

Strahlung



„Die Menschen in den Vereinigten Staaten beschwerten sich über unsere außer Kontrolle geratenen medizinischen Kosten. 30 % oder mehr der medizinischen Kosten sind auf die Luftverschmutzung durch fossile Brennstoffe zurückzuführen.“

Radioaktive Verschmutzung

Wir erleben regelmäßig einen Sturm der Angst vor Radioaktivität. Dies gilt insbesondere dann, wenn in einem Kernkraftwerk Probleme auftreten. Die Bürger in fast allen Ländern der Welt scheinen in eine Art Hysterie geraten zu sein, weil eine kleine Menge radioaktiver Partikel ihnen in die Quere kommen könnte.

Schauen wir uns einige Fakten über radioaktive Elemente, sogenannte Radionuklide, an. In der Natur gibt es über 60 davon. Eine Gruppe wurde vor der Erschaffung unserer Sonne gebildet. Diese sind in der Regel sehr langlebig, wie z. B. Uran 235, Uran 238, Thorium 232, Radium 226, Radon 222 und Kalium 40.

Jedes dieser langlebigen Elemente hat seine eigene einzigartige Halbwertszeit, die Zeit, die benötigt wird, bis die Hälfte einer bestimmten Menge Radioaktivität verschwindet. Die Halbwertszeit von Uran 235 beträgt $7,04 \times 10^8$ Jahre, das sind 7,04 mit 6 Nullen dahinter, oder 704.000.000 Jahre. Uran 238 hat eine Lebensdauer von $4,47 \times 10^9$ Jahren

(4.470.000.000 Jahre). Thorium 232 ist $1,41 \times 10^{10}$ Jahre (14.100.000.000). Radium 226 ist $1,60 \times 10^3$ Jahre (1.600 Jahre). Radon 222 beträgt 3,82 Tage. Potassium 40 beträgt $1,28 \times 10^9$ Jahre (1.280.000.000 Jahre). Kalium 40 wird in unserem Körper wesentlich stärker verteilt als Uran, Thorium, Radium oder Radon. [Es gibt zwischen 1 und 30 pCi/g – (pCi/g = ein Maß für die Radioaktivität) – (1 bis 30) eines Gramms Kaliumradionuklid, das mit einer Zerfallsrate von $3,7 \cdot 10^{-10}$ pro Sekunde zerfällt.]

Natürlich vorkommendes radioaktives Material kommt fast überall vor. Es findet sich in der Luft und im Boden und sogar als radioaktives Kalium in unserem eigenen Körper – und auch in den Kaliumjodid-Tabletten, die wir zum Schutz vor Strahlung erhalten. Strahlung – Alpha-, Beta-, Gammastrahlen, Röntgenstrahlen – findet sich in öffentlichen Wasserleitungen und Lebensmitteln wie Paranüssen, Getreide und Erdnussbutter.

Der durchschnittliche Mensch in den Vereinigten Staaten ist jedes Jahr etwa 360 Millirem Strahlung aus natürlichen Quellen ausgesetzt. Ein Millirem oder ein Tausendstel Rem ist ein Maß für die Strahlenbelastung. Mehr als 80 % dieser Belastung stammen von Hintergrundstrahlungsquellen. Konsumgüter tragen 10 Millirem/Jahr bei, während das Wohnen oder Arbeiten in einem Backsteingebäude weitere 70 Millirem/Jahr verursachen kann. Granit, Sandstein, Zement, Kalksteinbeton, Sandsteinbeton, Trockenbauplatten, Gipsnebenprodukte, Naturgips, Holz und Lehmziegel weisen jeweils ihren eigenen Grad an radioaktiven Elementen auf.

Eine Person, die eineinhalb Schachteln Zigaretten pro Tag raucht, erhöht ihre Exposition um 8000 Millirem/Jahr, während künstliche Zähne aus Porzellan die Exposition einer Person um weitere 1600 Millirem/Jahr erhöhen können.

