie durchzuführen, ist es, die Funktion der MNB besser zu verstehen, sowie besser die unterschiedlichen Resultate, die bei den unterschiedlichen MNB gemessen wurden, zu eruieren. Kohlendioxid dient hier als Indikator für verbrauchte Luft. Konzentrationen unter 1.000 ppm (parts per million) Kohlendioxid in der Raumluft gelten als unbedenklich, Werte zwischen 1.000 und 2.000 ppm als auffällig und Konzentrationen über 2.000 ppm als hygienisch inakzeptabel.³

Studiendesign

Die Tests wurden in einem Arztambulatorium von und mit Ärzten, eines Architekten und Baubiologen, sowie eines Physikers durchgeführt.

Es wurden bei 24 Personen die CO₂-Werte der Ausatem- und Einatemluft gemessen. Die Proband*innen, (gesunde Personen zwischen 5 und 88 Jahren), wurden in sitzender Position getestet, bei jeder Person wurden mehrere Messungen durchgeführt. Bei allen Masken-Typen überschreiten die Messungen der Einatemluft erheblich die Richtwerte von max. 2000 ppm einer ausreichend frischen Luft laut „Studie LS“⁴.

1 Mit Mund-Nasen-Bedeckung (MNB) sind Masken jeglicher Art gemeint, (z.B. selbst genähte Masken, Community- oder DIY_Masken, medizinisch-chirurgische Gesichtsmasken, partikelfiltrierende Masken (FFP1, FFP2 und FFP3)

2 „Studie LS“ https://umwelt.provinz.bz.it/news-events.asp?news_action=4&news_article_id=644750

3 14.11.2020, 23:36, <https://www.umweltbildung.enu.at/dicke-luft-im-klassenzimmer>

4 „Studie LS“ Seite 20: Werte für die indoor CO₂-Konzentration der Ad-hoc AG IRK/AOLG, 2008 Arbeitsgruppe des Umweltbundesamtes aus Deutschland

„Bemerkung: in verschiedenen ISO-EN Normen sind Bezugswerte für das CO₂ im Lebens- und Aufenthaltsraum wiedergegeben. Die Norm UNI EN 16798-1 und die Norm ISO 17772- 1 sind

Da sich die Kohlendioxid-Konzentration im nahen Gesichtsbereich bei normaler Atmung nicht zur Gänze durch Diffusion auf das Niveau der weiter entfernten umgebenden Raumluft verringert, finden sich im nahen Gesichtsbereich noch ca. 0,2-0,3 Vol.% (2000-3000 ppm). Diese setzen sich aus der Konzentration in der weiter entfernten Raumluft (ca. 0,1 Vol.%, = ca. 1000 ppm) und dem Rest der ausgeatmeten Luft (0,1-0,2 Vol.%, =1000-2000 ppm) zusammen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen damit, dass ein dauerhaftes Tragen der MNB zu einer erhöhten CO₂ Belastung führt. Eine solche Belastung führt laut den in der Literatur-Recherche genannten Studien zu einer gesundheitlichen Schädigung.

Vergleich mit aktuellen Gesetzen und Empfehlungen in Italien

Hier verweisen wir auf die Angaben des Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz, Autonome Provinz Bozen-Südtirol⁵:

„Bemerkung: in verschiedenen ISO-EN Normen sind Bezugswerte für das CO₂ im Lebens- und Aufenthaltsraum wiedergegeben. Die Norm UNI EN 16798-1 und die Norm ISO 17772- 1 sind speziell für die Planung von Be- und Entlüftungsanlagen geschrieben worden und werden bei öffentlichen Bauten eingesetzt. Wir beziehen uns in dieser Studie auf die verständlicheren Richtwerte der Arbeitsgruppe „Ad-hoc AG IRK/AOLG, 2008“ des Umweltbundesamtes aus Deutschland, auch weil sie jenen der ISO-EN Normen ähneln.“

Vergleich mit aktuellen Gesetzen und Empfehlungen des BMLFUW, Österreich

- [Grenzwerteverordnung 2020i.d.g.F.](#)

Arbeitsplatzgrenzwerte (geltend nur für gesunde erwachsene Personen im Sinne des ArbeitnehmerInnenschutzes, ASchG)

Maximale Arbeitsplatz-Konzentrationen (MAK-Werte): Tagesmittelwert 5.000ppm (= 0,5 Vol.%)
Kurzzeitwert 10.000ppm (= 1,0 Vol.%)

- [Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Kohlendioxid als Lüftungsparameter. Empfehlungen des BMLFUW \(„Lebensministerium“\) hinsichtlich maximaler Kohlendioxid-Konzentrationen für Innenraumluft.](#)

Richtwerte und Ziele:

< 1.000ppm (= 0,1 Vol.%)

< 1.400ppm (= < 0,14 Vol.%) < 5.000ppm (= < 0,5 Vol.%) > 5.000ppm (= < 0,5 Vol.%)

für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen, in denen geistige Tätigkeiten verrichtet werden bzw. die zur Regeneration dienen.

für Innenräume für den dauerhaften Aufenthalt von Personen. für Innenräume mit geringer Nutzungsdauer durch Personen. für die Nutzung durch Personen nicht akzeptabel.

Vergleich-Studie vom UBA, Deutschland

< 1.000ppm (= < 0,1 Vol.%): Hygienisch unbedenklich

speziell für die Planung von Be- und Entlüftungsanlagen geschrieben worden und werden bei öffentlichen Bauten eingesetzt. Wir beziehen uns in dieser Studie auf die verständlicheren Richtwerte der Arbeitsgruppe „Ad-hoc AG IRK/AOLG, 2008“ des Umweltbundesamtes aus Deutschland, auch weil sie jenen der ISO-EN Normen ähneln.“

⁵ „Luftqualität bei Verwendung von Schutzvorrichtungen für Mund und Nase- Eine Studie des Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz“ <https://umwelt.provinz.bz.it/luft/messkampagnen-luftqualitaet.asp>

1.000 – 2.000ppm (= 0,1–0,2 Vol.%): Hygienisch auffällig

> 2.000ppm (= > 0,2 Vol.%): Hygienisch inakzeptabel

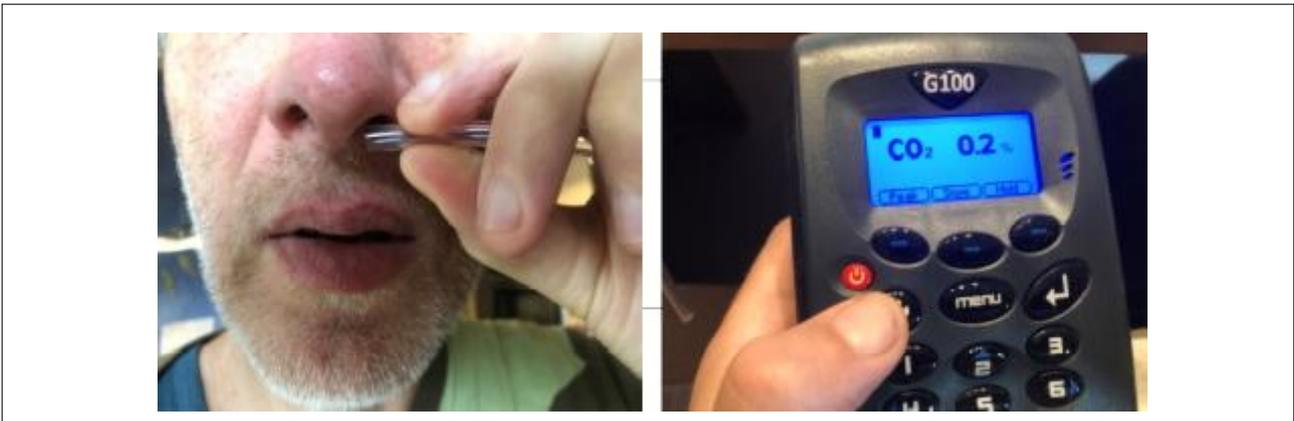
Messinstrument und Vorgehen

Als Messinstrument wurde der tragbare Kohlendioxidanalysator G100 von Geotech verwendet (www.geotechuk.com), mit einem Messbereich von 0-20 vol% CO₂ (Infrarotdetektor), mit Pumpe 100 cm³/min, Messgenauigkeit 1% des Messbereichs. Der Schlauch wurde unter die Nase gelegt und die Pumpe zu Beginn der Inhalation aktiviert und am Ende ausgeschaltet. Gleiches gilt für die Messungen während der Expiration.

Die Autoren sind sich bewusst, dass die Grenzen dieser eigenen Messungen an der Ungenauigkeit des Messinstruments im untersten Bereich (<0,1%, entspricht < 2000 ppm) liegen. Die Aussagen sind trotzdem eindeutig, und in der wesentlichen Aussage decken sie sich mit der „Studie LS“ der Umweltagentur.

