

# Die vielfältigen Gesichter des Risikos

## Risiko ist ein zentraler Begriff des Strahlenschutzes

Damit ist das Risiko gemeint, stochastische Schäden, d. h. Krebs, Leukämie oder Erbschäden, zu erleiden. Während deterministische Strahlenschäden Schwellen besitzen, unterhalb derer keine Effekte zu erwarten sind, ist es unklar, ob für stochastische Schäden solche Schwellen existieren. Daher werden, auch aus Gründen der Vorsorge, Risikomodelle ohne Schwellen angenommen.

### Risikobegriff im Strahlenschutz

Die Ziele des Strahlenschutzes sind die Vermeidung deterministischer Schäden und die Verminderung des Risikos stochastischer Schäden auf ein tolerables oder akzeptables Maß.

Dazu dienen die Strahlenschutzgrundsätze der **Rechtfertigung**, der **Optimierung des Schutzes** und der **Begrenzung der Exposition**.

Die naturwissenschaftliche Definition des Risikos lautet:

**Risiko = Wahrscheinlichkeit eines Schadens  $\times$  Schadensumfang**

Im Strahlenschutz beschäftigt wir uns der Einfachheit halber häufig nur mit 2 Schadensklassen, dem Auftreten von oder dem Tod durch Krebserkrankungen. Dann sind die jeweiligen Risiken lediglich Wahrscheinlichkeiten und können durch **Risikokoeffizienten**  $R$  quantifiziert werden, die die Wahrscheinlichkeit für einen der beiden Endpunkte bei einer Dosis angeben.

Die Einheiten der Risikokoeffizienten sind die erwartete Anzahl der Erkrankungen beziehungsweise der Toten pro Dosis, zum Beispiel  $R = \sim 5 \times 10^{-2}$  pro Sievert für Tod durch strahleninduzierte Krebserkrankungen.

Abgeleitet werden Risikokoeffizienten aus den beobachteten Raten von Krebs-

erkrankungen oder -toden als Funktion der Dosis, zum Beispiel bei den Überlebenden der Atomwaffenexplosionen in Hiroshima und Nagasaki.

### Die vielfältigen Gesichter des Risikos

Aber ganz so einfach ist die Sache mit dem Risiko nicht und es lohnt sich, die vielfältigen Gesichter des Risikos näher zu betrachten, und zwar nicht nur in Bezug auf den Strahlenschutz, sondern auch auf die allgemeinen Risiken des Lebens und aus aktuellem Anlass auch auf die Risiken von Infektionskrankheiten.

#### Fangen wir mit dem Strahlenschutz an

Bereits der Begriff des Risikokoeffizienten ist problematisch, denn die Angabe  $\sim 5 \times 10^{-2}$  pro Sievert meint nicht  $\sim 5 \times 10^{-2}$  bei einem Sievert, sondern stellt eine Rechenvorschrift dar, wie die Wahrscheinlichkeit für strahlenbedingten Krebs bei 1 Sv, bei 100 mSv, bei 10 mSv, bei 1 mSv oder sogar 0,01 mSv zu berechnen ist. Die strahlenbedingten Raten, die den Risikokoeffizienten zugrunde liegen, sind aber bei zusätzlichen Dosen unterhalb von  $\sim 100$  mSv auch mit epidemiologischen Untersuchungen wegen

des spontanen Auftretens von Krebserkrankungen und dessen Variabilität nicht erkennbar. Der Anwendung von Risikokoeffizienten bei niedrigeren Dosen liegt daher die Annahme eines linearen Risikomodells ohne Schwelle zugrunde, die im System des Strahlenschutzes als eine praktikable und konservative Annahme gilt.

Damit wird die Wahrscheinlichkeit  $W$  einen jeweiligen Schaden durch eine Dosis  $D$  zu erleiden zu

$$W = R \times D.$$

Allerdings macht es sich die ICRP nicht ganz so einfach. Zum Ersten arbeitet sie mit **nominellen Risikokoeffizienten**, das heißt, Risikokoeffizienten, die über die Geschlechter, das Lebensalter und unterschiedliche Populationen gemittelt sind.

Es muss betont werden, dass die Wahrscheinlichkeit eines Endpunktes für ein bestrahltes Individuum so nicht zu berechnen ist, dazu ist eine detaillierte Risikoanalyse erforderlich, die unter anderem auch die starke Altersabhängigkeit des Strahlenrisikos berücksichtigt.

