

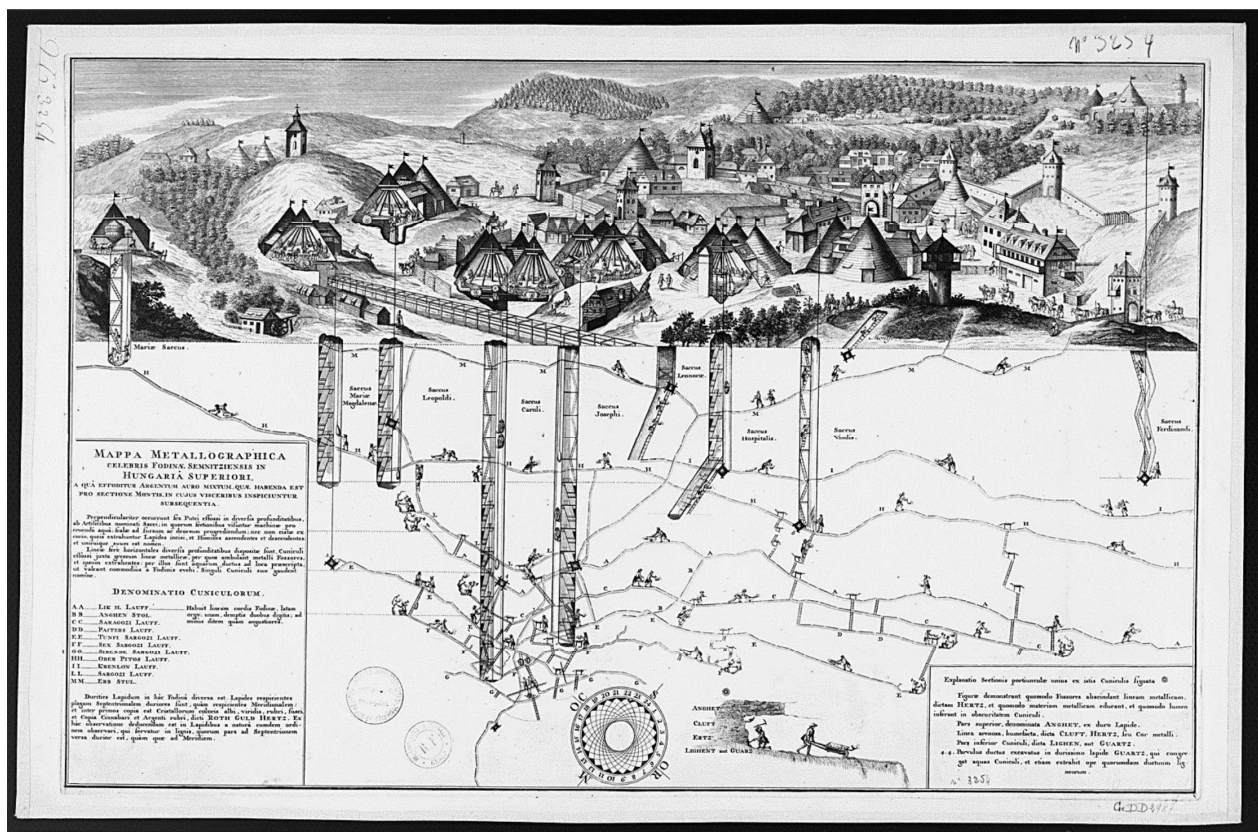
Schneeberger Lungenkrebs im Saarland

Deskriptiv-ökologische, epidemiologische Untersuchung zu anthropogenen Faktoren im Distributionsmuster der Bronchialkarzinome im Saarland 1967 - 2020

Cluster maligner Erkrankungen der Lunge und Bronchien ICD-10 C33-34 im ehemaligen saarländischen Steinkohlen-Bergbaurevier

Zeitaufgelöste Radon-Messungen in Innenräumen mit Schwerpunkt in der Bergbaugemeinde Quierschied

Dr.med. Karl-Michael Müller



Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Juli 2024

Erze und Metalle brauchen wir und daher müssen wir Leben und Gesundheit daran wagen,

da nun einmal überall in der Natur Gutes und Böses beisammen liegt

Sache des Arztes ist es, hierbei das dem Menschen Zuträgliche herauszufinden und das Böse,

d.h. die Krankheiten zu beseitigen

*Paracelsus (*1493 + 24.09.1541): Von der Bergsucht und anderen Bergkrankheiten (De morbis fossorum metallicorum)*

Die Aufgabe ist es nicht zu sehen,

was noch nie jemand gesehen hat,

sondern über dasjenige,

was jeder schon gesehen hat,

zu denken,

was noch nie jemand gedacht hat.

Erwin Schrödinger (1)

(1887 -1961) (1) zitiert nach: Christian Hesse: Warum Mathematik glücklich macht.

München: Verlag C. H. Beck, 2010, S. 8

Für meine liebe Frau Christina

Schneeberger Lungenkrebs im Saarland

Deskriptiv-ökologische, epidemiologische Untersuchung zu anthropogenen Faktoren im Distributionsmuster der Bronchialkarzinome im Saarland 1967 - 2020

Cluster maligner Erkrankungen der Lunge und Bronchien ICD-10 C33-34 im ehemaligen saarländischen Steinkohlen-Bergbaurevier

Zeitaufgelöste Radon-Messungen in Innenräumen mit Schwerpunkt in der Bergbaugemeinde Quierschied

Dr. Karl-Michael Müller

Zusammenfassung: Dem Saarländischen Krebsregister wurden im Zeitraum von 1967 - 2020 zusammen 39.917 (Männer: 30.365, Frauen: 9.552) Neuerkrankungen an Lungenkrebs gemeldet. Das saarländische Krebsregister erfüllt die international geforderten Qualitätsstandards eines epidemiologischen Krebsregisters. Das Saarland führt bei Lungenkrebserkrankungen „ICD-10 C33-C34“ bei beiden Geschlechtern anhaltend die Morbiditätsstatistik des Bundes mit an.

Lungenkrebserkrankungen gehören als multikausal bedingte Erkrankungen trotz neuer Diagnostik- und Therapiemöglichkeiten zu den Tumorleiden mit einer niedrigen Überlebensrate sowie einer hohen Mortalität. Präventive Ansätze abgeleitet aus der Ursachenforschung besitzen daher höchste Priorität.

Rauchen ist der primäre ätiologische Faktor für die Entwicklung eines Bronchialkarzinoms. Radon in Innenräumen gilt international als zweithäufigste Ursache. Bei Nichtrauchern wird die Radon-Exposition in Innenräumen als Hauptursache gesehen. Die meisten Erkrankungen an Lungenkrebs stehen im Zusammenhang mit der **kombinierten Exposition von Rauchen und Radonexposition**. Anlass der Untersuchung ist die geplante Flutung des gesamten saarländischen Berggebäudes und die Frage nach einer Gesundheitsgefährdung der von der Flutung betroffenen Bevölkerung durch Radioaktivität. Die bekannten Folgen einer Flutung sind: Bergschäden durch Hebungen, Beeinträchtigung durch Erderschütterungen, Verunreinigung von Trinkwasser, Beeinflussung alter Schächte des oberflächennahen Abbaus und verstärkte Ausgasungen von Methan und Radon. Die Veränderungen in und am Berggebäude erleichtern die Gasmigration und führen zu einer nachhaltigen Steigerung der bereits durch den stillgelegten Steinkohlenbergbau vermehrten Ausgasung von Methan und advektiv des radioaktiven Edelgases Radon. Konsekutiv ist von einer Zunahme von Radonkonzentrationen in Innenräumen der dem Berggebäude aufsitzenden Häuser auszugehen.

