Ronneburger Internetausgabe s/w

Strahlentelex

Unabhängiges Informationsblatt zu Radioaktivität, Strahlung, Radon-Belastungen sowie aktuellen Umweltproblemen

Ausgabe 04/2022
Preis :2 €

ISSN 2749-8417 (print)
2748-873X (online)

www.kirchengemeinde-ronneburg.de

Nr. 06 vom 01.12.2022

Nuklear-Abfall
Endlagerung in Deutschland und Schweiz Seite 2 u. 8/9

Elektromagnetische Felder
Handystrahlung Seite 3 – 5

Radon
Lokales Radon-potential Seite 6 - 8

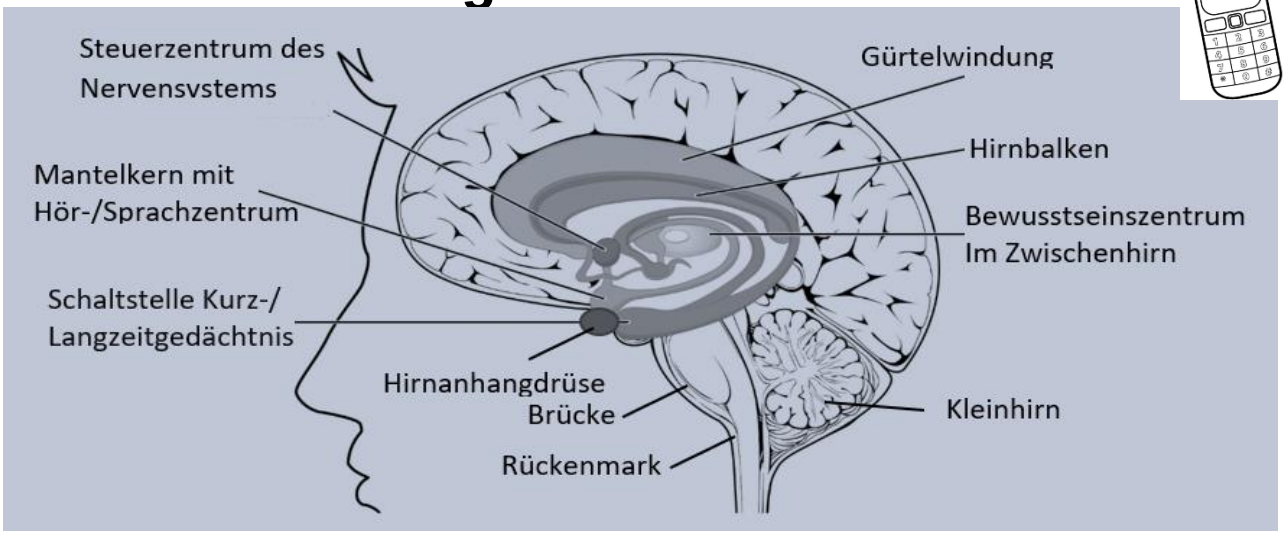
Radonvorsorgegebiete in
Sachsen auf Seite 10/11

Atomwaffen: auf Seite 12/13
Der Atomwaffen-verbotsvertrag

Aktuelles Umweltthema:
Überblick zur CO_2 - Belastung Seite 14

Regionales:
Radon in Ronne-burg 1986-2022 auf Seite 15/16

Handystrahlung und Hirntumore – eine Auswertung der neuesten Studie



Zum kanzerogenen Charakter elektromagnetischer Mobilfunkstrahlung existieren unzählige Studien. Meist handelt es sich eher um Statements als um datenbasierte Untersuchungsergebnisse. Vergleichsweise wenige Studien gelten als epidemiologisch relevant. Ein für die Weltgesundheitsorganisation (WHO) tätiges Institut, die Agentur für Krebsforschung IARC, veröffentlichte 2022 eine solche. Der Strahlentelex stellt deren Ergebnisse und den Erkenntnisgewinn für den Mobilfunknutzer vor.

There are countless studies on the carcinogenic character of electromagnetic mobile radio radiation. In most cases, these are statements rather than data-based research results. Comparatively few studies are considered epidemiologically relevant. An institute working for the World Health Organization (WHO), the Agency for Research on Cancer IARC, published one in 2022. The Radiation Telex presents their results and the gain in recognition for the mobile phone user.

informativ

Info-Flut zur EMF-Kanzerogenität

Mit dem Aufkommen der Mobilfunktechnik schossen zeitweise nationale und internationale Fachgremien, -kommissionen, -komitees, staatliche und private Gutachterorganisationen, Hochschulgremien und schließlich auch jede Menge redlicher und weniger redlicher Fachbüros/-institute aus dem Boden. Alles dreht sich um Gebrauch und Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Das Internet ist voll von Regelungsvorschlägen und Grenzwertempfehlungen. Das Verhältnis zwischen den dafür verbrauchten Finanzmitteln und den tatsächlichen Ergebnissen ist sehr dürftig. Mehr als Frequenzbereichen unterschiedliche biologisch relevante Größen zuzuweisen, deren Wirkungen und Effekte unendlich diskutiert werden, kam bisher nicht zu Stande. Inzwischen dürften über 30.000 Veröffentlichungen vorliegen, die den wissenschaftlich anerkannten Sektor zuzuordnen sind und die überwiegend mit öffentlichen Geldern finanziert wurden und werden. Hinzu kämen unendlich viele Statements und diverse Untersuchungen, die sozusagen „frei“ im Netz kursieren. Umso wichtiger ist es, einen Überblick zu wahren, der so faktenreich wie nötig, dem auf Mobilfunk angewiesenen oder ausgesetzten Bürger auch von Nutzen ist. Dem dient der Hauptbeitrag dieser Strahlentelex-Ausgabe.

Endlagersuche für hochradioaktive Abfälle (Sachstand):

Am 29.09. und 19.10.22 lud das Planungsteam Forum Endlagersuche (PFE) zu weiteren öffentlichen Sitzungen ein. Der dabei erreichte Arbeitsstand der „Methodenentwicklung zur Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß Anlage 12 (zu §25) StandAG“ kann unter (1) nachvollzogen werden. Die diskutierten allgemeinen Vor- und Randbedingungen und Verfahrensfragen sind nicht zu unterschätzen. Bereits folgende Zusammenfassung verweist auf Fallstricke, die bei späteren Widersprüchen nicht mehr zu beeinflussen sind:

- Das Standortauswahlgesetz definiert elf planungswissenschaftliche Abwägungskriterien.
- Sie sind nachrangig zu den geowissenschaftlichen Kriterien und Anforderungen des Standortauswahlverfahrens.
- Ihre Anwendung erfolgt optional und nur dann, wenn der Blick auf die Geologie allein nicht reicht, um potenziell günstige Gebiete einzugrenzen oder zu vergleichen.

Von den insgesamt elf Kriterien, wurden bei den Veranstaltungen insbesondere die ersten zwei Kriterien „Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten“ und „Emissionen (zum Beispiel Lärm, Schadstoffe)“ vorgestellt und diskutiert.

Die Bewertung nach (2) würde bei Einbeziehung aller 11 Kriterien beispielsweise Gebiete als nicht zu begünstigen ausweisen, wenn Abstände zu diversen Bebauungen und Einrichtungen nicht eingehalten werden können. Dazu zählen urbane Bebauungen (< 500 m) zzgl. einer vom Endlager ausgehende Emissionsbewertung; Abstand zu 12. BImSchV-Anlagen unter 500 bzw. 200 m; bestimmte Naturschutzgebiete und Kulturgüter mit flexibler Einschätzung. Ausschlussgebiete wären Flächen mit anerkannten Bodenschätzen, Geothermie, oberflächennahen und tiefen Grundwasservorkommen, soweit zur Trinkwassernutzung vorgesehen (anerkannte TW-Schutzgebiete). Damit erschöpfen sich bereits die nicht geowissenschaftlichen Auswahlkriterien.

(1)https://derefminusweb.de/mail/client/seGKbPg40EI/dereferrer/?redirectUrl=https:/www.bge.de/endlagersuche/standortregionen/planwk/

(2) Anlage 12 StandAG, Fundstelle u.a. BGBl I 2017, 1100

In dieser Ausgabe

Das Hautthema dieser Ausgabe widmet sich gesundheitlichen Gefahren durch Handynutzung, die sich aus amtlich anerkannten Studien ergeben oder auch nicht. Derartige epidemiologische Studien sind sehr selten, umso wichtiger ist es, deren tatsächlichen Erkenntnisgewinn allgemeinverständlich zu bewerten (S. 3-5). **In Fortführung** der Erläuterung vermeintlich wissenschaftlicher Modelle der geologischen Radonbelastung der Bevölkerung wird auf S. 6-8 der Versuch, regionale Radonpotentiale kreieren zu können, einer theoretischen und praktischen Prüfung unterzogen. **Der Aufreger** im Monat September galt der amtlichen Fixierung des nuklearen Endlagerstandortes der Schweiz unmittelbar an der deutschen Grenze – Aufklärung hierzu auf S. 8/9. **Fachlich** schließt sich die Erläuterung und Durchleuchtung der sächsischen Verordnung zur Radonvorsorge an (S. 10/11). **Unser Gastbeitrag** auf S. 12/13 bindet ein fast nicht bekanntes, aber enorm wichtiges und schon weit gediehenen Thema ein: Den Atomwaffen-Verbotsvertrag.
Das neueste (teure) Buch von G. Thunberg vereinnahmt die Zeichen der Zeit für sich, setzt aus Sicht des Strahlentelex aber nicht die zeitgemäße Priorität (S. 14). **Die beiden letzten Seiten** der Druckausgabe sind einer dreiteiligen Beschreibung und Dokumentation der Radonbelastung der Stadt Ronneburg vorbehalten.

