Ist der Gebrauch von Mund-Nasen-Bedeckungen in der Gesamtbevölkerung eher schädlich als nützlich unter Berücksichtigung der CO_2 Konzentration?

Luftqualität während des Tragens von Mund-Nasen-Bedeckungen mit Mini-Review

30 November 2020

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

Einführung. Seit 4. November 2020 besteht in Italien eine allgemeine Pflicht zum Gebrauch einer Mund-Nasen-Bedeckung (kurz MNB) bei Kindern ab 6 Jahren, sowohl im Freien als auch in Innenräumen, ebenso für die gesamte Dauer des Unterrichts, um die Ausbreitung des Sars-Cov-2 Virus in der Bevölkerung in Schach zu halten. Um festzustellen, ob die oft von Patienten beklagten Symptome wie Konzentrationsschwäche, Kopfschmerzen, Abgeschlagenheit, Atembeschwerden, Schwindel, Halsschmerzen wirklich auf das längerfristige Tragen einer MNB zurückzuführen sind, haben wir Tests zur Feststellung von der tatsächlichen Konzentration von Kohlendioxid (kurz CO_2) unter der MNB durchgeführt. Es ist nun die vorliegende Arbeit entstanden, in der das Mikroambiente, sowie im Besonderen die CO_2 -Konzentration unter der MNB untersucht wird, in der Annahme, dass eben jenes CO_2 -Gas die genannten Beschwerden hervorbringt.

Kürzlich wurde auf der Website der Provinz Bozen eine Studie zum Thema "Luftqualität unter Verwendung von Mund-Nasen-Bedeckungen“ (kurz LS) veröffentlicht[1]. Die Schlussfolgerungen dieser „Studie LS“, wie sie der Öffentlichkeit mitgeteilt wurden ("Die Masken sind nicht schädlich"), schienen nicht mit den veröffentlichten Messungen und Ergebnissen übereinzustimmen, wir wollten außerdem unsere eigenen Test-Ergebnisse mit denen der Provinz vergleichen.

Zweck dieser Studie ist es, die Funktionsweise der Maske und den Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse für die verschiedenen MNB besser zu verstehen. Schließlich haben wir in der Literatur weitere mögliche Schäden (Zunahme von Infektionen, psychologische Aspekte, Risikokompensation, Zunahme der Atemarbeit usw.) der MNB untersucht.

Methode. Wir führten an 24 gesunden Probanden unterschiedlichen Alters Messungen in sitzender Position (Mittelwert 48, Bereich 5-88 Jahre). Als Messinstrument wurde der tragbare Kohlendioxidanalysator G100 von Geotech verwendet (www.geotechuk.com), mit einem Messbereich von 0-20 vol% CO_2 (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 Exspiration.

Ergebnisse: Die Ergebnisse der CO2-Messungen bei der Einatmung im Sitzen sind hier zusammengefasst (zum Vergleich mit den Ergebnissen der Provinz Bozen):

CO_2 für die chirurgische Maske: durchschnittlicher CO_2-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 CO_2-Wert 11.000 ppm (Bereich 7000 - 15.000) gegenüber 3.850 ppm (Bereich 1220 - 8080) aus der Untersuchung der Provinz Bozen.

Für Stoffmaksen / Halswärmer („Schlauchtücher"): Durchschnittlicher CO_2-Wert 11.500 ppm (Bereich 5000 - 24.000) gegenüber 4590 ppm (Bereich 1480 - 10.280) aus der Untersuchung der Provinz Bozen.

Ohne Maske: durchschnittlicher CO_2-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 unterschiedliche Fehlerquote der Messinstrumente und und in der Tatsache, dass bei der Untersuchung der Provinz Bozen die CO_2-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 CO_2 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 gefunden[2-47]. Im Gegenteil, einige Studien, wie z. B. beim Gebrauch von Stoffmasken, die Feuchtigkeit, ihr wiederholter Gebrauch und eine ungenügende Filtrierfunktion, eine Zunahme von Infektionen begünstigen[36]. Eine Studie mit Tausenden von Personen während einer Pilgerreise nach Mekka ergab mehr Atemwegsinfektionen in der Gruppe, die ständig Masken trug[46]. Dermatologische Formen wie "maskne" (Maskenakne) treten häufig auf. Es gibt auch Phänomene der "Risikokompensation" für eine falsches Sicherheitsgefühl, das durch die Verwendung der Maske erzeugt wird[48]. 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.

Psychologische Effekte. Die Maske symbolisiert Gefahr; durch das Abdecken des Gesichts ist es schwierig, menschliche Ausdrücke und Emotionen im Gegenüber zu erkennen. Durch die Verringerung der erkennbaren Gesichtsfläche wird der emotionale Kontakt verringert, was dazu führt, dass Kinder - aber auch Erwachsene - schwach, ängstlich, unsicher und in der Folge sogar immunsupprimiert werden können, da die Psyche in direktem Zusammenhang mit einer adäquaten Immunantwort steht.

Aus psychologischer Sicht sind die von der Regierung erlassenen Gesundheitsvorschriften für gesunde Kinder schädlich und verursachen möglicherweise dauerhafte psychische Störungen. Kinder im Bewusstsein erziehen, physische Nähe zu fürchten, wirkt sich nachteilig auf die Entwicklung ihres Selbstwertgefühls aus. Darüber hinaus erschwert die fiktive Korrelation zwischen einem etwaigen Tod geliebter Menschen, wiewohl in der Praxis schwer nachweisbar, die Beziehungsfähigkeit von Kindern zu ihren umgebenden Menschen.