Die Frage nach dem « Status quo » und der zukünftigen Entwicklung ist für die nachfolgenden Generationen im ehemaligen Steinkohlenförderland Saarland von großer Bedeutung. Obwohl die Radonproblematik - insbesondere im Zusammenhang mit der Steinkohlenförderung - seit den 1980er Jahren bekannt ist, mangelt es bisher an effektiven Maßnahmen zur Reduktion der Exposition.

Insbesondere im Nachbergbau sollten internationale Maßstäbe (WHO) zu Grenzwerten zum Ansatz kommen. Strahlenschutz ist nur so gut, wie er gelebt wird.

Das Saarland eignet sich aufgrund seiner stabilen demographischen Strukturen sowie der Existenz eines V-förmigen Verdichtungsraumes der Industrie- und Bevölkerungsagglomeration für deskriptiv-ökologische epidemiologische Untersuchungen. Die kartografische Verortung der Schwerpunktindustrie Steinkohlenbergbau und Stahlindustrie im Verdichtungsraum mit bekannten bronchopulmonalen, kanzerogenen Expositionen erleichtert die synoptische Betrachtung und Hypothesenbildung.

Arbeitsmedizinische Erkenntnisse und umweltmedizinische Aspekte fanden gleichermaßen Beachtung. Hochsignifikante, statistische Assoziationen zwischen der standardisierten Inzidenzrate von Lungenkrebs-erkrankungen auf unterschiedlichen Aggregationsebenen (bis auf die Gemeindeebene als unterste Aggregationseinheit) und international wissenschaftlich definierten Kausalfaktoren konnten eruiert werden. Diese Assoziationen ermöglichten, neben der Hypothesenbildung über die Partizipation der Radonexhalation aus dem Steinkohlenbergbau und der Exposition der betroffenen Bevölkerung als wesentlicher Teilfaktor in der Genese der Bronchialkarzinome, nachfolgend eine Annäherung an die Kausalität. Die in der epidemiologischen Forschung geforderten Qualitätskriterien zur Vermeidung von Fehlinterpretationen fanden in der Analyse Berücksichtigung. Wegen der langen Latenzzeit der Erkrankung wurde die historische Entwicklung des Industrielandes und die damit einhergehende Exposition der Beschäftigten im Steinkohlenbergbau sowie diejenige der allgemeinen Bevölkerung in die Analyse miteinbezogen. Die radiologische Belastung durch Radon und seinen Abbauprodukten war und ist sowohl bei den im Steinkohlenbergbau Beschäftigten als auch bei der allgemeinen Bevölkerung in den Innenräumen der dem Berggebäude aufsitzenden Häusern erhöht.

Ergänzend zu statistischen Analysen wurden im Kerngebiet des Saarkohlenwaldes als Schwerpunktregion des Steinkohlenbergbaus zeitaufgelöste Radon-Messungen in Innenräumen mit Schwerpunkt in der Bergbaugemeinde Quierschied durchgeführt.

Schlüsselwörter: Lungenkrebs, Saarland, Steinkohlenbergbau, Radonexposition im Steinkohlenbergbau, Radonexposition in Innenräumen, Flutung des Berggebäudes, Epidemiologie

Schneeberg lung cancer in Saarland

Descriptive epidemiological study on anthropogenic factors in the distribution pattern of bronchial carcinomas in Saarland 1967 – 2020

Cluster of malignant diseases of the lung and bronchi ICD-10 C33-34 in the former Saarland coal mining area

Time-resolved indoor radon measurements with a focus on the mining community of Quierschied

Dr. Karl-Michael Müller

Summary: 39,917 (men: 30,365, women: 9,552) new cases of lung cancer were reported to the Saarland Cancer Registry in the period from 1967 to 2020. The Saarland Cancer Registry fulfils the internationally required quality standards of an epidemiological cancer registry. Saarland consistently leads the federal morbidity statistics for lung cancer ICD-10 C33-C343 for both sexes.

Despite new diagnostic and therapeutic options, lung cancer is a multi-causal disease with a low survival and high mortality rate. Preventive approaches derived from causal research therefore have the highest priority.

Smoking is the primary etiologic factor for the development of bronchial carcinoma. Indoor radon is internationally considered the second most common cause. In non-smokers, indoor radon exposure is considered the main cause. Most cases of lung cancer are associated with the combination of smoking and radon exposure. The present study is motivated by the planned flooding of the entire Saarland mine and the question of whether the population affected by the flooding is at risk from radioactivity. The known consequences of flooding are mine damage due to heave, impairment due to earth tremors, contamination of drinking water, impact on old shafts and near-surface mines, and increased outgassing of methane and radon. The changes in and around the mine facilitate gas migration and lead to a sustained increase in the outgassing of methane and the advective outgassing of the radioactive noble gas radon, which has already increased as a result of the decommissioning of the coal mine. As a result, the concentration of radon in the interiors of houses above the mining site is expected to increase.

The question of the "status quo" and future development is of great importance for future generations in the former coal mining region of Saarland. Although the radon problem has been known since the 1980s, particularly in connection with coal mining, there has been a lack of effective measures to reduce exposure. Particularly after mining has been completed, international standards (i.e. from the WHO) for radon thresholds should be applied. Radiation protection is only effective when it is actively pursued.

Saarland is- suitable for descriptive ecological epidemiological studies due to its stable demographic structures and the existence of a V-shaped agglomeration of industry and population. The cartographic

localization of the main coal mining and steel industries in the agglomeration with known bronchopulmonary, carcinogenic exposures facilitates synoptic observation and hypothesis formation.

In the present study, occupational medical findings and environmental medical aspects are given equal consideration. Highly significant statistical associations between the standardized incidence rate of lung cancer at different aggregation levels (down to the community level as the lowest aggregation unit) and internationally scientifically defined causal factors were identified. These associations make it possible to hypothesize radon outgassing from coal mining and the exposure of the affected population as a major factor in the genesis of bronchial carcinomas and subsequently to infer causality. To avoid misinterpretation of data, the quality criteria required in epidemiological research are taken into account in the analysis. Due to the long latency period of the disease, the historical development of the industrial region, the associated exposure of employees in the coal mining industry and that of the general population were included in the analysis. The radiological exposure to radon and its degradation products was and is elevated both among those employed in the coal industry, and among the general population in the interiors of houses above mining sites.

In addition to statistical analyses, time-resolved indoor radon measurements were carried out in the core area of the Saar Coal Forest as the main region of coal mining with a focus on the mining community of Quierschied.