Impressum: Herausgeber Kirchlicher Umweltkreis Ronneburg (gegründet 1988); Erscheinungsort: Ronneburg (Deutschland); alle Rechte liegen bei dem jeweiligen Verfasser. Erscheint 4/a zum jeweiligen Druckkostenpreis der kolorierten print-Ausgabe (diese Ausgabe 2,00 €); Bezug über franklange44@web.de; © Copyright 2022 by Frank Lange. Die hier und auf unserer Webseite veröffentlichen Inhalte und Werke unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Für den Inhalt sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.
Druck: Nicolaus & Partner - 04626 Nöbdenitz; Der Druck auch dieser Ausgabe erfolgt mit finanzieller Unterstützung von **A. Krichi** aus Swisstal-Heimerzheim.
Die s/w online-Ausgabe erscheint etwas vereinfacht und ohne Regionalteil zum 20.12.2022.
ISSN 2748-873X (online) 2749-8417 (print)

Elektromagnetische Felder (EMF)

Handynutzung und das Risiko einer Hirntumorerkrankung

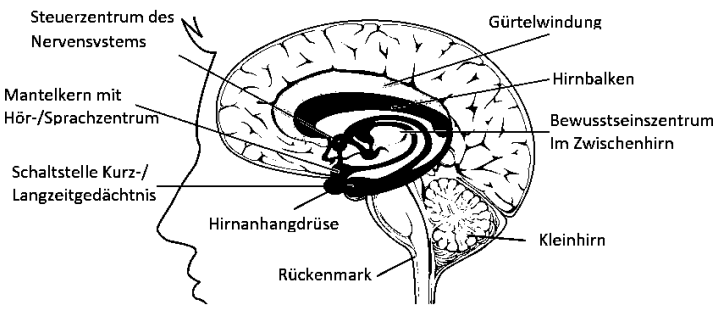
Ergebnisse der neusten epidemiologischen Studie der IARC aus Lyon

Über die gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern (EMF), wie sie vor allem durch WLAN-Router oder Handys erzeugt werden, gibt es seit langen und wiederholt Kontroversen. Insbesondere bringt man die EMF in Zusammenhang mit Hirntumoren. Der Vielfalt von hierfür präsentierten Studien mangelt es zumeist an ausreichenden Fallzahlen, um einer wissenschaftlich anerkannten epidemiologischen Anforderung gerecht zu werden. Die (WHO-)Krebsforschungsagentur International Agency for Research on Cancer IARC in Lyon veröffentlichte im März 2022 die neueste Studie [1] zur Thematik Hirntumore durch EMF, die zumindest den epidemiologischen Ansprüchen gerecht wird. Sie stellt eine analytische Detailliierung einer seit 1999 laufenden Studie „*UK Million Women Study*" dar. In Großbritannien erfolgten im Rahmen des Mammographie-Screenings von über 50jährigen Frauen in zwei Zeitetappen Befragungen zum Handy-Gebrauch.

Um es vorweg zu nehmen: *„Die Ergebnisse unterstützen die sich häufenden Beweise dafür, dass die Nutzung von Mobiltelefonen unter normalen Bedingungen die Inzidenz von Hirntumoren nicht erhöht."* (übersetzt aus [1] S. 704)

Warum lohnt es dann, sich näher mit dieser epidemiologischen Untersuchung zu beschäftigen? Zum einen geben die Autoren als Neuheit ihrer Veröffentlichung an: *„Hier bieten wir ein Update mit zusätzlicher Nachuntersuchung, einem Anstieg der Anzahl von Hirntumoren um 60% und neuen Analysen nach Tumorlateralität (links-/rechtsseitige Lokalisation) und -position im Gehirn."* Zum anderen ist es an Hand der vorgelegten Daten eine Klärung wert, in wie weit ein berechtigter Handlungsbedarf besteht, den bisherigen offiziellen Erkenntnissen der uneingeschränkten Mobilfunknutzung, weiteren Forschungsbedarf folgen zu lassen.

Abb. 1: Funktionszerstörung im menschlichen Gehirn durch Tumore



Entwicklung der Kohorte

776.156 Frauen beteiligten sich gleichbleibend aber abnehmend an der Studie. In die sogenannten Medianjahre 2001 und 2011 fielen Fragebögen von 1999-2005 und 2009-2013. Mit Stichtag 31.12.2017 endete die Inzidenzerfassung. Die Nachverfolgungszeiten beider Bezugsmediane werden mit 14,2 bzw. 6,2 Jahren angegeben. Während im ersten Auswertungszeitraum nach Nutzung (ob täglich und über wieviel Jahre) gefragt wurde, erfolgte für das Medianjahr 2011 eine ergänzende Einbeziehung von Dauer/Häufigkeit von Telefonaten (unter und über 20 min/Woche). In die 2001-Bewertung flossen 776.156 Fragebögen von Frauen im Alter von 50 bis 69 Jahren ein. Für das Medianjahr 2011 waren es immerhin noch 458.002, von denen aber 28.595 infolge aktueller Krebserkrankungen (anderer Art) ausschieden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über den Verlauf der Personenbeteiligung. Demnach bekannten zunächst 286.387 Frauen eine Handy-Abstinenz. Die Nutzer von Mobiltelefonen hatten 2001 einen Anteil von 63,1% (489.769) und 2011 von 65,3% bzw. 45-75% je Altersgruppe. 280.383 Frauen gehörten zu dem Zeitpunkt noch der Nutzergruppe an, da über die Jahre Abgänge aus der Gesamtkohorte durch Tod u.a. zu verzeichnen waren, es aber auch zu Nutzungszunahmen kam: *„Etwa die Hälfte der Nie-Nutzer im Jahr 2001 gab an, dass sie im Jahr 2011 Mobiltelefonnutzer waren."* (übersetzt aus [1] S. 706), ohne übrigens Vielnutzer zu werden. Der Anwenderzugang aus 2001 könnte demnach um 70.000 betragen haben. Für das Medianjahr 2011 wurden noch 149.024 Nie-Nutzer und 280.383 Jemals-Nutzer (Summe 429.407) registriert.

Eine wichtige Position betrifft die sogenannten „Vielnutzerinnen" unter den registrierten Frauen. Nur 8,5% (≙ 66.362) der Ausgangsnutzerzahl kann einer täglichen Telefonanwendung zugeordnet werden. Bezogen auf den Medianzeitpunkt 2011 wurden 36.338 tägliche Anwenderinnen ermittelt. Also wieder 8,5%, was dem Trend zunehmender Allgemeinnutzung aber widerspricht.

Hirntumore in der Kohorte

Von den 458.002 noch beteiligten Frauen der zweiten Bewertung kamen

Tab. 1: Verlauf der Teilnehmerzahl der Frauen-Kohorte

Bezugszeitraum			Σ	Probanden-Abgänge
1999-2005	489.764 (63,1 %)	286.387 (36,9 %)	776.156	
bis 2009			458.002	318.154
2009-2013	280.383 (65,3 %)	149.024 (34,7 %)	429.407	28.595

429.407 ohne vorherige Krebserkrankung in die Auswertung. Den hierbei ausgeschlossenen 28.595 Krebsarten stehen 1.096 registrierte Hirntumore gegenüber. Bezogen auf 2001 beträgt diese Zahl 3.268. Würde man mit aktuellen deutsche statistischen Zahlen Vergleiche anstellen, läge allein der Brustkrebs bei einen Erkrankungsrisiko von 12%; bei genetischer Vorbelastung noch deutlich höher. Leider macht die Studie keine Angaben zu Anteil und Art der Krebstode bei den mit etwa 40% recht hohen Abgängen. Das Durchschnittsalter stieg von 59 auf am Ende 68,5 und erklärt diesen Umstand nicht hinreichend.

bisher personenstärkste Langzeitstudie

Tabelle 2 stellt die Fallzahlen der erfassten Hirntumore der beiden Diagnosezeiträume zusammen. Nach 17 Jahren der Datenerfassung traten nach Ø-Nachverfolgung von 14,2 Jahren 3.268 Hirntumore und nach 6,2 Jahren davon 1.096 auf. Demnach wären der ersten Auswertungsrunde 2.172 Hirntumore zuzuordnen. Da die Zahlen der angegebenen 60 %igen Zunahme widersprechen, ist davon auszugehen, dass nicht alle Tumortypen identifizierbar waren. Die nun von der Internationalen Agentur für Krebsforschung vorgenommenen nachträglichen Detaillierung erlaubt dennoch, eine schwerpunktmäßige Zuordnung einzelner Tumorarten, die in Zusammenhang mit den Hirnfunktionen und -lokalisierungen entsprechend Abb.1 stehen. Für eine ausführliche Wiedergabe der Klassifikation der Tumorarten entsprechend ICD-10-Kennzeichnung ist auf die Auflistungen in [1] zu verweisen.

Tab. 2: Fallzahlen und Typisierung von Hirntumoren nach [1]

Tumor/Tumor -subtyp	lokale Zuordnung	Diagnosen 2001	Diagnosen 2011	zeitl. Entwicklung
alle Hirntumore	Hirnhäute/-nerven/-drüsen	3.268	1.096	unterschiedliche Intensität
Glioma	Stützzellen für Nervenzellen in Membranen des Gehirns und Rückenmarks	1.561	528	unterschiedliche Intensität
Glioblastoma	Hirnzellen	(1.142)	(395)	aggressive, häufigste und bösartigste Form
Meningioma	Zellen der Hirnhäute	864	307	langsam wachsend
Pituitary	Hirnanhangdrüse	284	67	langsam wachsend
Acoustic neuroma	Hauptnerv zwischen Innenohr und Gehirn	226	43	langsam wachsend
sonstige		333	151	

Klammerwerte sind in Glioma-Erfassung enthalten

Die Fallzahlen der Tab. 2 ins Verhältnis zur jeweiligen Probandenanzahl gesetzt, ergeben für 2001 eine Erkrankungsrate von 0,42% und für 2011 0,25%. Ein Hinweis, dass langsam wachsende Tumore längere Nachverfolgungszeiten rechtfertigen. Generell ist die Rate aber extrem gering (in Deutschland liegt sie in der Gesamtbevölkerung etwa bei 0,8 %). Eine Differenzierung zwischen Telefonanwendung und -nichtanwendung gelingt mit den Fallzahlen nach Tabelle 3 und würde im Verhältnis zur jeweiligen Teilnehmeranzahl 0,41 % bzw. 0,44% für die Nichtnutzer/Nutzer im Medianzeitraum 2001 betragen. Bezogen auf die kurze Nachverfolgung ergeben sich für Nutzer lediglich 0,15% und Nichtnutzer 0,12%. Diese marginalen Differenzen zeigen bereits, dass keine Tumorhäufung infolge Mobilfunknutzung erfasst wurde. Die Studie weist die relativen Risikohäufigkeiten (RR) incl. der gebotenen Konfidenzintervalle (CI) für alle Tumorfälle um 1,0, also als unauffällig aus.

Statistische Auswertungen

Trotz der unauffälligen Risikofaktoren untersuchte die IACR-Studie weitere Einzelkriterien, auch um Hinweise in Richtung EMF-Einfluss auf spezifische Hirntumore zu erhalten.

Zunächst erfolgte eine Auswertung der Lastfälle für die nachweislichen Dauernutzer (über 10 Jahre). Setzt man wieder die Zahlen entsprechend der vierten Spalte Tab. 3 ins Verhältnis zu den Dauernutzern 2001 (66.362) und 2011 (36.338) ergeben sich immerhin 1,73% bzw. 1,11%, also durchaus über den Durchschnitt liegend. Die Vertiefung nach Typisierung ergab zumindest für befallene Stützzellen (Glioblastoma) und den Bereich Innenohr-Gehirn (Acoustic neuroma) stabilere Risiken über 1,0: RR=1,22 (CI = 0,95-1,57) und 1,32 (CI = 0,89-1,96), nachzuverfolgen in [1] Abb. 1 und 4 auf Seite 708 und 710. Allerdings werden diese Auffälligkeiten von den Autoren als nicht signifikant eingestuft, was u.a. mit den abnehmenden Fallzahlen begründet wird.

Des Weiteren erfolgten statistische Auswertungen durch die Einbeziehung folgender Kriterien: Raucher, Alkoholkonsum, Körpergröße, Body-Index, Hormonanwendung (Frauen- Wechseljahre), Arbeitsbelastung, sozial Komponente und Wohnregion. Die entsprechenden Sensitivitätsanalysen erfolgten im Abgleich mit der Handynutzung (Nie/Jeweils/ > 10 Jahre).

