

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Zusammenfassung: In der Doktorarbeit von Ulrike Butz, „Rückatmung von Kohlendioxid bei Verwendung von Operationsmasken als hygienischer Mundschutz an medizinischem Fachpersonal“ (Universität München, 2004), wird die Rückatmung nachgewiesen, die zu einem Anwachsen der CO₂ Konzentration im Blut führt, wobei bereits diese Erhöhung der CO₂-Konzentration je nach Intensität und Dauer diverse negative Folgen haben kann.

Im Zusammenhang mit der politisch behaupteten „epidemischen Lage von nationaler Tragweite“ wird in den Corona-Verordnungen der Länder eine Maskenpflicht in verschiedenen Zusammenhängen diktiert. Das Tragen von Masken soll primär die Wahrscheinlichkeit reduzieren, dass Ausscheider des SARS-CoV-2-Coronavirus andere Personen infizieren.

In dieser Arbeit wird qualitativ und quantitativ in Analogie zur nachgewiesenen CO₂-Rückatmung auf Grundlage von Minimalwerten(!) gezeigt, dass das Tragen von Masken die Erregerlast in den Atemwegen des Maskenträgers nicht vernachlässigbar(!) erhöht und damit das Risiko für schwerere Verläufe einer Infektion und Erkrankung beim Träger der Maske steigert. Das bedeutet eine Eigengefährdung der Gesundheit durch das Tragen einer Maske, bzw. einer so genannten Mund-Nase-Bedeckung. Diese Feststellung ist für die Frage der Zulässigkeit der Maskenpflicht von essentieller Bedeutung, insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Rückatmung eigener Erreger die Erregerlast in den tieferen Atemwegen erhöht, und damit gerade der Ausbildung der schweren Lungenentzündung im - aktuellen Kontext Covid-19 - Vorschub leistet.

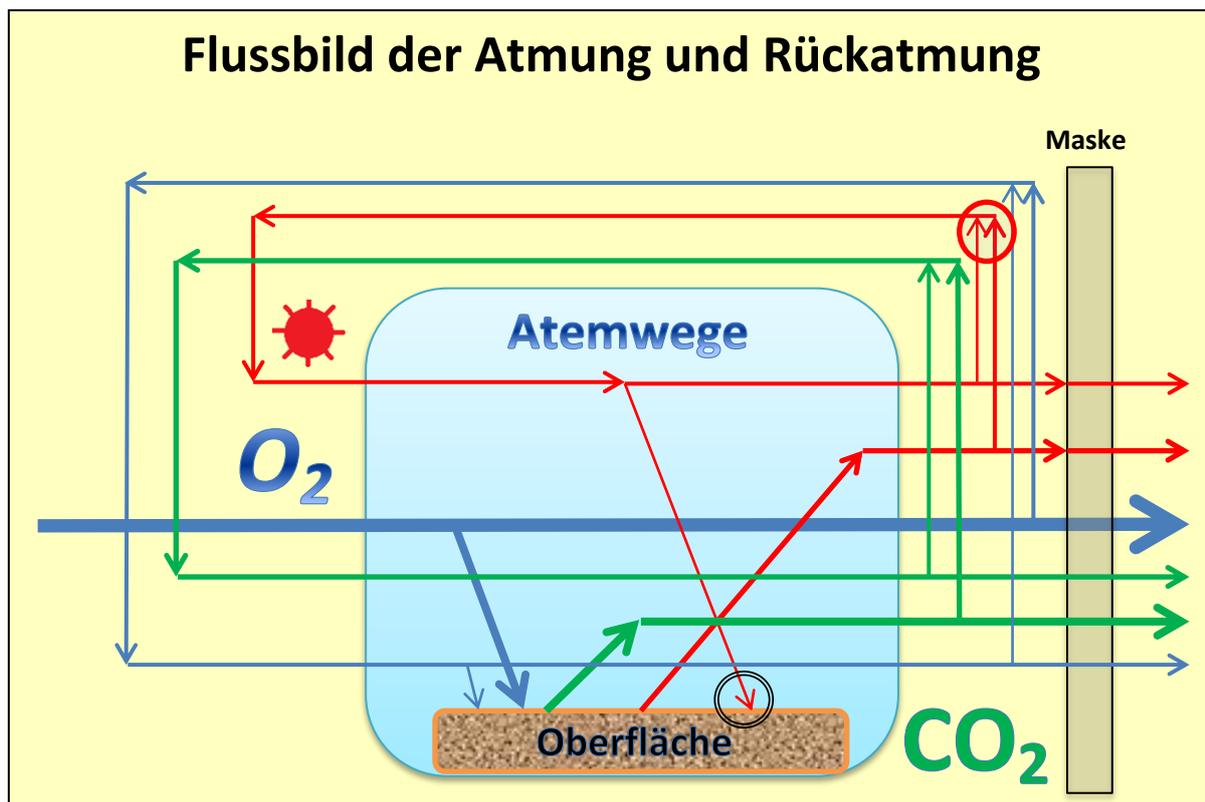


Abbildung 1: Die Abbildung zeigt das Schema der Rückatmung durch Masken / Mund-Nase-Bedeckung für die Atmung (Blau-Grüner-Pfeilkreis) und für den Erregertransport (Roter-Pfeilkreis). Der Kreis um die rote Pfeilspitze an der Oberfläche zeigt die durch Rückatmung induzierte Keimverstärkung. Der rote Kreis um die zwei Pfeilspitzen kennzeichnet die Verstärkung mit jedem Atemzug. In die Atemwege einlaufende Pfeile repräsentieren die Einatmung, auslaufende Pfeile die Ausatmung.

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Prozess der Rückatmung und Erhöhung der Erregerlast – qualitative Betrachtung

Die CO₂ – Rückatmung ist durch die o.g. Promotionsarbeit von Frau Butz nachgewiesen. Da in den Atemwegen emittierte Eigenkeime über die Luft beim Ausatmen in die Umgebung transportiert werden - darum soll die Maske Sinn machen und es gilt ein Abstandgebot -, kann das Schema der CO₂-Rückatmung auch auf den Transportmechanismus der Eigenkeime beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung angewendet werden.