Keywords: lung cancer, Saarland, hard coal mining, radon exposure in hard coal mining, indoor radon exposure, flooding of mines, epidemiology

Le cancer du poumon de Schneeberg en Sarre

Étude épidémiologique descriptive et écologique sur les facteurs anthropogènes dans le modèle de distribution des cancers bronchiques en Sarre 1967 – 2020

Cluster d'affections malignes des poumons et des bronches CIM-10 C33-34 dans l'ancien bassin houiller sarrois

Mesures de radon à résolution temporelle dans les espaces intérieurs, en particulier dans la commune minière de Quierschied

Dr. Karl-Michael Müller

Résumé : 39.917 (hommes : 30.365, femmes : 9.552) nouveaux cas de cancer du poumon ont été déclarés au registre sarrois du cancer entre 1967 et 2020. Le registre sarrois des tumeurs répond aux normes de qualité internationales requises pour un registre épidémiologique des tumeurs. La Sarre est toujours en tête des statistiques fédérales de morbidité pour les cancers du poumon CCD-10 C33-C343 chez les deux sexes.

Malgré les nouvelles possibilités de diagnostic et de traitement, le cancer du poumon est une maladie multicausale qui présente un faible taux de survie et une mortalité élevée. Les approches préventives basées sur la recherche des causes sont donc une priorité absolue.

Le tabagisme est le premier facteur étiologique du développement du cancer bronchique. Le radon à l'intérieur des bâtiments est considéré comme la deuxième cause la plus fréquente au niveau international. Chez les non-fumeurs, l'exposition au radon à l'intérieur est considérée comme la cause principale. La plupart des cas de cancer du poumon sont liés à l'exposition combinée au tabac et au radon. L'enquête est motivée par l'inondation prévue de l'ensemble du bâtiment de la mine sarroise et par la question de savoir si la radioactivité présente un risque pour la santé de la population concernée par l'inondation. Les conséquences connues d'une inondation sont : Dommages miniers dus à des soulèvements, atteintes par des secousses telluriques, contamination de l'eau potable, influence sur les anciens puits et l'exploitation minière proche de la surface et augmentation des dégagements de méthane et de radon. Les modifications dans et autour des bâtiments miniers facilitent la migration des gaz et entraînent une augmentation durable des dégagements gazeux de méthane et, par advection, de radon, un gaz rare radioactif, déjà accrus par la fermeture de l'industrie houillère. Par conséquent, il faut s'attendre à une augmentation des concentrations de radon à l'intérieur des maisons situées sur le site minier.

La question du "statu quo" et de l'évolution future est d'une grande importance pour les générations futures dans l'ancien pays producteur de charbon qu'est la Sarre. Bien que le problème du radon soit connu depuis les années 1980, en particulier en relation avec l'extraction de la houille, des mesures efficaces de réduction de l'exposition font encore défaut. Les normes internationales (OMS) relatives

aux valeurs limites devraient être appliquées, en particulier dans l'après-mines. La radioprotection n'est bonne que si elle est vécue.

La Sarre se prête à des études épidémiologiques descriptives et écologiques en raison de ses structures démographiques stables et de l'existence d'une zone de concentration en forme de V de l'agglomération industrielle et démographique. L'agglomération de l'industrie principale des mines de charbon et de l'industrie de l'acier dans la zone de concentration ainsi que l'attribution spatiale des branches industrielles avec des expositions cancérogènes broncho-pulmonaires connues facilitent l'observation synoptique et la formation d'hypothèses.

Les connaissances de la médecine du travail et les aspects de la médecine environnementale sont pris en compte de la même manière. Des associations statistiques hautement significatives ont pu être établies entre le taux d'incidence standardisé des cancers du poumon à différents niveaux d'agrégation (jusqu'au niveau communal comme unité d'agrégation la plus basse) et des facteurs de causalité définis scientifiquement au niveau international. Ces associations ont permis, outre la formation d'hypothèses sur la participation de l'exhalation de radon provenant des mines de charbon et l'exposition de la population concernée en tant que facteur partiel essentiel dans la genèse des cancers bronchiques, d'approcher par la suite la causalité. Les critères de qualité exigés dans la recherche épidémiologique pour éviter les interprétations erronées sont pris en compte dans l'analyse. En raison de la longue période de latence de la maladie, l'évolution historique du pays industrialisé et l'exposition des travailleurs des mines de charbon qui en découle, ainsi que celle de la population générale, ont été prises en compte dans l'analyse. L'exposition radiologique au radon et à ses produits de dégradation a été et reste élevée tant chez les travailleurs de l'industrie houillère que dans la population en général, à l'intérieur des maisons adossées au bâtiment minier.

En complément des analyses statistiques, des mesures du radon à l'intérieur des habitations ont été effectuées dans la région centrale de la Saarkohlenwald, qui est une région prioritaire pour l'industrie houillère, et plus particulièrement dans la commune minière de Quierschied.

Mots-clés : cancer du poumon, Sarre, industrie houillère, exposition au radon dans l'industrie houillère, exposition au radon à l'intérieur des bâtiments, inondation du bâtiment minier, épidémiologie

Cáncer de pulmón de Schneeberger en el Sarre

Estudio epidemiológico descriptivo-ecológico sobre los factores antropogénicos en el patrón de distribución de los carcinomas bronquiales en el Sarre 1967 - 2020

Agrupación de enfermedades malignas de los pulmones y bronquios ICD-10 C33-34 en la antigua cuenca minera del Sarre

Mediciones de radón con resolución temporal en espacios interiores centradas en la comunidad minera de Quierschied

Dr. Karl-Michael Müller

Resumen: 39.917 (hombres: 30.365, mujeres: 9.552) nuevos casos de cáncer de pulmón fueron notificados al Registro de Cáncer del Sarre en el periodo comprendido entre 1967 y 2020. El Registro de Cáncer del Sarre cumple los estándares de calidad exigidos internacionalmente a un registro epidemiológico de cáncer. El Sarre encabeza sistemáticamente las estadísticas federales de morbilidad por cáncer de pulmón CIE-10 C33-C34 para ambos sexos.

A pesar de las nuevas opciones diagnósticas y terapéuticas, el cáncer de pulmón es una enfermedad multicausal con una baja tasa de supervivencia y un elevado índice de mortalidad. Por ello, los enfoques preventivos derivados de la investigación causal son una prioridad absoluta.

El tabaquismo es el principal factor etiológico del desarrollo del carcinoma bronquial. El radón de interior está reconocido internacionalmente como la segunda causa más común. En los no fumadores, la exposición al radón en interiores se considera la causa principal. La mayoría de los casos de cáncer de pulmón se asocian a la **exposición combinada al tabaco y al radón**. El motivo del estudio es la inundación prevista de toda la mina del Sarre y la cuestión de si la población afectada por la inundación corre riesgo de radiactividad. Las consecuencias conocidas de las inundaciones son Daños en la mina debidos al oleaje, deterioro debido a los temblores de tierra, contaminación del agua potable, impacto en los pozos antiguos y en la minería cercana a la superficie y aumento de la desgasificación de metano y radón. Los cambios en las explotaciones mineras y sus alrededores facilitan la migración de gases y provocan un aumento sostenido de la desgasificación de metano y, advectionalmente, del gas noble radiactivo radón, que ya ha aumentado como consecuencia del cierre de la mina de carbón. En consecuencia, cabe suponer un aumento de las concentraciones de radón en el interior de las viviendas situadas sobre el edificio de la mina.