Zwischenkategorien legte man für Augentumore und die Unterscheidung links-/rechtslastig im Temporallappen oder Parietallappen an (Abb. 3 in [1]).

Ergebnisdiskussion

Da für diese aufgezählten Kriterien allesamt und über die vorherigen Darstellungen hinaus keinerlei Signifikanz attestiert wurde, genügt der Hinweis auf den Text in [1]. Zu diskutieren wären dagegen unbedingt die von den Verfassern selbst vorgestellten Stärken und Schwächen ihrer Studie. Zudem sind die Ergebnisse in den Kontext der WHO-Empfehlung zu stellen.

In der umstrittenen und bis dato immer als größte epidemiologische

Untersuchung bezeichnete INTERPHONE-Studie [2] *„… wurde ein bescheidener positiver Zusammenhang zwischen dem Gliomrisiko und der schwersten Mobiltelefonnutzung beobachtet (OR = 1,4, CI = 1,03-1,89)“* Die Autoren der Frauen-Studie schätzen eine vergleichbare Mobiltelefonnutzung gerade einmal für drei Prozent ihrer Probanden. Dennoch ermittelten auch sie die oben angeführten Risikoerhöhungen von RR = 1,22; bei dem sehr seltenen Tumortyp Acoustic neuroma sogar 1,32, allerdings mit anzahlbedingter breiter Konfidenz von CI = 0,89-1,96.

Die **Stärken** der Studie liegen in einer „*populationsbasierten großen Größe, die über den Tumorsubtyp, die Tumorlokalisation und die Tumorlateralität* (gemeint ist die links-/rechtslastige Belastung) *enthält*.“ [1] S. 709. Sie übertrifft auch zahlenmäßig die INTERPHONE-Studie beträchtlich.

Zitiert werden dagegen folgende **Schwächen**: *einfache Expositionsabschätzung mit Fehlklassifizierung, Mangel an detaillierter Nutzungshistorie der Mobiltelefone, nur Frauen mittleren und höheren Alters erfasst.*

Genau diese Einschränkungen sind es, die die Ergebnisse lediglich für den Handygebrauch oder Nichtgebrauch älterer Frauen prädestinieren. Da leuchtet auch die Begründung nicht ein, dass *„…heute selbst bei exzessiver Nutzung Personen wahrscheinlich der gleichen Menge* (an EMF) *ausgesetzt sind, wie bei moderater Nutzung von Mobiltelefonen der ersten Generationen.“* [1] Dagegen spricht, dass erstens keinerlei Dosiserfassung oder -berechnung berücksichtigt wurden; selbst die wage Zeiterfassung erfolgte erst im zweiten Medianzeitraum. Zweitens ist davon auszugehen, dass jüngere Personen gravierend häufiger zum Handy greifen etc. Die Frauenkohorte ist in jedem Fall als unterdurchschnittliche Handynutzergruppe in der Gesamtbevölkerung zu werten. Dennoch ergaben sich im Detail einige erhöhte Risiken, die dem generellen Ergebnis *„Im Vergleich zu Nie-Anwendern wurden keine statistisch signifikanten Assoziationen gefunden“* widersprechen. Bereits in der INTERPHONE-Studie, die allgemein als „Flaggschiff“ der epidemiologischen Bewertung der Handynutzung postuliert wird, wurden auffällige Ergebnisse mit „*Verzerrungen bei Expositionsbeurteilung oder Probandenauswahl“* erklärt. Auch „*Erkenntnisverzerrungen bei langsam wachsenden Hirntumoren“* werden ins Feld geführt. Die vorsichtige Schlussfolgerung lautet dann: *„…aber es gab eine nicht-statistisch signifikante positive Assoziation unter den schwersten Mobiltelefonnutzern…“* [1] S. 709; hier bezogen auf den Tumortyp Acoustic neuroma. Richtig ist, dass die EMF der aktuellen Handygeneration deutlich niedriger als in den Anfangsjahrzehnten liegen, andererseits die Verwendung der Mobilfunktechnik viel umfassender geworden ist und noch weiter steigt.

Tab. 3: Tumorfälle mit und ohne Handynutzung

Tumore/ Tumorsubtyp	Nie-Nutzer/Nutzer Tumore Median 2001	Nie-Nutzer/Nutzer Tumore Median 2011	Tumore bei Langzeit-Nutzern über 10 Jahre 2001	2011
alle Hirntumore	1261/2007	340/756	1.148	404
Glioma (davon Glioblastoma)	624/ 937 (440/ 702)	153/ 375 (109/ 286)	540 (405)	205 (162)
Meningioma	323/ 541	94/ 213	323	117
Pituitary	109/ 175	28/ 39	90	
Acoustic-neuroma	75/ 151	17/ 26	66	
sonstige	130/ 203	48/ 66	129	
insufficient		-/ 37	-	82
Summe	1261/ 2007	340/ 756	1.148	404

Ergebnisse eigentlich nur für Frauen über 50 relevant

Die 19,2 Mio. € teure INTERPHONE-Studie untersuchte im Zeitraum 2000-2004 konkret 5.117 Hirntumor-Fälle und 7.658 Kontrollpersonen für Teilnehmer im Alter von 30 bis 59 mit stark differenzierter Handynutzung. Das Ergebnis gleicht dem bereits zitierten:

„Zusammenfassend leiten die Autoren aus den Gesamtergebnissen bis hierhin kein erhöhtes Tumorrisiko durch den Gebrauch von Mobiltelefonen ab. Die Hinweise auf Effekte bei langfristiger sehr starker Nutzung erforderten aber weitere Untersuchungen. Die vorliegende Studie könne methodenbedingt keine Aussage über Langzeiteffekte für mehr als 12 Jahre machen und ebenso nicht über eventuelle Risiken für Kinder und Jugendliche.“ [3] Diese Aussage führte letztlich 2011 zur IARC/WHO - Einstufung elektromagnetischer Frequenzen als *„möglicherweise krebserregend“*. Und immerhin empfiehlt auch die wissenschaftliche WHO-Lobby: *„Daher bleibt die Beratung von Mobiltelefonnutzern, wie unnötige Expositionen reduziert werden können, ein guter Vorsorgegrundsatz.“* [1] S. 709.

Demzufolge müsste ein Weg mit repräsentativer Kohorten-Auswahl beschritten werden.

Frank Lange

Hinweis: Auf gegenderte Bezeichnungen wie NutzerInnen etc. wurde verzichtet. Alle Probanden der vorgestellten Studie sind Frauen. Es wurde die ursprüngliche Fassung der Übersetzung beibehalten.

[1] „Cellular telephone use and the risk of brain tumors: Update of the UK million women study”, J. Schütz, K. Pirie u.a. Mitarbeiter der IARC; JNCI Natl Cancer Inst (2022) 114, Nr. 5 (29.03.2022)

[2] INTERPHONE.Studie; 13-Länderstudie der IARC; Cancer Epidemiology 2010; 39 -3, 675-694 und 2011; 35-5, 453-464

[3] Internetseite „Elektrosmoginfo“ von R.D. Wölfe (bis 2011)

Radon

Das geologische Radonpotential im Spannungsfeld der Radonvorsorge für Wohn- und Arbeitsplätze

Teil 2: Prognose lokaler Radonpotentiale

Regionalisierung von Radonpotentialen

Mit der Einführung eines Radon-Gefährdungsindexes (RGI) unternahm das BfS den Versuch einer präzisierten Kartierung der Radongefahr in Deutschlands Innenräumen. Dabei blieb es bei einer Fachpublikation 2021 in [5] ohne weitere Verbreitung. Das Prognoseverfahren des BfS [3] erfuhr eine Änderung in Form *„besserer räumlicher kreuzvalidierter Leistung“* bei der Berechnung. Die anthropogenen Einflussfaktoren für die Eindringwahrscheinlichkeit von Radon in Gebäude werden benannt, können aber auf Grund ihrer Spezifik und Vielfalt keine Verallgemeinerung erfahren und somit (noch?) nicht in das erstellte Modell eingehen.

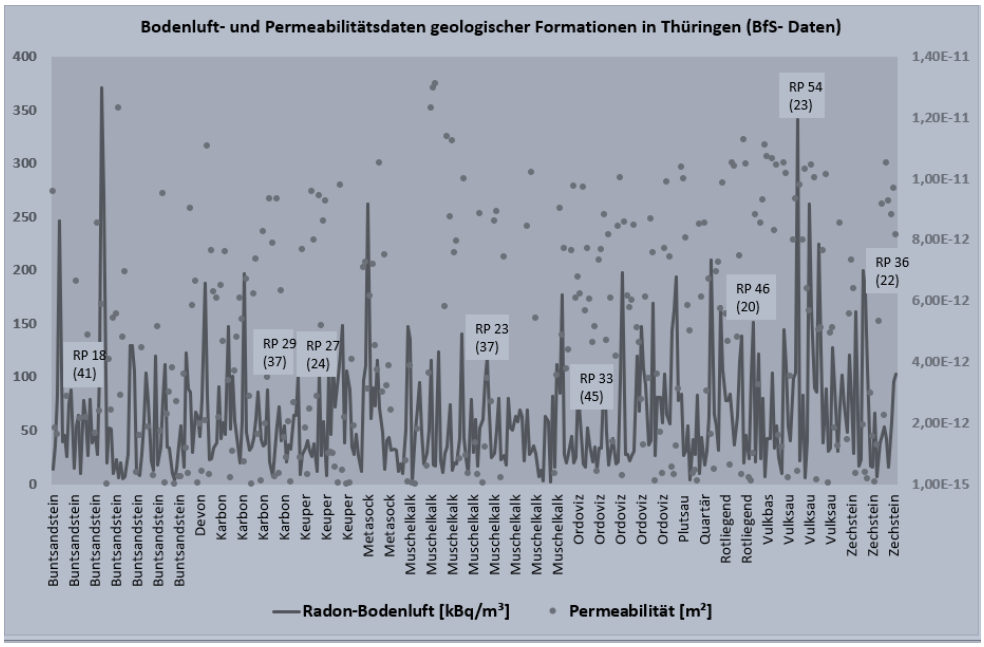
Bei dem erweiterten Kartierungsversuch berechnete man eine *“... mittlere Überschreitungswahrscheinlichkeit … nur unter Berücksichtigung der bebauten Fläche innerhalb der Verwaltungsgrenzen der jeweiligen Gemeinde. Bei diesem Ansatz werden Vorhersagen für unbewohntes Land, Oberflächengewässer sowie Bergbaugebiete, Deponien oder Ablagerungen bewusst nicht berücksichtigt.“* Gegenüber der bisherigen Flächenverallgemeinerung bedeutet das eine deutliche Verfahrensverbesserung. Letztlich erfordert dies jedoch aufwendige kleinteilige Bewertungen jeder einzelnen Gemeinde und deren Teilgebiete, die mit dem Modell ebenfalls auf Grund der Spezifik und Vielfalt nicht erreichbar sind. Hintergrund der Einführung des RGI war die Feststellung, dass „… *selbst in geogenen Gebieten mit geringer Gefährdung hohe Rn-Konzentrationen in Innenräumen auftreten, wenn anthropogene Faktoren die Rn-Akkumulation in Innenräumen begünstigen.“* [5]

