



**Fragen**  
bei Angst vor Strahlen in  
**radiologischen Gefährdungslagen**  
beantwortet mit  
**Faustformeln** und **Richtwerten**

# Vorbemerkung

In einem radiologischen Notfall (vgl. Tschernobyl oder Fukushima) würden wir Bürger wieder mit ungewohnten Begriffen, Maßeinheiten, widersprüchlichen Zahlenangaben und Bewertungen konfrontiert. Mit dieser Webseite will ich eine Orientierungshilfe geben. Durch Vergleich mit den folgenden Faustformeln und abgeleiteten Messwerten soll jeder solche Angaben nachvollziehen und ihre Bedeutung direkt einschätzen können. Besser wäre es jedoch, solche Ereignisse würden uns verschonen.

Ich gehe mit dieser Darstellung auf fünf Fragen ein. Weitere Fragen und Verbesserungsvorschläge will ich gerne aufgreifen. Die Kürze meiner Darstellung soll jedoch nicht darunter leiden.

Rechtliche Grundlage ist in Deutschland das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) mit der Notfall-Dosiswerte-Verordnung (NDWV). Fachliche Grundlagen enthalten die Empfehlungen der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK) „Radiologische Grundlagen für Entscheidungen über Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden“ sowie „Abgeleitete Richtwerte für Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung bei Ereignissen mit Freisetzungen von Radionukliden“. Eine Lektüre empfehle ich allen, die in das Thema tiefer einsteigen wollen. Grundlagen sind ferner Verwaltungsvorschriften sowie Tabellen- und Regelwerke zum Strahlenschutz, die u.a. über die Webseiten des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) zugänglich sind.

Die NDWV legt Dosiswerte für Schutzmaßnahmen fest, die in Notfällen als erstes ergriffen werden. Dosiswerte sind jedoch nicht direkt zugänglich und für die Bevölkerung in einem Notfall deshalb nur bedingt hilfreich. Praktikabler sind stattdessen bestimmte Größen, die gemessen werden können und mit deren Hilfe auf die maßgebenden Dosiswerte geschlossen werden kann. Auch die SSK hat in vorgenannter Empfehlung eine Reihe entsprechender, aus den Dosiswerten „abgeleiteter Richtwerte“ vorgeschlagen.

Messwerte solcher Größen sind in einem Notfall publiziert. Diese Webseite soll dabei helfen, einen raschen Überblick zu gewinnen, ob aus solchen publizierten Messwerten die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen abzuleiten ist. Zu Grunde gelegt wird dazu ein Szenarium mit großflächig freigesetzten Spaltprodukten. Das sind überregionale und regionale Notfälle im Sinn des StrlSchG. Bei einem solchen Szenarium sind die von mir angegebenen Faustformeln und abgeleiteten Messwerte konservativ, d.h. sie liegen „auf der sicheren Seite“. Sie gelten jedoch nicht für Szenarien mit kleinräumiger, lokaler Exposition (lokale Notfälle im Sinn des StrlSchG) oder für Szenarien, wo Kernbrennstoffe wie Plutonium oder Uran inkorporiert werden können. Auf solche Szenarien ist diese Webseite nicht anwendbar.

Eine Unterseite habe ich den Grenzwerten gewidmet. Diese spielen eine zentrale Rolle in allen Berichterstattungen und ihre richtige Anwendung ist deshalb besonders wichtig.

Weitergehende fachliche Erläuterungen sind unter einem eigenen Menüpunkt zusammengefasst.