Zum anderen benutzt die ICRP neben den nominellen Risikokoeffizienten schadensadjustierte Risikokoeffizienten, das sogenannte „Detriment“. Das Detriment errechnet sich aus den nominellen Risikokoeffizienten für das Auftreten (Inzidenz) von Krebserkrankungen und Erbkrankheiten, die für Mortalität, Lebensqualität und Lebenszeitverlust modifiziert werden [2], und gibt die Wahrscheinlichkeit eines Schadens pro Sievert an:

$$\text{Detriment} = [(R \times k) + (R \times (1 - k) \times q)] \times I \text{ mit } q = k + q_{\min} \times (1 - k)$$

Dabei sind  $R$  der nominelle Risikoeffizient,  $k$  der Anteil letaler Erkrankungen,  $q_{\min}$  das minimale Gewicht für nicht tödlichen Krebs,  $q$  das Gewicht für nicht tödlichen Krebs und  $l$  der relative Verlust krebsfreier Lebenszeit.

Das Detriment-Konzept ist für viele nur schwer nachzuvollziehen, liegt aber dem System des Strahlenschutzes gemäß ICRP 103 [2] zugrunde. Auch die Gewebewichtungsfaktoren und die Definition der effektiven Dosis beruhen auf den schadensadjustierten Risikoeffizienten. Bezüglich einer detaillierten und verständlichen Darstellung des Detriment-Konzeptes sei auf die SSK-Empfehlung zur Grenzwertsetzung bei der beruflichen Strahlenexposition verwiesen [6]. Eine Diskussion der Sinnhaftigkeit des Detriment-Ansatzes ist in diesem Heft der StrahlenschutzPRAXIS zu lesen (siehe Seite 67 f.).

Wenn wir uns der Einfachheit halber wieder auf das einfache Modell

$$W = R \times D$$

beschränken, entsteht das nächste Problem dadurch, dass es reale, hypothetische und potenzielle Risiken gibt.

**Reale Risiken** sind solche, die nach einer zusätzlichen Exposition mit mehr als 100 mSv bestehen, d. h., einer Exposition in einem Dosisbereich, in dem man nach epidemiologischer Kenntnis mit einem erhöhten Risiko rechnen muss.

**Hypothetische Risiken** sind solche, die nach einer zusätzlichen Exposition unterhalb von 100 mSv rechnerisch bestehen, die aber auch mit epidemiologischen Verfahren in einer Bevölkerung nicht nachgewiesen werden können, d. h. das spontane Risiko nicht erkennbar vergrößern.

**Potenzielle Risiken** sind solche, bei denen möglicherweise in der Zukunft eine zusätzliche Exposition stattfinden könnte, die sich dann als reale oder hypothetische Risiken zeigen könnten.

### Strahlenexpositionen in Deutschland

Strahlenexpositionen durch Direktstrahlung oder Ableitungen radioaktiver Stoffe aus Anlagen und Einrichtungen liegen in Deutschland laut Parlamentsbericht des Bundes unterhalb von 0,01 mSv pro Jahr. Diese Angaben sind jedoch extrem konservativ und es wird selten klar, auf welche Personengruppen sich diese Angabe bezieht. Die Referenzpersonen nach der alten AVV zu § 47 StrlSchV von 2001, für die diese Dosisangaben gemacht werden, sind vollständig unrealistisch. Sie leben an den unmöglichsten Orten in der Nähe von Anlagen und Einrichtungen im Freien und ernähren sich von lokal angebauten Lebensmitteln. Die realen Menschen mit normalen Aufenthalts- und Ernährungsgewohnheiten erhalten gar keine oder extrem geringere zusätzliche Strahlenexpositionen aus Direktstrahlung oder Ableitungen. Das dadurch verursachte Strahlenrisiko ist vollständig vernachlässigbar.

#### Aber da ist noch die natürliche Strahlenexposition des Menschen

Die kriegen alle mit. Das gerade angesprochene spontane Risiko enthält natürlich auch die Beiträge der natürlichen Strahlenexposition. Die natürliche Strahlenexposition kann weltweit mit einem Bereich von 1 mSv bis 10 mSv pro Jahr angegeben werden. Extreme der natürlichen Strahlenexposition liegen bei ca. 100 mSv pro Jahr [7]. Die natürliche Strahlenexposition, die in Deutschland mit 2,1 mSv pro Jahr angegeben wird, ist aber auch hoch variabel. Die Strahlenexposition ist eine multifaktorielle Zufallsgröße und ist daher logarithmisch normalverteilt. Der 95 %-Überdeckungsbereich liegt in Deutschland zwischen 1 mSv und 5 mSv pro Jahr.