Messaufbau und Durchführung

Die Probanden haben sich den kurzen Schlauch zum Messgerät unter die Nase gehalten und selber die Pumpe ein- und ausgeschaltet.



Für die Messung der Einatemluft blieb die Pumpe nur während des Einatmens eingeschaltet, für die Messung der Ausatemluft blieb die Pumpe nur während des Ausatmens eingeschaltet. Es wurde also kein Gassack angefüllt, wie bei der „Studie LS“ in der die Luft aus dem Gassack gemessen wurde, sondern fortlaufend gemessen, und die Pumpe jeweils ausgeschaltet, um die Einatemluft von der Ausatemluft zu trennen. Die anwesenden Ärzte und Krankenpfleger haben die Atemfrequenz (Dauer der Messung / Anzahl der Atemzüge) aufgezeichnet.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der inspiratorischen CO₂-Messungen in sitzender Position sind hier zusammengefasst (zum Vergleich mit den Ergebnissen der Provinz Bozen):

für die chirurgische Maske: durchschnittlicher CO₂-Wert 7292 ppm (Bereich 5000 - 13.000) gegenüber 3.350 ppm (Bereich 950 - 5320) aus der Untersuchung der Provinz Bozen.

Für FFP2-N95-Masken: Durchschnittlicher CO₂-Wert 11.000 ppm (Bereich 7000 - 15.000) gegenüber 3.850 ppm (Bereich 1220 - 8080) aus der Untersuchung der Provinz Bozen.

Für Gewebemasken / Halswärmer: Durchschnittlicher CO₂-Wert 11.500 ppm (Bereich 5000 - 24.000) gegenüber 4590 ppm (Bereich 1480 - 10.280) aus der Untersuchung der Provinz Bozen.

Ohne Maske: durchschnittlicher CO₂-Wert 3143 ppm (Bereich 2000 - 5.000) gegenüber 590 ppm (Bereich 50 - 2250) der Studie der Provinz Bozen.

Die Diskrepanz zwischen unseren Daten und denen der Provinz Bozen liegen nicht nur in der unterschiedlichen Fehlerquote der Messinstrumente und in der Tatsache, dass bei der Untersuchung der Provinz Bozen die CO₂-Werte der Umgebungsluft abgezogen werden. Es braucht noch weitere Studien, um die Gründe für die Diskrepanzen zu vertiefen. Das Messgerät, welches bei der „Studie LS“ verwendet wurde (Horiba_PG250), hat eine ähnliche Genauigkeit wie dasjenige, welches wir benutzen (G100). Masken mit einem großen Hohlraum (FFP2) sind schlechter als engere Masken. Das schlechteste Ergebnis mit den Stoffmasken im Vergleich zu den chirurgischen Masken ist wahrscheinlich auf die geringere Durchlässigkeit der Stoffmasken zurückzuführen. Das Sprechen oder, schlimmer noch, das Singen mit MNB erhöht die Menge an CO₂ beim Einatmen + Ausatmen. In den Tabellen 4-8 werden die Ergebnisse der Probanden in den verschiedenen Situationen wiedergegeben (nur Ausatmen, nur Einatmen, und gemischt Aus- und Einatmen), mit den diversen MNB.

Ergebnisse des Mini-Reviews. Wir haben mehr als 40 Studien zur Nützlichkeit von Masken untersucht und keine Hinweise auf eine Wirksamkeit zur Vorbeugung von respiratorischen Infekten bei der Ausdehnung der Maskenpflicht auf die gesamte Bevölkerung außerhalb der Gesundheitseinrichtungen gefunden²⁻⁴⁷. Im Gegenteil, einige Studien, wie z. B. beim Gebrauch von Stoffmasken, die Feuchtigkeit, ihr wiederholter Gebrauch und eine ungenügende Filtrierfunktion, eine Zunahme von Infektionen begünstigen³⁶. Eine Studie mit Tausenden von Personen während einer Pilgerreise nach Mekka ergab mehr Atemwegsinfektionen in der Gruppe, die ständig Masken trug⁴⁶. Dermatologische Formen wie "maskne" (Maskenakne) treten häufig auf. Es gibt auch Phänomene der "Risikokompensation" für ein falsches Sicherheitsgefühl, das durch die Verwendung der Maske erzeugt wird⁴⁸. Schließlich muss die Zunahme des Atemwiderstands und die damit verbundene Zunahme der Arbeit der Atemmuskulatur (pressure drop) bei Verwendung von FFP2-Masken berücksichtigt werden^{36,49}. Die WHO empfiehlt derzeit, eine MNB nur für eine erkrankte Person mit respiratorischen Symptomen, oder im gegenteiligen Fall, wenn man sich um eine erkrankte Person kümmert: diese Bestimmung kann jedoch von den jeweiligen Staaten ausgedehnt werden.

Schlussfolgerungen

Die gemessenen CO₂-Werte, bei Personen, welche verschiedene MNB trugen, liegen sowohl in der vorliegenden Arbeit als auch in der Studie SL über dem als „inakzeptabel“ bezeichneten Richtwert von 2000 ppm. Bis vor kurzem hat das Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz einen maximalen Grenzwert von 1400 ppm angegeben.⁶

Die von Patienten beklagten Symptome nach langem Tragen einer MNB sind durch die erhöhten CO₂-Spiegel und einer verminderten Sauerstoff-(O₂)-Zufuhr erklärbar. Hohe CO₂-Konzentrationen in der Raumluft (Tabelle 3) scheinen außerdem unvereinbar mit normalem schulischem Lernen zu sein.

6 „Präsentation Dicke Luft“, Umweltagentur Bozen, 2016

Detaillierte Beschreibung der Tests

Zusammenfassung

1. Die CO₂-Konzentrationen der Einatemluft hängt maßgeblich von der Art der Atmung der Personen ab.

Je flacher eine Person einatmet, desto mehr Ausatemluft wird wieder eingeatmet.

Bei einem sehr ruhigen, meditativen Atmen, wo es einen zeitlichen Abstand zwischen Einatmung und Ausatmung gibt, ermöglicht ein schnelleres Vermischen der Ausatemluft mit der Einatemluft (= atmosphärische Luft im nahen Gesichtsbereich). Trotzdem liegt auch hier die CO₂-Konzentrationen wesentlich über 2000 ppm.

Anmerkung: Da sich die Kohlendioxid-Konzentration im nahen Gesichtsbereich bei normaler Atmung nicht zur Gänze durch Diffusion auf das Niveau der weiter entfernten umgebenden Raumluft verringert, finden sich im nahen Gesichtsbereich noch ca. 0,2-0,3 Vol.% (2000-3000 ppm). Diese setzen sich aus der Konzentration in der weiter entfernten Raumluft (ca. 0,1 Vol.%, = ca. 1000 ppm) und dem Rest der ausgeatmeten Luft (0,1-0,2 Vol.%, =1000-2000 ppm) zusammen.

Beim Sprechen gibt es eine lange Phase des Ausatmens und eine sehr kurze Phase des Einatmens, es wird praktisch nach Luft geschnappt. Dies bewirkt bei den Maskenträgern, dass sehr viel Ausatemluft wieder rückgeatmet wird.

Auch beim Singen hat die Einatemluft eine sehr hohe CO₂-Konzentration, und es wird mit dem Mund aus- und eingeatmet.

Personen mit einer hohen Atemfrequenz haben eine größere Rückatmung. Die in der „Studie“ angegebene Atemfrequenz von 3,3 Atemzügen/Minute (Person Test 3) und 5,3 (Person Test 5) sind anzuzweifeln, da wir in den eigenen Experimenten nicht unter 7 Atemzüge/Minute bei einem sehr ruhigen, meditativen Atmen gekommen sind, sowie eine normale, physiologische Atemfrequenz bei 12-18 Atemzügen pro Minute liegt.

2. Masken mit einem großen Hohlraum sind wesentlich schlechter als eng anliegende Masken. Stoff-Masken sind in der Regel dichter als chirurgische Masken.

Schon 2016 hat die Umweltagentur eine Luft mit niederem CO₂-Gehalt in den Schulen empfohlen. Ab 1400 ppm hat die CO₂-Ampel rot geleuchtet.

Wir zitieren aus ihrer damaligen „Präsentation Dicke Luft“: „... Über 1.500 ppm fand sich eine deutliche Zunahme von ZNS (Zentralnervensystem)-Symptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Schwindel und Konzentrationsschwäche. ...“ (siehe dazu auch einen detaillierteren Auszug weiter unten zu den Auswirkungen von Kohlenstoffdioxid CO₂)

Fazit: Alle Gesichtsmasken sind gesundheitsschädlich, weil die CO₂-Konzentration der Einatem-Luft wesentlich über dem Wert von 2000 ppm liegt.