Auch bei Erwachsenen deutet die Verwendung der Maske auf Krankheit, Ansteckung und Tod hin und legt nahe, dass menschliche Nähe Gefahr bedeutet, psychisches Unwohlsein verursacht, welches wohl kreative Funktionen des Gehirns einschränken kann. Psychologen beobachten eine drastische Zunahme von Angststörungen, Gefühlen sozialer Isolation, Panikattacken und Selbstmordfällen[50].

Schlussfolgerungen. Bei Personen, die eine Maske tragen, liegt jeder gemessene CO_2-Wert (sowohl in der vorliegenden Studie als auch in der LS-Studie der Provinz Bozen) außerhalb der akzeptablen Werte für die Raumluftqualität in Schulgebäuden (Tabelle 2) [51] und überschreitet sogar die zugelassenen Werte am Arbeitsplatz (5.000 ppm CO_2). Symptome, die von Patienten nach längerer Anwendung beklagt werden, können durch den hohen Kohlendioxidgehalt [37] erklärt werden; genau diese hohen Spiegel sind unvereinbar mit einer optimalen Oxygenierung des Blutes. Aus der Literaturanalyse ergibt sich keine eindeutige Evidenz zur Wirksamkeit des Tragens einer MNB, um ihre Anwendung zur Prävention von Infektionen auf die gesamte Bevölkerung im Alltag auszudehnen. Die MNB ist sinnvoll im Arbeitsambiente bei einer Belastung mit giftigen Stäuben, in Infektionsabteilungen der Krankenhäuser, oder aber in Situationen, in denen Personen, die an Atemwegsinfekten leiden, zum Schutz anderer Personen im gleichen Raum die MNB tragen und umgekehrt Personen, die sich um (an respiratorischen Infekten) Erkrankte, kümmern müssen. Es wäre also wichtig, dass Personen, die mit MNB ausgestattet arbeiten müssen, entsprechend geschult würden, und regelmäßig MNB-freie Intervalle, in denen sie ohne dieselbe atmen können, zugestanden werden. Abschließend kann das Tragen einer MNB nur für kurze Zeitintervalle empfohlen werden, denn das Tragen einer solchen ist schädigend für die Gesundheit.

Einschränkungen. Das verwendete Instrument erkennt CO_2erst ab 1.000 ppm. Dies ermöglichte daher keine genauen Messungen der CO_2-Menge in der Umgebungsluft, in der die Tests durchgeführt wurden. Die Messungen dieser, unserer Studie wurden im Gegensatz zu denen der LS-Studie der Provinz Bozen (die in den Sommermonaten in einer gut belüfteten Umgebung durchgeführt wurden), im Oktober in einem Arzt-Ambulatorium mit gekippten Fenstern durchgeführt, und die dortige Situation entspricht eher der schulischen Bedingungen eines Kindes in der Schule am Schreibtisch.

Schule und Maske. Seit dem letzten DPCM vom 04.11.2020 gilt im gesamten italienischen Staatsgebiet die Verpflichtung, die MNB für Kinder über 6 Jahre, ununterbrochen im Freien und auch in der Schule, zu tragen, unabhängig von einer (durch die WHO empfohlenen) Bewertung des Übertragungsrisikos[52].

Das Auferlegen der Maske für alle Schulkinder älter als 6 Jahre während des gesamten Schulaufenthalts unter der Annahme, eine Infektion zu verhindern, erscheint überhaupt nicht gerechtfertigt. Es gibt mehrere Gründe, Schulkindern die ständige Verpflichtung der Maske nicht aufzuerlegen: [1] Die erforderliche Anzahl von Behandlungen (NNT) zur Verhinderung einer Infektion ist recht hoch (das Norwegische Institut für öffentliche Gesundheit errechnete, dass 200.000 Menschen eine MNB tragen müssen, um eine Infektion pro Woche zu verhindern)[19]; [2] COVID hat in den allermeisten Fällen einen gutartigen Verlauf bei Kindern. [3] Der Nachweis einer Übertragung von COVID auf Schulebene schien bisher nicht wesentlich zu sein (Kinder übertragen viel weniger als Erwachsene)[53] und schließlich [4] das Fehlen wissenschaftlicher Belege für die Vorteile der Verwendung von Masken in der Gemeinschaft [2-45,54].

Die Maske hat sicherlich einen symbolischen Wert: den, einen unsichtbaren Feind sichtbar zu machen[30]. Obwohl der symbolische Wert wichtig ist, erscheint es „inakzeptabel", unsere Kinder zu zwingen, bis zu 8 Stunden am Tag in der Schule untolerierbare Mengen an CO_2, oft sogar im Sportunterricht, unter der MNB einzuatmen.

Diffusionsfähigkeit von CO_2. Die hohen CO_2-Werte, die ohne Maske wieder eingeatmet werden (Tabelle 1), widersprechen der falschen Vorstellung, dass CO_2 leicht diffundierbar ist. Bei ruhigem Wind und in einer schlecht belüfteten Umgebung ist die Menge an wieder eingeatmetem CO_2 auch ohne MNB sehr hoch. Dies liegt daran, dass sich die CO_2-Stagnation erst im Laufe der Zeit verteilt. CO_2 ist 1,5-mal schwerer als Luft und dies erklärt auch die leichte Anreicherung im geschlossenen Ambiente. Es sollte daher die Diffusionsfähigkeit von CO_2 in den Räumen nicht mit der leichten Diffusion von CO_2 durch die Alveolenmembran verwechselt werden, um die Kapillaren zu erreichen.