Und dann gibt es auch noch die medizinisch diagnostischen Expositionen, die bestehende Expositionssituationen, u. a. mit der Strahlenexposition durch Radon, und die Folgen kerntechnischer

Unfälle wie z. B. in Tschernobyl und Fukushima. Die alle hier zu betrachten, würde zu weit führen.

Das mittlere Todesrisiko, das durch die natürliche Strahlenexposition bewirkt wird, liegt bei  $10^{-4}$  pro Jahr. Es ist ein hypothetisches Risiko und kann nur verstanden werden, wenn man es mit den normalen Todesrisiken des täglichen Lebens vergleicht.

#### Normale Todesrisiken des täglichen Lebens

In normalen Zeiten verstirbt in Deutschland etwas über 1 % der Bevölkerung pro Jahr, d. h., das mittlere Todesrisiko ist  $10^{-2}$  pro Jahr. Die wichtigsten Todesursachen sind Herzkrankungen mit einem mittleren Risiko von  $4,4 \times 10^{-3}$  pro Jahr und Krebserkrankungen mit  $2,8 \times 10^{-3}$  pro Jahr. Die gefürchtete Leukämie ist dagegen mit einem Risiko von  $1 \times 10^{-4}$  pro Jahr nur eine seltene Todesursache. **Die Wahrnehmung der Bedeutung eines Risikos hängt eben nicht von der mathematischen Wahrscheinlichkeit allein ab.**

Auch Unfälle aller Art erfahren eine hohe Aufmerksamkeit in der Gesellschaft. Sie sind mit einem mittleren Todesrisiko von  $2,7 \times 10^{-4}$  pro Jahr häufiger als Tod durch Leukämie. Dabei sind die wichtigsten Risiken die für Tod durch Haushaltsunfälle und Freizeitunfälle mit je  $1,1 \times 10^{-4}$  pro Jahr, Verkehrsunfälle tragen nur mit  $4,4 \times 10^{-5}$  pro Jahr bei. Arbeitsunfälle haben, wohl aufgrund der gut entwickelten Sicherheitstechnik, nur ein Risiko von  $1,2 \times 10^{-5}$  pro Jahr und haben damit sogar ein geringeres Risiko, als durch Mord oder Totschlag zu versterben, das bei  $2,6 \times 10^{-5}$  pro Jahr liegt. All diese Risiken sind reale Risiken. Man kann die Toten zählen. Natürlich sind diese Zahlen, die hier für Deutschland im Jahr 2013 angegeben sind, zeitabhängig.

#### Hypothetische Strahlenrisiken

Die realen Risiken kann man mit den hypothetischen Strahlenrisiken ver-

gleichen. Unter der Annahme einer kontinuierlichen, lebenslangen Exposition mit 1 mSv pro Jahr ergibt sich für die gesamte Bevölkerung ein Todesrisiko von  $5 \times 10^{-5}$  pro Jahr. Das ist etwa zehnmal geringer als das Risiko, durch einen Verkehrsunfall zu sterben, und etwa doppelt so hoch wie das Risiko von Mord und Totschlag.

**Individualrisiken**

Aber mittlere Todesrisiken sind für den Einzelnen relativ uninteressant – man denkt, mich trifft es schon nicht. In Abbildung 1 sind deshalb die bedingten, altersabhängigen Individualrisiken dargestellt, einmal für Tod allgemein und dann für verschiedene Unfallkategorien. Bedingte Risiken bedeutet, dass es die jährlichen Todes-

risiken sind, falls man das Alter erreicht hat.

Nach der Geburt sinkt das Todesrisiko von gut  $10^{-3}$  im ersten Jahr. Das niedrigste Todesrisiko hat man in der frühen Jugend mit knapp  $2 \times 10^{-4}$  pro Jahr. Ab der Pubertät steigt das Todesrisiko in etwa exponentiell mit dem Alter an. Mit 60 Jahren liegt es bei knapp  $2 \times 10^{-2}$  pro Jahr – ein Risiko, das sicherheitstechnisch nicht tolerabel ist. Mit 85 Jahren liegt es dann bei  $1 \times 10^{-1}$  pro Jahr und steigt weiter an, weil wir alle sterben müssen.