Toxizität von Kohlendioxid (CO₂). Die Schädigung der Gesundheit durch CO₂ wird meist bei Erwachsenen (Tieren und Menschen) unter experimentellen Bedingungen nur kurz- bis mittelfristig untersucht. Dem Anstieg des CO₂ folgt eine Azidose des Blutes und des Gewebes; Tatsächlich ist bekannt, dass Wasser + CO₂ Kohlensäure bilden, wodurch der pH-Wert gesenkt wird. Es dauert einige Tage, bis die Niere mit der Zunahme der Säureausscheidung im Urin und der Reabsorption von Bicarbonaten die Azidose kompensiert und den pH-Wert wieder auf physiologische Werte gebracht hat (7,36–7,44). Wenn der Anstieg des CO₂ jedoch zeitweise auftritt (wie dies bei der Verwendung von Masken der Fall ist), tritt keine Nierenkompensation auf und die Azidose wird nicht vollständig kompensiert.⁵⁵ Was dies langfristig für das Kind bedeutet, ist nicht bekannt. Es ist sicher bekannt, dass Kinder einen zwei- bis dreimal so hohen Sauerstoffbedarf haben wie Erwachsene. Darüber hinaus vergrößert die Maske den Totraum umgekehrt proportional zum Alter: Bei einem Erwachsenen erhöht die Maske den Totraum um 53% (bei Erwachsenen beträgt er normalerweise 150 ml bei 500 - 640 ml aktuellem Atemvolumen in Ruhe), bei einem 8-Jährigen beträgt der Anstieg 78%,

bei einem Einjährigen 122%. Da die CO₂-Konzentration im Totraum 45.000 ppm beträgt, führt dies offensichtlich zu einem deutlicheren Anstieg der CO₂-Inhalation bei Kindern.⁵⁶ Ein chronischer Anstieg des CO₂ im Körper wurde mit Missbildungen des Fötus und einer Schädigung des Fortpflanzungssystems in Verbindung gebracht, des Immunsystems, Entzündungen der Lunge und des Herz-Kreislauf-Gewebes sowie Krebs.⁵⁵ Last but not least gibt es mögliche neurologische Schäden.^{55,57} Es ist sicher, dass mit Werten > 5.000 ppm CO₂, die mit den Masken in dieser Studie aufgezeichnet wurden, denen Symptome wie Schläfrigkeit, Konzentrationsverlust, Erschöpfung, Kopfschmerzen (Tabelle 3) entsprechen, scheinen mit optimalen schulischen Lernen unvereinbar zu sein.

Tabellen und Grafiken im Detail

Einatmen

chirurg. Maske	CO ₂ ppm	Atem Frequenz	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	7.292	13,22					
chp	6.000	7,7	1969	50	m	183	78
map	5.000	8,3	1954	65	f	160	56
mac	9.000	10,0	1942	78	m	180	92
paa	6.000	12,0	1940	80	f	165	55
bet	7.000	12,7	1970	50	m	175	66
fri	13.000	13,1	2007	13	f	165	50
roc	5.000	13,2	1957	63	m	187	99
gm	5.000	14,5	1932	88	f	165	54
nap	5.000	15,0	2007	13	f	174	51
nac	11.000	18,6	1985	35	f	170	65
lap	8.000	26,2	2013	7	m	123	21
mac	7.500	7,6	1942	78	m	180	92

FFP2	CO ₂ ppm	Atem Frequenz	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	11.000	11,87					
dc	15.000	16,6	1973	48	f	165	81
het	7.000	7,1	1967	53	f	175	71

ohne Maske	CO2ppm	Atem Frequenz	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	3.143	11,11					
chp	3.000	7,7	1969	50	m	183	78
ank	5.000	8,2	1999	21	f	173	64
map	3.000	9,0	1954	65	f	160	56
phk	3.500	12,0	2003	17	m	181	66
mak	2.000	12,2	2006	14	f	161	66
nap	3.000	13,5	2007	13	f	174	51
vav	2.500	15,2	1975	45	f	160	67

Stoffmaske	CO2ppm	Atem Frequenz	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	11.500	13,90					
vag	5.000	6,2	1970	50	f	173	64
cil	7.000	6,9	1964	56	f	160	63
beo	12.500	9,0	1967	53	m	180	72
job	10.000	9,6	1965	55	m	184	78
ank	24.000	9,9	1999	21	f	173	64
mak	11.000	11,5	2006	14	f	161	66
phk	9.000	12,5	2003	17	m	181	66
vav	8.500	16,4	1975	45	f	160	67
maa	14.500	20,4	1960	60	m	177	70
lp	18.000	25,0	2015	5	m	110	17
lep	7.000	25,6	2011	9	f	144	29