Toxizität von Kohlendioxid (CO_2). Die Schädigung der Gesundheit durch CO_2 wird meist bei Erwachsenen (Tieren und Menschen) unter experimentellen Bedingungen nur kurz- bis mittelfristig untersucht. Dem Anstieg des CO_2 folgt eine Azidose des Blutes und des Gewebes; Tatsächlich ist bekannt, dass Wasser + CO_2 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 CO_2 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 des Atemzugvolumens 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 CO_2 -Konzentration im Totraum 45.000 ppm beträgt, führt dies offensichtlich zu einem deutlicheren Anstieg der CO_2 -Inhalation bei Kindern.[56] Wenn man Leibesübungen (Sport) mit MNB ausführt, induziert die daraufhin erfolgende Azidose im Lungengewebe sowie im Blut zahlreiche physiologische Veränderungen: 1. Metabolische Veränderungen, 2. Kardiorespiratorischen Stress (Zunahme von Blutdruck und Herzfrequenz, 3. eine Verschlechterung der Nierenfunktion, 4. eine verminderte Immunantwort und 5. Veränderung im Hirnstoffwechsels sowie der psychischen Gesundheit (Verringerung der cerebralen Durchblutung und Hemmung der exzitatorischen Aminosäuren)[27].

Ein chronischer Anstieg des CO_2 im Körper wurde mit Missbildungen des Fötus und einer Schädigung des Fortpflanzungssystems, des Immunsystems, Entzündungen der Lunge und des Herz-Kreislaufsystems, sowie Krebs in Verbindung gebracht[55]. Last but not least gibt es mögliche neurologische Schäden[55,57]. Es ist sicher, dass Werte> 5.000 ppm CO_2 , die mit den Masken in dieser Studie aufgezeichnet wurden, denen Symptome wie Schläfrigkeit, Konzentrationsverlust, Erschöpfung, Kopfschmerzen (Tabelle 3) entsprechen, mit einem optimalen schulischen Lernen unvereinbar zu sein scheinen.

Literaturhinweise

1. https://ambiente.provincia.bz.it/downloads/AppaBZ-Studio-qualita-aria-mascherine-ver24-ita.pdf
2. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2493952/pdf/annrcse01509-0009.pdf
3. Ritter MA, Eitzen H, French ML, Hart JB. The operating room environment as affected by people and the surgical face mask. Clin Orthop Relat Res. 1975 Sep;(111):147-50. doi: 10.1097/00003086-197509000-00020. PMID: 1157412. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1157412/
4. Ha'eri GB, Wiley AM. The efficacy of standard surgical face masks: an investigation using "tracer particles". Clinical Orthopaedics and Related Research. 1980 May (148):160-162 https://europepmc.org/article/med/7379387
5. Laslett LJ, Sabin A. Wearing of caps and masks not necessary during cardiac catheterization. Cathet Cardiovasc Diagn. 1989 Jul;17(3):158-60. doi: 10.1002/ccd.1810170306. PMID: 2766345. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ccd.1810170306
6. Tunevall, T.G. Postoperative wound infections and surgical face masks: A controlled study. *World J. Surg.* **15,** 383–387 (1991). https://doi.org/10.1007/BF01658736 https://link.springer.com/article/10.1007/BF01658736
7. Skinner MW, Sutton BA. Do anaesthetists need to wear surgical masks in the operating theatre? A literature review with evidence-based recommendations. Anaesth Intensive Care. 2001 Aug;29(4):331-8. doi: 10.1177/0310057X0102900402. PMID: 11512642. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0310057X0102900402
8. Lahme T, Jung WK, Wilhelm W, Larsen R. [Patient surgical masks during regional anesthesia. Hygenic necessity or dispensable ritual?]. Der Anaesthesist. 2001 Nov;50(11):846-851. DOI: 10.1007/s00101-001-0229-x. https://europepmc.org/article/med/11760479
9. Figueiredo AE, Poli de Figueiredo CE, d'Avila DO. Bag exchange in continuous ambulatory peritoneal dialysis without use of a face mask: experience of five years. Adv Perit Dial. 2001;17:98-100. PMID: 11510307. http://www.advancesinpd.com/adv01/21Figueiredo.htm
10. Bahli ZM. Does evidence based medicine support the effectiveness of surgical facemasks in preventing postoperative wound infections in elective surgery? J Ayub Med Coll Abbottabad. 2009 Apr-Jun;21(2):166-70. PMID: 20524498. https://www.semanticscholar.org/paper/Does-evidence-based-medicine-support-the-of-in-in-Bahli/751acd427c20c8dc7d1fbc1b45eead104286f481
11. Sellden E. Is routine use of a face mask necessary in the operating room? Anesthesiology. 2010 Dec;113(6):1447. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181fcf122. PMID: 21068655. https://pubs.asahq.org/anesthesiology/article/113/6/1447/9572/Is-Routine-Use-of-a-Face-Mask-Necessary-in-the
12. Webster J, Croger S, Lister C, Doidge M, Terry MJ, Jones I. Use of face masks by non-scrubbed operating room staff: a randomized controlled trial. ANZ J Surg. 2010 Mar;80(3):169-73. doi: 10.1111/j.1445-2197.2009.05200.x. PMID: 20575920. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1445-2197.2009.05200.x
13. Vincent M, Edwards P. Disposable surgical face masks for preventing surgical wound infection in clean surgery. Cochrane Database Syst Rev. 2016 Apr 26;4(4):CD002929. doi: 10.1002/14651858.CD002929.pub3. PMID: 27115326; PMCID: PMC7138271. https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD002929.pub2/full
14. Carøe T. [Dubious effect of surgical masks during surgery]. Ugeskrift for Laeger. 2014 Jun;176(27):V09130564. https://europepmc.org/article/med/25294675
15. Salassa TE, Swiontkowski MF. Surgical attire and the operating room: role in infection prevention. J Bone Joint Surg Am. 2014 Sep 3;96(17):1485-92. doi: 10.2106/JBJS.M.01133. PMID: 25187588. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25187588/
16. Da Zhou C, Sivathondan P, Handa A. Unmasking the surgeons: the evidence base behind the use of facemasks in surgery. J R Soc Med. 2015 Jun;108(6):223-8. doi: 10.1177/0141076815583167. PMID: 26085560; PMCID: PMC4480558. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0141076815583167
17. Tom Jefferson, Mark Jones, Lubna A Al Ansari et al. Physical interventions to interrupt or reduce the spread of respiratory viruses. Part 1 - Face masks, eye protection and person distancing: systematic review and meta-analysis medRxiv 2020.03.30.20047217; doi: https://doi.org/10.1101/2020.03.30.20047217 https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.30.20047217v2
18. Xiao J, Shiu E, Gao H, et al. Nonpharmaceutical Measures for Pandemic Influenza in Nonhealthcare Settings—Personal Protective and Environmental Measures. *Emerging Infectious Diseases*. 2020;26(5):967-975. doi:10.3201/eid2605.190994. https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/5/19-0994_article
19. https://www.cebm.net/covid-19/masking-lack-of-evidence-with-politics/
20. Wieland T. A phenomenological approach to assessing the effectiveness of COVID-19 related nonpharmaceutical interventions in Germany. Saf Sci. 2020 Nov;131:104924. doi: 10.1016/j.ssci.2020.104924. Epub 2020 Jul 21. PMID: 32834516; PMCID: PMC7373035. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753520303210
21. https://web.archive.org/web/20200510161346/https:/www.uea.ac.uk/about/-/new-study-reveals-blueprint-for-getting-out-of-covid-19-lockdown
22. https://www.cidrap.umn.edu/news-perspective/2020/04/commentary-masks-all-covid-19-not-based-sound-data
23. Radonovich LJ Jr, Simberkoff MS, Bessesen MT, Brown AC, Cummings DAT, Gaydos CA, Los JG, Krosche AE, Gibert CL, Gorse GJ, Nyquist AC, Reich NG, Rodriguez-Barradas MC, Price CS, Perl TM; ResPECT investigators. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial. JAMA. 2019 Sep 3;322(9):824-833. doi: 10.1001/jama.2019.11645. PMID: 31479137; PMCID: PMC6724169. https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2749214
24. Smith JD, MacDougall CC, Johnstone J, Copes RA, Schwartz B, Garber GE. Effectiveness of N95 respirators versus surgical masks in protecting health care workers from acute respiratory infection: a systematic review and meta-analysis. CMAJ. 2016 May 17;188(8):567-574. doi: 10.1503/cmaj.150835. Epub 2016 Mar 7. PMID: 26952529; PMCID: PMC4868605. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4868605/