Als Emissionsfläche der Erreger sind die Oberflächen der Lunge und der Schleimhäute in den Atemwegen bei einer infizierten Person anzusehen. Nach der Emission befinden sich die Erreger in der Atemluft und passieren beim Ausatmen zu einem erheblichen Teil (ca. 80%) die Maske, Zitat:

„Das Tragen von Mundschutz, im Chargon oft OP-Maske genannt, ... , ist kein sicherer Schutz, denn 80% der Atemluft gehen im Bypass am Filter vorbei. ...“ (Zitiert aus: Herbert Hof und Rüdiger Dorries, Lehrbuch „Medizinische Mikrobiologie“, Duale Reihe, Thieme Verlag, 4. Auflage 2009, Seite 677.)

Ein weiterer Teil der Erreger verbleibt in der Maske und verunreinigt diese, ein anderer Teil wird zurückgeatmet. Die zurück geatmeten Erreger gelangen wieder in die Atemwege und in die Lunge. Ein Teil davon wird von der Oberfläche der Atemwege einschließlich Lunge aufgenommen und erhöht dort die Erregerlast. Der nichtaufgenommene Teil verhält sich beim Ausatmen so, wie die anfangs emittierten Erreger und der Kreislauf beginnt erneut und es wird ein Teil der rückgeatmeten Erreger erneut zurückgeatmet, neu emittierte Keime kommen hinzu, so dass sich erkennbar mit jedem Atemzug die Erregerlast weiter erhöht. Entsprechend ist das Immunsystem herausgefordert, dem entgegenwirkend, die Erregerlast zu mindern und es ist selbstredend, dass jede Erhöhung der Erregerlast das Immunsystem zusätzlich belastet, ihm seine Aufgabe erschwert und

dadurch das Risiko für eine Verschärfung der Infektion oder der Erkrankung erhöht.

Da sich im Mund-Nasen-Raum und in den Atemwegen auch viele andere Erreger (Viren, Bakterien, Pilze) befinden, die sich in einem feuchten Milieu einer Maske auch noch vermehren, die sich ggf. von der Maske lösen, dann ebenfalls ein- und zurückgeatmet werden, erhöht sich zusätzlich das Risiko von Multiinfektionen, die zu Erkrankungen führen können, die wesentlich schwerer verlaufen. Als Folge der von Frau Butz nachgewiesenen CO₂ – Rückatmung und der dadurch induzierten Erhöhung der CO₂ – Konzentration im Blut (Hyperkapnie) können verschiedene Hirnfunktionsstörungen und Symptome wie

- Schwitzen,
- Pupillenerweiterung,
- Blutdruckerhöhung,
- beschleunigte Atmung,
- Konzentrationsstörung,
- Kopfschmerzen,
- Schwindelgefühl,
- Übelkeit,
- Verwirrtheit,
- tonisch-klonische Krämpfe,
- Bewusstlosigkeit,
- Koma

auftreten, bei denen dringend ein Arzt aufzusuchen ist. Eine derartige atmungsbedingte Hyperkapnie kann auch eine Azidose auslösen, die ihrerseits organschädigend wirken kann (zitiert aus: <https://www.netdokter.de/symptome/hyperkapnie/>). Das Auftreten, die Schwere und die Art der Symptome ist von der individuellen Konstitution, der Tätigkeit und Belastung, der Tragedauer der Maske, den Maskenparametern und von spezifischen Umgebungsfaktoren, wie Temperatur, Luftfeuchte und Qualität der Umgebungsluft abhängig.

Auf Befragen von Schulkindern und deren Eltern in meiner Praxis nannten diese die folgenden Symptome im Zusammenhang mit dem Tragen von Masken in der Schule, die sie bei sich oder bei Mitschülern beobachtet hatten:

- Kopfschmerzen,

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

- Müdigkeit,
- Schwindel,
- Ohnmacht,
- Pickelchen auf der Haut um den Nase-Mund-Bereich herum,
- länger anhaltende Erkältungen,
- eine Asthmatikerin, die eine Mund-Nase-Bedeckung gegen ihren Willen tragen musste - so berichtet ein Kind – musste sich in die Maske erbrechen. Aufgrund der Maskenpflicht durfte sie ohne Maske nicht länger am Unterricht teilnehmen und wurde nach Hause geschickt.

Die beobachteten Symptome stützen die Ergebnisse von Frau Butz und meine theoretischen Untersuchungsergebnisse. Auch wenn es sich hierbei nicht um Ergebnisse einer klinischen Studie handelt, sondern nur um die Ergebnisse aus Unterhaltungen mit den Schulkindern und deren Eltern in meiner Praxis. Dazu zählt auch meine eigene Beobachtung einer deutlichen Reduktion der Aufmerksamkeitsspanne im Vergleich zu der Zeit vor der Maskenpflicht bei den Kindern. Ein weiterer Faktor ist die psychische Wirkung u.a. klagen die Kinder über die ständige Reglementierung und das Ausschimpfen durch Lehrer und Erzieher, „wenn man nur einmal kurz die Maske abnimmt, um besser Luft zu bekommen.“ Teilweise kommt es zu skurrilen Situationen. Unter der Maske leidende Lehrer, die sich selbst einmal schnell Luft verschafften, erschreckten, wenn sie Kindern begegneten, die keine Maske trugen, worauf sie diese regelrecht anschrien: „Maske auf!“, während ihre eigne Maske unter dem Kinn hing, was sie in dem Augenblick vergessen hatten.