Lokale Radonpotentiale

Die Findung/Festlegung radonbelasteter Gebiete oberhalb des gesetzlichen Referenzwerts von 300 Bq/m³ gelingt mit dem Globalverfahren, wie bereits im Teil 1 gesehen, nur bedingt in Form einer groben Schwerpunktsetzung. Die Verordnungsermächtigungen nach StrlSchG § 121, Abs. (1) mit dem Bezug auf Verwaltungsgebiete erfordern konkrete regional bzw. örtlich untersetzte Mess-daten. Demzufolge sind lokale Präzisierungen notwendig. Die StrSchV fordert hierfür Datengrundlagen; nach §153, Abs. (1): *„… auf Grundlage einer wissenschaftlich basierten Methode vorzunehmen, die unter Zugrundelegung geeigneter Daten Vorhersagen hinsichtlich der Überschreitung des Referenzwertes … ermöglicht. Geeignete Daten sind insbesondere geologische Daten, Messdaten der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft, Messdaten der Bodenpermeabilität, Messdaten zur Radon-222-Aktivitätskonzentration in Aufenthaltsräumen oder an Arbeitsplätzen sowie Fernerkundungsdaten.“* [2] Fünf von sechs Bundesländern, die RVG ausgewiesen haben, nutzten mehrere dieser Datenarten als Entscheidungs-kriterium. Zwei Bundesländer entwickelten lokale bzw. spezifizierte geogene Prognosemodelle. Eine inhaltliche Bewertung findet im Strahlentelex als separate Serie für alle betroffenen Bundesländer statt; bisher erschienen bereits Baden-Württemberg, Bayern und Niedersachsen; diese Ausgabe enthält Sachsen.

Die wichtigste Voraussetzung für lokale Prognostizierungen sind ausreichende Daten in verwertbarer Qualität. Je niedriger der Level verwendbarer Messdaten eines Bewertungskriteriums ist, desto sinnvoller, ja notwendiger erfordern Vorhersagen die Verbreiterung auf mehrere Entscheidungskriterien.

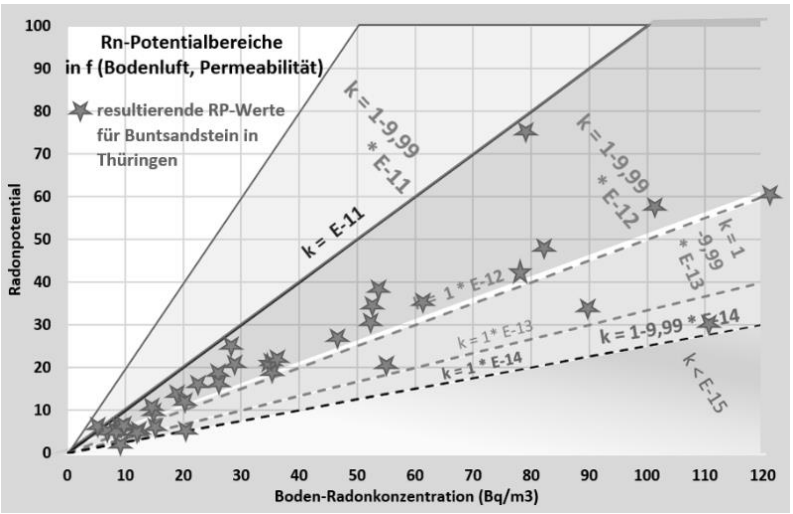
Für die Praxis bedarf es jedoch der Klärung, ob modellhafte Vereinfachungen und Übertragungen konkrete Vor-Ort-Messungen in welchen Umfang überhaupt ersetzen können. Messdaten, wie die Messung von Radon in der Bodenluft (C_{Rn}-Boden), Boden-Gaspermeabilität (GP) und Radongehalt in Innenräumen (C_{Rn}-Innen), unterliegen regionalen und örtlichen Schwankungen. Letztere werden beispielsweise von Parametern, wie Gebäudebeschaffenheit, Bausubstanz, Art und Weise der

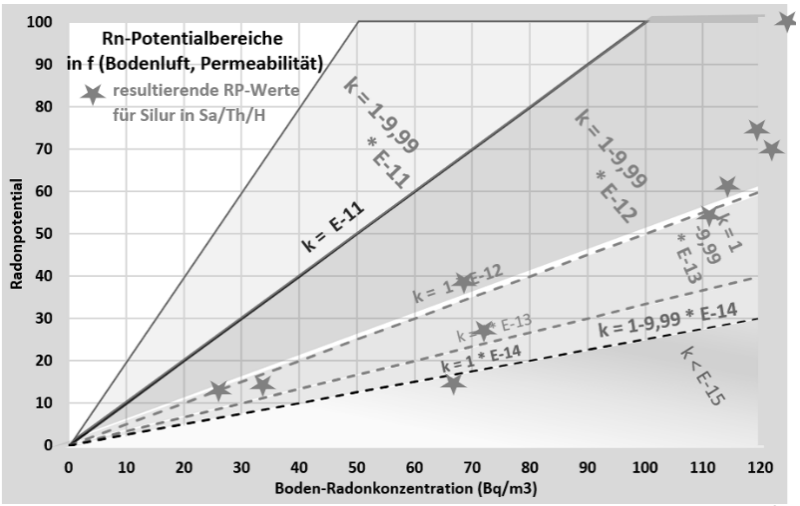


Gebäudenutzung beeinflusst. Zu den geologischen Parametern gehören Untergrundbeschaffenheit, -mineralogie und -porosität. Die Boden-Permeabilität unterliegt darüber hinaus temporären Umwelteinflüssen, wie Temperatur, Feuchtegrad, Druckverhältnissen. Komplexität und Variabilität der Einflussparameter lassen nicht nur regionale Unterschiede erwarten, sondern die lokalen Bedingungen selbst bedürfen der Überprüfung. Es ist zu untersuchen, wie stabil örtlich ermittelte Radonpotentiale eigentlich sind, zumal diese für modellhafte Verallgemeinerungen weiterverwendet werden.

Ein **Regionaler Datenabgleich** für thüringische geologische Formationen, für die zumindest mehr als 5 Messungen im BfS-Datenfundus vorliegen, sind in Abb. 4 zusammengefasst. Darin sind beispielsweise für Devon 6, für Buntsandstein 59 oder maximal 71 Messwerte für Muschelkalk enthalten. Die gepunktet dargestellten Permeabilitätswerte reichen von k = 10^{-11} bis 10^{-14}; das Primat liegt mit 71 % der Messungen bei 10^{-12}, wovon die Einzelgeologien entsprechend ihrer Überdeckungsart nach oben oder unten abweichen. Innerhalb gleicher Formationen schwanken die Permeabilitätswerte stark. Auch die Spannbreite Radon-Bodenluft-Konzentration ist bei allen Formationen hoch und variiert bis zu zwei Zehnerpotenzen. Signifikanz wird erst mit zunehmender Probenzahl erkennbar. Ab 20 Messstellen sind die geometrischen Mittelwerte ($Ø_{geom}$) der aus C_{Rn}-Boden und GP errechneten Radonpotentiale (RP) im Diagramm der Abb. 4 in den weißen Kästen abgebildet (Klammerwerte entsprechen Anzahl Messstellen). Eine Korrelation zur Permeabilität (in der Form, je durchlässiger der Boden, desto höher das RP) besteht jedoch nicht. Im Gegenteil, es ist festzuhalten, dass beide Parameter der RP-Berechnung in gleichen geologischen Formationen beträchtlichen Schwankungen unterliegen, wobei noch Niveauunterschiede zwischen den Geologien auftreten. Abbildung 5b offenbart die Differenzen beim Silur (Proben aus drei Bundesländern). Die offensichtlichen subjektiven Differenzen der RP gleicher Geologien in unterschiedlichen Gebieten ergeben keine repräsentative Vergleichbarkeit und machen eine regionalere messtechnische Erfassung notwendig. Das Beispiel für Buntsandstein in Thüringen im Diagramm 5a belegt mit der Streubreite, dass z.B. die Länder- und Landkreisebene noch viel zu grob wäre.

Abb. 5 a und b: RP ausgewählter geologischer Formationen a) Thüringer Buntsandstein b) Silur in drei Bundesländern





Bleiben wir beim Beispiel Thüringen, dass immerhin ein eigenes Modell zur Ausweisung von RVG entwickelt hat. Allerdings beruht es lediglich auf 362 Messdaten aus dem BfS-Datenpool 2017; mit den dort vorhandenen 301 Permeabilitäts-Messungen errechneten sich 301 RP. Für daraus gewinnbare 41 Radonpotentiale des Buntsandsteins in Thüringen zeigt das Diagramm 5a die Schwankungsbreite in dieser geologischen Formation. Die Schwankungsbreite der Bodenpermeabilität (k-Werte) zwischen 10^{-11} und 10^{-15} ($Ø_{geom}$ $1{,}7*10^{-12}$) spiegelt die unterschiedlichen Dichtwirkungen im Abdeckungsbereich wider. Aber auch die Messpunkte „auf einer Linie“ der k-Werte offeriert ein weitreichendes Radon-Bodenluft-Spektrum von 5 bis > 120 Bq/m³ ($Ø_{geom}$ 39 Bq/m³), was RP 5 bis 77 mit einem geom. Mittel von 15 (ohne die 3 Extremwerte > 100) in der gleichen geologischen Formation offeriert. Eine lokale Wertung mit den geometrischen Durchschnittsgrößen wird bei derartigen Schwankungsbereichen unrealistisch und macht Ortsmessungen am gleichen geologischen Standort erforderlich.

Die im Diagramm 5b enthaltenen Silur-Werten verstärken den Missstand, wenn weniger Daten vorhanden sind. Im Vergleich zum Buntsandstein lässt sich feststellen, dass die Werte ebenso, aber auf höherem Niveau schwanken. Das BfS geht ab einem geom. Mittel des RP

von 46 (global) von höherer Radonbelastung in Gebäuden aus, jedoch hat so ein Wert keinen lokalen Bezug.