Auch die Risiken, durch Unfälle zu sterben, steigen mit dem Alter an, wobei in höherem Alter Haushaltsunfälle überwiegen. Interessant ist das altersabhängige Todesrisiko im Verkehr.

Nach einem Anstieg in den ersten Lebensjahren gibt es ein kleines lokales Maximum in einem Alter von etwa 20 Jahren, dann bleibt es relativ konstant, um im Alter wieder leicht anzusteigen: Man sieht hier die Problematik der Unfälle nach Disco-Besuchen einerseits und der nicht mehr fahrtüchtigen älteren Menschen.

**Altersabhängigkeit der hypothetischen Strahlenrisiken**

Mithilfe der Methodik von ICRP 60 [1] kann man auch die Altersabhängigkeit der hypothetischen Strahlenrisiken abschätzen. Bei einer kontinuierlichen Exposition mit 1 mSv pro Jahr entsprechen diese Risiken in Höhe und Verlauf etwa den Risiken für tödliche Haushaltsunfälle und sind über alle Altersstufen etwa 100-mal geringer als das allgemeine Todesrisiko. 1 mSv pro Jahr ist gleich der unvermeidlichen natürlichen Strahlenexposition in Deutschland. Bei dem von den Philosophen des Fachverbandes für Strahlenschutz (FS) vorgeschlagenen Ende der Optimierung von 0,1 mSv pro Jahr ist das Risiko um den Faktor 1.000 geringer als das spontane Risiko und verschwindet vollständig in der Variabilität des spontanen Risikos [3].

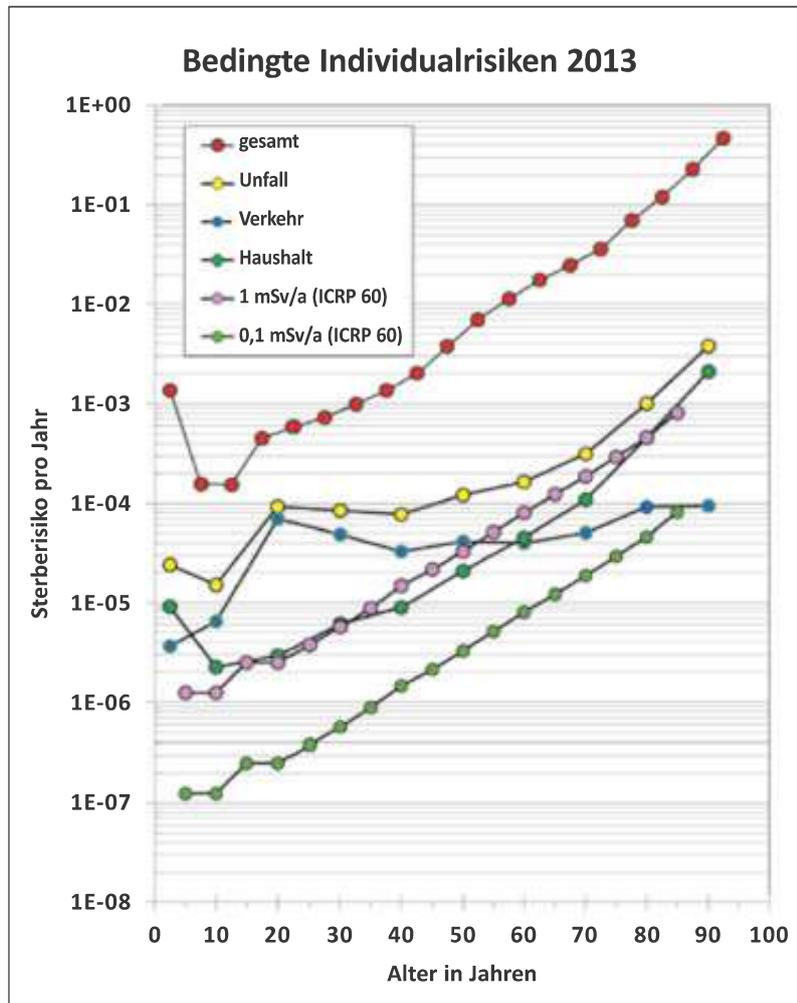


Abb. 1: Altersabhängigkeit der realen bedingten Sterberisiken im Vergleich zu der der hypothetischen bedingten Todeswahrscheinlichkeiten aufgrund von Strahlenexpositionen während der gesamten Lebenszeit; Berechnung nach ICRP 60, Tab. C-3a, DDREF = 2 [1]