Eine weitere Gruppe radioaktiver Teilchen entstand durch die Wechselwirkung einiger Elemente der Erde mit kosmischer Strahlung. Überall strömt kosmische Strahlung von außerhalb unseres Sonnensystems ein. Diese Strahlung kommt in vielen Formen vor, einschließlich schneller schwerer Teilchen, hochenergetischer Photonen und Myonen. Wenn diese Partikel auf unsere obere Atmosphäre treffen, interagieren einige mit Partikeln in unserer Atmosphäre und erzeugen radioaktive Elemente. Die meisten haben kurze Halbwertszeiten, einige jedoch nicht. Die Halbwertszeit von Kohlenstoff 14 beträgt 5.730 Jahre. Die Halbwertszeit von Wasserstoff 3 (Tritium) beträgt 12,3 Jahre. Die Halbwertszeit von Beryllium 7 beträgt 53,28 Tage. Eine durchschnittliche Dosis von 27 mrem pro Jahr wird aus primären und sekundären kosmischen Quellen aufgenommen. Diese Zahl verdoppelt sich bei jedem Höhenunterschied um 6.000 Fuß. Durch das Fliegen erhöht sich Ihre Jahresdosis um einige zusätzliche MREM, je nachdem, wie oft Sie fliegen, wie hoch das Flugzeug fliegt und wie lange Sie in der Luft sind.

Offensichtlich sind Astronauten Strahlung ausgesetzt, wenn sie den Schutz der Erdatmosphäre verlassen und insbesondere, wenn sie den Van-Allen-Strahlungsgürtel passieren.

Dann gibt es natürlich noch die Gruppe der vom Menschen verstärkten oder erzeugten Strahlung, eine sehr kleine Menge im Vergleich zur natürlich gebildeten Gruppe. Diese bestehen aus Tritium, dessen Halbwertszeit 12,3 Jahre beträgt. Die Halbwertszeit von Jod 131 beträgt 8,04 Tage. Die Halbwertszeit von Jod 129 beträgt $1,57 \times 10^7$ Tage (ca. 43.000 Jahre). Cäsium 137, dessen Halbwertszeit 30,17 Jahre beträgt. Strontium 90 mit einer Halbwertszeit von 28,78 Jahren. Technetium 99 mit einer Halbwertszeit von $2,11 \times 10^5$ Jahren (211.000 Jahre). Plutonium 239 mit einer Halbwertszeit von $2,41 \times 10^4$ Jahren (24.100 Jahre).

Alle Luft, Wasser und Böden enthalten radioaktive Elemente. Tatsächlich sind sie sogar in unserem Inneren zu finden, Elemente, aus denen unsere Zellen, unser Gewebe, unsere Organe und schließlich unser Körper bestehen.

Lassen Sie uns das ins rechte Licht rücken. Angenommen, Sie haben einen Garten, der 10 mal 40 Fuß breit ist, und von Zeit zu Zeit müssen Sie den Garten 1/2 Fuß tief spaten. Hier ist eine Tabelle, die die ungefähre Menge radioaktiver Substanzen zeigt, auf die Sie bei jeder gesamten Gartenumdrehung stoßen würden:

Uran	0,00158 Kilogramm	1,58 Gramm
Thorium	0,0086 Kilogramm	0,86 Gramm
Kalium 40	0,00144 Kilogramm	1,44 Gramm
Radium	0,000002 Gramm	0,000002 Gramm
Radon	0,0000008 Mikrogramm	0,0000008 Mikrogramm

Wie Sie sehen, enthält Ihr Gemüse einige radioaktive Elemente. Silizium, Eisen, Magnesium, Kalium, Phosphor und praktisch das gesamte Periodensystem der Elemente sind im Allgemeinen in kleineren oder Spurenmengen vorhanden.

Es ist klar, dass Ihre Pflanzen etwas radioaktives Kalium 40 aufnehmen werden. Kalium ist ein Element, das Ihr Körper haben muss. Bei trockenem Wetter weht der Wind einige der oben genannten Elemente. Regen wird einen Teil davon auf das Land des Nachbarn, in Bäche, Seen oder Ozeane spülen.

Schauen wir uns eine wirklich große landwirtschaftliche Fläche an, auf der Mais, Weizen, Soja oder was auch immer angebaut wird. Gehen Sie davon aus, dass der Pflug eine Fläche von 1 Quadratmeile mal 1 Quadratmeile und eine Tiefe von 6 Zoll hat. Während des Pflügens würden Sie auf Folgendes stoßen:

Uran	550 Kilogramm	550.000 Gramm = 121 Pfund (radioaktiv)
Thorium	6.000 Kilogramm	6.000.000 Gramm = 13.200 Pfund (radioaktiv)
Kalium 40	1.000 Kilogramm	1.000.000 Gramm = 2.200 Pfund (radioaktiv)
Radium		0,8 Gramm = 0,8 Gramm
Radon		5,5 Mikrogramm = 0,5 Mikrogramm

