

**Becker C, Brix G, Reiser M**

**Computed Tomography in Cardiology: Does the Diagnostic Benefit Justify the Ever Increasing Radiation Exposure?**

CardioVasc. 8: 2-4, 2008

In Germany, patient examinations are more and more performed by computed tomography (CT). As a consequence, the collective dose to the population resulting from medical X-ray procedures has increased slowly but steadily. In contrast to the United States, there is broad consent in Germany that CT screening for early detection of diseases in asymptomatic persons is at present not justified due to the lack of valid data indicating a net benefit. On the other hand, the use of CT within healthcare is beyond dispute and will presumably further increase. Therefore, the Federal Office for Radiation Protection (BfS), the German Roentgen Society (DRG) and the Association of Manufacturers of Electromedical Equipment (ZVEI) seek to reduce the patient exposure per examination by technical means. In addition to the optimization of examination protocols, the second basic principle of radiological protection requires also careful consideration: the medical justification of each individual CT examination. Adherence to these principles is audited on a regular basis by the competent "medical experts office for quality assurance in radiology" ("Ärztliche Stelle nach Röntgenverordnung"). This review article provides basic information for the radiation-hygiene assessment of CT procedures in cardiology

**Computertomographie in der Kardiologie: Rechtfertigt der diagnostische Gewinn die immer höhere Strahlenbelastung?**

In Deutschland werden immer mehr Patientenuntersuchungen mit der Computertomographie (CT) durchgeführt. Infolge dessen hat die Strahlenexposition der Bevölkerung langsam aber kontinuierlich zugenommen. Während Früherkennungsuntersuchungen mit der CT, wie sie insbesondere in den USA praktiziert werden, in Deutschland aufgrund des nicht belegten Nutzens als nicht gerechtfertigt angesehen werden, ist der Einsatz der CT in der Krankenversorgung unbestritten und wird vermutlich weiterhin zunehmen. Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und die Deutsche Röntgengesellschaft (DRG) bemühen sich daher zusammen mit dem Zentralverband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie, die Strahlenexposition pro CT-Untersuchung durch technische Maßnahmen zu reduzieren. Neben der Optimierung der Untersuchungstechnik kommt aber gerade bei der CT auch dem zweiten Grundprinzip des Strahlenschutzes eine zentrale Bedeutung zu, nämlich der ärztlichen Rechtfertigung jeder einzelnen CT-Anwendung. Die Einhaltung beider Grundsätze wird regelmäßig durch die zuständige „Ärztliche Stelle nach Röntgenverordnung“ überprüft. Die vorliegende Übersichtsarbeit vermittelt grundlegende Informationen zur strahlenhygienischen Bewertung von CT-Untersuchungen in der Kardiologie.

---

**Berg HP, Görtz R, Fröhmel T, Winter Ch**

**Probabilistic Safety Assessment of External Flooding Protection for Nuclear Power Plants in Germany**

Journal of Power and Energy Systems 2, No 2; 734-743, 2008

Methods to systematically analyze existing nuclear power plants (NPP) regarding the adequacy of their existing protection equipment against external hazards, e.g. flooding, can be of deterministic as well as probabilistic nature. In the past the adequacy of the protection measures has been assessed only on a deterministic basis. The German regulatory body has issued probabilistic safety assessment (PSA) guidelines, which had been elaborated for a comprehensive integrated safety review of all NPP in operation. Amongst others the guidelines imply, that probabilistic considerations regarding external

flooding are required. This paper presents a newly developed graded approach for the probabilistic assessment of external flooding. Main aspects are explained such as the underlying probabilistic considerations and the mathematical procedures for the calculation of exceedance frequencies, which have recently been developed and issued as part of the German Nuclear Safety Standard. Exemplarily it has been investigated if extreme events such as tsunami waves could be a hazard for NPP at coastal sites in Germany. Here it could be shown that due to limited source mechanisms and the specific morphological conditions in the North Sea no dedicated measures for protection against tsunamis in the German Bight are necessary.