Modellierung der Rückatmung der Eigenerreger – quantitative Untersuchung

Im Folgenden wird der Prozess der Rückatmung der Eigenerreger quantitativ modelliert, um die Aussagen zu präzisieren. Dazu gehen wir davon aus, dass pro Atemzug die Anzahl von N_Q Erregern von der Oberfläche innerhalb der Atemwege emittiert wird. Das Q steht für *Quelle*. Aufgrund einer

Selbstinfektionsverzögerung¹, die zu einer zusätzlichen Emission führen würde, wird

$$N_Q = \text{const.} \quad (1)$$

angenommen. Diese Anzahl Erreger wird als Strom transportiert. Der Strom teilt sich in 3 Teilströme innerhalb eines Atemzuges, so dass die Anzahl der emittierten Erreger entsprechend den Strömen zerlegt werden kann:

$$N_Q = N_R^1 + N_M^1 + N_{out}^1 \quad (2).$$

Hier sind N_R^1 der Anteil, der im ersten Atemzug zurückgeatmet wird, N_M^1 der Anteil, der in der Maske verbleibt und N_{out}^1 ist der Anteil, der an die Außenluft vollständig abgegeben und nicht mehr rückgeatmet wird. Der Index „1“ verweist auf den ersten Atemzug.

Die Verteilung der einzelnen Anteile wird durch die Parameter α_R , α_M und α_{out} geregelt. Für diese Parameter müssen wegen der Anzahlerhaltung, der bei einem Atemzug emittierten Erreger, die Beziehungen

$$1 = \alpha_R + \alpha_M + \alpha_{out} \quad (3)$$

und

$$N_R^1 = \alpha_R \cdot N_Q \quad (4)$$

$$N_M^1 = \alpha_M \cdot N_Q \quad (5)$$

$$N_{out}^1 = \alpha_{out} \cdot N_Q \quad (6)$$

gelten.

Diese Festlegung bedeutet, dass die Eigenschaften der Maske in Bezug auf den Rückatmungsprozess als konstant angesehen werden. In der Realität ist das nur für einen kleinen Zeitraum der Fall. Insbesondere das Anfeuchten der Maske beim Atmen verändert allmählich die Eigenschaften. Davon wird hier abgesehen.

Wir gehen weiter davon aus, dass die Erreger so klein sind, dass ihre Anwesenheit kein Atemvolumen okkupiert. Unter dieser wesentlich zutreffenden Annahme reduziert sich die numerische Behandlung der

¹ Die Verzögerung beruht darauf, dass Zeit nötig ist, bis sich ein Erreger vermehrt, das geschieht nicht unmittelbar zum Zeitpunkt der Kontamination.

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Rückwirkung auf die alleinige Betrachtung des Kreisprozesses von Emission, Rückatmung, Absorption in der Maske und Output.

Unter diesen Voraussetzungen wollen wir untersuchen, wie sich die durch Rückatmung induzierte Erregerlast S_L^m im Laufe der Zeit erhöht, wobei als Zeitschritt die Atemzüge gezählt werden. Dabei ist m die Anzahl der Atemzüge. „ L “ steht dabei für „Last“.

Um diese Erregerlast zu bestimmen, ist es erforderlich, einen zweiten Teilprozess zu betrachten: Die Anzahl der in einem Atemzug² zurückgeatmeten Erreger teilt sich bei jedem Atemzug erneut in zwei Teilströme auf, nämlich in den Anteil, der an der Oberfläche haften bleibt und in den Anteil der weiter strömt und sich in der Folge analog Beziehung (2) aufteilt.

Wir bemerken, dass wir hier naturgemäß einen rekursiven Prozess beschreiben, wobei die Erregerlast mathematisch eine Partialsumme repräsentiert.

Die im i -ten Atemzug zurück geatmete Erregeranzahl N_R^i zergliedert sich folglich in die Teilströme

$$N_R^i = N_A^i + N_q^i \quad (7),$$

wobei N_A^i von der Oberfläche der Atemwege absorbiert wird und deren Erregerlast erhöht und N_q^i der Anteil ist, der nicht wechselwirkte

und sich dadurch mathematisch wie eine zusätzliche Quelle im Kreislauf verhält, aber ohne dass die Anzahlerhaltung verletzt wird. Die Qualität als Quelle, die aber keine echte Quelle ist, sondern nur ein Bestandteil eines zirkulierenden Stroms, wird darum mit dem Kleinbuchstaben q indiziert. Damit die

Anzahlerhaltung garantiert ist, müssen die Beziehungen

$$1 = \beta_A + \beta_q \quad (8),$$

sowie

$$N_A^i = \beta_A \cdot N_R^i \quad (9)$$

und

$$N_q^i = \beta_q \cdot N_R^i \quad (10)$$

gelten.

² Unter Atemzug wird hier der Gesamtprozess von Einatmung und Ausatmung verstanden.

Die gesuchte Partialsumme ist dann nichts anderes als die Addition

$$S_L^m = \sum_{i=1}^m N_A^i \quad (11).$$

Diese Partialsumme ist die Erregerlast $E(m)$ als Funktion der durch m parametrisierten Zeit

$$E(m) = S_L^m \quad (12).$$

Um die Summe (11) zu bilden, müssen die Summanden N_A^i durch Rekursion berechnet werden. Wir beginnen die Rekursion mit dem Startwert $i = 1$.

Erster Schritt der Iteration: Der erste Atemzug löst damit die Emission N_Q aus. Von diesen

Erregern werden

$$N_R^1 = \alpha_R \cdot N_Q \quad (13)$$

Erreger zurückgeatmet und von diesen zurückgeatmeten Erregern kontaminieren

$$N_A^1 = \beta_A \cdot N_R^1 = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \quad (14)$$

Erreger die Oberfläche³.