Alle Lebensmittel enthalten eine geringe Menge Radioaktivität. Die folgende Tabelle bietet relative Vergleiche zwischen Kalium 40 und Radium pro Kilogramm einiger Produkte:

	Kalium 40	Radium 226
Banane	3.520	1
Paranuss	5.600	1.000 bis 7.000
Karotte	3.400	0,62
Weißer Kartoffeln	3.400	1 bis 2,5
Bier	390	---
Limabohnen roh	4.640	2 bis 5
Wasser trinken	---	0 bis 0,17

Der Pazifische Ozean enthält etwa $6,549 \times 10^{17}$ Kubikmeter Wasser. Der Atlantik etwa $3,095 \times 10^{17}$ Kubikmeter. Insgesamt gibt es auf unserem Planeten mehr als $1,3 \times 10^{18}$ Kubikmeter Wasser.

Jedes Wasser enthält radioaktive Elemente: Uran, Kalium 40, Tritium, Kohlenstoff 14, Rubidium 87.

Es gibt über 1.500 verschiedene radioaktive Nuklide. Praktisch alle Elemente haben ein oder mehrere Isotope, viele davon sind radioaktiv. Im Jahr 1997 wurden in hochwertiger Kohleasche 62 radioaktive Elemente identifiziert. Bei einigen davon handelte es sich um kleine Spurenelemente, bei anderen um größere.

Das rem ist eine Einheit zur Ableitung einer Größe, die als Äquivalentdosis bezeichnet wird. Dadurch wird die absorbierte Dosis im menschlichen Gewebe mit der effektiven biologischen Schädigung der Strahlung in Beziehung gesetzt. Nicht jede Strahlung hat die gleiche biologische Wirkung, selbst bei gleicher absorbierter Dosis. Die Äquivalentdosis wird oft in Tausendstel Rem oder mrem ausgedrückt. Um die Äquivalentdosis (rem) zu bestimmen, multiplizieren Sie die absorbierte Dosis (rad) mit einem Qualitätsfaktor (Q), der für die Art der einfallenden Strahlung eindeutig ist. Viele Einheiten werden in kleinere Einheiten zerlegt oder als Vielfache ausgedrückt, wobei standardmäßige metrische Präfixe verwendet werden. Beispielsweise ist ein Kilobecquerel (kBq) 1000 Becquerel, ein Millirad (mrad) ist 10^{-3} rad (1/1000), ein Mikrogramm (μ rem) ist 10^{-6} rem (1/1.000.000) und ein Nanogramm ist 10^{-9} Gramm

(1/1.000.000.000) und ein Picocurie entspricht 10-12 Curies (1/1.000.000.000.000). Ein Becquerel ist die Menge radioaktiven Materials, die in einer Sekunde eine Umwandlung durchführt.

Laut „Radioactivity in Nature“ der Idaho State University und deren Verwendung von Merrill Eisenbuds und Tom Gesells Environmental Radioactivity from Natural, Industrial and Military Sources (Academic Press, 4. Aufl.) und anderen Quellen beträgt die durchschnittliche geschätzte Exposition des Menschen oder die effektive Äquivalentdosis Die Strahlung beträgt in den Vereinigten Staaten 360 mrem (milirem: 1.000stel rem) pro Erwachsenen und teilt sich wie folgt auf:

	µSv	mrem
Eingeatmet (Radon und Zerfallsprodukte)	2000	200
Andere intern abgelagerte Radionuklide	390	39
Terrestrische Strahlung	280	28
Kosmische Strahlung	270	27
Kosmogene Radioaktivität	10	1
Gerundete Summe aus natürlichen Quellen	3000	300
Gerundete Summe aus künstlichen Quellen	600	60
Insgesamt aus allen Quellen	3600	360

Auf der Erde ist es nicht möglich, der Radioaktivität zu entkommen – und oberhalb unserer Atmosphäre ist dies noch viel, viel schwieriger. Unser Körper – in der Tat alle Lebensformen auf der Erde – hat sich unter der Einwirkung von Radioaktivität entwickelt, die in geringem Maße auch eine Quelle genetischer Mutationen sein könnte, die zur Entstehung verschiedener Arten führen.