**Probabilistische Sicherheitsanalysen zum externen Fluten von Kernkraftwerken in Deutschland**  
Um systematisch zu untersuchen, ob in Betrieb befindliche Kernkraftwerke ausreichend gegen externe Gefährdungen wie z. B. Hochwasser geschützt sind, können sowohl deterministische als auch probabilistische Methoden eingesetzt werden. In der Vergangenheit wurden die getroffenen Schutzmaßnahmen nur auf deterministischer Basis bewertet. Für die Durchführung umfassender integrierter Sicherheitsüberprüfungen für alle in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke Behörde sind behördliche Dokumente für probabilistische Sicherheitsanalysen herausgegeben worden. Diese Dokumente enthalten, unter anderem, einen gestaffelten Ansatz für die probabilistische Analyse im Fall einer Überflutung durch Hochwasser. Dabei werden die grundsätzlichen Aspekte wie die zu Grunde liegenden probabilistischen Betrachtungen und die mathematischen Prozesse für die Berechnung der Überschreitenswahrscheinlichkeiten beschrieben, die kürzlich abgeleitet wurden und als KTA-Regel veröffentlicht wurden. Beispielhaft wird in diesem Artikel untersucht, ob extreme Ereignisse wie Tsunamis eine Gefährdung für Kernkraftwerke an Flüssen nahe der Küste darstellen können. Die Untersuchungen haben ergeben, dass aufgrund der Entstehungsmechanismen und der spezifischen morphologischen Gegebenheiten in der Nordsee keine speziellen Schutzmaßnahmen gegen Tsunamis in der Deutschen Bucht notwendig sind.

---

### **Berg HP, Görtz R, Kesten J**

[Methods for the Treatment of Common Cause Failures in Redundant Systems.](#)

Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications 1, No. 2, 8-18; June 2008

Dependent failures are extremely important in reliability analysis and must be given adequate treatment so as to minimize gross underestimation of reliability. German regulatory guidance documents for PSA stipulate that model parameters used for calculating frequencies should be derived from operating experience in a transparent manner. Progress has been made with the process oriented simulation (POS) model for common cause failure (CCF) quantification. A number of applications are presented for which results obtained from established CCF models are available, focusing on cases with high degree of redundancy and small numbers of observed events.

### **Methoden zur Behandlung gemeinsam verursachter Fehler in redundanten Systemen**

Abhängige Fehler sind im Rahmen von Zuverlässigkeitsanalysen sehr wichtig und müssen daher angemessen berücksichtigt werden, um die fehlerhafte Einschätzungen der Zuverlässigkeit z. B. von Komponenten weitgehend zu vermeiden. Die deutschen behördliche Dokumente für probabilistische Sicherheitsanalysen fordern, dass Modellparameter, die für die Berechnung von Häufigkeiten eingesetzt werden, aus der betrieblichen Erfahrung abgeleitet werden sollen. In dieser Hinsicht ist das prozessorientierte Simulationsmodell POS für die Quantifizierung von gemeinsam verursachten Ausfällen (GVA) weiterentwickelt worden. Verschiedene Anwendungen unter Verwendung zugänglicher Ergebnisse anderer GVA-Modelle sind dargestellt. Dabei wurde der Schwerpunkt auf solche Fälle gelegt, in denen hohe Redundanzen vorlagen und nur eine geringe Anzahl von beobachteten Ereignissen.

**Berg HP, Fröhmel T, Winter Ch**

[Analysis of the Impact of External Flooding to Nuclear Installations.](#)

Reliability & Risk Analysis: Theory & Applications 1, No. 2, 19-29; June 2008

The German regulatory body has issued probabilistic safety assessment guidelines, elaborated for a comprehensive integrated safety review of all NPP in operation and containing a newly developed graded approach for the probabilistic assessment of external flooding. Main aspects are explained such as the underlying probabilistic considerations and the mathematical procedures for the calculation of exceedance frequencies of the design flooding. The mathematical approaches to be applied are provided for sites at coastal areas and at river sites.

**Analyse der Auswirkung einer externen Flutung auf kerntechnische Anlagen**

Die zuständige deutsche Behörde hat behördliche Dokumente für probabilistische Sicherheitsanalysen herausgegeben, die für umfassende integrierte Sicherheitsüberprüfungen aller in Betrieb befindlichen deutschen Kernkraftwerke erarbeitet wurden. Diese Dokumente beschreiben einen gestaffelten Ansatz für die Durchführung probabilistischer Analysen im Fall einer externen Überflutung der Kernkraftwerke. Die grundsätzlichen Aspekte wie die zu Grunde liegenden probabilistischen Betrachtungen und die mathematischen Prozesse für die Berechnung der Überschreitenswahrscheinlichkeiten des Bemessungshochwassers werden detailliert erläutert. Die zu verwendenden mathematischen Ansätze werden sowohl für Standorte von Kernkraftwerken an Binnenflüssen als auch für küstennahe Standorte beschrieben.