25. Bin-Reza F, Lopez Chavarrias V, Nicoll A, Chamberland ME. The use of masks and respirators to prevent transmission of influenza: a systematic review of the scientific evidence. Influenza Other Respir Viruses. 2012 Jul;6(4):257-67. doi: 10.1111/j.1750-2659.2011.00307.x. Epub 2011 Dec 21. PMID: 22188875; PMCID: PMC5779801. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5779801/
26. http://www.asahi.com/ajw/articles/13523664
27. Chandrasekaran B, Fernandes S. "Exercise with facemask; Are we handling a devil's sword?" - A physiological hypothesis. Med Hypotheses. 2020 Jun 22;144:110002. doi: 10.1016/j.mehy.2020.110002. Epub ahead of print. PMID: 32590322; PMCID: PMC7306735. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306987720317126
28. Person E, Lemercier C, Royer A, Reychler G. Effet du port d'un masque de soins lors d'un test de marche de six minutes chez des sujets sains [Effect of a surgical mask on six minute walking distance]. Rev Mal Respir. 2018 Mar;35(3):264-268. French. doi: 10.1016/j.rmr.2017.01.010. Epub 2018 Feb 1. PMID: 29395560. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29395560/
29. Beder A, Büyükkoçak U, Sabuncuoğlu H, Keskil ZA, Keskil S. Preliminary report on surgical mask induced deoxygenation during major surgery. Neurocirugia (Astur). 2008 Apr;19(2):121-6. doi: 10.1016/s1130-1473(08)70235-5. PMID: 18500410. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18500410/
30. Klompas M, Morris CA, Sinclair J, Pearson M, Shenoy ES. Universal Masking in Hospitals in the Covid-19 Era. N Engl J Med. 2020 May 21;382(21):e63. doi: 10.1056/NEJMp2006372. Epub 2020 Apr 1. PMID: 32237672. https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp2006372
31. https://files.fast.ai/papers/masks_lit_review.pdf
32. Julii Suzanne Brainard, Natalia Jones, Iain Lake, Lee Hooper, Paul Hunter. Facemasks and similar barriers to prevent respiratory illness such as COVID-19: A rapid systematic review. MedRxiv 2020.04.01.20049528; doi: https://doi.org/10.1101/2020.04.01.20049528 https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.01.20049528v1
33. Desai AN, Mehrotra P. Medical Masks. JAMA. 2020 Apr 21;323(15):1517-1518. doi: 10.1001/jama.2020.2331. PMID: 32129797. https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2762694
34. https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Medizinprodukte/DE/schutzmasken.html;jsessionid=B20604DBD2D3212DBEBF08A76F966AA4.2_cid329
35. https://web.archive.org/web/20200509230932/https:/www.oralhealthgroup.com/features/face-masks-dont-work-revealing-review/
36. https://aaqr.org/articles/aaqr-13-06-oa-0201.pdf
37. https://www.primarydoctor.org/masks-not-effect
38. https://mediatum.ub.tum.de/602557
39. MacIntyre CR, Seale H, Dung TC, Hien NT, Nga PT, Chughtai AA, Rahman B, Dwyer DE, Wang Q. A cluster randomised trial of cloth masks compared with medical masks in healthcare workers. BMJ Open. 2015 Apr 22;5(4):e006577. doi: 10.1136/bmjopen-2014-006577. PMID: 25903751; PMCID: PMC4420971. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4420971/
40. Chu DK, Akl EA, Duda S, Solo K, Yaacoub S, Schünemann HJ; COVID-19 Systematic Urgent Review Group Effort (SURGE) study authors. Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis. Lancet. 2020 Jun 27;395(10242):1973-1987. doi: 10.1016/S0140-6736(20)31142-9. Epub 2020 Jun 1. PMID: 32497510; PMCID: PMC7263814. https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(20)31142-9/fulltext
41. https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/set-c/set-c-facemasks.pdf
42. Christopher T Leffler, Edsel B Ing, Joseph D. et al. Association of country-wide coronavirus mortality with demographics, testing, lockdowns, and public wearing of masks. Update August 4, 2020. medRxiv 2020.05.22.20109231; doi: https://doi.org/10.1101/2020.05.22.20109231 https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.05.22.20109231v5
43. https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/a-1174-6591
44. Feng S, Shen C, Xia N, Song W, Fan M, Cowling BJ. Rational use of face masks in the COVID-19 pandemic. Lancet Respir Med. 2020 May;8(5):434-436. doi: 10.1016/S2213-2600(20)30134-X. Epub 2020 Mar 20. PMID: 32203710; PMCID: PMC7118603. https://www.thelancet.com/journals/lanres/article/PIIS2213-2600(20)30134-X/fulltext
45. https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/69/wr/pdfs/mm6936a5-H.pdf
46. Alfelali M, Haworth EA, Barasheed O, et al. Facemask versus no facemask in preventing viral respiratory infections during Hajj: a cluster randomised open label trial. SSRN (Lancet preprints)
47. Bundgaard H, Bundgaard JS, Raaschou-Pedersen DET et al. Effectiveness of Adding a Mask Recommendation to Other Public Health Measures to Prevent SARS-CoV-2 Infection in Danish Mask Wearers : A Randomized Controlled Trial. Ann Intern Med. 2020 Nov 18. doi: 10.7326/M20-6817. Epub ahead of print. PMID: 33205991. https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/M20-6817?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%20%200pubmed
48. Mantzari E, Rubin GJ, Marteau TM. Is risk compensation threatening public health in the covid-19 pandemic? BMJ. 2020 Jul 26;370:m2913. doi: 10.1136/bmj.m2913. PMID: 32713835. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32713835/
49. Kim JH, Roberge RJ, Powell JB, Shaffer RE, Ylitalo CM, Sebastian JM. Pressure drop of filtering facepiece respirators: How low should we go? Int J Occup Med Environ Health. 2015;28(1):71-80. doi: 10.13075/ijomeh.1896.00153. PMID: 26159949; PMCID: PMC4499853. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4499853/
50. Mund-Nasenschutz-Verordnungen https://www.psycharchives.org/handle/20.500.12034/2751 Prof. Hüther, Gerald: Wie Masken Verhalten ändern https://www.youtube.com/watch?v=YqTGlZdIjpY&feature=youtu.be Bindungsmodelle https://www.eltern-kind-bindung.net/fachpersonen/postpartaler-bereich/bindungsmodelle/