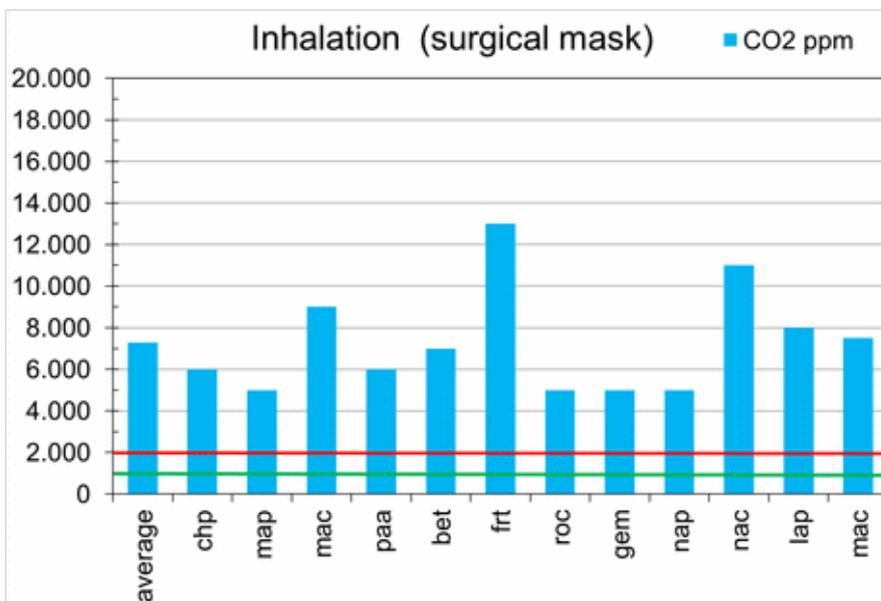


Abbildung 1a. CO₂-Werte beim Einatmen mit OP-Maske

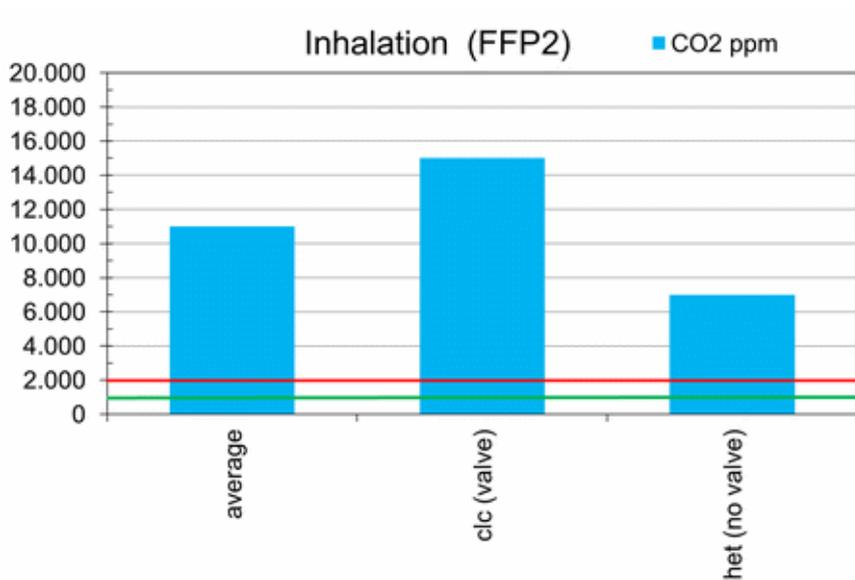


Abbildung 1b. CO₂-Werte beim Einatmen mit FFP2-Maske

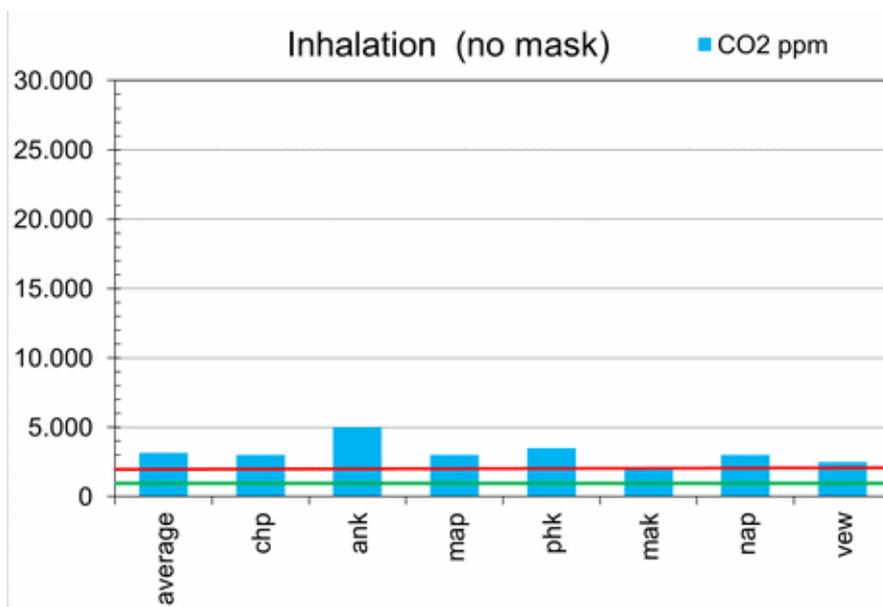


Abbildung 1c. CO₂-Werte beim Einatmen ohne Maske

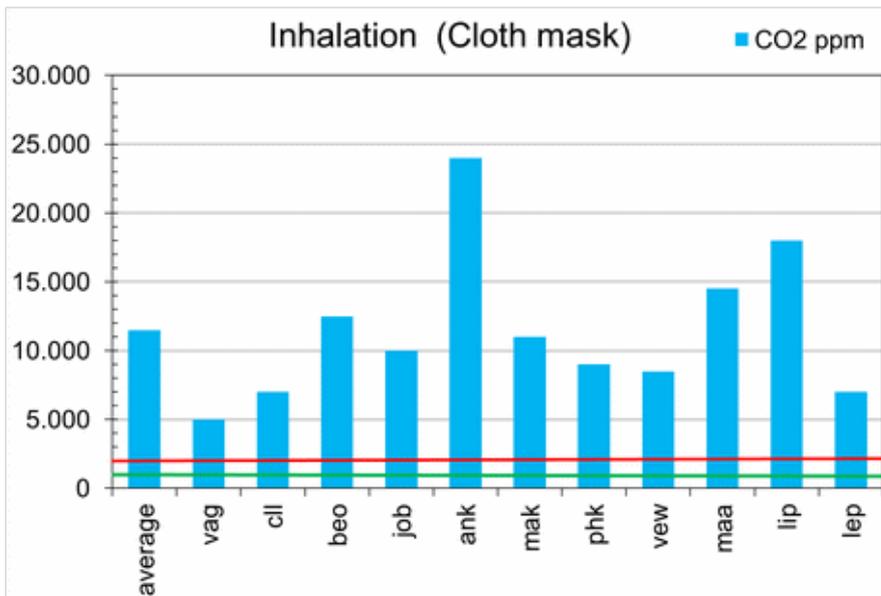


Abbildung 1d. CO₂-Werte beim Einatmen mit Stoffmasken

Ausatmen

Aus-Atmung									
chirurg. Maske	CO2ppm	Atem Frequenz	CO2ppm		GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	39.300	14,53	2.000,00						
gm	30.000	15,8	2.000,00		1932	88	f	165	54
roc	31.000	11,5	2.000,00		1957	63	m	187	99
mac	35.000	10,4	2.000,00		1942	78	m	180	92
map	40.000	11,1	2.000,00		1954	65	f	160	56
paa	40.000	12,0	2.000,00		1940	80	f	165	55
frt	40.000	12,7	2.000,00		2007	13	f	165	50
lep	40.000	28,0	2.000,00		2013	7	m	123	21
bet	41.000	10,4	2.000,00		1970	50	m	175	66
nac	43.000	20,6	2.000,00		1985	35	f	170	65
nap	53.000	12,7	2.000,00		2007	13	f	174	51

FFP2	CO2ppm	Atem Frequenz	CO2 Limit	CO2 Optimum	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	44.250	12,79	2.000,00	1.000,00					
clc (mit Luftventil)	40.000	18,7	2.000,00	1.000,00	1973	48	f	165	81
het (ohne Luftventil)	48.500	6,9	2.000,00	1.000,00	1967	53	f	175	71

ohne Maske	CO2ppm	Atem Frequenz			GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	26.375	17,23							
phk	12.000	9,6			2003	17	m	181	66
lap	28.500	38,7			2013	7	m	123	21
mak	32.500	7,9			2006	14	f	161	66
nap	32.500	12,7			2007	13	f	174	51

Stoffmaske	CO2ppm	Atem Frequenz			GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	43.889	14,10							
maa	29.000	19,5			1960	60	m	177	70
beo	35.000	16,2			1967	53	m	180	72
lep	38.000	23,7			2011	9	f	144	29
lp	43.000	22,5			2015	5	m	110	17
veg	45.000	7,0			1970	50	f	173	64
job	48.000	9,8			1965	55	m	184	78
mak	48.000	11,1			2006	14	f	161	66
cil	49.000	5,4			1964	56	f	160	63
phk	60.000	11,8			2003	17	m	181	66

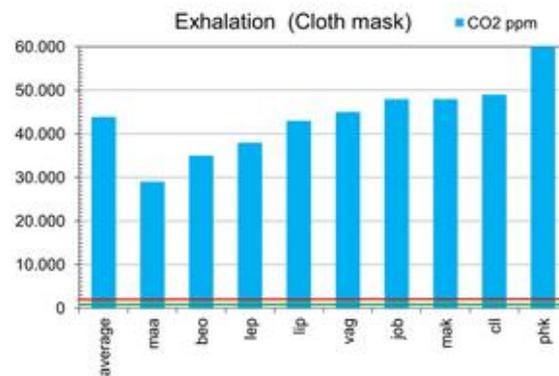
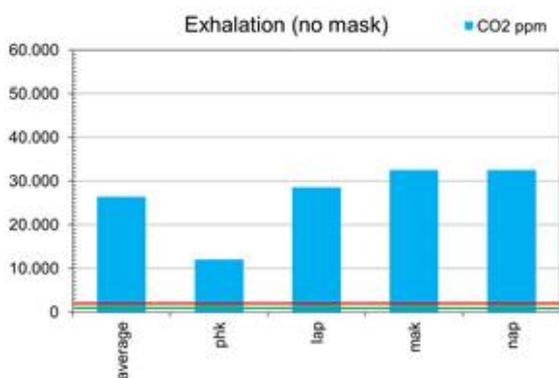
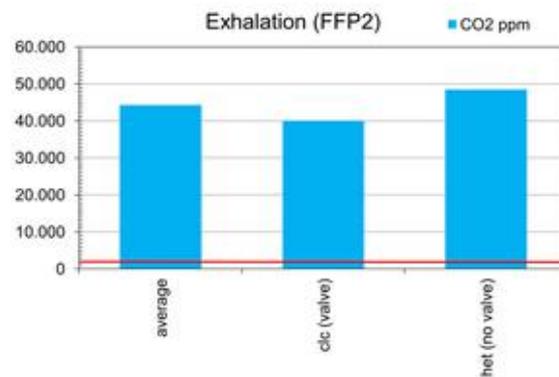
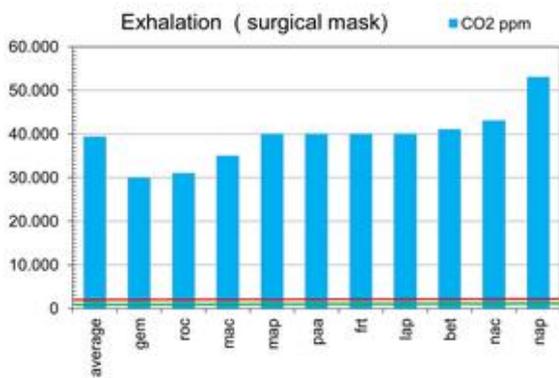
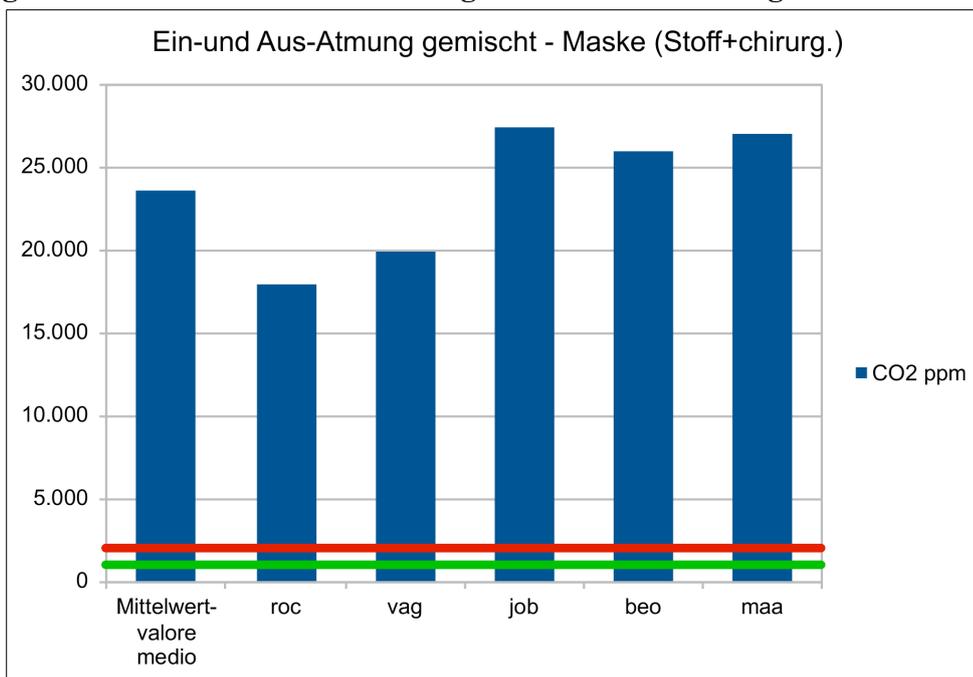