Zweiter Schritt der Iteration: Im zweiten Schritt wirkt der in Schritt 1 zurückgeatmete Anteil N_q^1 wie eine zusätzliche Erregerquelle, die zur konstanten Quelle N_Q hinzutritt. Aus diesem Grunde erhöht sich die rückgeatmete Erregeranzahl entsprechend

$$N_R^2 = \alpha_R \cdot (N_Q + N_q^1) \quad (15).$$

Unter Verwendung von (10) wird aus (15)

$$N_R^2 = \alpha_R \cdot (N_Q + \beta_q \cdot N_R^1) \quad (16)$$

und das liefert mit (4)

$$N_R^2 = \alpha_R \cdot (N_Q + \beta_q \cdot \alpha_R \cdot N_Q) \quad (17),$$

bzw.

$$N_R^2 = \alpha_R \cdot N_Q \cdot (1 + \beta_q \cdot \alpha_R) \quad (18).$$

Daraus ergibt sich mittels der Beziehung (9)

$$N_A^2 = \beta_A \cdot \alpha_R \cdot N_Q \cdot (1 + \beta_q \cdot \alpha_R) \quad (19).$$

³ Dass an der Oberfläche Erreger auch zerstört werden, ist mathematisch unerheblich, denn dieser Anteil kann mathematisch auch der Absorption in der Maske oder dem Output zugeordnet werden. Die von der Oberfläche aufgenommenen Erreger sollen daher als aktive Erreger angesehen werden.

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Als zusätzliche Quelle fungiert nun

$$N_q^2 = \beta_q \alpha_R \cdot N_Q \cdot (1 + \beta_q \cdot \alpha_R) \quad (20).$$

Betrachten wir die Zunahme der Erregerlast in Schritt (1) und in Schritt (2), dann erkennen wir im Schritt (1), dass

$$E(1) = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \quad (21)$$

linear von der Quelle N_Q abhängt, von α_R und

β_A zwar reduziert, aber zugleich auch ermöglicht wird. Im zweiten Atemzug ist die zusätzliche Erregerlast

$$E(2) = \alpha_A \cdot \beta_R \cdot N_Q + \alpha_A \cdot \beta_R \cdot N_Q \cdot (1 + \alpha_R \cdot \beta_q) \quad (22),$$

bzw.

$$E(2) = \alpha_A \cdot \beta_R \cdot N_Q \cdot (2 + \alpha_R \cdot \beta_q) \quad (23).$$

Die Beziehung (23) ist der mathematische Beweis für eine sukzessive nichtlineare Zunahme der Erregerlast, wenn α_A , β_R und N_Q gemeinsam größer null sind. Die Nichtlinearität findet ihren Ausdruck darin, dass in der Klammer ein zusätzlicher Term hinzugekommen ist. Dieser zweite Term entspricht dem zweiten roten Pfeil in Abbildung 1, d.h. ein Anteil dieses Rückstroms führt zu Erhöhung der Erregerlast.

Dritter Iterationsschritt: Verfahren wir genau so, wie beim zweiten Schritt, dann finden wir für die Anzahl der zurückgeatmeten Erreger

$$N_R^3 = \alpha_R \cdot N_Q \cdot (1 + \alpha_R \cdot \beta_q + (\alpha_R \cdot \beta_q)^2) \quad (24).$$

Für die Erregerlast nach dem 3. Atemzug ergibt sich

$$N_A^3 = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot (1 + \alpha_R \cdot \beta_q + (\alpha_R \cdot \beta_q)^2) \quad (25).$$

Der zusätzliche für den nächsten Atemzug verfügbare Quellterm ist

$$N_q^3 = \alpha_R \cdot \beta_q \cdot N_Q \cdot (1 + \alpha_R \cdot \beta_q + (\alpha_R \cdot \beta_q)^2) \quad (26).$$

Für die Partialsumme, d.h. für die Gesamterregerlast nach dem 3. Atemzug ergibt sich gemäß (11) und (12)

$$E(3) = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot (3 + 2 \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^1 + 1 \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^2) \quad (27).$$

An diesen 3 Iterationsschritten können wir ausgezeichnet erkennen, wie sich die formalen mathematischen Formen mit jedem weiteren Iterationsschritt in gesetzmäßiger Weise entwickeln. Das ermöglicht es uns, die allgemeinen Formen für m Atemzüge anzugeben.

Allgemeine Formen: Man kann leicht ausprobieren, dass die im Folgenden angegebenen Formeln die erforderlichen Strukturen reproduzieren, wenn man dieses nicht sowieso auf den ersten Blick erkennt. Es folgt für die Anzahl der beim m -ten Atemzug zurückgeatmeten Erreger

$$N_R^m = \alpha_R \cdot N_Q \cdot \sum_{i=1}^m (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-i} \quad (28).$$

Für die im m -ten Atemzug hinzukommende Erregerlast folgt:

$$N_A^m = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot \sum_{i=1}^m (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-i} \quad (29).$$

Für den neuen zusätzlichen Quell-Term folgt

$$N_q^m = \alpha_R \cdot \beta_q \cdot N_Q \cdot \sum_{i=1}^m (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-i} \quad (30).$$

Schließlich ergibt sich für die Gesamtlast an Erregern auf der Oberfläche der Atemwegsorgane nach m Atemzügen die Beziehung

$$E(m) = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot \sum_{i=1}^m i \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-i} \quad (31).$$

Dabei haben die Terme in der Summe der Beziehung (31)

$$1 \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-1} + 2 \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-2} + \dots + (m-1) \cdot (\alpha_R \cdot \beta_q)^1 + m$$

eine sehr anschauliche Bedeutung. Der erste Term gewichtet die beim m -ten Atemzug zusätzlich hinzukommende Erregerlast, welche noch vom allerersten Atemzug stammt und bisher in den Luftwegen zirkulierte und sich erst beim m -ten Atemzug auf der Oberfläche der Atemwege festsetzte. Der zweite Term beschreibt denselben Sachverhalt aber in Bezug auf die Anteile aus dem ersten und zweiten Atemzug und so weiter. Der letzte

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Term m summiert die Anteile aller Atemzüge, die nicht weiter zirkulierten, sondern sich sofort auf der Oberfläche festsetzten. Die Gewichtung bewirkt den wichtigen Sachverhalt, dass Erreger auch mathematisch nicht einfach aus dem Nichts entstehen können.