Consiglio Nazionale dell'Ordine degli Psicologi, La salute psicologica è un diritto! https://www.psy.it/la-salute-psicologica-e-un-diritto-cittadini-chiedono-azioni-concrete-a-protezione-della-loro-salute-psicologica.html

51. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4113.pdf (pag. 35-39)
52. https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-children-and-masks-related-to-covid-19
53. Lewis D. Why schools probably aren't COVID hotspots. Nature. 2020 Nov;587(7832):17. doi: 10.1038/d41586-020-02973-3. PMID: 33139909. https://www.nature.com/articles/d41586-020-02973-3
54. Donzelli A. Mascherine chirurgiche in comunità/all'aperto: prove di efficacia e sicurezza inadeguate. E&P Repository https://repo.epiprev.it/index.php/download/mascherine-chirurgiche-in-comunita-allaperto-prove-di-efficacia-e-sicurezza-inadeguate/
55. Adeline Guais, Gerard Brand, Laurence Jacquot et al. Toxicity of carbon dioxide: a review. *Chem Res Toxicol* 2011 Dec 19;24(12):2061-70. doi: 10.1021/tx200220r. Epub 2011 Jul 19
56. https://mauricejanich.de/heike-sensendorf/
57. Sumon Das, Zhongfang Du, Shira Bassly, Lewis Singer, Alfin G Vicencio. Effects of chronic hypercapnia in the neonatal mouse lung and brain. *Pediatr Pulmonol*. 2009 Feb;44(2):176-82. doi: 10.1002/ppul.20971.