*Manfred Röttle,  
Bonn, 8. Januar 2020*

# Wodurch erhalte ich welche Strahlendosis<sup>1</sup>?

## Konservative Faustformeln für Spaltprodukte

Ortsdosisleistung<sup>2</sup>

1  $\mu\text{Sv/h}$   $\xrightarrow{\text{weniger als}}$  10  $\text{mSv/a}$

Aktivität auf dem Boden, Bodenstrahlung<sup>3</sup>

100  $\text{kBq/m}^2$   $\xrightarrow{\text{maximal}}$  1  $\mu\text{Sv/h}$

Aktivität in der Luft, Inhalation<sup>4, 5</sup>

100 Bq  $\xrightarrow{\text{maximal}}$  4  $\mu\text{Sv}$

1  $\text{Bq/m}^3$   $\xrightarrow{\text{maximal}}$  1  $\mu\text{Sv/d}$

Aktivität in der Nahrung, Ingestion<sup>6</sup>

100 Bq  $\xrightarrow{\text{maximal}}$  3  $\mu\text{Sv}$

*Andere Werte bitte durch Dreisatz ableiten*

- 1 Alle Dosisangaben (Maßeinheit Sv) beziehen sich auf die effektive Dosis.
- 2 Nur die Dosisleistung (gemessen z.B. in  $\mu\text{Sv/h}$ ), der ich tatsächlich ausgesetzt bin, trägt zu meiner Strahlendosis (Angabe meist in  $\text{mSv}$ ) bei. Maßgebend für viele Fragestellungen und Bewertungen ist die Jahresdosis, die deshalb in dieser Faustformel genannt wird. Die Ortsdosisleistung, der ich bei einer radiologischen Gefährdungslage ausgesetzt bin, stammt überwiegend von den Spaltprodukten, die sich großflächig auf dem Boden ablagern.
- 3 Zusammenhang der Aktivität (Maßeinheit Bq) an Spaltprodukten, die sich großflächig auf dem Boden abgelagert hat (gemessen z.B. in  $\text{kBq/m}^2$ ), mit der dadurch erzeugten Dosisleistung.
- 4 Zusammenhang der durch Einatmen zugeführter Aktivität von Spaltprodukten mit der dadurch erhaltenen effektiven Folgedosis bei Erwachsenen.
- 5 Zusammenhang der Aktivitätskonzentration von Spaltprodukten in der Luft mit der durch Einatmen pro Tag erhaltenen effektiven Folgedosis bei Erwachsenen (Atemrate ca.  $1 \text{ m}^3/\text{h}$ ).
- 6 Zusammenhang der Aktivität von Spaltprodukten, die mit der Nahrung zugeführt wird, mit der dadurch erhaltenen effektiven Folgedosis bei Erwachsenen.

# Wann sollte ich im Haus bleiben?

## Abgeleitete und konservative Messwerte für Spaltprodukte

Ortsdosisleistung<sup>1</sup>

100  $\mu\text{Sv/h}$

Bodenaktivität<sup>2</sup>

10  $\text{MBq/m}^2$

Luftaktivität<sup>3</sup>

1 500  $\text{Bq/m}^3$

Bei diesen Messwerten würde eine gedachte Person, die sich dauernd ungeschützt im Freien aufhält, jeweils eine effektive Dosis von **10 mSv innerhalb einer Woche** aufnehmen. Damit wäre das radiologische Kriterium für die Schutzmaßnahme nach § 2 Notfall-Dosiswerte-Verordnung erfüllt. Das bedeutet, dass eine Aufforderung an die Bevölkerung, sich in Gebäuden aufzuhalten, angemessen wäre.

- 1 100  $\mu\text{Sv/h}$  sind der von der SSK empfohlene abgeleitete Richtwert für die Schutzmaßnahme des Aufenthalts in Gebäuden. Wer im Freien ständig einer höheren allgemeinen und großräumigen Ortsdosisleistung ausgesetzt wäre, erhielte innerhalb einer Woche eine effektive Dosis über dem Notfalldosiswert von 10 mSv.
- 2 10  $\text{MBq/m}^2$  sind der von der SSK empfohlene abgeleitete Richtwert für die Schutzmaßnahme des Aufenthalts in Gebäuden bei großflächig niedergeschlagenen beta-/gammastrahlenden Radionukliden. Niedergeschlagene Spaltprodukte in dieser Größenordnung führen zudem zu einer Bodenstrahlung mit einer Ortsdosisleistung von maximal 100  $\mu\text{Sv/h}$ . Der maßgebende Notfalldosiswert wäre überschritten.
- 3 Ein Erwachsener, der ständig Luft einatmet, in der fortwährend Spaltprodukte von mehr als 1 500  $\text{Bq pro m}^3$  enthalten sind, erhält innerhalb einer Woche eine effektive Folgedosis von maximal 10 mSv. Eine anfängliche Konzentration von Spaltprodukten in der Luft dürfte jedoch aus den verschiedensten Gründen rasch wieder abnehmen. Maßgebend dafür, dass das radiologische Kriterium für diese Schutzmaßnahme erreicht wird, ist deshalb weniger die Luft-, sondern vielmehr die Bodenaktivität und die dadurch erzeugte Ortsdosisleistung.