**Risiken durch Infektionskrankheiten bei Epidemien oder Pandemien**

Aus aktuellem Anlass betrachten wir als Nächstes die Risiken, durch Infektionskrankheiten bei Epidemien oder Pandemien zu sterben. Epidemien und Pandemien haben die Menschheit während ihrer Geschichte begleitet. Sehen Sie einfach bei Wikipedia unter „Liste der Epidemien und Pandemien“ nach. Die Auswirkungen von Epidemien und Pandemien reichten von wenigen Todesfällen bis zu hohen Prozentzahlen ganzer Bevölkerungen. Die gesellschaftlichen, ökonomischen und kulturellen Auswirkungen von Epidemien und Pandemien waren teilweise dramatisch. Lesen Sie z. B. Daniel Defoes „Die Pest

in London" (Original: A journal of the plague year).

Bei Infektionskrankheiten stellt sich das Todesrisiko dar als:

**Risiko = Risiko, sich zu infizieren × Risiko, als Infizierter zu sterben**

Diese Gleichung stellt das Problem der Erkrankung an Covid-19 als Folge der Infektion mit dem Corona-Virus Sars-CoV-2 dar. Es treibt die Entscheidungsträger und die Menschen derzeit weltweit um.

Vergleichbar mit der Problematik der Covid-19-Pandemie ist die sogenannte Spanische Grippe, die 1918 bis 1920 geschätzt bis zu 50 Millionen Menschen weltweit das Leben kostete. Aber auch andere Grippeepidemien haben mit schöner Regelmäßigkeit Millionen an Toten weltweit gekostet. Allerdings haben wir uns daran gewöhnt.

Die Grippezeit reicht in jedem Jahr vom Winter bis in den Frühling und hat in der Saison 2019/2020 in Deutschland bei bisher 145.258 Infizierten 247 Menschenleben gefordert (Angaben von Statista, 16.3.2020). Aber wir bekommen in jedem Jahr neue Impfsorten, die vor allem die gefährdeten Altersgruppen und durch andere Krankheiten Vorgeschädigte vor der Grippe schützen sollen. Da die Grippeviren eine hohe Mutationsrate haben, ist die Entwicklung der Impfstoffe immer von Ungewissheiten begleitet.

Ein krasses Beispiel war die Saison 2017/2018, in der wegen einer falschen Einschätzung bei der Impfprophylaxe bei 215.540 Infizierten 526 Todesfälle zu verzeichnen waren. Aber wir haben uns an die Grippe gewöhnt, wir können damit umgehen, das Gesundheitssystem ist dafür nahezu ausgelegt und wir ertragen das Risiko. Immer nach Rosenmontag kommt die Grippezeit.

Doch dann kam das Virus Sars-CoV-2 und alles war anders.

Das Infektionsrisiko ist hoch, Verdopplungszeiten lagen im März 2020 bei 2

bis 3 Tagen, Es gibt keine Medikamente gegen die Erkrankung, es ist kein Impfstoff verfügbar und die medizinischen Versorgungssysteme sind – auch in Deutschland – für extrem hohe Infektionszahlen nicht ausgelegt.

Was passiert, wenn man keine Gegenmaßnahmen ergreift?

Dann werden sich 60 bis 70 % der Bevölkerung infizieren, bis die sogenannte Herdenimmunität als Folge der Durchseuchung greift und die Infektionsketten zusammenbrechen. Der Zeitraum, über den dieses stattfindet, lässt sich kaum angeben. Bei der Spanischen Grippe wurden 3 Grippewellen im Verlauf von 2 Jahren beobachtet, die jeweils mehrere Monate anhielten. Wie es bei Covid-19 aussehen wird, wissen wir nicht.

So viel zum Risiko, sich zu infizieren. **Das Risiko, als Infizierter zu sterben**, ist stark altersabhängig. Normalerweise sind besonders Kinder und alte Menschen gefährdet. Das stimmt allerdings nicht für die Spanische Grippe, bei der besonders Menschen mittleren Alters ein hohes Todesrisiko hatten. Bei Covid-19 scheinen besonders Alte und Vorgeschädigte ein hohes Risiko zu tragen. Aber auch junge Menschen sind den Covid-19-Viren bereits zum Opfer gefallen. Belastbare Zahlen zum Sterberisiko haben wir noch nicht.