La cuestión del "statu quo" y la evolución futura es de gran importancia para las generaciones venideras en la antigua región minera del carbón del Sarre. Aunque el problema del radón, sobre todo en relación con la minería del carbón, se conoce desde los años 80, hasta la fecha no se han tomado medidas eficaces para reducir la exposición. Deberían aplicarse las normas internacionales (OMS) relativas a los valores límite, sobre todo en la fase posterior a la minería. La protección contra las radiaciones es tan buena como se practica.

El Sarre es adecuado para los estudios epidemiológicos descriptivo-ecológicos debido a sus estructuras demográficas estables y a la existencia de una conurbación en forma de V de aglomeración industrial y de población. La localización cartográfica de las principales industrias mineras del carbón y del acero en la zona de aglomeración con exposiciones broncopulmonares y cancerígenas conocidas facilita la observación sinóptica y la generación de hipótesis.

Los hallazgos médicos ocupacionales y los aspectos médicos ambientales recibieron la misma consideración. Se identificaron asociaciones estadísticas altamente significativas entre la tasa de incidencia estandarizada de cáncer de pulmón en diferentes niveles de agregación (hasta el nivel comunitario como unidad de agregación más baja) y factores causales definidos científicamente a nivel internacional. Estas asociaciones permitieron hipotetizar la participación de la exhalación de radón procedente de la minería del carbón y la exposición de la población afectada como factor principal en la génesis de los carcinomas bronquiales y, posteriormente, aproximar la causalidad. En el análisis se tuvieron en cuenta los criterios de calidad exigidos en la investigación epidemiológica para evitar interpretaciones erróneas. Debido al largo periodo de latencia de la enfermedad, se incluyeron en el análisis el desarrollo histórico del país industrializado y la exposición asociada de los empleados de la industria minera del carbón, así como la de la población general. La exposición radiológica al radón y a sus productos de descomposición era y es elevada tanto entre los empleados de la industria del carbón como entre la población general en los interiores de las viviendas situadas encima de los edificios mineros.

Además de los análisis estadísticos, se llevaron a cabo mediciones de radón en interiores resueltas en el tiempo en la zona central del Saarkohlenwald como región principal de la minería del carbón, centrándose en la comunidad minera de Quierschied.

Palabras clave: cáncer de pulmón, Sarre, minería del carbón, exposición al radón en la minería del carbón, exposición al radón en interiores, inundación de edificios mineros, epidemiología

Rak płuc Schneeberga w Kraju Saary

Opisowo-ekologiczne badanie epidemiologiczne dotyczące czynników antropogenicznych w występowaniu raka oskrzeli w Kraju Saary w latach 1967-2020

Grupy złośliwych chorób płuc i oskrzeli ICD-10 C33-34 w byłym obszarze górniczym Saary

Czasowo-rozdzielcze pomiary radonu w pomieszczeniach ze szczególnym uwzględnieniem regionie górniczym gminy Quierschied

Dr Karl-Michael Müller

Podsumowanie: 39 917 (mężczyźni: 30 365, kobiety: 9 552) nowych przypadków raka płuc zgłoszono do Rejestru Raka Kraju Saary w latach 1967-2020. Rejestr Nowotworów Kraju Saary spełnia wymagane międzynarodowe standardy jakości epidemiologicznego rejestru nowotworów. Kraj Saary konsekwentnie przoduje w federalnych statystykach zachorowalności na raka płuc ICD-10 C33-C343 dla obu płci.

Pomimo nowych opcji diagnostycznych i terapeutycznych, rak płuca jest chorobą wieloprzyczynową o niskim wskaźniku przeżywalności i wysokim wskaźniku śmiertelności. Podejścia prewencyjne oparte na badaniach przyczynowych są zatem najwyższym priorytetem.

Palenie tytoniu jest głównym czynnikiem etiologicznym rozwoju raka oskrzeli. Radon w pomieszczeniach jest uznawany na całym świecie za drugą najczęstszą przyczynę. U osób niepalących narażenie na radon w pomieszczeniach jest uważane za główną przyczynę. Większość przypadków raka płuc wiąże się z **łącznym narażeniem na palenie tytoniu i radon**. Powodem przeprowadzenia badania jest planowane zalenie byłych kopalń Saarland i pytanie, czy ludność dotknięta tym działaniem byłaby zagrożona radioaktywnością. Znane konsekwencje zalań kopalń to szkody górnicze spowodowane zawałami, szkody spowodowane wstrząsami ziemi, skażenie wody pitnej, wpływ na stare szyby i górnictwo przypowierzchniowe oraz zwiększone wydzielanie metanu i radonu. Zmiany w wyrobiskach górniczych i wokół nich ułatwiają migrację gazu i prowadzą do trwałego wzrostu emisji metanu oraz, adwekcyjnie, radioaktywnego gazu szlachetnego radonu, którego poziom już wzrósł w wyniku likwidacji kopalni węgla. W konsekwencji można założyć wzrost stężenia radonu we wnętrzach domów wybudowanych na obszarach pokopalnianych.

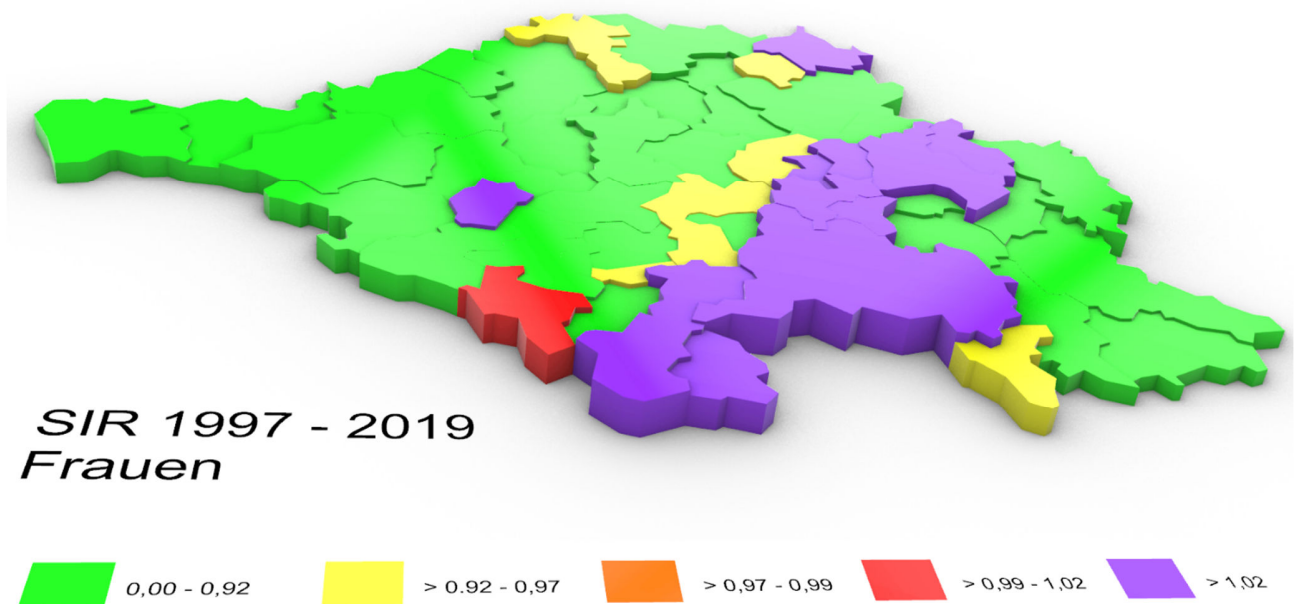
Kwestia "status quo" i przyszłego rozwoju ma ogromne znaczenie dla przyszłych pokoleń w byłym regionie górniczym Saary. Chociaż problem radonu, w szczególności w związku z wydobywaniem węgla, jest znany od lat 80-tych, do tej pory brakowało skutecznych środków w celu zmniejszenia zagrożenia. Międzynarodowe standardy (WHO) dotyczące wartości granicznych powinny być stosowane, szczególnie w przypadku terenów pokopalnianych. Ochrona przed promieniowaniem jest tylko tak dobra, jak jest praktykowana.