Unser menschlicher Körper verfügt daher über eine gewisse Fähigkeit, mit Radioaktivität umzugehen, aber wie beim Ertrinken im Wasser kann der Körper nur eine bestimmte Menge Radioaktivität verarbeiten, und diese Menge hängt von der Genetik, dem Alter, der Art der Strahlung, der Dauer der Exposition und dem Gesundheitszustand ab. Die geschätzte natürliche Radioaktivität in unserem Körper ergibt sich wie folgt:

	Totale Masse	Tägliche Aufnahme von Nukliden
Uran	90 µg	1,9 µg (Mikrogramm)
Thorium	30 µg	3 µg (Mikrogramm)
Kalium 40	17 µg	0,39 µg (Mikrogramm)
Radium	31 Seiten	2,3 pg (Pikogramm)
Kohlenstoff 14	22 ng	1,8 ng (Nanogramm)

	Totale Masse	Tägliche Aufnahme von Nukliden
Tritium	0,06 S	0,003 pg (Pikogramm)
Polonium	0,2 S	ca. 0,6 fg (Femtogramm)

Unser Planet ist nicht gleichmäßig mit radioaktivem Material besiedelt. In Brasilien, Indien und China treten starke Hintergrundquellen auf, hauptsächlich aufgrund der Konzentrationen bestimmter Mineralien. Bestimmte schwarze Strände enthalten hohe Konzentrationen radioaktiver Elemente.

Mittlerweile ist es leicht zu verstehen, dass diejenigen, die uns daran erinnern, dass es nur einen Kernzerfall in einer Zelle braucht, um die Entstehung von Krebs zu beginnen, aus völliger Unwissenheit sprechen. Alles Leben auf der Erde enthält radioaktive Elemente, auch wir selbst!

Kohle als Hauptquelle der Radioaktivität

Als ich in den vierziger Jahren mein Graduiertenstudium in Nashville, Tennessee, absolvierte, nutzten fast alle Haushalte und Unternehmen Weichkohle zum Heizen. Ich wohnte im 3. Stock eines Wohnheims. Im Winter wurden die Zimmerfenster zur Temperaturkontrolle geöffnet. Als ich morgens aufwachte, konnte ich kaum Details in den Wänden gegenüber von mir erkennen, so viel Kohlenrauch hing überall. Diese häufige schwarze Erscheinung entstand, weil Nashville, Tennessee, in einer Art Schüssel lag, die den schweren Kohlenrauch auffing, sofern kein guter Wind wehte. Schließlich haben die Stadtväter von Nashville dieses Problem gelöst und nun ist die Stadt Tag und Nacht sauber. Mein Punkt ist folgender: Kohlenrauch gilt seit langem als die Hauptverschmutzung durch die Verbrennung von Kohle. Bereits zu Beginn der frühesten industriellen Revolution in England wurde der dichte, schwarze Rauch aus der Kohleverbrennung von Dampfmaschinen, Eisenbahnlokomotiven usw. in den Köpfen der meisten als die wichtigste unvermeidbare Quelle der Luftverschmutzung identifiziert.

Als nächstes wurde Kohle für die beschleunigte Erwärmung unseres Planeten verantwortlich gemacht. Kohle enthält neben vielen anderen Elementen Schwefel und erzeugt Schwefeldioxid und andere Schwefelprodukte – sowie Kohlendioxid (CO₂). Die Konzentrationen von CO₂ und Methan sind seit 1750 um 36 % bzw. 148 % gestiegen. Diese Werte sind viel höher als jemals zuvor in den letzten 800.000 Jahren, dem Zeitraum, für den zuverlässige Daten aus Eiskernen gewonnen wurden. Höhere CO₂-Werte waren zuletzt vor 20 Millionen Jahren zu verzeichnen. Etwa drei Viertel des CO₂-Anstiegs sind auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe in den letzten 20 Jahren zurückzuführen. Der Großteil des Rests ist auf Landnutzungsänderungen, insbesondere Abholzung, zurückzuführen.

Die Vereinigten Staaten verfügen über mehr Kohlereserven als jedes andere Land der Erde: 507,7 Milliarden Tonnen. Weitere 1.223,2 Tonnen

wurden identifiziert und ebenfalls vermutet, dass sie existieren. Schätzungsweise 2.237,4 Tonnen mehr müssen noch entdeckt werden. Kohle ist auch die wichtigste Stromquelle.