Eines ist jedoch sicher, bei einer Infektion von einigen 10 % unserer Bevölkerung und einer Sterblichkeitsrate von nur ca. 1 % hätten wir in Deutschland mit einigen 100.000 Toten zu rechnen. Eine Opferanzahl, die unsere medizinischen Systeme und die ganze Gesellschaft überfordern würde.

Daher sind die aktuellen Maßnahmen (März 2020), die Infektionsraten zu senken, das Infektionsgeschehen zu verlangsamen, um Zeit zu gewinnen, die medizinischen Systeme hochzurüsten, Medikamente gegen die Erkrankung zu finden und Impfstoffe zu entwickeln.

Dabei ist das Risiko, an Covid-19 zu sterben, im Mittel mit ca.  $10^{-2}$  für den Einzelnen zwar hoch, aber angesichts des allgemeinen Todesrisikos (Abb. 1) noch überschaubar. Allerdings greift das von den FS-Philosophen vorgeschlagene Ampelmodell des Risikos bzw. der Sicherheit im Falle von Covid-19 zu kurz.

### Das Ampelmodell des Strahlenrisikos

Das Ampelmodell des Strahlenrisikos, das so auch für andere kanzerogene Stoffe angewandt wird (Abb. 2), unterteilt die Risiken in tolerable und akzeptable Risiken, um die Sicherheit gegenüber einem möglichen Schaden zu kommunizieren. Ist das Risiko größer als das tolerable Risiko, ist man nicht sicher. Ist es geringer als das tolerable Risiko, aber größer als das akzeptable und wenn man alles Sinnvolle und Vertretbare zu seiner Verminderung getan hat, ist man so sicher wie möglich. Wenn das Risiko geringer ist als das akzeptable Risiko, ist man so sicher, wie man nur sein kann. Dieses Schema funktioniert, solange man sich ausschließlich mit einem Endpunkt beschäftigt und z. B. die Dosis als Maß aller Dinge annehmen kann.

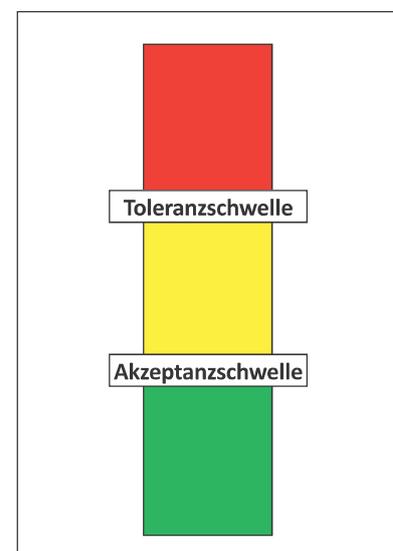


Abb. 2: Ampelmodell des Strahlenrisikos; Quelle: FS-Philosophen 2018

**Risikomatrix**

Das ist anders und komplizierter im Falle von Covid-19, anderen Infektionskrankheiten und Naturkatastrophen, wo die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten oder die Infektion ungewiss ist. Je nach dieser Wahrscheinlichkeit verändert sich die Einschätzung, was tolerabel und akzeptabel ist. Dies wird über sogenannte Risikomatrizen dargestellt (Abb. 3).

Eine Risikomatrix beschreibt numerisch gleiche Risiken als Funktion der Wahrscheinlichkeit des Auftretens und der Größe des Schadens. Dann wird aus der linearen Darstellung des Ampelmodels für das Individualrisiko eine Risikomatrix.

Für das Individuum reicht die mögliche Größe des Schadens durch eine Infektion von keinen beobachtbaren Effekten über banale und nicht lebensbedrohende Erkrankungen und über lebensbedrohende Erkrankungen bis zum Tod. Für eine ganze Gesellschaft reicht die Risikoskala von keinen beobachtbaren Effekten über beobachtbare Veränderungen, unbedeutenden und schweren Schaden zum katastrophalen Schaden und bis hin zum Untergang der Population; siehe hierzu auch die Empfehlung der SSK zur Rechtfertigung [5].