Kraj Saary nadaje się do opisowo-ekologicznych badań epidemiologicznych ze względu na jego stabilne struktury demograficzne i istnienie aglomeracji przemysłowej i ludnościowej w kształcie litery V. Kartograficzna lokalizacja głównych gałęzi przemysłu wydobywczego i stalowego na obszarze aglomeracji o znanym narażeniu oskrzelowo-płucnym i rakotwórczym ułatwia obserwację synoptyczną i generowanie hipotez.

W równym stopniu uwzględniono wyniki badań z zakresu medycyny pracy i środowiskowych aspektów medycznych. Zidentyfikowano wysoce istotne statystycznie związki między standaryzowanym współczynnikiem zachorowalności na raka płuca na różnych poziomach agregacji (aż do poziomu społeczności jako najniższej jednostki agregacji) a międzynarodowymi naukowo zdefiniowanymi czynnikami przyczynowymi. Związki te umożliwiły postawienie hipotezy o udziale wydobywającego się radonu z kopalni węgla i narażeniu dotkniętej tym populacji jako jednego z głównych czynników w zachorowaniach na raka oskrzeli. W analizie uwzględniono kryteria jakości wymagane w badaniach epidemiologicznych w celu uniknięcia błędnych interpretacji. Ze względu na długi okres latencji choroby, w analizie uwzględniono historyczny rozwój uprzemysłowionego kraju i związaną z tym ekspozycję pracowników przemysłu wydobywczego węgla, a także ogólną populację. Narażenie radiologiczne na radon i produkty jego rozkładu było i jest podwyższone zarówno wśród osób zatrudnionych w przemyśle węglowym, jak i wśród ogółu populacji zamieszkującej w budynkach na terenach pokopalnianych.

Oprócz analiz statystycznych przeprowadzono pomiary radonu w pomieszczeniach z rozdzielczością czasową w głównym obszarze Saarkohlenwald jako głównym regionie wydobywania węgla, ze szczególnym uwzględnieniem społeczności górniczej Quierschied.

Słowa kluczowe: rak płuca, Saara, górnictwo węglowe, narażenie na radon w górnictwie węglowym, narażenie na radon w pomieszczeniach, zalewanie kopalń górniczych, epidemiologia



Grafik: SIR Lungenkarzinom 1997 – 2019 Frauen in den Gemeinden des Saarlandes © M. Krüger 2024

Die Radonproblematik im Saarland

Die regionalen Expositionsszenarien durch Radon in Innenräumen lassen sich im Saarland ausgehend von geogenen Ursachen in drei unterschiedliche Einflussbereiche differenzieren:

- Regionen des unteren Muschelkalks mit der hohen Permeabilität für die Radonmigration
- die Zone der Magmatite/Rhyolithe im Nordsaarland
- die anthropogen überformte Abbauzone des Steinkohlenbergbaus.

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal dieser Regionen ist die Bevölkerungsdichte als Voraussetzung für die Exposition gegenüber dem pulmonalen Karzinogen « Radon ». Während in den Landschaftszonen Bliesgau/Saargau (unterer Muschelkalk) und im Nordsaarland (Magmatite/Rhyolithe) eine niedrige Bevölkerungsdichte vorherrscht, überlappt sich die Region des Steinkohlenbergbaus mit der Region der höchsten Bevölkerungsdichte im rechten Schenkel der V-förmigen Industrieagglomeration.

Der rund 260 Jahre - zu Beginn oberflächennahe, später dann als Tiefbergbau – betriebene Steinkohlenabbau hat im Saarland immer noch sichtbare und fortbestehende Veränderungen in der Landschaft hinterlassen. Neben den Absinkweihern und Bergehalden sind die Kohlekraftwerke auch nach Beendigung des Steinkohlenbergbaus 2012 sichtbare Zeichen der ehemaligen Industrielandschaft.

Dass der Steinkohlenbergbau sowohl für die untertage Arbeitenden als auch für die allgemeine Bevölkerung eine permanente Gesundheitsgefährdung (Methanexplosionen mit vielen Todesopfern im Berggebäude, Silikose, Berufskrankheiten der Bergleute) darstellte, gilt als Grunderkenntnis im Saarland.

Wenig bekannt in der Bevölkerung des Saarlandes und bisher in der Forschung auch kaum beachtet, ist allerdings, dass auch von einem anderen Gas Gefahren ausgingen und weiterhin ausgehen werden: das relativ kurzlebige, radioaktive Edelgas Radon (^{222}Rn , alpha-Strahler, Halbwertszeit 3,8 Tage) als Zerfallsprodukt von bodenbürtigem Radium ist die zweithäufigste Ursache von Lungenkrebs und tritt durch Steinkohlenbergbauaktivitäten in verstärktem Maße auch im Saarland zutage. Małgorzata Wysocka (2022) berichtet über frühere Untersuchungen, die im Gebiet der Bergbaugemeinde im Oberschlesischen Kohlerevier (USCB), Polen, durchgeführt wurden. Diese Messungen in den 1990er Jahren zur Radonkonzentration in Gebäuden innerhalb des Bergbaugebiets haben gezeigt, dass die gemessenen Radonkonzentrationen in Innenräumen in dem vom Bergbau betroffenen Gebiet höher waren als in Gebäuden außerhalb dieses Gebiets.

Die Flächenländer mit den ehemaligen Steinkohlenbergbaurevieren Saarland und Nordrhein-Westfalen führen aus bisher unbekannter Ursache die Lungenkrebsmorbiditystatistik des Bundes anhaltend bei beiden Geschlechtern an. Die Raucherquoten in den beiden Bundesländern sind vergleichbar mit den Regionen mit niedrigen Lungenkrebsraten, z.B. in Bayern mit seinem vergleichsweise rudimentären und bereits in den 1960er Jahren stillgelegtem Steinkohlenbergbau (Oberpfalz) und der Region des Oberbayerischen Pechkohlengebietes.

Neue Forschungsergebnisse zur Radonbelastung der Bevölkerung in Innenräumen durch den Steinkohlenbergbau als Folge der technogenen Störung des Bodens mit Nachweis genetischer Schäden bei den Exponierten fügen sich dabei nahtlos in die Kausalkette der Tumorgenese der Bronchialkarzinome ein.