	Independent study		Study of the Province of Bolzano	
device	**average CO_2**	**range**	**average CO_2**	**range**
Surgical mask	**7,292** ppm	(5000 – 13,000)	**3,350** ppm	(950 – 5,320)
FFP2-KN95	**11,000** ppm	(7000 – 15,000)	**3,850** ppm	(1,220 – 8,080)
Cloth mask	**11,500** ppm	(5000 – 24,000)	**4590** ppm	(1,480 – 10,280)
No mask	**3,143** ppm	(2000 – 5,000)	**590** ppm	(50 – 2,250)

Tabelle 1. Zusammenfassung der Ergebnisse: CO2-Messungen mit den verschiedenen Maskentypen beim Einatmen. Vergleich mit der Provinz Bozen.

Legenda: ppm = parts per million (1,000 parts per million es ist das gleiche wie 0.1 %). Normalerweise beträgt die CO2-Konzentration in der Umgebungsluft 0.04% (400 ppm), indoor 0.1% (1,000 ppm)

Guide values for indoor air CO_2 concentrations in school buildings (Ad hoc working group 2008 Umwelt-bundesamt Berlin)

CO_2 (ppm)	**HYGIENIC EVALUATION**	**RECOMMENDATIONS**
< 1000	Hygienically insignificant	No further intervention
1000 - 2000	Hygienically relevant	Intensify ventilation (increase external flow volume or air changes
> 2000	Hygienically unacceptable	Check for ventilation possibilities and if necessary seek additional measures

Tabelle 2. Richtwerte für die CO_2-Konzentration der Raumluft in Schulgebäuden.

CO_2 values	**symptoms**
from 0,5 % (5,000 ppm)	Drowsiness and loss of concentration, sense of exhaustion
from 2 % (20,000 ppm)	Headache, increased breathing and pulse rate
from 4 % (40,000 ppm)	Numbness, nausea, dizziness
from 8 % (80,000 ppm)	Convulsions, coma, death by cardiac arrest after 30-60 min (in adult)
oltre 30% (300,000 ppm)	Rapid loss of consciousness and death within minutes.

Table 3. Symptome in Bezug auf CO_2-Konzentrationen.

EINATMEN

a

Surgical mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**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
frt	13,000	13.1	2007	13	f	165	50
roc	5,000	13.2	1957	63	m	187	99
gem	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

b

Cloth mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**11,500**	13.90					
vag	5,000	6.2	1970	50	f	173	64
cll	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
vew	8,500	16.4	1975	45	f	160	67
maa	14,500	20.4	1960	60	m	177	70
lip	18,000	25.0	2015	5	m	110	17
lep	7,000	25.6	2011	9	f	144	29

c

FFP2	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**11,000**	11.87					
clc (no valve)	15,000	16.6	1973	48	f	165	81
het (with valve)	7,000	7.1	1967	53	f	175	71

d

no mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**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
vew	2,500	15.2	1975	45	f	160	67

Tabelle 4. CO_2-Werte während der Einatmung nach Subjekt und Durchschnitt mit den verschiedenen Arten von Masken: a) chirurgische Maske; b) Stoffmaske; c) FFP2; d) ohne Maske.

a Ein-und Aus-Atmung gemischt

Cloth and surgical mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**23,700**	12.79					
roc	18,000	11.5	1957	63	m	187	99
vag	20,000	7.0	1970	50	f	173	64
job	27,500	9.8	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

b Sprechen

Cloth and surgical mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**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

c Singen

Cloth and surgical mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**30,625**						
roc	32,000		1957	63	m	187	99
beo	25,500		1967	53	m	180	72
job	32,000		1965	55	m	184	78
maa	33,000		1960	60	m	177	70

Tabelle 5. CO_2-Werte bei „gemischtem Ein- und Ausatmen“, a) bei normaler (ruhiger) Atmung, b) beim Sprechen und c) beim Singen. Wir wollten sehen, welche Konzentrationen sich ergeben würden, wenn nicht zwischen Einatmen und Ausatmen unterschieden würde. Diese Ergebnisse wurden bei der Bewertung nicht berücksichtigt.

AUSATMEN

a

Surgical mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**39,300**	14.53					
gem	30,000	15.8	1932	88	f	165	54
roc	31,000	11.5	1957	63	m	187	99
mac	35,000	10.4	1942	78	m	180	92
map	40,000	11.1	1954	65	f	160	56
paa	40,000	12.0	1940	80	f	165	55
frt	40,000	12.7	2007	13	f	165	50
lap	40,000	28.0	2013	7	m	123	21
bet	41,000	10.4	1970	50	m	175	66
nac	43,000	20.6	1985	35	f	170	65
nap	53,000	12.7	2007	13	f	174	51

b

Cloth mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**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
lip	43,000	22.5	2015	5	m	110	17
vag	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
cll	49,000	5.4	1964	56	f	160	63
phk	60,000	11.8	2003	17	m	181	66

c

FFP2	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**44,250**	12.79					
clc (with valve)	40,000	18.7	1973	48	f	165	81
het (no valve)	48,500	6.9	1967	53	f	175	71

d

no mask	CO_2 (ppm)	Breath rate (breaths/min)	Year of birth	Age (year)	(m/f)	Heigth (cm)	Weigth (kg)
average	**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

Tabelle 6. CO_2-Werte während des Ausatmens nach Subjekt und Durchschnitt mit den verschiedenen Arten von Masken: a) chirurgische Maske; b) Stoffmaske; c) FFP2; d) ohne Maske.