Kohle wird in 100 Ländern gefördert. China, Indien und die Vereinigten Staaten waren 2006 die größten Kohleproduzenten, auf die Vereinigten Staaten entfielen 38 %. Nach Angaben der Energy Information Administration entsprechen 933 Tonnen unserer förderbaren Kohle 4.116 Milliarden Barrel Öl. Im Jahr 2007 verbrannten die USA 7,075 Milliarden Tonnen Kohle. Dies entspricht im Wärmegehalt 57.000.000 Barrel Öl pro Tag oder $365 \times 57.000.000 = 21.375.000.000$ Barrel Öl pro Jahr.

Die größten Kohlereserven befinden sich in den Vereinigten Staaten, Russland, China, Indien und Australien.

British Petroleum schätzte im Jahr 2006, dass weltweit schätzungsweise 909.064 Millionen Tonnen nachgewiesene Kohlereserven vorhanden seien. Die weltweit nachgewiesenen Reserven würden der Welt schätzungsweise 147 Jahre reichen. (Als ich in der Grundschule war, wurde mir gesagt, dass die USA genug Kohle für 1.000 Jahre hätten. Junge! Ist unsere Verbrauchsrate gestiegen? Oder was? Oh, klar, Bevölkerungswachstum und Industrialisierung! Bei einem Wachstum von 5 % pro Jahr diese würde sich auf 45 Jahre bzw. bis 2051 verkürzen.)

Die Hauptzusammensetzung von Kohle besteht aus Kohlenstoff, Schwefel, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Wir haben bereits 62 radioaktive Elemente erwähnt, die in Kohleasche und Schornsteinen gefunden wurden.

Kohle entstand vor Millionen von Jahren als abgefallenes Pflanzenmaterial, das sich unter saurem Wasser in weiten Flachmeeren der Karbonzeit anhäufte. Riesige Torfmoore wurden schließlich von Sedimenten begraben und diese Schichten pflanzlichen Materials verwandelten sich in Kohle, ein festes Material. Torf, ein Vorprodukt der Steinkohle, wird in Irland und Finnland verwendet. Es ist eine gute Wärmequelle, wenn es aus der Feuchtigkeit der Moore getrocknet wird, aus denen es abgebaut wird. Braunkohle ist eine „steinige“ Kohle, die (ich erinnere mich) schwer in Gang zu bringen ist, aber sobald sie in Betrieb ist, brennt sie und erzeugt beträchtliche Wärme. Steinkohle ist ein dichtes schwarzes Mineral. Sein Heizwert (BTU) ist normalerweise höher als der von Torf oder Braunkohle, weshalb es in Tausenden von Güterwagenladungen zu jedem Kohlekraftwerk transportiert wird. Anthrazit, normalerweise glänzend und schwarz, wird am häufigsten für die Beheizung von gewerblichen Räumen und Wohngebäuden verwendet. Erwähnenswert ist auch Schiefer, der sehr schwer zu entzünden ist, aber zum Brennen und sogar zur Gewinnung von Öl verarbeitet werden kann.

Natürlich unterliegen alle Klassifizierungen den Unterschieden in den geografischen Regionen und der Vergangenheit der einzelnen Lagerstätten.

Fast jeder weiß, dass Kohle entweder in unter der Oberfläche verlaufenden Flözen aus dem Boden gefördert wird oder dass die Oberfläche selbst abgetragen wird, bis die Kohleflöze erreicht sind. Kohle kann auch zur Herstellung von Koks verwendet werden, wobei die flüchtigen Bestandteile durch Backen in einem Ofen ohne Sauerstoff bei Temperaturen von bis zu 10.000 °C (1.83.200 °F) ausgetrieben werden. Durch die Reaktion von Kohle und Erdgas entsteht Ethanol.

Synthesegas, eine Mischung aus Kohlenmonoxid und Wasserstoffgas, kann aus Kohle hergestellt und durch einen Verflüssigungsprozess auch in Benzin umgewandelt werden. Kohle kann auch raffiniert werden, um Feuchtigkeit und bestimmte Schadstoffe zu entfernen.