Die beobachteten Erhöhungen der Radonkonzentrationen in Wohnungen in der ober-schlesischen Bergbauregion als Folge der Schließung der Steinkohlenbergwerke aktualisieren die seit 1987 anhaltende „Radondiskussion“ im Saarland. Insbesondere die geplante Flutung des gesamten Berggebäudes mit zunehmender Radonbelastung in Innenräumen erfordert wissenschaftlich fundierte Grundlagenforschung, insbesondere aus strahlenmedizinischer Perspektive.

Im Saarland wurden für den Zeitraum von 1975 bis 2019 drei Krebsatlanten aufgelegt. Stabilität im zeitlichen Verlauf der Distributionsmuster der Lungenkrebserkrankungen findet sich mit statistischer Signifikanz in den vom Steinkohlenbergbau beeinflussten Regionen.

Die vorliegende deskriptiv-ökologische epidemiologische Untersuchung - basierend auf der Morbiditystatistik des Saarländischen Krebsregisters - ermöglicht erstmalig einen umfassenden synoptischen Blick auf die regionalen Unterschiede im Distributionsmuster der Lungenkrebserkrankungen. Aktuelle weltweite Forschungsergebnisse über die Ätiologie und Epidemiologie von Lungenkrebserkrankungen fügen sich konkordant in die Untersuchungsergebnisse im Saarland ein und erleichtern zugleich die Analyse der Kausalkette.

Für die epidemiologische Forschung eröffnet sich im Saarland aufgrund einer exzellenten Datengrundlage eine neue Möglichkeit. Hier trifft eine international anerkannte Krebsregistrierung seit 1967 auf jahrzehntelange, stabile demografische Strukturen und auf einen in der Aggregationsebene « Gemeinde » vorhandenen Datenpool über die Rauchgewohnheiten der saarländischen Bevölkerung. Die für das Land ökonomisch ungünstige eingeeengte Industrie- und Wirtschaftsstruktur vereinfacht zugleich im Rückblick epidemiologische Forschung über mögliche bisher unbekannte Kausalzusammenhänge. Diese aufzuklären bleibt einer zukünftigen umfassenden analytischen Epidemiologie vorbehalten.

Methodik:

Deskriptive synoptische und ökologisch-epidemiologische Betrachtung von Datensätzen aus den Bereichen gebietsübergreifender Fachliteratur, Kartografie, Statistik und begleitende zeitaufgelöste Radon-Messungen (Ionisationskammertechnik) in makro- und mikroregionalen Einheiten des Saarlandes

Instrumentarium:

Literatur über den Steinkohlenbergbau mit Schwerpunkt „Saarländischer Steinkohlenbergbau“, Wissenschaftliche, gebietsübergreifende Fachliteratur „Radon“, horizontale und vertikale Kartografie der Untersuchungsräume, allgemeine grafische Darstellungen, statistische Analyse der Datensätze, zeitaufgelöste Radonmessungen mittels gepulster Ionisationskammertechnik.

Anhang:

Demografische Grunddaten des Saarlandes, Grunddaten des saarländischen Steinkohlenbergbaus, epidemiologische Grunddaten zum Bronchialkarzinom in Deutschland und Frankreich, Berufskrankheiten im Saarland, Ergebnisse der Radonmesskampagne des Ministeriums für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar- und Verbraucherschutz Saarland

Ergebnisse:

Die Betrachtung erfolgt in vier Aggregationsebenen: die Ergebnisse der jeweiligen Ebene sind repräsentativ, kongruent und besitzen Gültigkeit in beiden Richtungen der vertikalen Ebenen (Hierarchie).

Ebene 1

Es besteht eine positive signifikante statistische Korrelation zwischen der standardisierten Inzidenzrate (SIR) der Gemeinden des Saarlandes, die von Auswirkungen des Steinkohlenbergbaus betroffen sind, gegenüber den saarländischen Gemeinden ohne Einfluss des Steinkohlenbergbaus.

➤ Einflussfaktor Steinkohlenbergbau

Es besteht eine positive signifikante statistische Korrelation zwischen der Größe des Berggebäudes und der SIR. Als Kriterium für die Größe des Berggebäudes wird der Parameter „Schachtmeter“ eingeführt. Das ist die Summe aller Teufen in einem Gemeindegebiet; damit wird der Durchbauungsgrad dieser Gemeinde erfassbar.

➤ Durchbauungsgrad und hiervon abhängige, variable Wirkungsfaktoren: das gesamte Ausgasungsvolumen im aktiven Bergbau, das Restgasvolumen im stillgelegten Steinkohlenbergbau und die Geochemie. Hoher Anteile flüchtiger Bestandteile - Transportgas Methan und Radon, advektiv in der saarländischen Steinkohle (Flamm- und Fettkohle).

Es besteht eine positive signifikante statistische Korrelation zwischen dem Alter der Wohngebäude in den Gemeinden und der SIR.

➤ Einflussfaktor erleichterte Radonmigration in die dem Berggebäude aufsitzenden Wohnhäuser als Voraussetzung für erhöhte Radonkonzentrationen in den Innenräumen.

Ebene 2

Es besteht eine positive signifikante statistische Korrelation zwischen der standardisierten Inzidenzrate (SIR) der vom **oberflächennahen** Bergbau betroffenen Gemeinden (Merchweiler, Illingen, Quierschied, Friedrichsthal, Sulzbach, Schiffweiler, Spiesen-Elversberg, Neunkirchen und Bexbach) gegenüber den sie umgebenden nicht vom Bergbau betroffenen Gemeinden (St. Ingbert, Kirkel, Homburg, Ottweiler, Marpingen und Eppelborn).

➤ Einflussfaktor oberflächennaher Steinkohlenbergbau.

Ebene 3

Es besteht eine positive signifikante statistische Korrelation zwischen der standardisierten Inzidenzrate (SIR) der Gemeinden mit Auswirkungen des Steinkohlenbergbaus gegenüber Gemeinden ohne Einwirkungen des Steinkohlenbergbaus Merchweiler, Quierschied, Friedrichsthal, Sulzbach (Karbon, ausstreichend) versus St. Ingbert (Rotliegendes, das Karbon überlagernd)

- **Einflussfaktor Geologie als Grundlage des Radonpotentials in der Bodenluft und Migrationserleichterung des Radons durch bergbaubedingte technogene Störungen.**

Ebene 4

In der Bergbau-Gemeinde Quierschied konnten Häuser mit erhöhten Radonwerten in den Innenräumen Strukturen des darunterliegenden Grubengebäudes (Grubenfelder, Stollen und Schächte) zugeordnet werden.

Synopsis der Ebenen: kongruente Merkmale der Ebenen 1 - 4

- Die Analyse des Rauchverhaltens (pack years) auf Gemeindeebene in der Rauchererhebung im Saarland (1987) lässt bei beiden Geschlechtern keine Clusterbildung erkennen.
- Auch unter Berücksichtigung des Rauchverhaltens bei beiden Geschlechtern auf der langen Zeitschiene bleiben die statistischen Korrelationen konstant.
- Frauen sind von den festgestellten Korrelationen am stärksten betroffen. Möglicherweise spielt die längere kombinierte Exposition (Rauchen und Radon) in Innenräumen (niedrige Beschäftigungsquote) oder eine längere Expositionszeit gegenüber Radon allein in Innenräumen hierbei eine entscheidende Rolle.
- Die festgestellten Korrelationen zeigen Konstanz über den langen Beobachtungszeitraum (53 Jahre)
- Die Mittelwerte der zeitaufgelösten Radon-Messungen in über 250 Häusern auf der Karbonschiene überschreiten den Bundesdurchschnitt von 65 Bq/m³ (BfS) um über 500%.