# Wann droht eine Evakuierung?

## Abgeleitete und konservative Messwerte für Spaltprodukte

Ortsdosisleistung

1 mSv/h

Bodenaktivität

100 MBq/m<sup>2</sup>

Luftaktivität<sup>1</sup>

15 kBq/m<sup>3</sup>

Bei diesen Messwerten würde eine gedachte Person, die sich dauernd ungeschützt im Freien aufhält, jeweils eine effektive Dosis von **100 mSv innerhalb einer Woche** aufnehmen. Die von der SSK empfohlenen abgeleiteten Richtwerte für die Ortsdosisleistung und Bodenaktivität wären erreicht und das radiologische Kriterium für die Schutzmaßnahme nach § 4 Notfall-Dosiswerte-Verordnung erfüllt. Das bedeutet, dass eine Evakuierung angemessen wäre.

Das Kriterium ist unabhängig davon erfüllt, ob reale Personen diese Dosis tatsächlich aufnehmen. Unter realistischen Bedingungen ist sie deutlich geringer.

Auch bei niedrigeren Messwerten können längerfristige Maßnahmen angemessen sein, um die effektive Dosis von Einzelpersonen der Bevölkerung zu verringern. Dies reicht von Zugangs- oder Aufenthaltsbeschränkungen bzgl. der betroffenen Gebiete bis zu einer vorübergehenden Umsiedlung.

---

1 Eine anfängliche Konzentration von Spaltprodukten in der Luft besteht aus den verschiedensten Gründen nur relativ kurze Zeit und nimmt rasch wieder ab, ist also gegenüber der Bodenaktivität und die dadurch erzeugte Ortsdosisleistung weniger maßgebend.

# Wann kann ich bleiben oder zurückkehren?

## Abgeleitete konservative Messwerte für Spaltprodukte

**Ortsdosisleistung**

**2  $\mu\text{Sv/h}$**

**Bodenaktivität**

**200  $\text{kBq/m}^2$**

Werden diese Messwerte nach einem Notfall dauerhaft unterschritten, erhalten Einzelpersonen der Bevölkerung **innerhalb des folgenden Jahres** eine effektive Dosis, die sicher unter **20 mSv** liegt. Schutzmaßnahmen verringern diese Dosis zusätzlich. Es liegen deshalb die Voraussetzungen für den Übergang zu einer „bestehenden“ Expositionssituation im Sinn von § 118 StrlSchG vor, so dass zuvor getroffene Schutzmaßnahmen wie Zugangs- oder Aufenthaltsbeschränkungen wieder aufgehoben werden können.

# Wann soll ich Jod-Tabletten einnehmen?

Wegen der möglichen Nebenwirkungen sollten Jodtabletten nur nach ausdrücklicher Aufforderung durch die zuständigen Behörden und nicht von Personen über 45 Jahren eingenommen werden. Für Schwangere gilt diese Altersbegrenzung nicht.

Bei Radiojod ist nicht die effektive Dosis maßgebend, sondern die Folge-Organ-Äquivalentdosis der **Schilddrüse**.

Nach § 3 Notfall-Dosiswerte-Verordnung ist die Einnahme von Jod-Tabletten angemessen, wenn die Schilddrüse durch Inhalation **innerhalb einer Woche** eine Folge-Organ-Äquivalentdosis aufnehmen kann