Es ist klar, dass die Nutzung von Kohle ein notwendiger Bestandteil unserer Umwelt ist. Die meisten Diskussionen über seine schädlichen Auswirkungen drehen sich jedoch um CO₂-Emissionen und in gewissem Maße um Schwefelprodukte. Hier sind einige der Nachteile unseres großzügigen Einsatzes von Kohle:

1. Bei der Verbrennung von Kohle entstehen Hunderte Millionen Tonnen Abfallprodukte, darunter Flugasche, Schlacke und Rauchgasentschwefelungsschlamm, die Quecksilber, Uran, Thorium, Arsen und andere Schwermetalle enthalten. Ein Teil dieses Schlamms wird für Deponien und sogar für Ackerland verwendet, ganz zu schweigen von den Arsengiften.
2. Kohle mit hohem Schwefelgehalt erzeugt sauren Regen. Saurer Regen versauert unsere Ozeane und Seen und hat weitere schädliche Folgen.
3. Der Kohleabbau stört das Grundwasser, verschmutzt unseren Grundwasserspiegel und beeinträchtigt auch den Flussfluss und andere Landnutzungen.
4. Kohlekraftwerke verkürzen in den Vereinigten Staaten jedes Jahr fast 24.000 Menschenleben, darunter 2.800 durch Lungenkrebs. Wie lässt sich das mit dem Zigarettenrauchen vergleichen, das laut „[Tabak ` 443.000 Todesfälle verursacht?\(Link ist extern\)](#)“ auf der Website des National Cancer Institute. Anscheinend werden nur 0,6 % aller Todesfälle durch Lungenkrebs durch Kohleemissionen verursacht, aber 5 % der Todesfälle insgesamt werden auf Kohlekraftwerke zurückgeführt.
5. Kohlekraftwerke emittieren Quecksilber, Selen und Arsen, die schädlich für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sind. Das Umweltschutzministerium gibt an, dass es keine Untergrenze für die Menge an Quecksilber gibt, die Menschen tolerieren können. Und radioaktive Auswirkungen sind noch nicht berücksichtigt!
6. Die Verbrennung von Kohle verursacht die größte CO₂-Freisetzung in der Luft. Weltweit brennen Hunderte von Kohlebränden. Unter der Erde sind sie nicht nur schwer zu lokalisieren, sondern auch fast unmöglich zu löschen. Kohlebrände in China zum Beispiel. 109 Millionen Tonnen pro Jahr verbrennen und dabei 360 Tonnen CO₂

ausstoßen. Schätzungen zufolge stammen 2-3 % der jährlichen weltweiten CO₂-Produktion aus unkontrollierter Kohleverbrennung. Dies entspricht der Kohle, die in Kohlekraftwerken verbrannt wurde, und der Kohle, die von allen Lastwagen und Zügen in den Vereinigten Staaten transportiert wird. Diese unterirdischen Brände werden oft durch oberflächliche Grasbrände, Müllbrände, Blitzschlag oder sogar Selbstentzündung ausgelöst. Der Australian Burning Mountain, von dem ursprünglich angenommen wurde, dass er ein Vulkan ist, brennt seit 5.000 Jahren Kohle! 200 Millionen Tonnen Kohle pro Jahr brennen seit Millionen von Jahren auf natürliche Weise unter der Erde!

OK! Das wissen Sie also alles.

Aber um Kohle zu ersetzen, müsste die Welt jährlich 1.150 Kernkraftwerke bauen und jährlich 70 Billionen Kubikfuß Gas anzapfen!

Hier und da beseitigen einige Kohlekraftwerke einen Teil ihrer Emissionen. Das ist gut. Der anhaltende und große radioaktive Niederschlag aus der Kohleverbrennung wird jedoch selten erwähnt. Schauen wir uns einige weitere Fakten an. Laut [US Geological Survey Bulletin 1823](#) (Link ist extern) In den 1985 entnommenen Flugascheprobe wurde Kalium in einer Konzentration von 0,0748 % gefunden. Dies ist nicht verwunderlich, da Kalium das achthäufigste Element in der Erdkruste ist, das Schätzungen zufolge zwischen 2,0 und 2,5 Prozent vorkommt, nur etwas weniger häufig als sein alkalischer Cousin Natrium.

Es gibt drei natürlich vorkommende Kaliumisotope: Kalium 39, Kalium 40 und Kalium 41. Wir interessieren uns für das radioaktive Kalium 40.

In jeder Menge Kalium sind 0,0118 % Kalium 40 mit einer Halbwertszeit von 1.260.000.000 Jahren enthalten.

Daraus folgt, dass eine gegebene Einheit Kohle $0,00078 \times 0,000188 = 0,00000014664$ Einheiten radioaktives Kalium enthält. Das sind $1,4664 \times 10^{-7}$ Einheiten Kalium, oder sagen wir $1,4664 \times 10^{-5}$ Prozent.