Abbildung 2. Zusammenfassende Diagramme, die die CO₂-Werte während des Ausatmens mit den verschiedenen Maskentypen zeigen

Ein-und Aus-Atmung gemischt

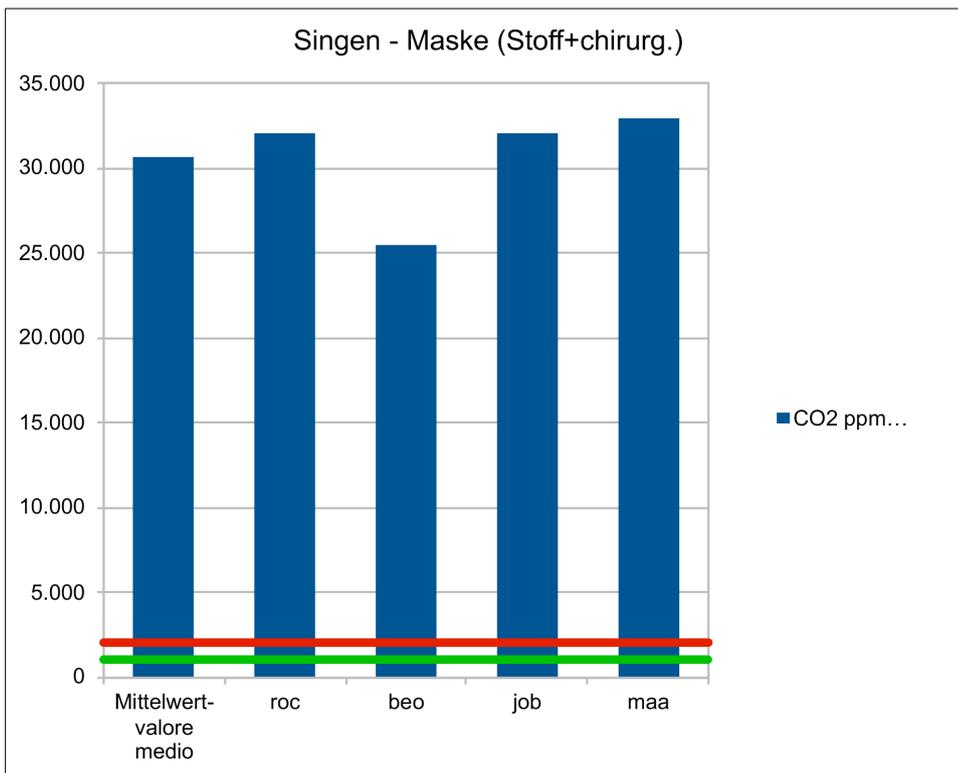
Maske (Stoff+chirurg.)	CO2ppm	Atem Frequenz			GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	23.700	12,79							
roc	18.000	11,5			1957	63	m	187	99
vag	20.000	70			1970	50	f	173	64
jb	27.500	98			1965	55	m	184	78
beo	26.000	16,2			1967	53	m	180	72
maa	27.000	19,5			1960	60	m	177	70

Bei „Ein-und Aus-Atmung gemischt“ wurde einfach aus Neugierde geschaut, welche Konzentrationen sich ergeben, wenn nicht differenziert wird zwischen Ein-und Aus-Atmung. Die Ergebnisse wurden in der Bewertung NICHT berücksichtigt.



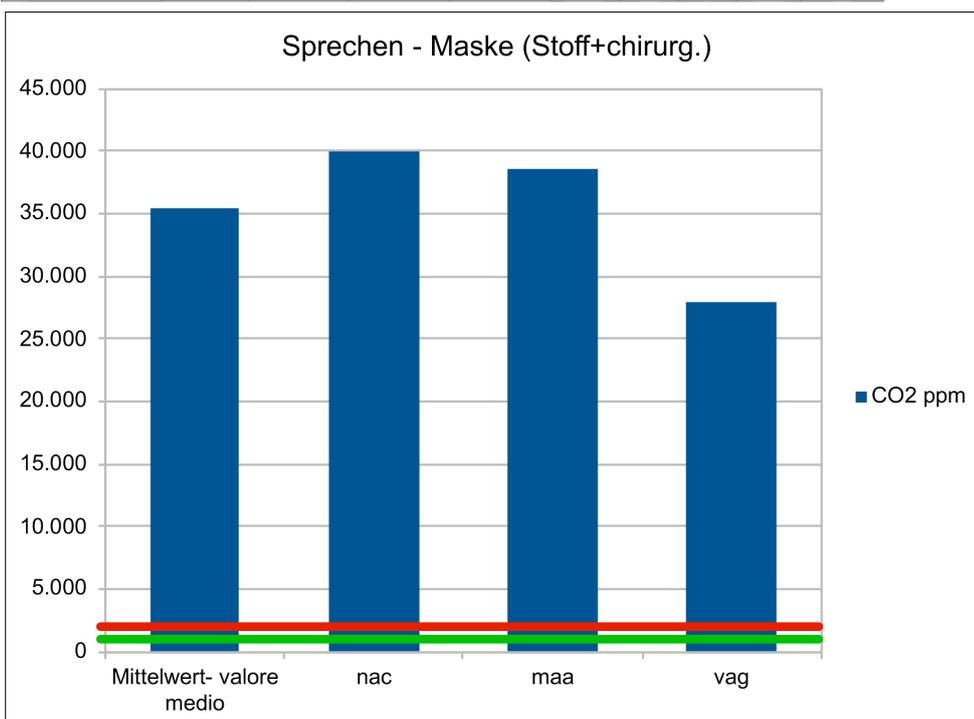
Singen

Maske (Stoff+chirurg.)	CO2ppm	Atem Frequenz			GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	30.625								
roc	32.000				1957	63	m	187	99
beo	25.500				1967	53	m	180	72
jb	32.000				1965	55	m	184	78
maa	33.000				1960	60	m	177	70



Sprechen

Maske (Stoff+chirurg.)	CO2ppm	Atem Frequenz	GJ	Alter	m/f	Größe	Gewicht
Mittelwert	35.500	13,13					
nac	40.000	13,1	1985	35	f	170	65
maa	38.500		1960	60	m	177	70
vag	28.000		1970	50	f	173	64



Ergänzungen, Kritik und vertiefte Auswertung der „Studie LS“ des Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz

Zusammenfassende Tabellen

Ausatemluft		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Min	Max
Atemfrequenz	Nr/Min	16,7	6	3,3	9,3	5,3	10,8	7	11,3	8,71	33	16,7
Luftvolumen der Ausatemluft pro Minute	L	20,5	7,6	4,9	7,5	8,3	17,1	18,3	8,9	11,64	49	20,5
Luftvolumen der Ausatemluft pro Atemzug	L	1,2	1,3	1,4	0,8	1,6	1,6	2,6	0,8	1,41	08	26
O ₂	Vol%	16,1	16,6	17,4	18,2	15,5	18,4	18,7	17,6	17,31	15,5	18,7
CO ₂	ppm	43000	43000	38000	34000	48400	32000	27600	39200	38.150	27600	48400

Tabelle 3. Eingeatmete CO₂ Konzentration unter Abzug des CO₂-Gehaltes des Raumes

sitzend		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	700	450	250	350	150	2250	550	50	590	594	50	2250
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	4140	2520	2450	1220	2380	8080	5350	4650	3850	3.849	1220	8080
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	3760	980	2320	950	4020	4880	4580	5320	3350	3.351	950	5320
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	5730	3320	4920	3080	2080	5800	10280	1480	4590	4.586	1480	10280
Gesichtsschutz -visier	CO ₂ ppm	1310	480	2120	480	1620	950	1450	1520	1240	1.241	480	2120
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	4830	1180	5920	1120	4850	5850	6520	6280	4570	4.569	1120	6520
stepper		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	280	50	50	350	50	1250	150	50	280	279	50	1250
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	4890	2620	3780	3050	2750	3380	6350	5250	4010	4.009	2620	6350
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	4820	1620	3520	1620	2850	3220	6050	4850	3570	3.569	1620	6050
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	6140	3350	3920	3850	1150	6140	8820	3020	4550	4.549	1150	8820
Gesichtsschutz -visier	CO ₂ ppm	1360	780	1050	780	1620	1720	1980	1450	1340	1.343	780	1980
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	6130	1850	4650	3850	3580	6150	8480	7150	5230	5.230	1850	8480

Die Messergebnisse inklusive der gemessenen Hintergrund-Konzentration von 450 ppm CO₂ waren also folgende.