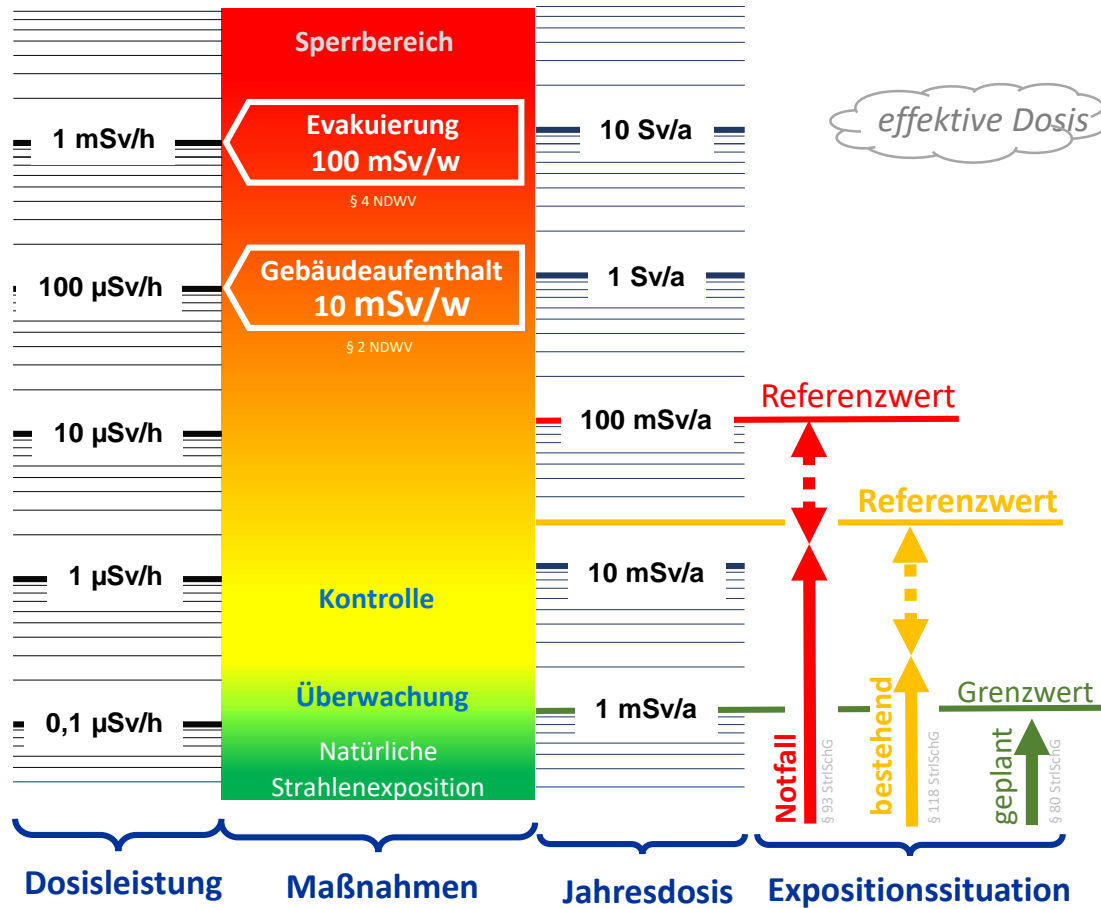
- bei Kindern mehr als **50 mSv**,
- bei Erwachsenen mehr als **250 mSv** .

Für die Atemluft bedeutet das, dass sie Konzentrationen an Radiojod in der folgenden Größenordnung enthalten muss:

**Luftaktivität  
(Radiojod)**

- |                          |               |                               |
|--------------------------|---------------|-------------------------------|
| - bei <b>Kindern</b>     | <b>einige</b> | <b>100 Bq/m<sup>3</sup></b>   |
| - bei <b>Erwachsenen</b> | <b>über</b>   | <b>1 000 Bq/m<sup>3</sup></b> |

# Grenzwerte





# Grenzwerte

## - Erläuterungen -

Grundlage von Grenzwerten sind Rechtsvorschriften. In Deutschland sind dies das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG), die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und die Notfall-Dosiswerte-Verordnung (NDWV). Daraus folgt ein Grenzwertesystem. Es umfasst Maßgaben für zwei Expositionssituationen: **geplante** sowie (bei einem Notfall) **ungeplante**.

Begrenzt sind primär **Dosiswerte** (in der vorstehenden Grafik die "effektive Dosis"). Sie sollen bei einer Person in bestimmten Zeiträumen (z.B. im Kalenderjahr oder in einer Woche) nicht überschritten werden. **Dosisleistungen** sind zunächst nicht direkt begrenzt. Aber die dadurch angesammelte Dosis darf die Dosisgrenzwerte nicht überschreiten. Sehr hohe Dosisleistungen müssen dennoch vermieden werden (vgl. „Sperrbereich“ ab 3 mSv/h).

Die Grafik gibt einen Überblick und stellt Jahres-Dosiswerte (**mSv pro Jahr**) den Dosisleistungswerten (**µSv/h**) gegenüber. Die beiden Skalen sind rechnerisch aufeinander abgestimmt und für den Fall einer andauernden gleichförmigen Exposition gleichwertig.

Bei einem Dosiswert unter **1 mSv pro Jahr** sind keinerlei Maßnahmen gefordert. Für **geplante** Expositionen ist dies der Grenzwert für die Bevölkerung. Die Möglichkeit eines Überschreitens bis zu **6 mSv/a** ist in betrieblichen Bereichen erlaubt, wenn diese überwacht werden. Darüber hinaus dürfen im beruflichen Bereich Personen bis zu **20 mSv/a** erhalten, wenn dies mit Dosis-Kontrollen und u.U. einer strahlenschutzärztlichen Überwachung verbunden ist. Sperrbereiche dürfen nicht betreten werden.