---

**Brix G, Strieth S, Strelczyk D, Dellian M, Griebel J, Eichhorn M, André W, Bellemann ME**

[Static Magnetic Fields Affect Capillary Flow of Red Blood Cells in Striated Skin Muscle](#)

Microcirculation 15: 15-26, 2008

Blood flowing in microvessels is one possible site of action of static magnetic fields (SMFs). We thus evaluated SMF effects on capillary flow of red blood cells (RBCs) in unanaesthetized hamsters using a skinfold chamber technique for intravital fluorescence microscopy. By this approach, capillary RBC velocities ( $v_{RBC}$ ), capillary diameters ( $D$ ), arteriolar diameters ( $D_{art}$ ), and functional vessel densities (FVD) were measured in striated skin muscle at different magnetic flux densities. Exposure above a threshold level of about 500 mT resulted in a significant ( $P < 0.001$ ) reduction of  $v_{RBC}$  in capillaries as compared to the baseline value. At the maximum field strength of 587 mT,  $v_{RBC}$  was reduced by more than 40 %. Flow reduction was reversible when the field strength was below the threshold level. In contrast, mean values determined at different exposure levels for the parameters  $D$ ,  $D_{art}$ , and FVD did not vary by more than 5 %. Blood flow through capillary networks is affected by strong SMFs directed perpendicular to the vessels. Since the influence of SMFs on blood flow in microvessels directed parallel to the field as well as on collateral blood supply could not be studied, our findings should be carefully interpreted with respect to setting safety guidelines.

**Statische Magnetfelder beeinflussen den kapillären Fluss von roten Blutkörperchen in der quergestreiften Skelettmuskulatur**

Fließendes Blut in Mikrogefäßen stellt einen möglichen biophysikalischen Angriffspunkt für statische Magnetfelder (SMF) dar. Daher war es das Ziel dieser Arbeit, die Wirkung SMF auf die Erythrozytenfließgeschwindigkeit in Kapillaren mit der intravitalen Fluoreszenzmikroskopie im Kammermodell an wachen Hamstern zu untersuchen. Mittels dieser Technik wurde die kapilläre Fließgeschwindigkeit, der Durchmesser der Kapillaren ( $D$ ) und Arteriolen ( $D_{art}$ ) sowie die funktionelle Gefäßdichte (FGD) in der quergestreiften Skelettmuskulatur bei unterschiedlichen magnetischen Flussdichten bestimmt. Bei einer

magnetischen Induktion von mehr als 500 mT wurde eine signifikante Reduktion ( $P < 0,001$ ) der Erythrozytenfließgeschwindigkeit beobachtet; bei der maximalen Feldstärke von 587 mT betrug die Abnahme mehr als 40 %. Die beobachtete Flussreduktion war reversibel, wenn die Feldstärke auf Werte unterhalb des genannten Schwellenwerts reduziert wurde. Dem gegenüber variierten die Mittelwerte der bei unterschiedlichen Expositionswerten gemessenen Gewebeparameter  $D$ ,  $D_{art}$  und FGD um nicht mehr als 5 %. Die Daten belegen, dass der Blutfluss durch Kapillaren durch SMF beeinflusst wird, die senkrecht zu den Gefäßen ausgerichtet sind. Da der Einfluss SMF auf den Blutfluss in parallel zum Feld verlaufenden Mikrogefäßen sowie auf die Kollateralisierung mittels des verwendeten Kammermodells nicht untersucht werden konnte, sollten die Ergebnisse bezüglich der Festlegung von Grenzwerten vorsichtig interpretiert werden.

---

**Donadille L, Carinou E, Ginjaume M, Jankowski J, Rimpler A, Sans Merce M, Vanhavere F**

**An Overview of the Use of Extremity Dosemeters in Some European Countries for Medical Applications**

Rad Prot Dosimetry 131: 62-66, 2008

Some medical applications are associated with high doses to the extremities of the staff exposed to ionizing radiation. At workplaces in nuclear medicine, interventional radiology, interventional cardiology and brachytherapy, extremity doses can be the limiting factor as far as regulatory dose limits for workers are concerned. However, although the need for routine extremity monitoring is obvious for these applications, no data about the status of routine extremity monitoring reported by different countries was collected and analyzed so far, at least at European level. In this paper, data collected from seven European countries are presented. They are compared with extremity doses extracted from dedicated studies published in the literature which were reviewed in a previous publication. The analysis shows that dedicated studies lead to extremity doses significantly higher than the reported doses, suggesting that either the most exposed workers are not monitored or the doseimeters are not routinely worn or not worn at appropriate positions.