Demzufolge macht nur eine **lokale Betrachtung** bzw. lokal begrenzte Betrachtung Sinn. Aktuelle Messprogramme des Kirchlichen Umweltkreises Ronneburg ergeben folgende Zwischenauswertung für ein Gemeindegebiet. In Abb. 3 (siehe Teil 1) wies das BfS dort einen Bodenluft-MP mit 151 Bq/m^3 aus. Der Kirchliche Umweltkreis ergänzte nun sechs MP, niedergebracht in 1 Meter Tiefe in quartären Schichten, deren tieferer Untergrund ausnahmslos geologisch dem Ordovicium zuzuordnen ist. Damit sollte der umstrittenen These der Thüringer Landesbehörde TLUBN entsprochen werden, die vom bestimmenden Einfluss fiefer liegender Wirts- bzw. Festgesteine ausgeht. Somit wurde der Oberflächenbereich (hier 3-15 Meter stark) zusätzlich geologisch identischen „abgedeckten“ Bereichen zugeordnet, sozusagen Ordovizium pleistozän überdeckt. Es erfolgten bei 16 Permeabilitätsmessungen lediglich 5 Bodenluftmessergebnisse, was in erster Linie an der sehr niedrigen Permeabilität der Böden (Min/Max = 8,3* 10^{-15}/6,9* 10^{-12}) lag und so dem Messgerät Grenzen setzte (je dichter der Boden, desto ungenauer die Drucksituationen bis hin zum Versagen der Messung). Bereits diese Momentan-Messungen ergaben mit RP von 18 bis 65 einen beträchtlichen Schwankungsbereich im gleichen geologischen Umfeld. Eine Korrelation zur „zweiten“ tieferen Lithographie ließ sich nicht ableiten, da die größte Differenz im geringsten MP-Abstand (5 Meter) bei ähnlichen Bodenluft-Radonwerten aber deutlichen Permeabilitätsunterschied bestand. Der Einfluss von „Tiefengeologie“, verschiedentlich als „Wirtsgestein“ bezeichnet, wird überschätzt und kann im vorliegenden Untersuchungsgebiet sogar ausgeschlossen werden. Zur Bestätigung der Aussage dehnte der Umweltkreis das Programm aus und realisierte Langzeitmessungen. Als entscheidend stellten sich die konkreten örtlichen Bedingungen im Bereich der ein Meter tiefen Messstelle heraus. Bisher zeigt sich, dass die Bandbreite der Radonbodenluft und der der Permeabilität nicht nur in der geologischen Formation, sondern auch an der jeweiligen Messstelle enormen Schwankungen unterworfen ist. Insbesondere die Permeabilitätswerte weichen in engen Abständen voneinander deutlich ab. An gleichbleibender Messstelle bewegt sich die GP in Abhängigkeit vom Feuchtegrad u.a. auf relativem Niveaugleichen. Unmittelbar daneben zwar ebenso, in der Mehrzahl der Fälle aber auf einem ganz anderen Niveau. Bei der Radon-Bodenluft stellte sich ein umgedrehtes Verhältnis heraus: In unmittelbarer Nähe bewegt sich die Bodenluftkonzentration in vergleichbarer Größenordnung; allerdings treten größere temporäre Schwankungen auf. Die Messprogramme dauern kontinuierlich mittels spezieller Detektoren an. Infolge eines juristisch inzwischen überlangen Rechtsstreites mit der zuständigen Landesbehörde erfolgten bis dato keine weiteren Datenveröffentlichungen. Die Landesregierung hat nun im Nachhinein zur Rechtfertigung ihrer ohne seriösen Nachweis benannten RVG erste Messprogramme aufgelegt – zeitlich zu spät und mit nicht repräsentativer Messtechnik und Verfahrensweise. Ergebnisse werden nicht öffentlich bekannt gegeben.

Die Messprogramme des Umweltkreises berücksichtigen zusätzliche Faktoren, wie das Ausgasungsvermögen in Abhängigkeit von Luftdruck-, Temperatur- und generellen jahreszeitlichen Verhältnissen; spezifische Untersuchungen örtlicher Schichten bis 3 m Tiefe u.a. Die einzelnen Ergebnisse werden entsprechend dem Messfortschritt im regionalen Anlagenteil des Strahlentelex veröffentlicht und so stufenweise ein zuverlässiges Gesamtbild der regionalen bzw. lokalen Radonsituation ergeben.

Frank Lange

[1] Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz - StrlSchG) vom 27.06.2017

[2] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (StrlSchV) vom 29.11.2018

[3] „Die Prognose des geogenen Radonpotentials in Deutschland und die Ableitung eines Schwellenwertes zur Ausweisung von Radonvorsorgegebieten“ Peter Bossew und Bernd Hoffmann, BfS-SW-24/18, Salzgitter Januar 2018

[4] Mitteilung BfS vom 02.02.2021

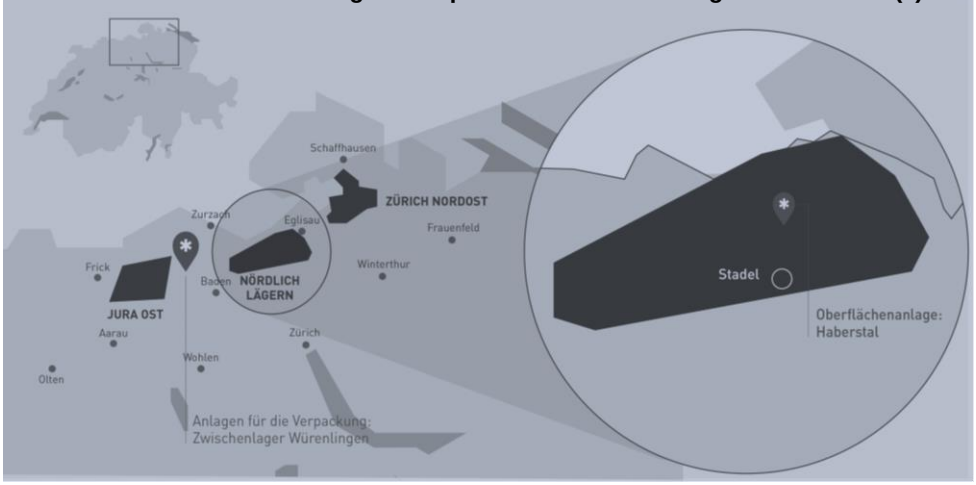
[5] E. Petermann, P. Bossew: „Mapping indoor radon hazard in Germany: The geogenic component“ („Kartierung der Radongefahr in Innenräumen in Deutschland – Die geogene Komponente“), Science of the Total Environment 780 (2021) 146601

Endlagerung nuklearer Abfälle in der Schweiz

Die Entscheidung der „Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra)“ für ein Tiefen-Endlager direkt an der deutschen Grenze des Kantons Zürich hat in den angrenzenden Gemeinden Baden-Württembergs Betroffenheit, Erstaunen und Protest ausgelöst. Zumindest gestaltete sich so im September 2022 die journalistische Verbreitung, gestützt vor allen auf das Erstaunen und die Reaktion der württembergischen Gemeinde Hohentengen und einiger Landespolitiker, die seit 2015 von der Verwerfung des konkreten Standortes „Nördlich Lägern“ ausgegangen waren. Nun soll eine deutsche Expertengruppe *„… im Auftrag des Ministeriums eine Einschätzung zur Nachvollziehbarkeit des Standortvorschlages erstellen und ihn bewerten“* und *„… die Begründung der Schweizer Behörden … prüfen lassen.“* [1] Finanziert werden die Aktivitäten dieser deutschen Expertengruppe für Schweizer Tiefenlager (ESchT) bereits seit 2006, so dass sie eigentlich auf den neusten Stand sein könnte. Der Extrakt zur „schweizerischen“ Festlegung des umstrittenen Standortes lässt sich auch ohne Expertengruppe und allgemeinverständlich wie folgt zusammenfassen:

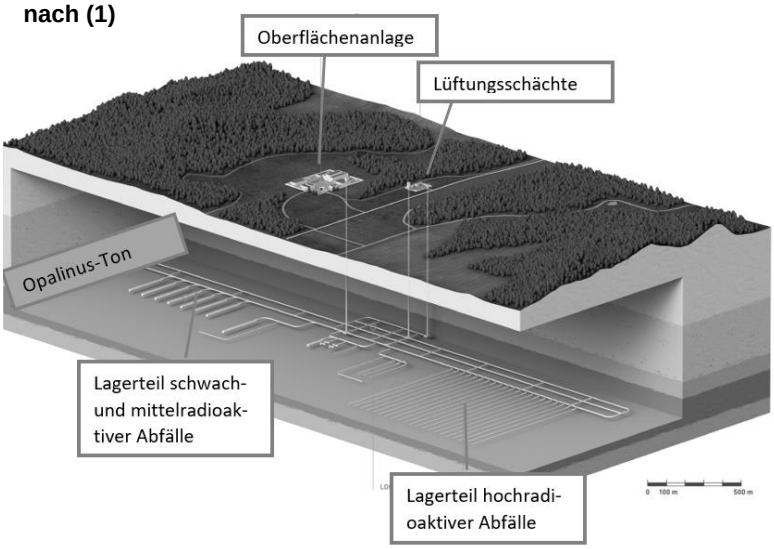
Ausgehend von der gesamten Schweiz wurden seit 2008 in mehreren Etappen, die den derzeit laufenden deutschen Auswahlverfahren ähnelten, Gebiete mit geeigneten

Abb. 1: räumliche Einordnung bisher priorisierter Ton-Endlagerstätten nach (1)



Gesteinsformationen bewertet und letztlich die Lagerung in Tongesteinen priorisiert. Dabei kristallisierte sich der sogenannte Opalinus-Ton, eine lithotratigraphische Formation des Süddeutschen Jura, als die geeignetste Gesteinsart heraus. Hierfür verblieben drei Gebiete, allesamt in der Nordschweiz und an der deutschen Grenze gelegen. In wie weit die dort bereits seit 1996 laufenden Voruntersuchungen und der damit verbundene deutlich höhere Datenfundus gegenüber anderen Wirtsgesteinen ausschlaggebend war, ist von außen nicht zu bewerten. Die Formation zeichnet sich nach Ansicht des Verfahrensträgers durch Einheitlichkeit und Mächtigkeit aus. 2018 erfolgte demzufolge die Festlegung durch den Schweizer Bundesrat, dass die „Nagra“ diese drei Gebiete auf konkrete Eignung zur Endlagerung zu untersuchen hat, vertiefend zu den bis dato vorgenommenen Bohrungen und Bewertungen. Dabei ist interessant, warum der jetzt umstrittene Standort „Nördlich Lägern“ 2015 aus der engeren Auswahl fiel. Die „Nagra“ als Konsortium der Verursacher des nuklearen Abfalls (u.a. aus 5 schweizerischen Kernkraftwerken bestehend) schloss das Tongestein dort aus, weil es vergleichsweise tiefer als an den anderen geeigneten Standorten lag und so die Errichtung hätte weniger aufwendig kalkuliert werden können. Entscheidend sind Formationsmächtigkeit, Wassergehalte und die Entfernung zu wasserführenden Schichten. Die Nuklearaufsichtsbehörde der Schweiz akzeptierte den Ausschluss des Gebietes nicht, sondern forderte die gleichrangige Untersuchung, sozusagen unabhängig der Gesamttiefenlage. Anhand Altersbestimmung der Porenwässer und der ermittelten Barriere-Qualität ergab sich für den Standort Haberstal der Gemeinde Stadel des Juragebietes „Nördlich Lägern“ aus Sicht der „Nagra“ die höchste Einschlusswirksamkeit für nukleare Ablagerung. Deren Aussage *„Die Geologie hat gesprochen“* [2], ist insofern zu präzisieren, dass die Entscheidung zum Wirtsgestein bereits vor Jahren getroffen wurde und da war die Nähe zu Deutschland bereits vorprogrammiert.