Kein Grund zur Sorge, oder? Der menschliche Körper besteht zu 0,012 Prozent aus deutlich mehr radioaktivem Kalium 40. Der durchschnittliche Mensch mit einem Gewicht von 70 Kilogramm (150 Pfund) hat 140 Gramm (5 Unzen) Kalium in seinem Körper. Die normale tägliche Kaliumaufnahme beträgt etwa 3,3 Gramm (0,1 Unzen). Da Kalium in allen Pflanzen vorkommt, hat der Mensch normalerweise keine Probleme, ausreichend Kalium über die tägliche Nahrung aufzunehmen. Multiplizieren Sie 5 Unzen mit 0,012 % und finden Sie heraus, dass der menschliche Körper etwa sechs Zehntausendstel Unzen radioaktives Kalium enthält und täglich etwa 0,000012 Unzen Kalium aufnimmt. Einige schätzen, dass der menschliche Körper durchschnittlich etwa 2,5 Gramm Kalium pro Tag aufnimmt. Sie sagen, dass dies 80 Becquerel entspricht, die jede Sekunde 80 radioaktive Zerfälle erzeugen. 140 Gramm Kalium in einem normalen

Mann enthalten etwa 4.400 Becquerel oder etwa 4.400 Zerfälle pro Sekunde. Wenn man bedenkt, dass Kalium in der Nähe der interstitiellen Flüssigkeiten zerfällt, befinden sich etwa 98 % im Körper innerhalb der Zellen. Somit finden mindestens 98 % der Zerfälle innerhalb der Körperzellen statt und können möglicherweise unsere DNA verändern (von [KALIUM, EIN RADIOAKTIVES ELEMENT?\(Link ist extern\)](#)).

Laut Wikipedia wurden im Jahr 2006 6.743.786.000 Tonnen Kohle verbraucht. Bis 2030 soll der Verbrauch um 48 % auf 9,98 Milliarden Tonnen steigen.

6.743.786.000 Tonnen x 2000 = 1.348.757.000.000 Pfund Kohle, die pro Jahr weltweit verbraucht werden (2006).

0,00000014664 radioaktives Kalium pro Pfund Kohle mal
 1.348.757.000.000 Pfund Kohle, die weltweit jährlich verbraucht werden
 = 19.780 Pfund radioaktives Kalium gelangen jährlich in unsere Umwelt –
 Tendenz steigend! (Vergessen Sie nicht, dass die Halbwertszeit
 1.260.000.000 Jahre beträgt. Die zusammengesetzte Akkumulation mit
 dieser Zerfallsrate wird signifikant.)

Kalium ist nur ein Isotop, das uns durch die Verbrennung von Kohle beeinträchtigen könnte. Die meisten Elemente aus dem Periodensystem der Elemente haben Isotope. Die folgenden zusätzlichen Elemente, die aus Kohlekraftwerken freigesetzt werden, werden gemäß dem US Geological Survey Bulletin 1823 in Milligramm/Gramm Kohleasche aufgeführt: (Diese Zahlen variieren je nach Art und Ort der gemessenen Kohle.)

Element	Konzentration in mg/g
Al(%)	0,855
Als	3,72
Ba	67,5
C(%)	78.11
Ca	0,204
CD	0,0573
Co	2.29
Cu	6.28
Fe(%)	0,759
H(%)	5.07
Mg(%)	0,0383
Mn	12.4
N(%)	1,56

Element	Konzentration in mg/g
N / A(%)	0,0515
Ni	6.10
Pb	3,67
Rb	5.05
S(%)	1,89
Th	1,34
Ti(%)	0,0454
U	0,436
Zn	11.9

Die Radionuklide all dieser Emissionen tragen erheblich zu unserer weltweiten radioaktiven Belastung bei.

Interessieren Sie sich für den Beitrag der Radioaktivität aller Isotope all dieser Elemente?

Finden Sie einfach den Prozentsatz des radioaktiven Isotops in jedem Pfund Kohle eines bestimmten Elements oben und addieren Sie alle zusammen mit meiner Zahl von 19.780 Pfund Kalium 40.

Wenn Sie mit dieser Nachmittagsübung fertig sind, bedenken Sie, dass wir die radioaktiven Beiträge von Öl und Gas noch nicht ermittelt haben!!

Sie werden meiner Meinung nach auch zustimmen, dass der Homo Sapiens mit Radioaktivität gesättigt ist und dass wir das Gebräu täglich eindicken!!

von Anthony di Fabio