Die natürliche Strahlenexposition (im Mittel ca. 0,7 mSv/a durch äußere Bestrahlung) oder die medizinische Exposition (im Mittel ca. 1,7 mSv/a durch Röntgenuntersuchungen) bleiben bei diesen Grenzwerten außer Betracht.

In Notfällen - also bei **ungeplanten** Expositionen - sollen Maßnahmen möglichst so getroffen werden, dass Einzelpersonen der Bevölkerung keine effektive Dosis über **100 mSv/a** erhalten. Dies ist kein Grenzwert, sondern ein Referenzwert, der möglichst weit unterschritten werden soll. Um dieses Ziel zu erreichen, gelten Notfall-Dosiswerte für das Verbleiben von Personen in Gebäuden (**10 mSv pro Woche**) oder für eine Evakuierung (**100 mSv pro Woche**). Das bedeutet nicht, dass Personen diese Notfall-Dosiswerte real erhalten müssen, bis die jeweilige Schutzmaßnahme ausgerufen wird. Die Notfall-Dosiswerte sind definiert für eine fiktive Referenzperson, die ungeschützt im Freien steht und andauernd exponiert ist. Reale Personen verhalten sich ja anders - gleichwohl sind die mit den Notfall-Dosiswerten verbundenen Schutzmaßnahmen für sie verbindlich.

Wenn sich nach einem Notfall die Lage stabilisiert hat, spricht man von einer **bestehenden** Expositionssituation. Ein Beispiel wäre die erwogene Rückkehr in ein zuvor evakuiertes Gebiet. Hierfür gelten als Referenzwert **20 mSv/a**.

# Benutzte Größen, Begriffe und Maßeinheiten

Größen, Begriffe	Maßeinheit	Abgeleitete Einheiten
Aktivität	Becquerel (Bq)	kBq, MBq
Aktivität pro Fläche	Bq/m <sup>2</sup>	kBq/m <sup>2</sup> , MBq/m <sup>2</sup>
Aktivität pro Volumen	Bq/m <sup>3</sup>	kBq/m <sup>3</sup>
Strahlendosis, Dosis, effektive Dosis, Folge-Organ-Äquivalentdosis, effektive Folgedosis	Sievert (Sv)	μSv, mSv
Dosisleistung, Dosisrate, Dosisaufnahme pro Zeit, Ortsdosisleistung	Sv/Zeiteinheit	μSv/h, μSv/d, mSv/a

# Erläuterungen

## **Radiologische Gefährdungslage:**

Eine radiologische Gefährdungslage unterscheidet sich vom Katastrophenfall. Diese Foliensammlung ist nicht für den Katastrophenfall gedacht. Im Katastrophenfall gilt nur eines:

Folge den Anweisungen der zuständigen Behörden und der Einsatzkräfte des Katastrophenschutzes.

In einer radiologischen Gefährdungslage (vgl. die Auswirkungen, die Deutschland während des Reaktorunglücks von Tschernobyl 1986 betrafen) prasseln eine Unzahl von Daten und Bewertungen auf uns ein. Es ist schwer festzustellen, was davon glaubhaft, sachgerecht, übertrieben oder verharmlosend ist. Dazu fehlt den meisten von uns das Fachwissen. Außerdem haben wir Vorurteile gegenüber der einen oder anderen Informationsquelle.

Richtig vertrauen wir eigentlich nur uns selbst. Die Lösung besteht deshalb darin, im Ereignisfall einen Maßstab parat zu haben, den wir schon einmal persönlich in Ruhe auf Plausibilität geprüft haben und dem wir daher trauen. Diese Foliensammlung soll einen solchen Maßstab bereitstellen.

Im Ereignisfall hilft uns ein solcher Maßstab, die Qualität von Informationen und Maßgaben abzuschätzen. Es reicht dabei zu wissen, welche Größen einschließlich deren Maßeinheiten bei einer radiologischen Gefährdungslage eine Rolle spielen, ob die kommunizierten Messwerte mich tatsächlich betreffen und welche Größenordnung sie haben im Vergleich zu meinem Maßstab.