Messmethodik

In der vergleichenden Langzeitmessung (1 Jahr) in einem Haushalt auf der Karbonschiene zwischen passiver (Kernspurdetektor des Saarländischen Umweltministeriums) und zeitaufgelöster Radon-Messung (Ionisationskammertechnik) konnte die analytische Kompetenz der Messung in der Ionisationskammer gezeigt werden: lange Expositionszeiten mit hohen Radonmesswerten in Synopsis mit modulierenden Parametern konnten nur durch die aktive Messmethode nachgewiesen werden.

Unter Closed-door - Bedingungen zeigten sich zwei unterschiedliche charakteristische Kurvenverläufe der Radonkonzentrationen in Innenräumen: einerseits eine Anreicherung mit einer Plateaubildung aufgrund der Halbwertszeit des Radons von 3,8 Tagen, andererseits Kurvenverläufe an Messorten mit Bezug und räumlicher Nähe zum Radon-exhalierenden Schachtsystem mit stark schwankenden Innenraumkonzentrationen. Diese stehen möglicherweise im Zusammenhang mit der aktiv betriebenen Grubengasabsaugung im Berggebäude.

Status quo, Conclusio und Perspektive

Im Saarland existiert kein flächendeckendes Radon-Kataster. Die reale Radon-Belastung in Innenräumen der Häuser, insbesondere in der Region des ehemaligen Steinkohlenbergbaus ist nahezu unbekannt. Sporadische Messungen in der Vergangenheit haben bereits Hinweise auf eine erhöhte Belastung in Innenräumen von Häusern in Regionen des tagesnahen Bergbaus ergeben. Die vom saarländischen Umweltministerium durchgeführte Radon-Messkampagne zur Festlegung von Radonvorsorgegebieten nach dem Strahlenschutzgesetz (Schutz am Arbeitsplatz in „Radon-Vorsorgegebieten“ : **Referenzwert 300 Bq/m³**) ist u.a. aus statistischen Gründen nicht als Instrumentarium zur Einschätzung der Gesundheitsgefährdung der saarländischen Bevölkerung durch ionisierende alpha-Strahlung (Radon in Innenräumen: **WHO-Grenzwert: 100 Bq/m³**) geeignet.

Insbesondere die eindimensionale Betrachtungsweise über das geogene Radonpotential und eine daraus abgeleitete Überschreitungswahrscheinlichkeit bereitet den Weg für Fehlinterpretationen vor. Die geringe Anzahl von landesweiten Langzeitmessungen, die angewandte passive Messmethodik und die fehlende Analyse wesentlicher Einflussfaktoren der Radonbelastung in Innenräumen im Wohn- und Arbeitsumfeld lässt eine sachgerechte, wissenschaftlich fundierte Information der betroffenen Bevölkerung nicht zu. Neuere Modelle der Risikoabschätzung sind bereits wissenschaftlich etabliert. Flächendeckende und zeitaufgelöste Messungen mit der Ionisationskammertechnik sollten mit Schwerpunkt in den Regionen des ehemaligen Steinkohlenbergbaus durchgeführt werden, um das regionale bevölkerungsattributable Risiko zu ermitteln.

Maßnahmen, die zu einer Erhöhung der Radonbelastung in Innenräumen führen können, müssen vermieden werden. Insbesondere bedarf die geplante Flutung des gesamten saarländischen Berggebäudes unter strahlenmedizinischen und strahlenrechtlichen Aspekten einer neuen, an internationale Erkenntnisse angepasste Untersuchung und Bewertung. Forschungsvorhaben auf der Datenbasis des saarländischen Krebsregisters dienen dabei unmittelbar dem Schutz der Bevölkerung vor dem krebserzeugenden Edelgas Radon. Ziel ist die Reduktion der Morbidität und Mortalität der Lungenkrebserkrankungen im Saarland, auch unter gesundheitsökonomischen Gesichtspunkten.

Die Radonmesskampagne des saarländischen Umweltministeriums aufgrund der gesetzlichen Vorgaben zur Ermittlung von Radonvorsorgegebieten begann im Februar 2020. Es wurden 1.800 Gebäude mit 1108 Nachmessungen erfasst, davon 816 Kurzzeitmessungen (mehrere Monate) und 292 Langzeitmessungen (1Jahr) (Statistische Analyse: Krüger Michael, Kreuzau), Datenbasis: MUKMAV Saarland.

Auf der folgenden Seite werden die Anteile der Erfassungen nach Gemeinden getrennt und nach der Art der Messreihe (kurz, bzw. lang) dargestellt. Erkennbar ist die lückenhafte Erfassung von Messungen in Wohngebäuden.

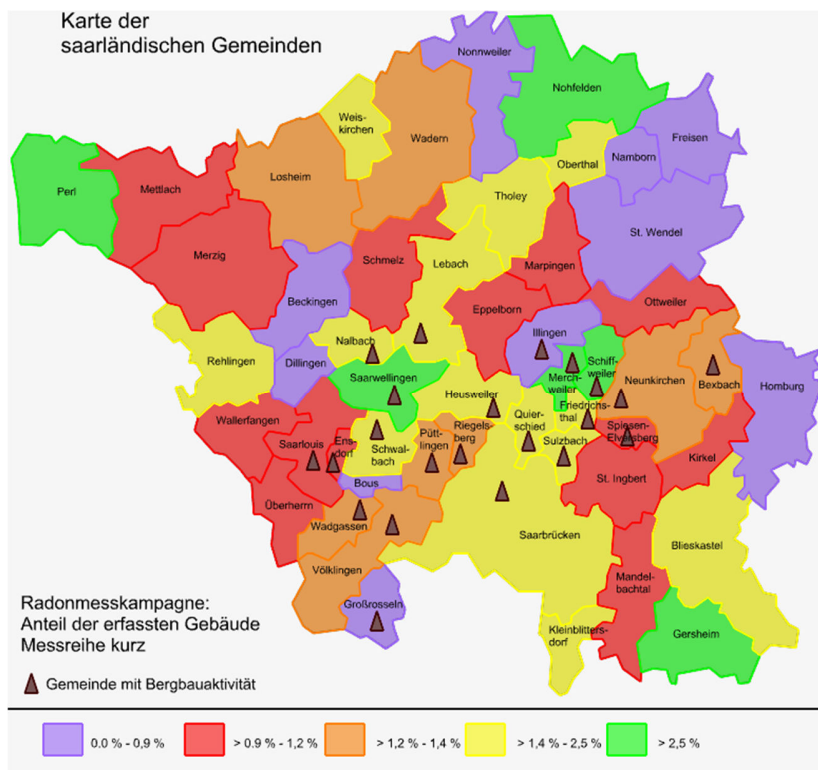


Abb.: Prozentualer Anteil der erfassten Gebäude in der Gemeinde (kurz) © M. Krüger 2024