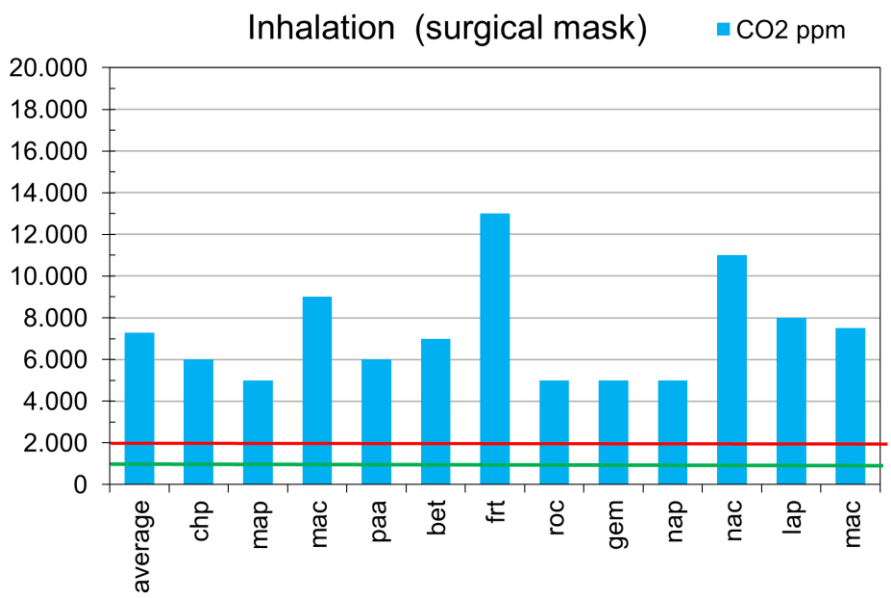

Abbildung 1a. CO_2-Werte beim Einatmen mit OP-Maske

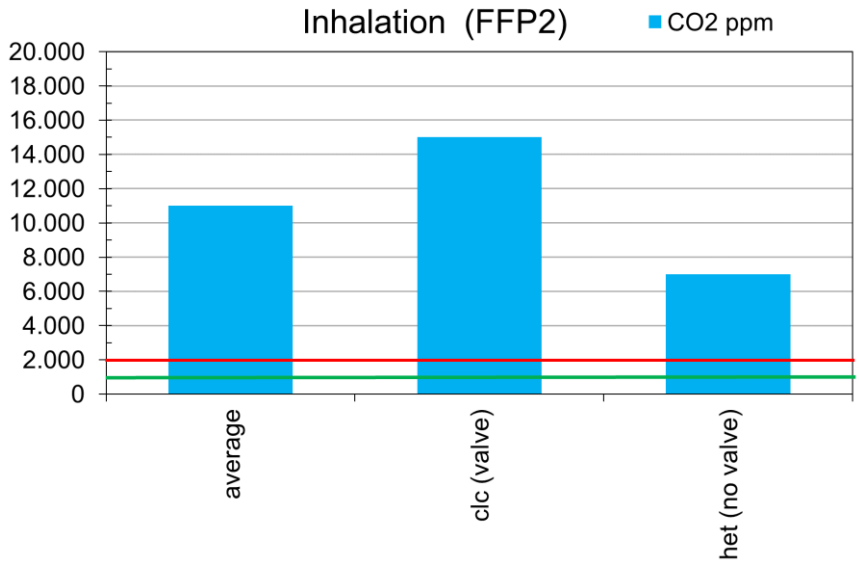

Abbildung 1b. CO_2-Werte beim Einatmen mit FFP2-Maske

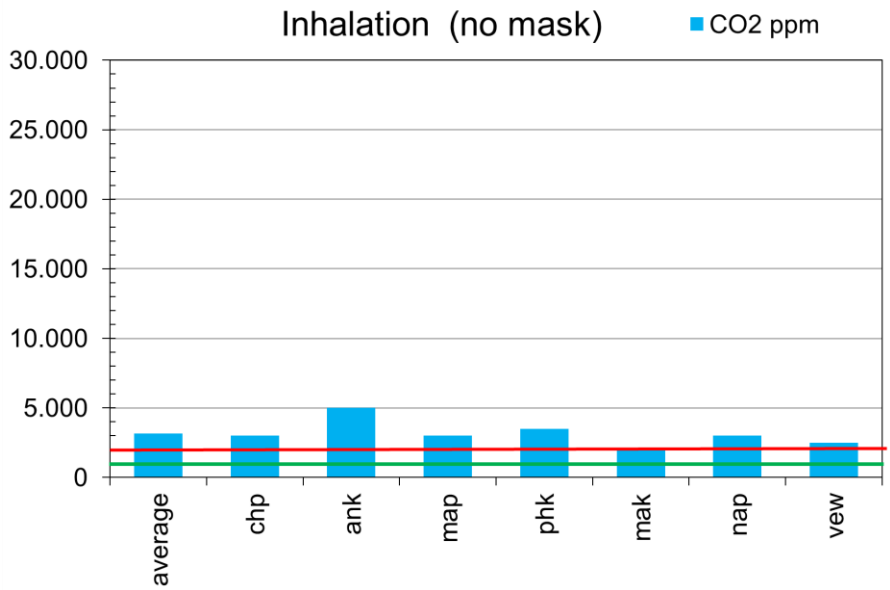

Abbildung 1c. CO_2-Werte beim Einatmen ohne Maske