Es reicht, drei Größen zu kennen:

**Dosis, Dosisleistung, Aktivität.**

## **Dosis:**

Das Verstehen des Begriffs der Strahlendosis (kurz „Dosis“) ist nicht einfach. Dem kommt entgegen, dass es eine Dosisgröße gibt, die in der Regel zur Anwendung kommt und die in fast jedem Fall ausreichend aussagekräftig ist:

### **Effektive Dosis.**

Die Maßeinheit ist das Sievert (Sv). Gebräuchlich sind Bruchteile davon:

**mSv,  $\mu$ Sv.**

Die aufgenommene Dosis ist entscheidend für die Bewertung einer Strahlenexposition und für Maßnahmenempfehlungen. Allerdings kann die Dosis nicht so einfach gemessen werden, erst recht nicht in einer großräumigen Gefährdungslage bei jedem Einzelnen.

Eine wichtige Besonderheit gilt für radioaktives Jod. Es reichert sich in der Schilddrüse an. Maßgebende Dosis ist hier nicht die effektive Dosis, sondern die „Organdosis“ für die Schilddrüse.

### **Dosisleistung:**

Bin ich einer Bestrahlung von außen ausgesetzt, gibt die Dosisleistung an, welche Dosis ich in welcher Zeit erhalte. Die Dosisleistung, die in meiner Umgebung herrscht, ist - anders als die von ihr erzeugte Dosis - relativ einfach zu messen. Das machen Strahlenmessgeräte unmittelbar. Bin ich mit meinem Körper der Strahlung tatsächlich ausgesetzt, kann ich die Dosis, die ich persönlich erhalte, aus dem Messwert der Dosisleistung sofort ausrechnen. Ich brauch sie nur mit der Zeit multiplizieren. In einer großräumigen Gefährdungslage kann ich das Ergebnis der effektiven Dosis gleichsetzen.

Die Maßeinheit ist das Sievert/Zeiteinheit. Gebräuchlich ist:

**$\mu$ Sv/h.**

## **Dosisaufnahme durch Inkorporation:**

Dosis nimmt man nicht nur durch die Strahlung auf, die von außen auf den Körper einwirkt. Ebenso erhalte ich eine Dosis durch Zufuhr radioaktiver Stoffen mit der Atemluft und mit der Nahrung.

Um die Dosis in einem solchen Fall zu bestimmen, muss man grundsätzlich u.a. wissen, um welche radioaktiven Stoffe es sich handelt und welche Menge (s.u. „Aktivität“) man davon aufgenommen hat. Die Berechnung ist schwierig. In dieser Foliensammlung gebe ich lediglich „Faustformeln“ an. Diese gelten für „Spaltprodukte“ (s.u.), was in einer radiologischen Gefährdungslage einem realistischen Szenarium entspricht. Die Faustformeln sind „konservativ“, d.h. bei ihrer Anwendung werden die eigentlich maßgebenden Dosen nicht unterschätzt.

Die solchermaßen abgeschätzten, durch Inkorporation erhaltenen Dosen entstehen nicht unmittelbar im Moment der Aktivitätszufuhr. Sie sind auf den Zeitraum hochgerechnet, welcher der Zufuhr folgt und während dessen die radioaktiven Stoffe im Körper verbleiben.

## **Aktivität:**

Die Menge radioaktiver Stoffe wird bestimmt durch die Maßeinheit:

**Becquerel (Bq).**

Gebräuchlich sind Vielfache davon:

**kBq, MBq.**

Aktivitätsangaben sind nur in Verbindung mit dem konkreten Vorkommen sinnvoll, z.B. Aktivität pro Fläche, Aktivität pro Kubikmeter, fallweise oder in konkreten Zeitabschnitten zugeführte Aktivität usw.

## **Spaltprodukte:**

Radioaktive Spaltprodukte entstehen in einem Kernreaktor aus dem Kernbrennstoff (Uran oder Plutonium). Anders als der Kernbrennstoff selbst, sind bestimmte Spaltprodukte flüchtig und können sich bei einem Unfall über weite Strecken ausbreiten.

Spaltprodukte sind insbesondere radioaktives Krypton (Kr), Strontium (Sr), Zirkon (Zr), Molybdän (Mo), Ruthen (Ru), Tellur (Te), Iod (I), Xenon (Xe), Cäsium (Cs), Barium (Ba), Cer (Ce), die ihrerseits wieder radioaktive Zerfallsprodukte haben können.

**Bei Szenarien, wo mit einer Inkorporation auch von Kernbrennstoffen zu rechnen ist, besonders über die Atemluft, sind die Faustformeln dieser Foliensammlung nicht anwendbar.**