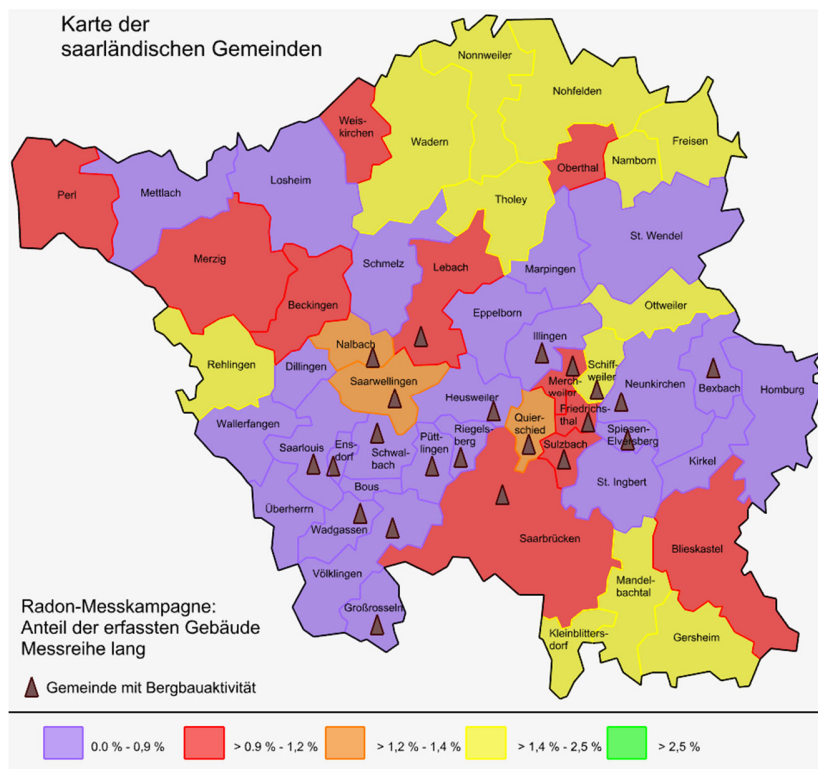


Abb.: Prozentualer Anteil der erfassten Gebäude in der Gemeinde (lang) © M. Krüger 2024

Hypothese:

Hypothese zur Clusterbildung bronchopulmonaler Malignome ICD C33 - C34 im Saarland

- Die Region des ehemaligen oberflächennahen Steinkohlenbergbaus befindet sich im rechten Schenkel des V-förmigen Verdichtungsraumes der Siedlungs- und Industrieagglomeration. Diese Zone gehört zu einer der am dichtest besiedelten Regionen Europas und ist zugleich der Schwerpunkt des saarländischen Steinkohlenbergbaus.
- Aus dem Berggebäude kommt es anhaltend zum Austritt von Methan.
- Methan transportiert advektiv das radioaktive, mutagene und kanzerogene Radon in die Bodenluft.
- Das aus der Bodenluft der Oberfläche des Berggebäudes freigesetzte Radon kann bei einem hohen Anteil von Häusern mit Bergschäden leicht in diese eintreten und sich in diesen ansammeln.
- Die fehlende Kenntnis der Bevölkerung über die Gefahr der radioaktiven Exposition und die fehlende Wahrnehmbarkeit des farb-, geschmack- und geruchlosen Gases führen zum Ausbleiben von präventiven Abwehrmaßnahmen.
- Der kanzerogene Hauptrisikofaktor Rauchen und der kanzerogene Faktor „Radon in Innenräumen“ bedingen im Zusammenwirken die Steigerung der standardisierten Inzidenzrate der Bronchialkarzinome im Saarland, wobei die Frauen aufgrund der längeren Aufenthaltsdauer/Exposition in Innenräumen einem besonderen Risiko ausgesetzt sind.

Das Expositionsrisiko durch radiologische Belastungen des Radons in Gebäuden („Vulnerability“ = Gebäudetyp, Gebäudealter) einer mikro- oder makroregionalen Einheit wird im Wesentlichen durch zwei Komponenten bestimmt: das geogene Radonpotential und/oder anthropogene, z.B. bergbauliche Ursachen.

Bergbauliche Ursachen sind die Konzentration von Radon in Grubenwettern und die Migration im anthropogen beeinflussten Untergrund. Die Entwicklung einer durch Radon induzierten Lungenkrebserkrankung ist an individuelle oder kollektive Expositionen (Bevölkerungsdichte) und die Vulnerabilität dieser Individuen/Kollektive gebunden.

Zusammenfassend muss nach Anwendung der Kausalitätskriterien nach Bradford Hill und Evans von einem hohen „kausalen Gehaltes“ der deskriptiv-ökologischen Untersuchung ausgegangen werden. Unter Beachtung der multiplen statistisch-signifikanten Assoziationen und der Messergebnisse **ist eine Mitbeteiligung des Steinkohlenbergbaus am Lungenkrebsgeschehen im Saarland anzunehmen**. Eine zusätzliche anthropogen induzierte Strahlenbelastung durch Flutung des gesamten Grubengebäudes erscheint unter grundgesetzlicher und strahlenschutzrechtlicher Perspektive unzulässig. Aufgrund der gesundheitlichen Relevanz sind weitere analytische Forschungsbemühungen erforderlich. Die Einrichtung eines flächendeckenden Radonkatasters als Überwachungs- und Forschungsinstrumentarium sollte von der saarländischen Landesregierung in ihrer Verantwortung für die Gesundheit der Bevölkerung vorangetrieben werden. Erfahrungen anderer Länder und Regionen könnten hierbei eingebracht werden.

Die Beteiligung internationaler Institutionen an der Forschung wäre wünschenswert. Die Auswertung der Daten des weltweit anerkannten saarländischen Krebsregisters stellt aus epidemiologischer Sicht ein dringend notwendiges Unterfangen zum Nutzen der saarländischen Bevölkerung dar. Auch die gesundheitsökonomische Betrachtungsweise lässt keine andere Option zu. Präventive Maßnahmen, wie Intensivierung von „Anti-Rauch-Kampagnen“ zur weiteren Reduzierung des Tabakkonsums, die Aufklärung der Bevölkerung über die Zusammenhänge einer kombinierten Exposition und die Umsetzung möglicher Abwehrstrategien gegen eine Radonbelastung in Innenräumen stellen die Weichen für die weitere Entwicklung des Krankheitsgeschehens. Lungenkrebserkrankungen zu verhindern ist gemeinsame Aufgabe zum Schutz nachfolgender Generationen.

„Schädliche Gasarten“

Pfähler: Wetterführung auf der Königlichen Steinkohlengrube Sulzbach-Altenwald bei Saarbrücken
III. Seite 4 ~ 1885



Foto: Dr. Karl-Michael Müller © 2024

Dazu ein Zitat aus dem oben genannten Werk:

„Es sei gestattet, bei diesem wichtigen Gegenstande einige Augenblicke zu verweilen, um nachzuweisen, mit welchen farb- und geschmacklosen Wegelagerern und Raubgesindel der Bergmann zu thun hat, das unter den abgestorbenen Calamiten herumkraucht und demselben auf Schritt und Tritt auflauert, über ihn herfällt und „fest geschmiegt an seiner Seite, ihm die Lungen ausschürft, in seine tiefsten Adern dringt und das frische Blut weg saugt“