450 Eingeatmete CO ₂ Konzentration incl. CO ₂ -Gehaltes des Raumes		450ppm											
sitzend		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	1150	900	700	800	600	2700	1000	500	1040	1.044	500	2700
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	4590	2970	2900	1670	2830	8530	5800	5100	4300	4.299	1670	8530
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	4210	1430	2770	1400	4470	5330	5030	5770	3800	3.801	1400	5770
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	6180	3770	5370	3530	2530	6250	10730	1930	5040	5.036	1930	10730
Gesichtsschutz -Visier	CO ₂ ppm	1760	930	2570	930	2070	1400	1900	1970	1690	1.691	930	2570
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	5280	1630	6370	1570	5300	6300	6970	6730	5020	5.019	1570	6970

stepper		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	730	500	500	800	500	1700	600	500	730	729	500	1700
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	5340	3070	4230	3500	3200	3830	6800	5700	4460	4.459	3070	6800
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	5270	2070	3970	2070	3300	3670	6500	5300	4020	4.019	2070	6500
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	6590	3800	4370	4300	1600	6590	9270	3470	5000	4.999	1600	9270
Gesichtsschutz -Visier	CO ₂ ppm	1810	1230	1500	1230	2070	2170	2430	1900	1790	1.793	1230	2430
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	6580	2300	5100	4300	4030	6600	8930	7600	5680	5.680	2300	8930

Der Vergleich zwischen sitzender Position und leichter Bewegung zeigt bei den verschiedenen Gesichtsmasken:

FFP2-KN95	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		4590	2970	2900	1670	2830	8530	5800	5100	4300	4.299	1670	8530
stepper		5340	3070	4230	3500	3200	3830	6800	5700	4460	4.459	3070	6800

chirurgische Maske	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		4210	1430	2770	1400	4470	5330	5030	5770	3800	3.801	1400	5770
stepper		5270	2070	3970	2070	3300	3670	6500	5300	4020	4.019	2070	6500

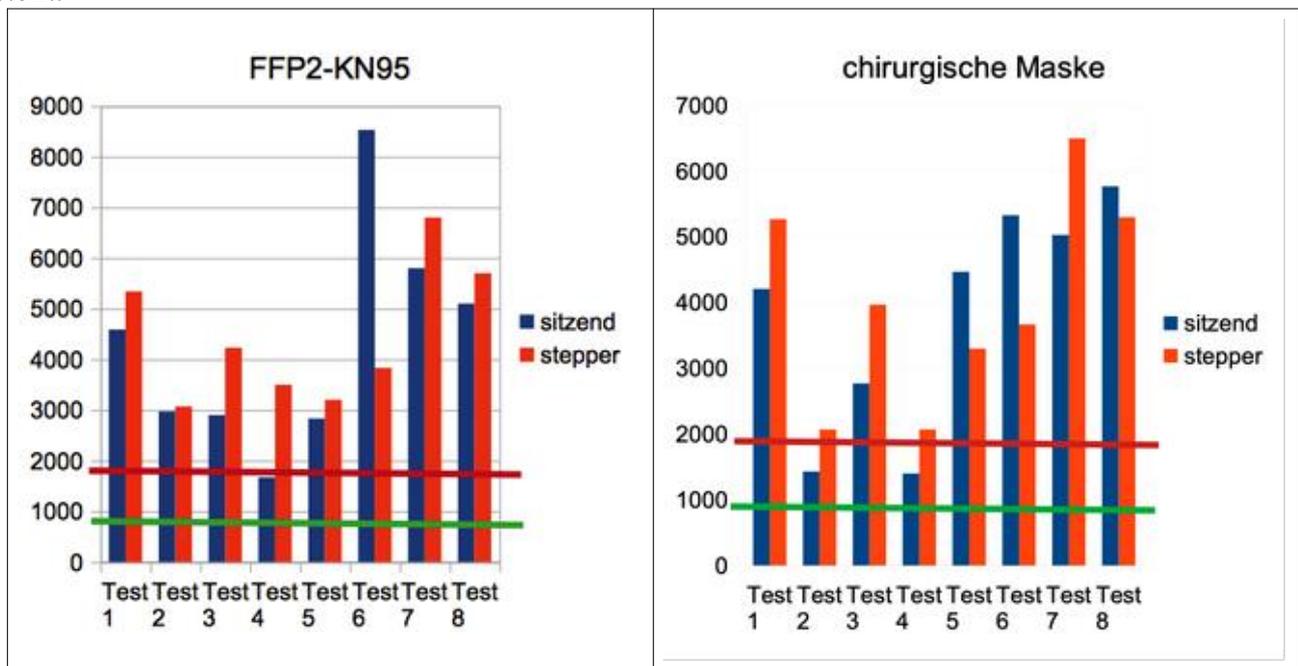
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		6180	3770	5370	3530	2530	6250	10730	1930	5040	5.036	1930	10730
stepper		6590	3800	4370	4300	1600	6590	9270	3470	5000	4.999	1600	9270

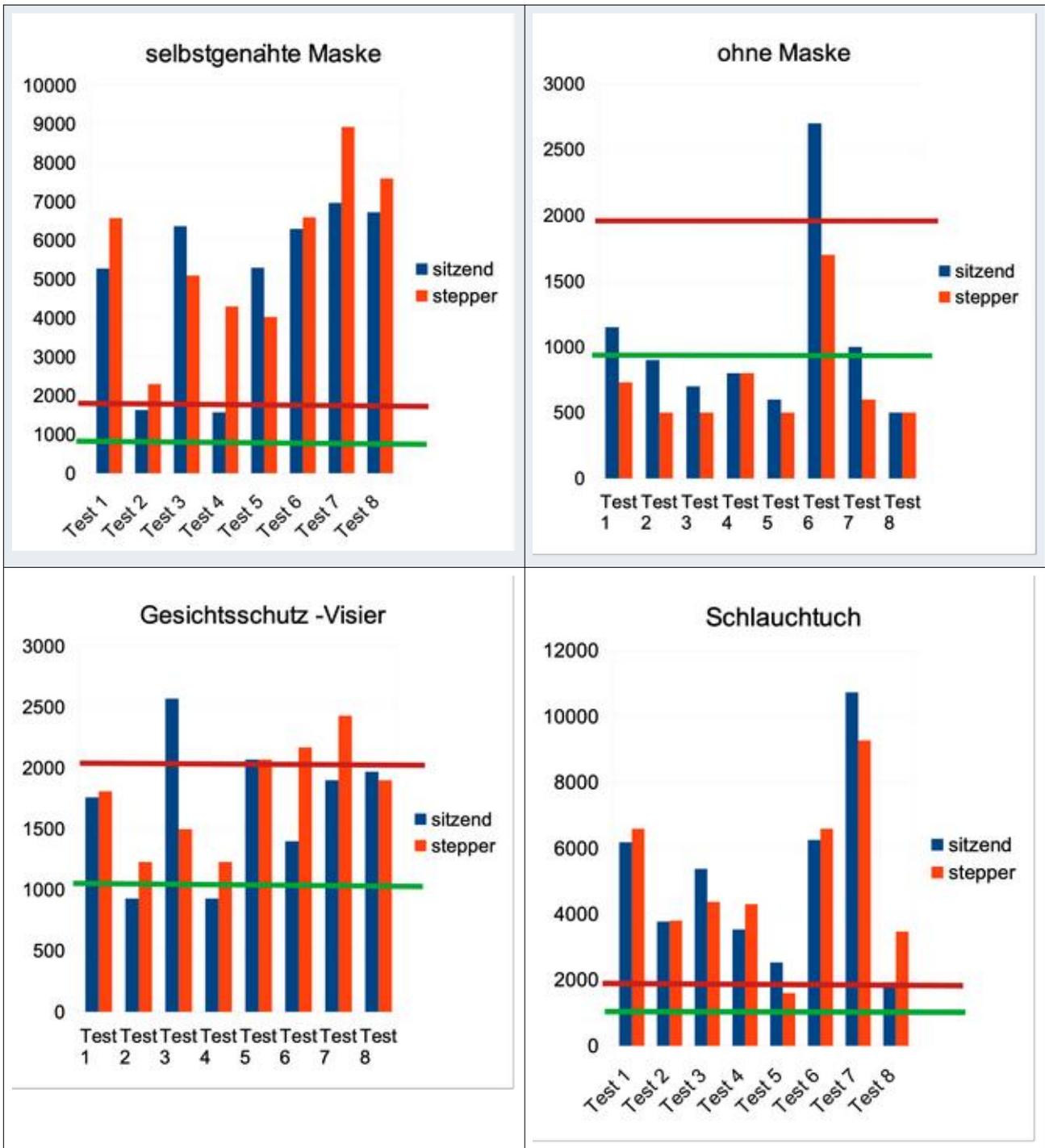
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		5280	1630	6370	1570	5300	6300	6970	6730	5020	5.019	1570	6970
stepper		6580	2300	5100	4300	4030	6600	8930	7600	5680	5.680	2300	8930