Verbesserte Form: Die Summen (28) bis (31) ermöglichen eine anschauliche Interpretation der einzelnen Terme. Doch für die mathematische Auswertung sind sie unhandlich. Betrachtet man die in (28), (29) und (30) auftretende Summe

$$s_m = \sum_{i=1}^m (\alpha_R \cdot \beta_q)^{m-1} \quad (32)$$

genauer, dann erkennt man, dass es sich um eine geometrische Folge handelt, für welche die Beziehung

$$s_m = \frac{1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^m}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (33)$$

gilt. Dem entsprechend folgt für (28)

$$N_R^m = \alpha_R \cdot N_Q \cdot \frac{1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^m}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (34),$$

für (29) folgt

$$N_A^m = \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot \frac{1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^m}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (35)$$

und für (30) folgt schließlich

$$N_q^m = \alpha_R \cdot \beta_q \cdot N_Q \cdot \frac{1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^m}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (36).$$

Wir berechnen jetzt $E(m)$ in der verbesserten Form. Dazu setzen wir (35) in (11) ein, wobei wir in (35) m durch i ersetzt haben. Das führt zunächst auf

$$E(m) = \sum_{i=1}^m \alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q \cdot \frac{1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^i}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (37).$$

Ziehen wir sämtliche konstante Faktoren vor das Summenzeichen, dann finden wir

$$E(m) = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \cdot \sum_{i=1}^m (1 - (\alpha_R \cdot \beta_q)^i) \quad (38),$$

was uns auf

$$E(m) = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A \cdot N_Q}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \cdot \left[m - \sum_{i=1}^m (\alpha_R \cdot \beta_q)^i \right] \quad (39)$$

führt, und wir in (39) wieder eine geometrische Folge erkennen können. Um den Schreibaufwand zu reduzieren, setzen wir

$$\eta = \alpha_R \cdot \beta_q \quad (40),$$

sowie

$$\mu = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A}{1 - \eta} \quad (41),$$

dann erhalten wir für (39) den Ausdruck

$$E(m) = \mu \cdot N_Q \cdot \left[m - \sum_{i=1}^m \eta^i \right] \quad (42).$$

Für die geometrische Folge ergibt sich:

$$\sum_{i=1}^m \eta^i = \frac{\eta \cdot (1 - \eta^m)}{1 - \eta} \quad (43)$$

und damit wird (42) zu

$$E(m) = \mu \cdot N_Q \cdot \left[m - \frac{\eta \cdot (1 - \eta^m)}{1 - \eta} \right] \quad (44).$$

Da $0 < \eta < 1$ gelten muss, folgt für hinreichend große m als Näherung für $E(m)$

$$E^*(m) = \mu \cdot N_Q \cdot \left[m - \frac{\eta}{1 - \eta} \right] \quad (45).$$

Für die erste Ableitung von (44) und (45) nach der Anzahl der Atemzüge m finden wir

$$\frac{dE(m)}{dm} = \mu \cdot N_Q \cdot \left[1 + \eta^{m+1} \cdot \frac{\ln(\eta)}{1 - \eta} \right] \quad (46),$$

bzw.

$$\frac{dE^*(m)}{dm} = \mu \cdot N_Q \quad (47).$$

Die Beziehung (44) für eine beliebige Anzahl von Atemzügen und die Beziehung (45) für eine hinreichend große Anzahl von Atemzügen gestatten uns für die Wirkung der Rückatmung von Eigenkeimen durch eine Mund-Nasebedeckung (Maske) gleich welcher Art die folgenden Aussagen:

- Unter allen Umständen, d.h. für beliebige Maskenparameter, wächst die Belastung der Atemwegsorgane durch rückgeatmete Erreger mit

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

zunehmender Dauer des Tragens der Maske kontinuierlich an.

- Die Zunahme ist wesentlich proportional der Anzahl der Atemzüge mit dem Proportionalitätsfaktor

$$\frac{\alpha_R \cdot \beta_A}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \cdot N_Q,$$

- d.h. die Zunahme der Erregerlast erfährt keine Sättigung, sie ist unbeschränkt!

Erregerlast und Parameterraum

Die Zunahme der Erregerlast auf der Oberfläche der Atemwegsorgane durch Rückatmung in Abhängigkeit von der Anzahl der Atemzüge wird allgemein durch die Gleichung (44) erfasst. Die Abhängigkeit von der Anzahl der Atemzüge m wird durch die Funktion

$$f(\eta, m) = m - \frac{\eta \cdot (1 - \eta^m)}{1 - \eta} \quad (48)$$

beschrieben, d.h. (44) könnte auch in der Form

$$E(m) = \mu \cdot N_Q \cdot f(\eta, m) \quad (49)$$

aufgeschrieben werden. Die Größe η ist durch (40) definiert und da die in (40) auftretenden Größen größer null und höchstens 1 sein können, muss $0 \leq \eta \leq 1$ gelten. Wir erfassen daher in diesem Raum alle Möglichkeiten und sehen die Wirkung von Atemzügen und die Rolle des Parameters η in Abbildung 2 dargestellt.

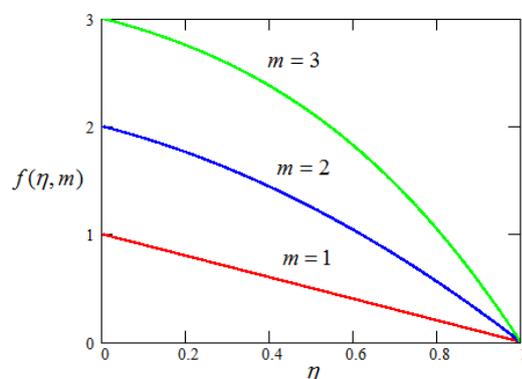


Abbildung 2: Für einen, für zwei und für drei Atemzüge ist die Funktion (48) dargestellt. Sie zeigt für alle Parameter mit $\eta < 1$ eine Erhöhung der Erregerlast von Atemzug zu

Atemzug. Der Fall $\eta = 1$ ist ein unmöglicher Fall, ebenso $\eta = 0$ - siehe Text.

Im Fall $\eta = 1$ müsste $\alpha_R = 1$ und $\beta_q = 1$ gelten. Dieser Fall würde bezüglich $\beta_q = 1$ bedeuten, dass sich an der Oberfläche der Atemwege keine Erreger ablagern könnten, d.h. die Maske wäre dann überflüssig, und bezüglich $\alpha_R = 1$ würden 100% der Atemluft zurückgeatmet, was den Erstickungstod zur Folge hätte, d.h. $\eta = 1$ ist ein unmöglicher Fall.