Abb. 2: Tiefenlager nach (1)



Insofern dürften die seit 2020 laufenden konkreten Standortuntersuchungen und die jetzige Genehmigung durch das Schweizer Bundesamt die deutsche Expertengruppe doch nicht überraschen. Es hätten dabei durchaus dichtere Siedlungsgebiete (z.B. Schaffhausen) getroffen werden können – so aber fiel die Entscheidung für das mit etwa 900 Meter tiefste Einschlussgebiet. Untergrundentwicklungen und Langzeitstabilitätskriterien gaben den weiteren Ausschlag. Ob nun Umschlag- und Verpackungsstation auch in unmittelbarer deutscher Grenz- und Siedlungsnähe erfolgen sollte, wäre neben den angestrebten kommunalen Entschädigungen ein lohnenderes deutsches Verhandlungsziel als die Infragestellung der fachlichen Kompetenz Schweizer Fachkollegen, was kompetent Anfragen nicht ausschließt. Entsprechend dem Schweizer Kernenergiegesetz erfolgt in den kommenden beiden Jahren die Durchführung eines Rahmenbewilligungsverfahrens durch die Instanzen bis Bundesrat, Parlament und u.U. auch Volksreferendum den Standort bis etwa 2034 beschließen werden. Die Inbetriebnahme ist 2015 für schwach- und mittelradioaktive Abfälle und 2060 für hochradioaktive Abfälle vorgesehen. Die Betriebsphase soll bis 2075 anhalten und das Lager 2125 endgültig verschlossen werden. ([1] S. 33)

F. L.

[1] Bericht zum Standortvorschlag; Nagra 2022 https://www.nagra.ch/de/faktenblaetter-standortareale
[2] dpa-Meldung in der SZ vom 12.09.22

Radonvorsorge

Die Radonvorsorgegebiete (RVG) in Sachsen

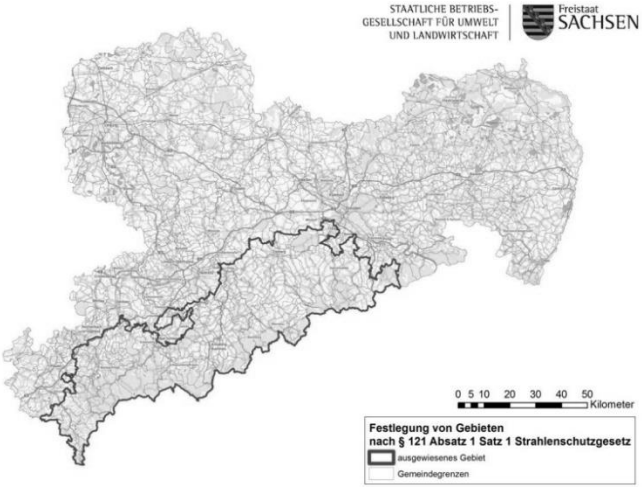
Das sächsische Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) hat entsprechend der gesetzlichen Vorgabe zum 31.12.2020 per Allgemeinverfügung [1] Radonvorsorgegebiete festgelegt. Das sind Gebiete nach § 121 Strahlenschutzgesetz (StrlSchG), für die erwartet wird, dass die über das Jahr gemittelte Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Luft in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden mit Aufenthaltsräumen oder Arbeitsplätzen den Referenzwert nach § 124 oder § 126 StrlSchG von 300 Bq/m³ überschreiten. Auch Sachsen begann frühzeitig und sogar vor Gültigkeit der 2013/59/Euratom vom 05.12.2013, Einschätzungen zur Radonsituation im Land vorzunehmen. Bereits vor und verstärkt ab 2009 erfolgten Innenraummessungen der Radonkonzentration. Insbesondere das **Messprogramm 20009-2015** beinhaltete Prämissen wie: *„Radonkonzentrationen in der Bodenluft in der Nähe des Hauses (wiederholte Beprobung an mehreren Bohrungen, je einmal im Sommer und im Winter); Daten zu wichtigen Einflussgrößen (Bodenpermeabilität, Bodenfeuchte, Lufttemperatur, Bodentemperatur, Luftfeuchte, Luftdruck, Windstärke); Jahresmittelwerte der Radonkonzentration in mehreren Räumen des zu untersuchenden Hauses (mindestens zwei pro Etage); zeitaufgelöste Messungen über eine Woche mit zwei Wochenenden, jeweils im Sommer und Winter in den gleichen Räumen, um die Unterscheide bei Nutzung und nutzungsfreien Zeiten zu erfassen; Gebäudedaten laut Fragebogen; geologische Charakterisierung des Gebäudestandortes.“* [3] Die Messungen waren i.d.R. kostenfrei, allerdings ohne Rechtsanspruch.

Das vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) entwickelte Radon-Bodenluft-Messprogramm erstreckte sich über alle Bundesländer, jedoch numerisch sehr beschränkt. **Sachsen ergänzte** die 373 Messpunkte (MP) der BfS-Kartierung um 697 weitere Messungen der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft, davon 570 mit gleichzeitig bestimmter Permeabilität. So kam man auf 981 MP (zzgl. 477 Sondermessungen) für eine spezielle Boden-Radon-Karte des Bundeslandes im 1x1 km-Raster. Die Datenlage rechtfertigte aus Sicht der LfULG sowohl eine verfeinerte Auflösung der Karte als auch eine Ausweisung der Radonvorsorgegebiete auf Gemeindeebene.

Die **Allgemeinverfügung** des Freistaates legt 107 Städte und Gemeinden in 5 Landkreisen (Erzgebirge und Erzgebirgsvorland) territorial relativ geschlossen als Radonvorsorgegebiete (RVG) fest und gibt **nachfolgende** recht detaillierte **Erläuterungen** bekannt. Die Höhe der Radon-222-Aktivitätskonzentrationen in einem Gebäude richte sich wesentlich am jeweiligen Untergrund aus. Sachsen wies für das Landesterritorium 32 geologischen Einheiten aus, die sich aus einer Ableitung von 90 geologischen Formationen unter der Prämisse eines vergleichbaren Radonbodenluftgehaltes ergaben und auf statistischer Auswertung von 981 Messdaten der Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft beruhen. Die 32 Geologie-Einheiten klassifizierte man radonbezogen als „*unauffällig*“, „*auffällig*“ und „*erhöht*“. Mit einer Ausnahme: Für die geologische Einheit „Biotitgranodiorit, Meißner Massiv“ erfolgte eine Herabstufung, da *„… aus den vorhandenen 18 Messwerten der Radon-222-Aktivitätskonzentration in Aufenthaltsräumen im Erdgeschoss in vollunterkellerten Massivhäusern eine kleinere Überschreitungshäufigkeit des Referenzwertes zu erwarten ist.“*, als aus der geologischen Bewertung abzuleiten wäre.

Radonbodenluftgehalt + Innenraummessung maßgeblich

Abb. 1: Radonvorsorgegebiete in Sachsen nach [1]



Aus 586 gleichartigen Innenraummessungen ermittelte bzw. ordnete man die durchschnittlichen Überschreitungshäufigkeiten des Referenzwertes den festgelegten drei Geologie-Klassen zu:

– mit *unauffälliger* Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft circa drei Prozent über Referenz

– mit *auffälliger* Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft circa zehn Prozent

– mit *erhöhter* Radon-222-Aktivitätskonzentration in der Bodenluft circa 25 Prozent über Referenzwert

„Damit erlaubt die beschriebene Systematik eine Vorhersage der Häufigkeit von Überschreitungen des Referenzwertes … Die so ermittelten Klassen der geologischen Einheiten wurden dann auf die Ebene der Gemeinden heruntergebrochen. Mit circa 0,05 Bodenradonmesswerten pro km² beziehungsweise circa zwei bis drei Bodenradonmesswerten pro Gemeinde verfügt der Freistaat Sachsen über eine Messwertdichte, welche bezüglich der geologischen Verhältnisse

eine sachgerechte Zu-ordnung auf dieser Ebene erlaubt." [1] S.3. Für Gebiete mit „*erhöhter*" Radonbodenluft, aber < 75% Gemeindefläche *„… gilt die Annahme, dass Messungen und Maßnahmen erforderlich sind, da trotz der Unterschreitung der Gebietsfläche von 75 Prozent bei einer relevanten Zahl von Aufenthaltsräumen und Arbeitsplätzen in Innenräumen mit einer Überschreitung der Referenzwerte nach § 124 des Strahlenschutzgesetzes oder § 126 des Strahlenschutzgesetzes zu rechnen ist."* Betroffen sind 5 Gemeinden mit der geologischen Einheit *„Saure Vulkanite mit hohem Tuffanteil, … in der erhöhte Urankonzentrationen und infolge dessen auch erhöhte Radonkonzentrationen auftreten"* Im weiterem Verlauf der Verfügung erfolgen umfangreichere juristische Begründungen, die sich nicht explizit auf die gesundheitliche Relevanz beziehen, sondern allein der rechtlichen Absicherung gegenüber übergeordneten gesetzlichen Vorgaben und „komplikationsloser" Umsetzung dienen. Beispielzitat: *„Würde die Anordnung des Sofortvollzugs unterbleiben, so bestünde für die Rechtsunterworfenen eine erhebliche Unsicherheit über den Zeitpunkt, ab dem die Pflichten zu beachten sind, die sich an die Bekanntgabe der Radonvorsorgegebiete knüpfen. Somit überwiegt das bestehende öffentliche Interesse an der sofortigen Vollziehbarkeit der Allgemeinverfügung im vorliegenden Fall das Interesse des Einzelnen an der aufschiebenden Wirkung eines Rechtsbehelfs."* Auf eine Anhörung wurde wegen „*zu großen Adressenkreis"* verzichtet; ein Widerspruch Betroffener innerhalb 4 Wochen war zugelassen.

Die Allgemeinverfügung enthält keinen Hinweis auf das sogenannte geologische Radonpotential bzw. die entsprechenden Rastereinordnungen des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS).

RVG künftig ohne Verwaltungsbegrenzung

Lediglich der angegebenen Grundlage der LfULG in [2] ist ein (bestätigender) Vergleich zu entnehmen. Insofern geht auch Sachsen von **weiteren Präzisierungen** aus: „*Um weitere Erkenntnisse zur Radonkonzentration in der Bodenluft insbesondere in Gebieten mit einer langjährigen Bebauungsgeschichte zu gewinnen, wurde 2020 ein Messprogramm gestartet, das sich gezielt mit der Frage zu Radonkonzentration in der Bodenluft in großen Städten befasst. Hierfür sollen Proben der Bodenluft in den kreisfreien Städten Dresden, Chemnitz und Leipzig untersucht werden. Sollten die Ergebnisse einen starken Einfluss der Bebauungs- und Nutzungsgeschichte auf das zu erwartende Radonpotenzial aufzeigen, wäre zu prüfen, ob in diesen Städten ebenfalls eine* ***partielle*** *Ausweisung von Radonvorsorgegebieten gerechtfertigt ist"* In wie weit eine Spezifizierung mittels Bodenpermeabilität zu Radonpotentialen analog BfS-Empfehlungen tatsächlich umgesetzt wird, bleibt also abzuwarten. Des Weiteren sind zusätzliche Messprogramme im Innenraumsektor geplant (Schulen, öffentliche Gebäude, Bebauung über unterirdischen Hohlräumen); innerhalb **und** außerhalb der RVG.