Gesundheitspolitisch sind solche Risikomatrizen in Bezug auf das Risiko für den Einzelnen, eine Gruppe oder die

Bevölkerung als Ganzes zu betrachten. Die Bewertung (tolerabel oder akzeptabel) wird dabei von jeweiligen Umständen und dem Blickwinkel abhängen.

Ein katastrophaler Schaden wird nur als akzeptabel zu bezeichnen sein, wenn die Wahrscheinlichkeit des Auftretens nahezu unmöglich ist. Wenn der Schaden häufig auftritt, sollte er eher marginal sein, um als akzeptabel zu gelten. Häufige mittlere Schäden würden als nicht tolerabel eingestuft werden, während selbst seltene katastrophale Schäden nicht tolerabel wären.

Bei den Schadenskategorien sind verschiedene Endpunkte (z. B. gesundheitliche, ökonomische, psychosoziale und gesellschaftliche Schäden) zu betrachten und gegeneinander abzuwägen. Bei der Abwägung sind ethische und politische Kriterien und Fragen der Machbarkeit zu berücksichtigen bis hin zur unter Umständen erforderlichen Triage, die über Leben und Tod entscheidet. Wie diese Fragen im Hinblick auf Covid-19 beantwortet werden, wissen wir nicht. Wir nehmen an einem großen Experiment teil.

**Aber: das Leben ist immer ein Risiko ...**

... vom Tod des Einzelnen bis hin zum Massen- und Aussterben durch einen Asteroideneinschlag mit einem Risiko von etwa 10<sup>-7</sup> pro Jahr. Wie wir mit all diesen Risiken umgehen, ist abhängig

davon, wie wir die vielfältigen Gesichter des Risikos wahrnehmen.

**Wahrnehmung der Risiken in der Öffentlichkeit**

Obwohl das Strahlenrisiko und das Infektionsrisiko gemeinsam haben, dass wir die auslösenden Noxen mit unseren Sinnen nicht erkennen können, unterscheidet sich die Wahrnehmung der Risiken in der Öffentlichkeit dramatisch.

Die **Wahrnehmung von Radioaktivität und Strahlung** und den durch sie bedingten Risiken ist geprägt von archetypischen Erinnerungen, den Erfahrungen von Hiroshima, Nagasaki, Tschernobyl und Fukushima sowie der Angst vor einem die Menschheit vernichtenden Krieg mit Kernwaffen [4]. Die Menschen sehen sich ohnmächtig einer unbekanntem Gefahr ausgesetzt, die langes Leiden und schrecklichen Tod mit sich bringt. Die Wahrnehmung der Strahlenrisiken auf eine rationale Basis zurückzuführen, ist eine der ungelösten Aufgaben des Strahlenschutzes.

Die **Wahrnehmung von Infektionsrisiken** ist anders. Epidemien und selbst Pandemien gehören zur Menschheitsgeschichte und die Menschheit hat sie bisher alle überlebt. Man kann etwas gegen die Infektion tun und man hofft auf die Entwicklung von Medikamenten und Impfstoffen. Die Mortalität mag relativ hoch sein, aber der Tod würde relativ schnell kommen und die Hoffnung, dass es einen selbst nicht erwischt, ist wohl begründet.

**Schlussbemerkung**

Natürlich gibt es immer Kassandren und Endzeitapostel und auch die von wirklicher Angst Betroffenen. Erste muss man in ihre Schranken verweisen und entlarven, Letzteren muss man helfen. Aber für viele, hoffentlich sogar für die Mehrheit, bleibt trotz der erforderlichen Schutzmaßnahmen der Grundoptimismus des Lebens auch in Zeiten von Covid-19 erhalten.

Rolf Michel

E-Mail: [michel@irs.uni-hannover.de](mailto:michel@irs.uni-hannover.de)

Schaden							
katastrophal	grün	gelb	rot	rot	rot	rot	
sehr groß	grün	gelb	gelb	rot	rot	rot	
groß	grün	gelb	gelb	gelb	rot	rot	
mittel	grün	grün	gelb	gelb	gelb	rot	
klein	grün	grün	grün	gelb	gelb	gelb	
marginal	grün	grün	grün	grün	grün	gelb	
	nahezu unmöglich	unwahrscheinlich	selten	bisweilen	oft	häufig	Wahrscheinlichkeit des Auftretens

Abb. 3: Risikomatrizen zur Beschreibung von Risiken [5]