Der Fall $\eta = 0$ ist ebenfalls unmöglich, denn dieser würde implizieren, dass entweder $\alpha_R = 0$ sein müsste, d.h. eine Rückatmung würde nicht existieren, was den Ergebnissen von Butz widerspricht, oder es müsste $\beta_q = 0$ sein, was bedeuten würde, dass die komplette rückgeatmete Erregerlast von der Oberfläche der Atemorgane aufgenommen würde, was ebenfalls unrealistisch ist, da ein Teil im natürlichen Totraumvolumen verbleibt. Wir wollen jetzt den Gesamtprozess der Erregerlasterhöhung über einen großen Zeitraum betrachten. Dafür wählen wir als Anzahl der Atemzüge $m = 1, m = 10, m = 100$. Ein Atemzug dauert ca. 3 Sekunden. 100 Atemzüge entsprechen dann 5 Minuten. Der Faktor $f(\eta, m)$ für die zugehörige Erregerlast ist für diese Fälle in Abbildung 3 dargestellt.

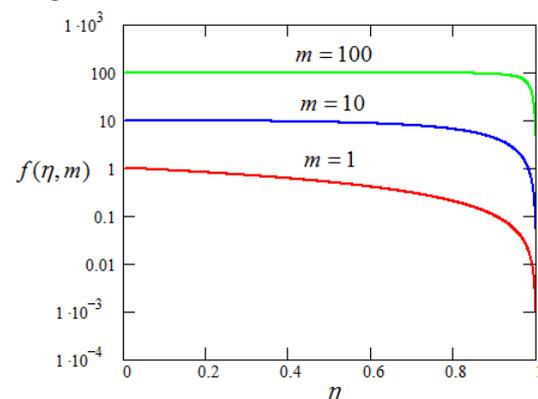


Abbildung 3: Bereits beim 5-minütigen Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung sind die konkreten Werte der Parameter α_R und β_q , welche gemäß (40) den Parameter

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

$\eta = \alpha_R \cdot \beta_q$ konstituieren, nahezu gleichgültig, der Faktor $f(\eta, m)$ ist über den gesamten Parameterraum nahezu konstant und wächst mit jedem Atemzug weiter.

Der in der Abbildung 3 offensichtliche Sachverhalt spiegelt sich auch in der Beziehung (45) wider. Löst man in (45) die Klammer auf, dann entstehen zwei Terme.

$$E^*(m) = \mu \cdot N_Q \cdot m - \mu \cdot N_Q \cdot \frac{\eta}{1-\eta} \quad (50).$$

Diese Beziehung gilt für hinreichend große Werte m , d.h. für viele Atemzüge, und sie ist für $\eta = 1$ irrelevant, da dieser Wert den Erstickungstod implizieren würde. Der Realität entsprechend muss $0 < \eta \ll 1$ gelten. Aus diesem Grunde kann für hinreichend große Werte von m der zweite Term vernachlässigt werden und die Erregerlast kann dann mit gutem Gewissen durch

$$E^{**}(m) = \mu \cdot N_Q \cdot m \quad (51)$$

beschrieben werden, was der Tendenz der Abbildung 3 entspricht.

Der politisch propagierte Sinn einer Mund-Nase-Bedeckung setzt voraus, dass N_Q hinreichend groß ist, um andere Personen ausreichend zu infizieren und dadurch zu gefährden. Auch wenn wir diesen Wert praktisch nicht kennen, so können wir doch unter dieser Annahme die Rückwirkung auf den eigenen Organismus genauer betrachten, indem wir uns jetzt mit dem Parameter μ genauer auseinandersetzen und dabei (51) zugrunde legen.

Schreiben wir die Beziehung (41), welche den Parameter μ definiert, ausführlich

$$\mu = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A}{1 - \alpha_R \cdot \beta_q} \quad (52)$$

und bedenken, dass aus (8) unmittelbar $\beta_q = 1 - \beta_A$ (53)

folgt, dann ergibt sich durch Einsetzen von (53) in (52) die Beziehung

$$\mu = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A}{1 - \alpha_R + \alpha_R \cdot \beta_A} \quad (54).$$

Damit können wir den Faktor als Funktion der Rückatmungsrate α_R und der Keimablagerungsrate auf den Atemwegen β_A darstellen. Diese Darstellung ist in Abbildung 4 zu sehen. Diese Abbildung erfasst den gesamten möglichen Parameterraum einschließlich der unmöglichen Extremfälle in den unteren Ecken.

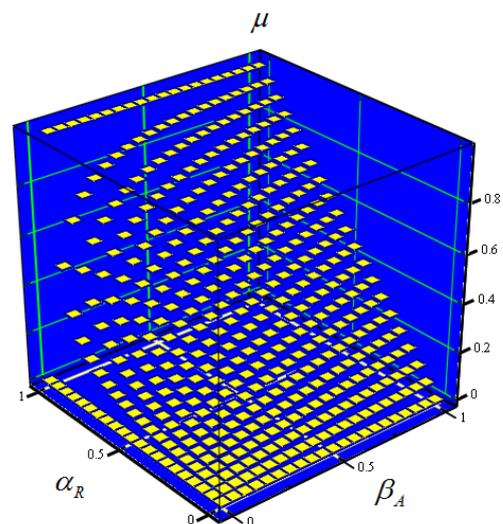


Abbildung 4: Der Koordinatenursprung im Vordergrund entspricht dem freien Atmen, d.h. es gibt keine Rückatmung und zugleich keine Erregerablagerung auf der Oberfläche der Atemwegsorgane. In der linken unteren seitlichen Ecke herrscht 100% Rückatmung, d.h. Erstickung, aber eine Anreicherung mit Erregern kann nicht stattfinden, da $\beta_A = 0$ ist. Der rechten unteren Ecke entspricht der Fall, in welchem zwar eine Anreicherung der in der Rückatmung befindlichen Erreger zu 100% stattfinden könnte, was aber nicht passiert, weil in dem Fall keine Rückatmung erfolgt, weil $\alpha_A = 0$. Die hintere untere Ecke beschreibt den Fall von 100% Rückatmung, also Erstickung bei gleichzeitig 100% Ablagerung der Keime. Damit sind die unteren Ecken in Gänze unmögliche Fälle. Die Realität wird sich im Bereich der vorderen Ecke abspielen, da die Rückatmung nicht zu stark sein darf. Für β_A ist dem Autor kein empirischer Wert bekannt, es wird aber $0 < \beta_A < 1$ gelten müssen, so dass $0 < \mu \ll 1$ gelten sollte.