Was ist besonders kritikwürdig? Das LfULG vereinheitlichte die Permeabilität des Bodens landesweit auf einem Erwartungswert von ca. $1*10^{-11}$ m², wodurch die Bodenluft als die bestimmende Komponente verblieb. Damit kam es allerdings auch zu keiner Verbesserung der Prognosegenauigkeit – im Gegenteil. Des Weiteren wurden bei der Ausweisung der RVG (bewusst?) alle großen Städte außer Acht gelassen und „späterer" Betrachtung zugeordnet. Teilweise zog man die Gebietsgrenzen der Radonvorsorge wider besseres Wissen um die Ballungsgebiete herum.

Letztlich: Mit viel zu wenigen Messdaten findet eine juristische Überbewertung statt (einseitig für „Landbevölkerung").

Was ist vergleichsweise positiv zu bewerten? Generell war man um die Ausweisung geschlossener Territorien und bei den Auswahlkriterien um Schwerpunktsetzung bemüht. So galt es, Gebiete nicht stur nach politischen Verwaltungsgrenzen der Radonvorsorge zu unterziehen, sondern den fachlichen Bezug – insbesondere durch tatsächliche Inhouse-Messungen – als Primat zu beachten. Letztlich verfolgt man die unausgegorene Radonpotentialmodellierung zwar entsprechend dem „Bundestrend" weiter, aber ob sie ohne praktisch ausreichende Bestätigung zum bestimmenden Auswahlkriterium wird, ist wohl offen.

Im **Unterschied zu** den RVG-Ausweisungen **anderer Bundesländer** sind die Auswahlkriterien Sachsens von einer eigenen Spezifik gekennzeichnet. Dabei wird das geologische Radonpotential ganz wesentlich dem Rn-Bodenluftgehalt zugeordnet und vorhandenen Innenraummessungen ein Primat bei der Entscheidungsfindung eingeräumt. Thüringen versuchte sich als zweites Bundesland ebenfalls an einem eigenen Modell. Allerdings vermieden die Verantwortlichen bewusst eigene Messungen; lediglich eine Auswahl von BfS-Potentialdaten mit „Uminterpretation" und enormen Datenlücken flossen ein. Baden-Württemberg und Bayern steuerten zu den BfS-Daten eigene Messungen und auch zusätzliche Bewertungskriterien bei. Sachsen verdreifachte sozusagen das BfS-Messnetz auf seinem Territorium, was jedoch noch zu keiner prognosegerechten Datendichte führte. Das lässt eine interessante Abschlussdiskussion erwarten. Doch zuvor werden die RVG der noch ausstehenden beiden Bundesländer Sachsen-Anhalt und Thüringen im Strahlentelex vorgestellt.

F. Lange

[1] „Allgemeinverfügung zur Festlegung von Gebieten zum Schutz vor Radon-222 in Innenräumen …" Az.: 54-8471/49/3 vom 19. 11. 2020
[2] „Beschreibung der Methodik zur Ausweisung der Radonvorsorgegebiete in Sachsen" Schriftenreihe LfULG, Heft 17/2020
[3] www.strahlenschutz.sachsen.de/messprogramm-zur-erweiterung-der-datengrundlage-zur-radonsituation-in-sachsen-10083.html (im Detail nicht mehr zugänglich).

Bericht

Der Atomwaffenverbotsvertrag (AVV)

1. Überprüfungskonferenz vom 21.bis 23.6.2022 im UNO-Hauptquartier Wien

von Barbara Bodechtel

Es geht um die Atomkriegsgefahr. Sie war noch nie so groß wie heute.

In der Vergangenheit gab es zu ihrer Begrenzung zunächst mehr und dann weniger ernste Bemühungen. Meist verhandelten Vertreter ausschließlich waffenbesitzender Staaten. Bis heute konnten sie die Gefahr nicht bannen!

Sachstand des nuklearen Vertragswerkes

Da ist zum Beispiel der INF-Vertrag oder Mittelstrecken-Nuklearstreitkräftevertrag von 1987, der über nukleare Mittelstreckensysteme zwischen USA und UdSSR/ Russland Aussagen trifft. Er ist seit 2019 **außer** Kraft.

Der NVV, auch NPT, Atomwaffensperrvertrag, der ein Verbot der Verbreitung von Atomwaffen und die Verpflichtung zu Abrüstung beinhaltet und ebenso das Recht auf friedliche Nutzung durch Atomkraft vorsieht.

Ein vorbereiteter Kernwaffenteststoppvertrag ist bisher **nicht** in Kraft getreten.

Den Verzicht auf den Ersteinsatz von Atomwaffen, eine freiwillige Selbstverpflichtung, hat bisher nur die VR China und Indien abgegeben.

Weiterentwicklung des nuklearen Vertragswerks

Jetzt gibt es den Atomwaffenverbotsvertrag. Für ihn wurden ganz neue mutige Wege beschritten. Die internationale ärztliche Friedensorganisation IPPNW hatte sich schon in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts mit den gesundheitlichen Folgen eines Atomwaffeneinsatzes beschäftigt und festgestellt: *"Wir werden euch nicht helfen können".* Deshalb ist die einzige wirksame Hilfe die Prävention, die Verhinderung eines Atomkrieges, letztlich das Verbot dieser Waffen.

Die reale Möglichkeit eines solchen Verbotes war durch den Zusammenschluss von weltweit 600 Friedensgruppen, die sich für dieses Ziel zu ICAN (International Campaign for the Abolition of Nuclear Weapons) zusammengeschlossen hatten, entstanden. Im Dezember 2016 stimmte die UNO-Generalversammlung einer Resolution für ein solches Verhandlungsmandat zu. Die österreichische Regierung unterstützte die Kampagne. Den ausgearbeiteten Vertrag nahmen 122 von 193 Staaten am 7.7.2017 an. Dieser Atomwaffenverbotsvertrag konnte dann nach erfolgreicher Ratifizierung durch 60 Staaten am 21.1.2021 in Kraft treten.

ICAN wurde dafür mit dem Friedensnobelpreis 2021 gewürdigt. Der Atomwaffenverbotsvertrag verbietet den Mitgliedstaaten Besitz, Produktion, Lagerung, Entwicklung, Tests, Erwerb, Stationierung und Einsatz von Kernwaffen und deren Transport durch das eigene Staatsgebiet. Er fordert auch Wiedergutmachungen für die überlebenden der Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki (Hibakushas) und für die Erkrankten der mehr als 2000 Atombombentests, die in Nevada, Kasachstan, Sibirien, Algerien oder auf dem Bikini Atoll und den Marshallinseln radioaktiver Strahlung ausgesetzt waren.

Neue Qualität des nuklearen Vertragswerkes

Mit diesem AVV wurde eine neue Norm gesetzt: Er verurteilt die bloße Existenz von Atomwaffen. Vor allem betonten die Staaten des Südens, dass sie endlich ihren Protest gegen die „nukleare Geiselhaft", die die Atomwaffenstaaten auf sie ausüben, aussprechen können. Denn die Bedrohung durch Atomwaffen wollen die Mehrheit der Staaten der Welt nicht länger tolerieren! Die Atomwaffen sind nun als Teil des Humanitären Völkerrechtes der UNO völkerrechtlich geächtet. Der Vertrag ist die Manifestierung einer globalen Demokratisierung. Er wirkt sich nun auch auf die Länder, die Atomwaffen besitzen, aus: "Building justice through law", so die begründete Hoffnung.

Aktuelle Aktivitäten

Da die internationale Organisation Ärzte gegen den Atomkrieg (IPPNW) einen entscheidenden Anteil an diesem Erfolg hatte, konnte sie ein Jahr nach seinem in Kraft treten eine größere Delegation zur I. Überprüfungskonferenz vom 21.bis 23.6.2022 in Wien senden.

Bereits 86 Staaten hatten bei Konferenzbeginn den Vertrag unterzeichnet, davon ihn 65 ratifiziert.

Es gab großes Interesse an dieser Überprüfungskonferenz in Wien: es nahmen Vertreter von 49 Vertragsstaaten teil, außerdem 34 Vertreter mit Beobachterstatus: u.a. Bosnien, Herzegowina, Finnland, Liechtenstein, Schweden, die Schweiz und auch Beobachter folgender NATO-Staaten, ein Novum: Belgien, Deutschland, Niederlande und Norwegen. Sogar Australien wollte teilnehmen, es zeigte reges Interesse.

Überraschend war die Beteiligung von Abgeordneten aus Staaten, die bisher nicht beigetreten waren oder an der nuklearen Teilhabe festhalten.

Mitglieder von 85 Nichtregierungsorganisationen, weil Initiatoren des Vertrages, waren zugelassen. Die offene Sitzordnung im Verhandlungssaal erlaubte allen Teilnehmern die Möglichkeiten zum ungezwungenen direkten Austausch, was auch rege genutzt wurde.

Ergebnisse der ersten Folgekonferenz

Zum Abschluss der Überprüfungskonferenz verlas der Präsident Alexander Kmentt die Abschlusserklärung der Mitgliedstaaten der Konferenz: es wurden die nukleare Drohung mit Blick auf Russland eindeutig ebenso wie die Existenz von Atomwaffen scharf verurteilt. Ernsthaft und pragmatisch ging man an die Konkretisierung der Umsetzung des Vertrages. Es wurde ein Fond gegründet, um Opfern von nuklearen Tests zu helfen und um Umweltschäden zu dokumentieren und möglichst zu beseitigen. Wichtige Schritte in Richtung eines globalen *"Zero"* wurden beschlossen. Das Statement des deutschen Delegierten, Ministerialdirigent

Rüdiger Bohn, der als Beobachter gehört wurde, bestätigte dieses Ziel des nuklearen „Zero" auch für Deutschland, allerdings sei das Atomwaffenverbot nicht der richtige Schritt dafür und werde auch in Zukunft mit Verweis auf die Mitgliedschaft in der Nato nicht unterstützt, das NATO-Bündnis mit der nuklearen Abschreckung bleibt bestehen. Die deutsche Regierung möchte aber „Schulter an Schulter" mit Skeptikern und Befürwortern des AVV an den gemeinsamen Herausforderungen der Abrüstung arbeiten. Außerdem wurde argumentiert, der AVV könne den Nichtverbreitungsvertrag (NVV) schwächen. Das Gegenteil aber ist der Fall, so die Vertragsstaaten: Der AVV ergänze den NVV und sei gerade deswegen zustande gekommen, weil die Abrüstungsverhandlungen seit langem stockten. Wie auch die Verträge zur Ächtung von Landminen, Chemie- und biologischen Waffen, wird die Ächtung von Atomwaffen auch Staaten beeinflussen, die den AVV nicht unterzeichnet haben. Die deutsche Delegation signalisierte gar die Bereitschaft, sich an dem Opferfond zu beteiligen, sofern dieser nicht Teil des AVV sei.