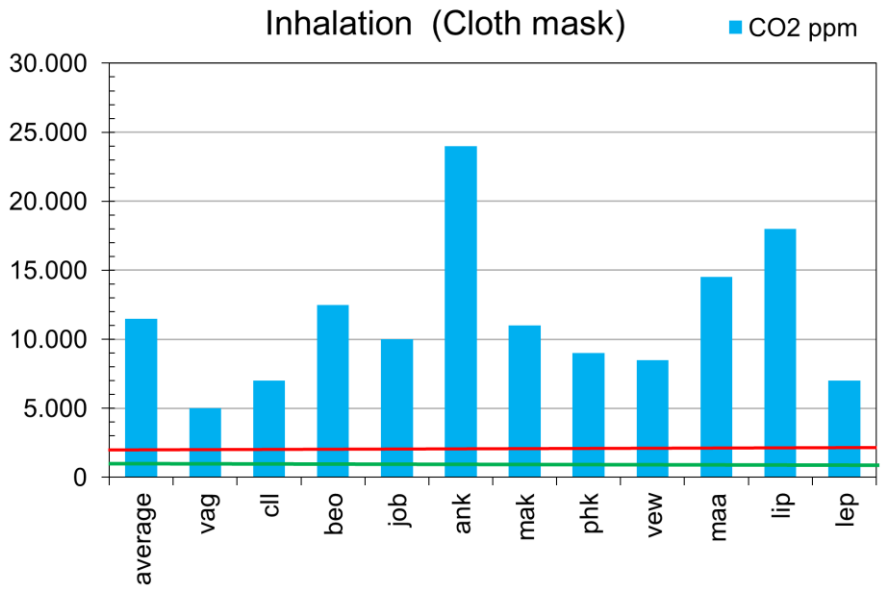

Abbildung 1d. CO_2-Werte beim Einatmen mit Stoffmasken

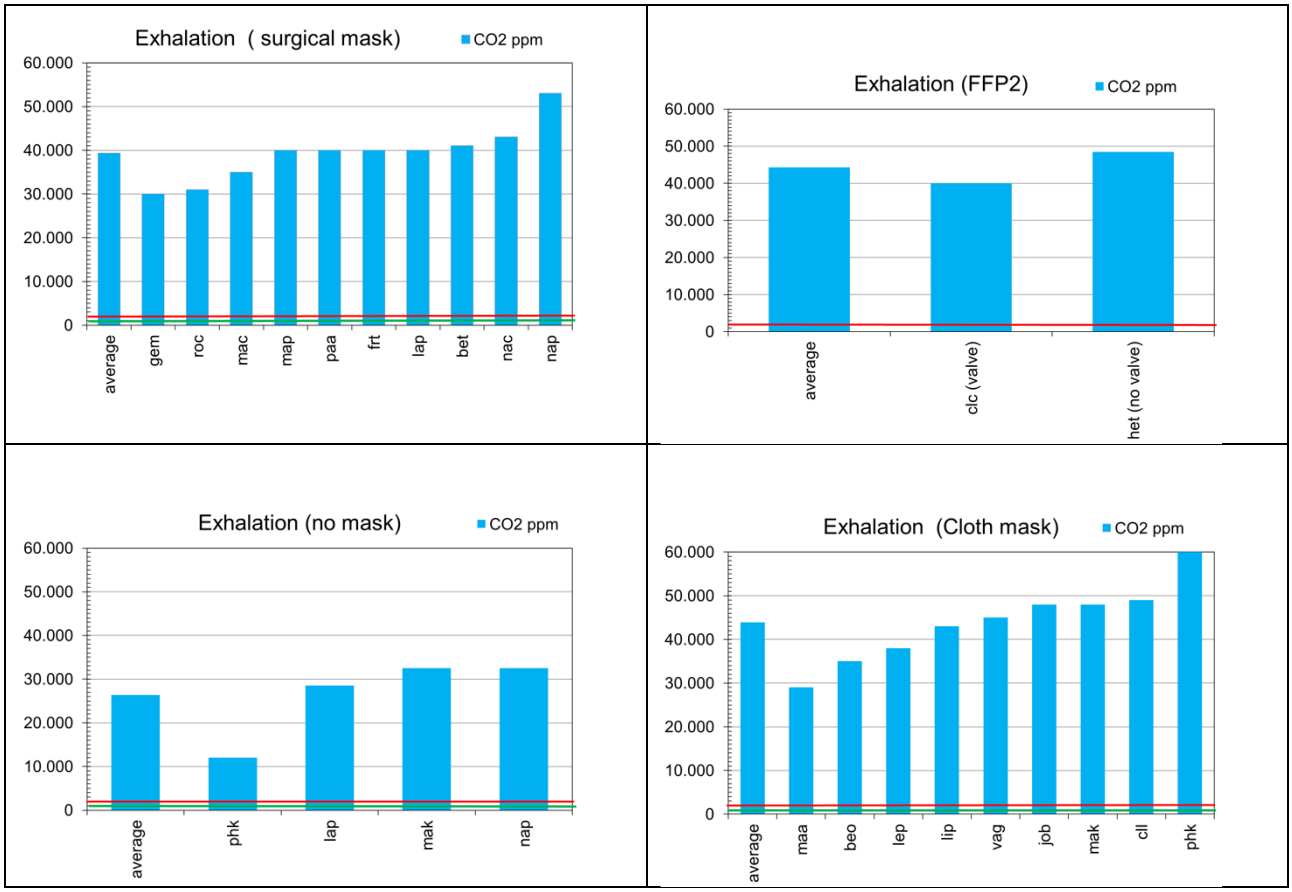

Abbildung 2. Zusammenfassende Diagramme, die die CO_2-Werte während des Ausatmens mit den verschiedenen Maskentypen zeigen