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Um eine Vorstellung von praktischer Bedeutung über die Dimension der Wirkung der Rückatmung von Erregern zu bekommen, ist die Anzahl der Atemzüge, die eine bestimmte Erregerlast hervorbringen, sinnvoll, weil es sich dann nicht um abstrakte mathematische Parameter handelt, sondern um eine durch die eigene Atmungstätigkeit vorstellbare Größenordnung. Doch dafür muss ein Maßstab gefunden werden. Als Maßstab könnte eine kritische Keimzahl/Erregerlast angesehen werden, die notwendig ist, um eine Infektion, bzw. Erkrankung auslösen. Diese ist dem Autor aber nicht bekannt und für unterschiedliche Erreger auch unterschiedlich. Sie ist sicher auch von Mensch zu Mensch verschieden, je nach individueller Fitness des Immunsystems. Aufgrund dieser Schwierigkeit, einen Maßstab zu finden, gehen wir von dem Fall aus, dass eine Erregeremission N_Q vorliegt, bei der die betroffene Person als Ausscheider angesehen werden kann, dessen Emission andere Menschen grundsätzlich anstecken kann, sofern diese nicht bereits immun sind. Unter dieser Voraussetzung wollen wir die Anzahl der Atemzüge in Abhängigkeit von α_A und β_A bestimmen, bei der die zurückgeatmete Erregerlast identisch mit der Eigenemission pro Atemzug N_Q wird, d.h. es soll

$$E(m) = N_Q \quad (55)$$

gelten. Das ist eine starke Forderung, weil die von einer anderen Person aufgenommene und ansteckende Erregerlast n_Q aufgrund der Verdünnung der Erregermenge in der Luft und durch andere Prozesse deutlich kleiner als N_Q ist, d. h. $n_Q \ll N_Q$. Wenn also schon n_Q als infektiös angenommen wird, dann muss N_Q hochgradig infektiös sein.

Setzen wir (51) und (54) in (55) ein, dann folgt

$$N_Q = \frac{\alpha_R \cdot \beta_A}{1 - \alpha_R + \alpha_R \cdot \beta_A} \cdot N_Q \cdot m \quad (56).$$

Daraus lässt sich die Anzahl der erforderlichen Atemzüge leicht ermitteln, es ergibt sich

$$m = \frac{1}{\mu} = \frac{1 - \alpha_R + \alpha_R \cdot \beta_A}{\alpha_R \cdot \beta_R} \quad (57).$$

Der durch (57) dargestellte Zusammenhang ist in Abbildung (5) dargestellt. Die Rückatmungsrate ist mit 1% bis 3% relativ klein gewählt. Auch die Spanne der Aufnahmerate ist relativ klein. Trotzdem ergibt sich ein erheblicher Effekt.

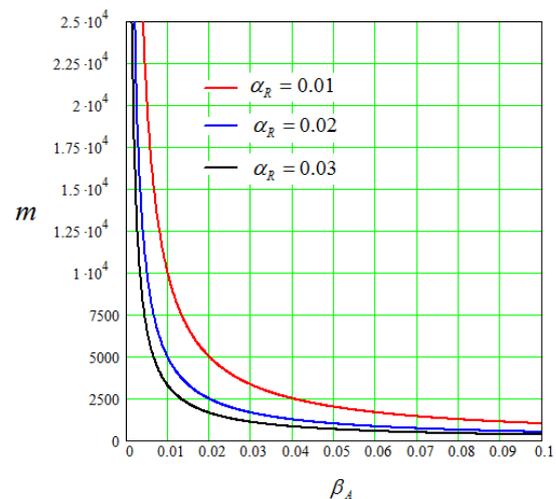


Abbildung 5: Anzahl gem. (57) der Atemzüge für die Parameter $\alpha_R = 0.01$, $\alpha_R = 0.02$ und $\alpha_R = 0.03$ d.h. für eine Rückatmung von 1%, 2% und 3% und eine Ablagerungsrate der Erreger auf den Atemwegen im Bereich von 0% bis 10%.

5000 Atemzüge entsprechen bei 3 Sekunden Dauer für einen Atemzug einer Tragezeit für die Mund-Nase-Bedeckung von rund einer halben Stunde. Bei ungünstigeren Parametern (höhere Rückatmung und Ablagerung), wird die hoch infektiöse Erregerlast noch schneller erreicht.

Daraus lässt sich ablesen, dass negative gesundheitliche Effekte in der alltagspraktischen Größenordnung der tatsächlichen Tragezeit von Mund-Nase-Bedeckungen liegen und nicht vernachlässigt werden dürfen.

Von einer Selbstgefährdung durch das Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung zu sprechen, wenn man infiziert oder erkrankt ist, erscheint vor diesem Hintergrund berechtigt.

Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Schlussfolgerungen

Wir können damit auf eine nicht vermeidbare Zunahme der Erregerlast durch Rückatmung schließen, selbst dann, wenn die Erregeremission von der Oberfläche der Atemwegsorgane zunächst konstant bleibt und klein ist.