Die erste Überprüfungskonferenz der Vertragsstaaten des AVV endete nach 3 Tage intensiven Austausches zwischen Vertragsstaatenvertretern und nicht beigetretenen Staatsvertretern und Vertretern zahlreicher Zivilgesellschaften mit einer Mischung aus stolzem Hochgefühl und realistischer Sorge um die aktuelle Weltlage.

Engagement gegen steigendes Gefahrenpotential wichtiger denn je

Das Ringen um die Gefahrenreduktion geht weiter: Im August 2022 fand in New York die jährlich stattfindende Atomwaffensperrvertragskonferenz statt. Die Hoffnungen auf Fortschritte sind leider sehr begrenzt.

In Deutschland, in der Eifel, nahe Büchel lagern 20 US-Atombomben, die eher ein erstrangiges Ziel eines potentiellen Angriffs darstellen als unserem Schutz zu dienen. Schon 2010 hatte ein fraktionsübergreifender Antrag im Bundestag erfolgreich den Abzug dieser im Ernstfall von deutschen Piloten ins Ziel zu fliegenden Bomben gefordert, was wohl in Vergessenheit geraten ist. Inzwischen sollen diese durch sehr zielgenaue Erstschlagbomben B61-12 ersetzt werden, die mit einstellbarer Sprengkraft die Schwelle für einen gegnerischen Einsatz weiter senken könnten und so ein hohes Eskalationsrisiko bergen. Die nach wie vor die von den Regierungen der NATO-Länder verfolgte Abschreckungsstrategie hat angesichts mindestens 20 sehr gefährlicher Fehlalarme bisher nicht zu einem „Atomkrieg aus Versehen" geführt. Das aber ist zum einen nur der mutigen Verantwortungsübernahme Einzelner zu verdanken oder eben einfach dem Glück!

Die zahlreichen NGOs, die den Vertrag auf den Weg gebracht haben sind inzwischen viel besser untereinander vernetzt. Sie hoffen darauf, dass der Verbotsvertrag bekannter wird und somit mehr Unterstützung bei der Bevölkerung erfährt.

Und das Abschalten von Kernkraftwerken bleibt eines unserer wichtigen Themen. Emmanuel Macron hat es (ungewollt) auf den Punkt gebracht: *„Ohne zivile Kernkraft gibt es keine militärische Kernkraft",* und somit auch keine eigenen Atombomben. Wir ahnen die Brisanz des Themas angesichts der Forderungen nach Weiterbetreiben der AKWs nach erfolgreichen Abschaltplänen der BRD. Und gerade wird in der EU über die Taxonomie gestritten: Atomkraft und Erdgas sollen als nachhaltig gelten, was für Investitionsentscheidungen sehr wichtig wird.

Eine öffentlichkeitswirksame Aktion kann die der weltweiten „Mayors for Peace" sein. Der Bürgermeister der Stadt Gera ist seit Jahren Mitglied in diesem Verein, allerdings benötigt er offenbar mehr Unterstützung.

Dabei bleibt doch das allererste Anliegen die Verhinderung der fortschreitenden Zerstörung unserer Lebensgrundlagen. Dieser weiterhin drohende Nuklearkrieg ist eine Folge und ein Ausdruck der so gefährlichen Machtverhältnisse, die alles Leben auf unserer Erde gefährden.

Dipl.-Med. Barbara Bodechtel, IPPNW (Ärzte gegen den Atomkrieg, Ärzte in sozialer Verantwortung, deutsche Sektion), Delegierte der 1. Überprüfungskonferenz des AVV

Aktuelles Umweltthema

Und immer wieder CO_2 – informativer Überblick zu aktuellen Belastungsdaten

Ein Thema, dass mittlerweile gesellschaftliche Spaltungen vertieft. Im neuesten Buch Gretas Thunbergs [1] werden die offiziellen CO_2-Daten als falsch deklariert, da nur ein Drittel der tatsächlichen Emissionen in den nationalen Statistiken auftauchen würden. Sie fordert genaue Zahlen, da ihrer Meinung nach nur der vollständige Überblick zu echten Problemlösungen und dem hierfür notwendigen Tempo führen könne. An anderer Stelle räumt sie ein, dass die Sünden der Vergangenheit, insbesondere der letzten 40 Jahre, auf Jahrhunderte in der oberen Atmosphäre schadenswirksam verbleiben werden. Sicher treffen viele Argumente in dem gerade erscheinenden 32 € teuren 512 Seiten-Buch zu, vor allem auch die Kritik an den enormen Pseudomaßnahmen und Fehlentwicklungen zur CO_2-Reduzierung. Dennoch geht der Strahlentelex davon aus, dass aus den offiziellen Statistiken Sachverhalte trotz der statistischen Schwächen offengelegt werden können, die an tatsächliche Schwerpunkte nicht vorbei gehen. Sie müssen im Zusammenhang präzise interpretiert werden. Die aus Abb. 1 hervorgehende Schwerpunktverteilung der Verursacherländer deckt sich mit deren Wirtschaftskraft und der Industrieproduktion. Allein die USA, Europa und China verursachen etwa 60% des weltweiten Kohlendioxid-Ausstoßes. Abb. 2 belegt Verteilungsmechanismen der anhaltenden Globalisierungsphase, die vor allem die Hauptverursacher der Vorglobalisierung in Europa und USA „entlasten“. Die bilanzierten Transfers geben den Anstieg der verlagerten Produktion nach Asien (hier am Bsp. China dokumentiert) wieder. Der angegebene Transferausstoß Chinas entspricht fast der Transferminderung Europas und der USA, während der tatsächliche absolute Rückgang jedoch dort stagnierte. Der Grad der Deindustrialisierung (ehemals) führender Industrienationen verursacht einen höheren weltweiten Kohlendioxid-Ausstoß als durch alle Energieumstellungen in diesen Ländern abgefangen werden könnten. Die Bilanzverschlechterungen durch Spar-Produktion auf Umweltkosten gehen ebenso in der Statistik unter wie die Klimaschädigung durch die Produktionsbedingungen in den armen Agrarländern, immensen Brandrodungen, archaischen Bergbau für die Energieumstellungen u.a.m. Nicht die bisherige Aufholjagd Chinas und die ausstehende Aufholjagd Afrikas, Südamerikas etc. bilden das Hauptproblem. Sondern die klima-schädliche Logistik und die umweltschädlichsten (weil billigsten) Produktionsbedingungen an den weltweit verschobenen Standorten führten die rasanten CO_2-Schübe der letzten 30 Jahre herbei.

Die Diagramme summieren offizielle statistische nationale Angaben der CO_2-Emissionen aus fossilen Brennstoffen und der Zementproduktion, was etwa 90% der Weltbelastung dokumentieren soll. Die Sünden der Vergangenheit sind auf lange Sicht nicht mehr aus den oberen Zonen der Atmosphäre entfernbar. Aber die Produktionsverlagerung in Verbindung mit Globalisierung und Freihandelsabkommen verstärken diese ungleich mehr, als sämtliche Ausstiegszenarien zu deren Stagnation beitragen könnten. Eine Fortführung der wertegeleiteten Zeitenwende hier und der national-first-Politik dort fahren das Klima schneller an die Wand als bei Erfüllung aller „thunbergischen“ Protestforderungen des „Sofort“ und „radikalen Einstellens“ aufgehalten werden könnte. Die Prioritäten haben sich eindeutig in den gesellschaftlichen Sektor gegenwärtiger global-politischer Veränderungen verschoben. Die sinnvollsten technischen Lösungen zur Klimaneutralität, so notwendig sie sind, werden zweitrangig. Hierfür bietet das „Klimabuch“ allerdings keine Lösung an.

Abb. 1: Relation des weltweiten CO_2-Ausstoßes [2]

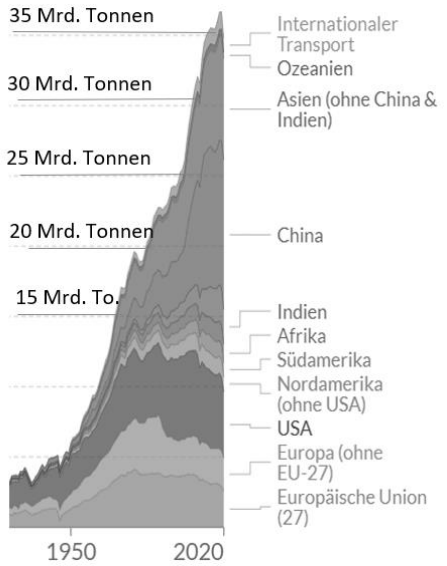
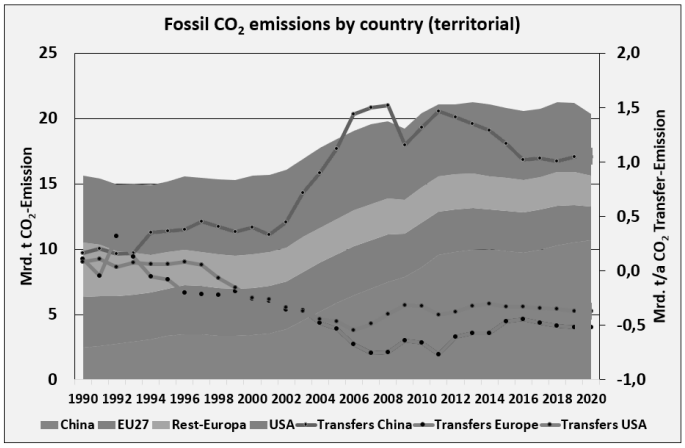


Abb. 2: Hauptverursacher/Transfer CO_2-Ausstoß [3]



[1] „Das Klimabuch“, Greta Thunberg, S. Fischer Verlag 2022 (27.10.22)
[2] Global Carbon Project
[3] www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2021

Regionales

Radon in Ronneburg

Teil 1: atmosphärische Radonbelastung von 1986 bis heute

Mehrfache Anfragen zur Entwicklung der Radonbelastung des Ronneburger Uranbergbaugebietes und der Wirkung der langjährigen Sanierung sowie die tatsächlich verbleibenden Einflusskomponenten für mögliche Innenraumbelastungen sind Anlass für den Strahlentelex, eine dreiteilige regionale Beilage zu starten. Teil 1 zeigt die Entwicklung seit der Bergbauzeit für die Luftatmosphäre Ronneburgs; die Auswertung basiert auf Daten eines umfassenden Monitorings [1]. Im Teil 2 werden die Expositionspfade der atmosphärischen Inhouse-Radonbelastung nachgewiesen und der 3. Teil stellt die Folgen für die Innenraumbelastung in Stadt und Umland Ronneburgs zusammen.

Der Text der regionalen Beilage ist in der print-Ausgabe veröffentlicht.