Gesichtsschutz -Visier	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		1760	930	2570	930	2070	1400	1900	1970	1690	1.691	930	2570
stepper		1810	1230	1500	1230	2070	2170	2430	1900	1790	1.793	1230	2430

ohne	CO ₂ ppm	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
sitzend		1150	900	700	800	600	2700	1000	500	1040	1.044	500	2700
stepper		730	500	500	800	500	1700	600	500	730	729	500	1700

In den Grafiken ist das Limit des Umweltbundesamtes von 2000 ppm „inakzeptabel“ in rot und der zu unterschreitende Richtwert von Pettenkoffer von 1000 ppm „empfehlenswert“ in grün dargestellt.





Angenommen, dass es korrekt sei, dass die Hintergrund-Konzentration von CO₂ subtrahiert und addiert werden kann, würde sich bei einer CO₂-Konzentration des Raumes von 1200 ppm in der Atemluft der Probanden folgende CO₂-Konzentrationen in der Einatemluft ergeben (**grün hinterlegt: unter dem Grenzwert von 2000 ppm, rot: über dem Grenzwert von 2000 ppm**):

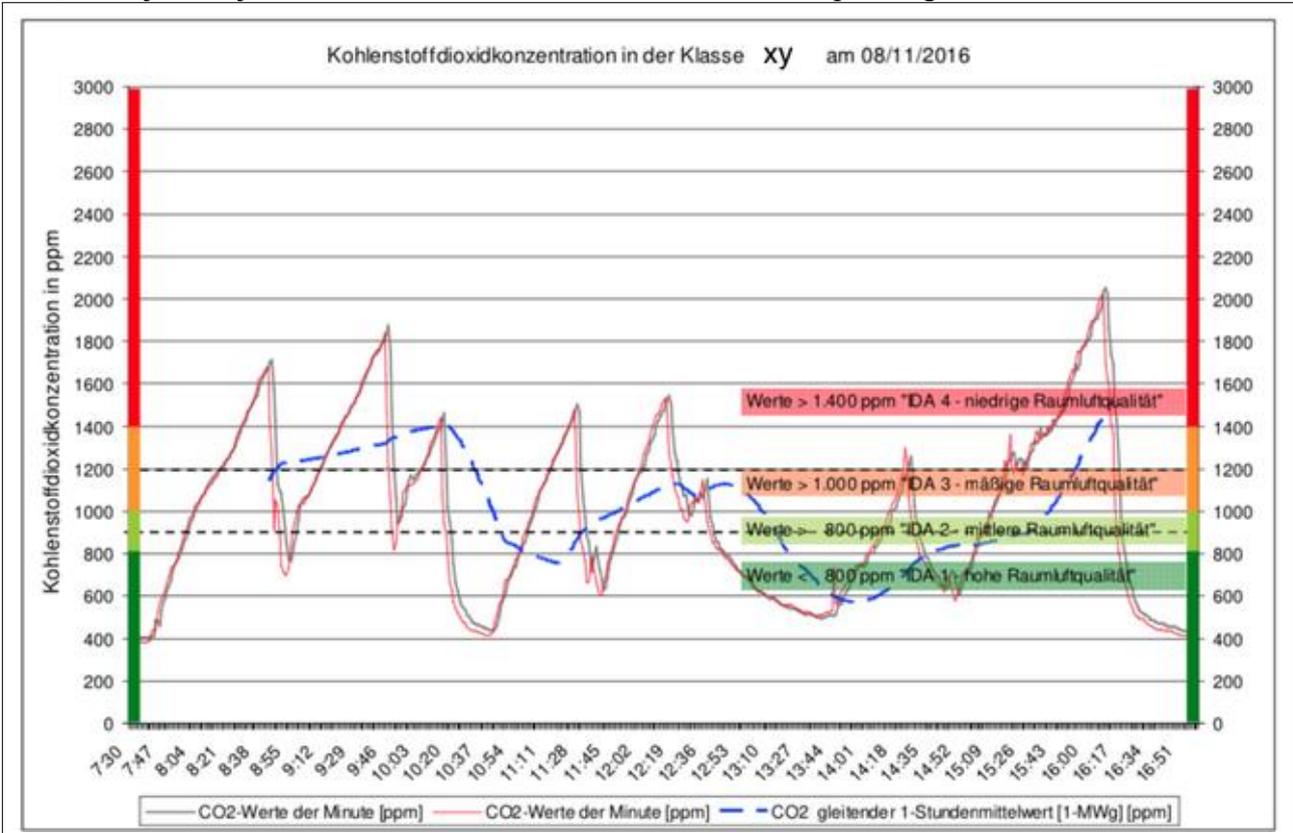
Eingeatmete CO ₂ Konzentration incl. CO ₂ -Gehaltes des Raumes										1200 ppm			
sitzend		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	1900	1650	1450	1550	1350	3450	1750	1250	1790	1.794	1250	3450
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	5340	3720	3650	2420	3580	9280	6550	5850	5050	5.049	2420	9280
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	4960	2180	3520	2150	5220	6080	5780	6520	4550	4.551	2150	6520
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	6930	4520	6120	4280	3280	7000	11480	2680	5790	5.786	2680	11480
Gesichtsschutz -Visier	CO ₂ ppm	2510	1680	3320	1680	2820	2150	2650	2720	2440	2.441	1680	3320
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	6030	2380	7120	2320	6050	7050	7720	7480	5770	5.769	2320	7720

stepper		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Mittel	Mittel	Min	Max
ohne	CO ₂ ppm	1480	1250	1250	1550	1250	2450	1350	1250	1480	1.479	1250	2450
FFP2-KN95	CO ₂ ppm	6090	3820	4980	4250	3950	4580	7550	6450	5210	5.209	3820	7550
chirurgische Maske	CO ₂ ppm	6020	2820	4720	2820	4050	4420	7250	6050	4770	4.769	2820	7250
Schlauchtuch	CO ₂ ppm	7340	4550	5120	5050	2350	7340	10020	4220	5750	5.749	2350	10020
Gesichtsschutz -Visier	CO ₂ ppm	2560	1980	2250	1980	2820	2920	3180	2650	2540	2.543	1980	3180
selbstgenähter MNS	CO ₂ ppm	7330	3050	5850	5050	4780	7350	9680	8350	6430	6.430	3050	9680

Fazit: Alle Masken sind eindeutig über dem Grenzwert von 2000 ppm, also gesundheitsschädlich.

Zur Frage, was sind „übliche“ CO₂-Konzentrationen in Klassenräumen: Das Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz hat 2016 Messungen in einer Grundschule durchgeführt.

Aus Datenschutz-Gründen wird hier weder der Name der Schule noch der Name der Klasse genannt, kann jedoch jederzeit bei Bedarf nachvollziehbar und transparent gemacht werden.