Eine forcierte Beanspruchung des Immunsystems ist dadurch impliziert und mit hoher Wahrscheinlichkeit muss angenommen werden, dass ein dauerhaftes Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske) in der Tendenz jede infektiöse Erkrankung der Atemwege verschärft. Ausgerechnet dann, wenn ein Mensch tatsächlich andere Personen infizieren kann, dann ist für diesen Menschen die Maske besonders schädlich und nicht nur wegen der CO₂-Rückatmung! Solidarität gegenüber anderen heißt in diesem Zusammenhang Rücksichtslosigkeit gegen sich selbst, Rücksichtslosigkeit gegen die eigene Gesundheit im Namen der Gesundheit – ein *contradictio in adiecto*. Wer soll hier mit wem solidarisch sein?

Empirische Hinweise

Studie: Erhöhen Masken die Sterblichkeit? - reitschuster.de

 <https://reitschuster.de/post/studie-erhoehen-die-masken-die-sterblichkeit/>

Der US-Staat Kansas ließ seinen Bezirken die Wahl, ob sie eine Maskenpflicht erlassen oder nicht. So sind nun Vergleiche möglich. Das erstaunliche Resultat: Die Maskenpflicht hat die Sterblichkeit mit und an Corona signifikant erhöht. GASTBEITRAG

<https://reitschuster.de/post/studie-erhoehen-die-masken-die-sterblichkeit/>

Pressemitteilung vom 20.07.2020

Aktuelle Untersuchung am Universitätsklinikum Leipzig zeigt: Das Tragen eines Mund-Nasen-Schutzes vermindert die körperliche Belastbarkeit von Gesunden

Wissenschaftliche Dienste



Deutscher Bundestag

Wissenschaftliche Dienste

Ausarbeitung
WD 9 - 3000 - 065/20

Seite 18

FFP2-Maske eine stärkere Belastung darstellte. Die so genannte kardiopulmonale Leistungsfähigkeit (Leistungsfähigkeit des Herz-Lungen-Systems²⁹) sei signifikant reduziert gewesen, die Atmung, vor allem das Volumen und die höchstmögliche Geschwindigkeit der Luft beim Ausatmen, war beeinträchtigt. Im Stoffwechsel sei zudem eine schnellere Ansäuerung des Blutes bei Anstrengung registriert worden (Laktat²⁹). Auch in Fragebögen, in denen die Teilnehmer ihr subjektives Empfinden angaben, habe sich eine erhebliche Beeinträchtigung ihres Wohlbefindens gezeigt. Trotzdem betont der Klinikdirektor Prof. Ulrich Laufs, dass der Mund-Nasen-Schutz

<https://www.pharmazeutische-zeitung.de/maske-macht-probleme-1213...>

Mundtrockenheit und Halsschmerzen: Maske macht Probleme | PZ ...

30. Okt. 2020 ... Maske macht Probleme ...

HustenApothekeMundschutzGetränkeHeiserkeitErnährungLidocainAntirheumatikaKinderErkältunglup

<https://www.apotheke-adhoc.de/nachrichten/detail/apothekenpraxis/m...>

Maske mit Nebenwirkungen: Akne, Ausschlag, Herpes | APOTHEKE ...

9. Nov. 2020 ... Das dauerhafte Tragen von Atemschutz kann die Entstehung von Unreinheiten begünstigen – insbesondere bei Menschen mit empfindlicher ...



Selbstgefährdung durch Rückatmung von Eigenkeimen beim Tragen einer Mund-Nase-Bedeckung (Maske)

Klaus Retzlaff

Als Nichtjurist kann der Autor die durch Verordnungen der Landesregierungen in verschiedenen Zusammengängen vorgeschriebene Maskenpflicht nicht bewerten, Fakt ist aber, dass eine Verletzung des eigenen Körpers schon auf Grund des Grundgesetzes nicht verlangt werden darf. Das Verbot findet seinen Ausdruck unmittelbar im Strafgesetzbuch, dort heißt es:

Strafgesetzbuch

Besonderer Teil (§§ [80](#) - [358](#))

17. Abschnitt - Straftaten gegen die körperliche Unversehrtheit (§§ [223](#) - [231](#))

§ 223

Körperverletzung

- (1) Wer eine andere Person körperlich mißhandelt oder an der Gesundheit schädigt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.
(2) Der Versuch ist strafbar.

§ 224

Gefährliche Körperverletzung

- (1) Wer die Körperverletzung
1. durch Beibringung von Gift oder anderen gesundheitsschädlichen Stoffen,
 2. mittels einer Waffe oder eines anderen gefährlichen Werkzeugs,
 3. mittels eines hinterlistigen Überfalls,
 4. mit einem anderen Beteiligten gemeinschaftlich oder
 5. mittels einer das Leben gefährdenden Behandlung
- begeht, wird mit Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu zehn Jahren, in minder schweren Fällen mit Freiheitsstrafe von drei Monaten bis zu fünf Jahren bestraft.
(2) Der Versuch ist strafbar.

§ 225

Mißhandlung von Schutzbefohlenen

- (1) Wer eine Person unter achtzehn Jahren oder eine wegen Gebrechlichkeit oder Krankheit wehrlose Person, die
1. seiner Fürsorge oder Obhut untersteht,
 2. seinem Hausstand angehört,
 3. von dem Fürsorgepflichtigen seiner Gewalt überlassen worden oder
 4. ihm im Rahmen eines Dienst- oder Arbeitsverhältnisses untergeordnet ist,
- quält oder roh mißhandelt, oder wer durch böswillige Vernachlässigung seiner Pflicht, für sie zu sorgen, sie an der Gesundheit schädigt, wird mit Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu zehn Jahren bestraft.
(2) Der Versuch ist strafbar.
(3) Auf Freiheitsstrafe nicht unter einem Jahr ist zu erkennen, wenn der Täter die schutzbefohlene Person durch die Tat in die Gefahr
1. des Todes oder einer schweren Gesundheitsschädigung oder
 2. einer erheblichen Schädigung der körperlichen oder seelischen Entwicklung
- bringt.
(4) In minder schweren Fällen des Absatzes 1 ist auf Freiheitsstrafe von drei Monaten bis zu fünf Jahren, in minder schweren Fällen des Absatzes 3 auf Freiheitsstrafe von sechs Monaten bis zu fünf Jahren zu erkennen.