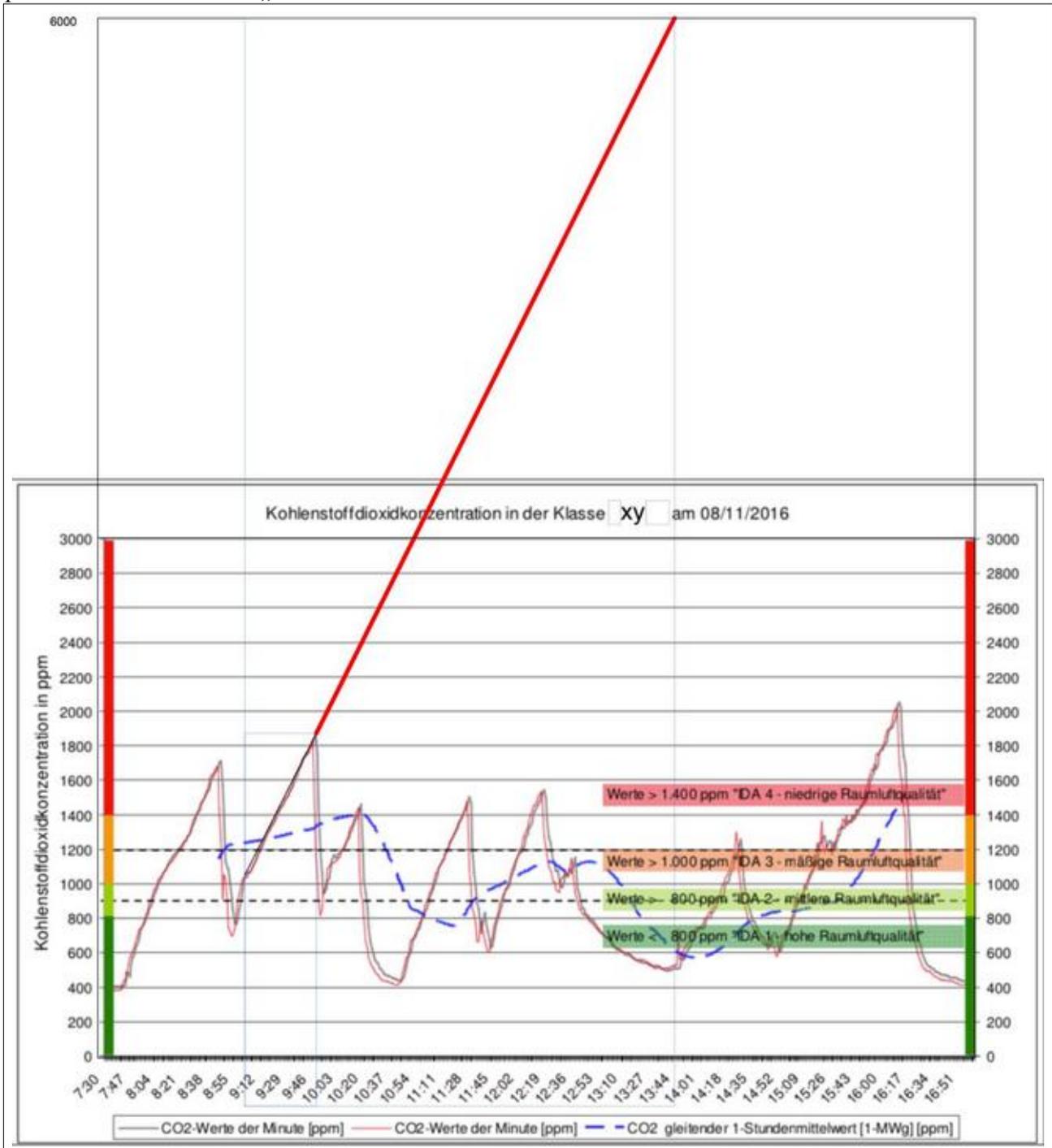


Wie hier ersichtlich, steigt die CO₂-Konzentration nicht über 2000 ppm an, wenn in den Pausen regelmäßig gelüftet wird. In diesem konkreten Beispiel war die Empfehlung des Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz „bitte mehr lüften“. Wenn in kürzeren Abständen und für einen längeren Zeitraum gelüftet wird, bleibt die CO₂-Konzentration auch unter 1400 ppm. An Südtirols Schulen

wurden auch schon teilweise kontrollierte Lüftungen eingebaut, um die CO₂-Konzentration unter 1000-1200 ppm zu halten.

Wenn jetzt, 2020, das Labors für Luftanalysen und Strahlenschutz angibt, eine übliche Konzentration in Klassenzimmern sei „800-6000 ppm“, so verwundert das sehr. Wir selber haben als „übliche“ Konzentrationen noch nie über 2500 ppm in Klassenzimmern gemessen, weder als Spitzenwert noch als Mittelwert.

Angenommen dass der CO₂-Anstieg auch im oberen Bereich linear verläuft, dürfte nach dem ersten Lüften um 9:00 bis 14:00 nicht mehr gelüftet und auch keine Tür geöffnet werden, um die 6000 ppm zu erreichen. Ist das „üblich“?



Kommentar zu den Schlussfolgerungen der „Studie LS“

„Es wurde der Prozentuelle Anteil des wiedereingeatmeten CO₂ im Verhältnis zum ausgeatmeten CO₂ für verschiedene Typen von Schutzvorrichtungen für Nase und Mund bestimmt.“

Der prozentuelle Vergleich der CO₂-Konzentrationen Einatemluft-Ausatemluft ist gesundheitlich irrelevant und irreführend. Relevant ist die absolut gemessene CO₂-Konzentration im nahen Gesichtsfeld, gemessen in ppm.

„Für alle untersuchten Schutzvorrichtungen sind die eingeatmeten CO₂ Konzentrationen deutlich geringer als die ausgeatmeten CO₂ Konzentrationen.“ Ist ja logisch.

„Auch, ohne getragener Schutzvorrichtung, wird ein Teil der ausgeatmeten Luft wieder eingeatmet. Dieser Effekt ist größer bei stehender Luft und geringer bei Luftbewegung.“ Richtig. Ohne Maske ist die CO₂-Konzentration aber wesentlich geringer als mit Maske. Eine zumindest geringe Luftbewegung wird auch als sehr wohltuend empfunden, nicht nur thermisch, besonders bei starker körperlicher Betätigung und damit erhöhter CO₂-Abgabe.

„Die Luftbewegung verringert das wiedereingeatmete CO₂ auch bei getragener Schutzvorrichtung.“ Dies trifft nur bei Masken mit geringem Totvolumen zu.

„Die eingeatmeten Konzentrationen sind höher als die Richtwerte und Empfehlungen für Lebens- und Aufenthaltsräume.“ Dies ist für das Tragen von Masken korrekt, und die CO₂-Konzentrationen sind wesentlich höher.

„Die Konzentrationen in der Einatemluft sind nicht wesentlich höher als jene welche in Aufenthaltsräumen gemessen werden (Schule, PkW, Büro, Wohnung).“ Das ist nicht korrekt für das Tragen von Masken. In der Schule sind die Maximalwerte knapp 2000 ppm und nicht 6000 ppm wie angegeben, und im Auto sind nur 1000 ppm angegeben worden. Unter der Maske sind Werte von ca. 4000 bis über 10.000 ppm in der „Studie LS“ gemessen worden, in den eigenen Tests auch Werte über 15.000 ppm.

„Die Prüfungen zeigen keine großen Unterschiede zwischen sitzender Position und leichter körperlicher Betätigung (Stepper) auf.“ Ja, und starke körperliche Betätigung wurde nicht gemessen.

„Die Zunahme der Oberflächentemperatur der Haut und das damit verbundene vermehrte Schwitzen sind der größte Grund für das wahrgenommene Unbehagen.“ Diese Behauptung ist nicht nachvollziehbar.

„Die Schutzvorrichtungen nehmen keine bedeutenden Feuchtemengen auf.“ Trotzdem wird unter den Masken Feuchte zurück gehalten, was einen idealen Nährboden für Pilze und Bakterien schafft.

„Einige Schutzvorrichtungen emittieren, unmittelbar nachdem sie aus der Verpackung genommen werden, bedeutende Mengen an flüchtigen organischen Verbindungen. Nach einigen Stunden an der frischen Luft verbessert sich dies merklich.“ Es wurden nur einige ausgewählte VOCs gemessen, andere wesentliche wie Titandioxid wurden ausgelassen.

„Der Lebens- und Aufenthaltsraum, in dem die Schutzvorrichtung getragen wird, muss optimale Lüftungseigenschaften haben, wobei die CO₂ Konzentration unter 1.000 ppm liegen muss. Ist diese Bedingung nicht eingehalten, kann die CO₂ Konzentration in der Einatemluft in einem bedeutenden Maße ansteigen.“ Das ist korrekt. Es ist sehr selten und mit großem Aufwand verbunden, in Innenräumen CO₂-Konzentrationen unter 1000 ppm zu erreichen, besonders in der kalten Jahreszeit. Bei kontrollierter Lüftung kann man sich glücklich schätzen, in Klassenräumen Werte unter 1500 ppm in der kalten Jahreszeit zu erreichen. Es ist absurd, im Raum selber die CO₂-Konzentrationen niedrig zu halten und gleichzeitig durch das Tragen einer Maske um das Vielfache zu erhöhen.

Sämtliche Ergebnisse der „Studie LS“ zeigen, dass der vom Umwelt-Labor genannte Grenzwert massiv überschritten wird, mit Ausnahme des Gesichts-Visiers und mit Ausnahme des masken-befreiten Kopfes. Korrekterweise wird die Aussage des Umweltbundesamtes als Maßstab genannt: „CO₂-Konzentrationen über 2000 ppm sind inakzeptabel“.

Fazit: Alle Gesichtsmasken sind gesundheitsschädlich, weil die CO₂-Konzentration der Einatem-Luft wesentlich über dem Wert von 2000 ppm liegt.