**Teilkörperdosimetrie bei medizinischen Anwendungen in einigen europäischen Ländern**

Medizinische Anwendungen ionisierender Strahlung sind teilweise mit hohen Teilkörperexpositionen des Personals verbunden. An Arbeitsplätzen in der Nuklearmedizin, der interventionellen Radiologie und Kardiologie sowie bei der Brachytherapie kann die Haut der Extremitäten das limitierende Organ bezüglich der Einhaltung gesetzlicher Dosisgrenzwerte beruflich exponierter Personen sein. Obwohl in diesen Fällen die Überwachung der Hautdosis mit amtlichen Teilkörperdosimetern erforderlich ist, sind bislang kaum Informationen über den Umfang der Teilkörperdosimetrie in Europa und deren Resultate veröffentlicht und ausgewertet worden.

In dieser Arbeit werden Ergebnisse der amtlichen Personendosimetrie aus sieben europäischen Ländern vorgestellt und mit Literaturdaten von zielgerichteten Untersuchungen verglichen. Die Auswertung ergab, dass in einzelnen Studien deutlich höhere Teilkörperdosen gefunden wurden als in den amtlichen Personendosisregistern dokumentiert ist. Diese Tatsache lässt vermuten, dass viele exponierte Personen entweder gar nicht dosimetrisch überwacht werden oder dass die Dosimeter nicht regelmäßig oder an nicht repräsentativen Trageorten getragen werden.

**Ginjaume M, Carinou E, Donadille L, Jankowski J, Rimpler A, Sans Merce M, Vanhavere F, Denoziere M, Daures J, Bordy JM, Itie C, Covens P**  
**Extremity Ring Dosimetry Intercomparison in Reference and Workplace Fields**  
Rad Prot Dosimetry 131: 67-72, 2008

An intercomparison of ring dosimeters has been organised with the aim of assessing the technical capabilities of available extremity dosimeters and focusing on their performance at clinical workplaces with potentially high extremity doses. 24 services from 16 countries participated in the intercomparison. The dosimeters were exposed to reference photon ( $^{137}\text{Cs}$ ) and beta ( $^{147}\text{Pm}$ ,  $^{85}\text{Kr}$  and  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ) fields together with fields representing realistic exposure situations in interventional radiology (direct and scattered radiation) and nuclear medicine ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$  and  $^{18}\text{F}$ ). It has been found that most dosimeters provided satisfactory measurements of  $H_p(0.07)$  for photon radiation, both in reference and realistic fields. However, only four dosimeters fulfilled the requirements given by the trumpet curves for all radiation qualities. The main difficulties were found for the measurement of low energy beta radiation. Finally, the results showed a general under-response of detectors to  $^{18}\text{F}$ , which was attributed to the difficulties of the dosimetric systems to measure the positron contribution to the dose.

### Messvergleich von Teilkörperdosimetern in Referenzstrahlenfeldern und unter Expositionsbedingungen an Arbeitsplätzen

Um die Leistungsfähigkeit von Teilkörperdosimetern insbesondere deren Eignung für den Einsatz an medizinischen Arbeitsplätzen mit möglichen hohen Expositionen zu testen, wurde ein Messvergleich von Fingerringdosimetern organisiert. Es beteiligten sich 24 Messstellen aus 16 Ländern. Die Dosimeter wurden in Photonen- ( $^{137}\text{Cs}$ ) und Beta-Referenzstrahlenfeldern ( $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$  und  $^{147}\text{Pm}$ ) sowie unter simulierten realistischen Expositionsbedingungen der interventionellen Radiologie (Direkt- und Streustrahlung) und der Nuklearmedizin ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$  und  $^{18}\text{F}$ ) exponiert.

Die meisten Dosimeter lieferten zufrieden stellende Ergebnisse für die Messgröße  $H_p(0.07)$  für Photonenstrahlung, sowohl in den Referenzfeldern als auch unter realistischen Bedingungen. Jedoch nur vier Dosimeter erfüllten die Anforderungen („Trompetenkurve“) für alle getesteten Strahlenqualitäten. Am schwierigsten erwies sich die Messung niederenergetischer Betastrahlung. Problematisch war auch die richtige Dosisbestimmung für  $^{18}\text{F}$ . Hier lieferten alle Dosimetersysteme zu geringe Messwerte, da der Beitrag von Positronen zur Dosis unterschätzt wird.

---

### Grosche B

**The "Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken" Study: Results Put into Perspective**  
Radiat Prot Dosimetry, 132(2):198-201, doi:10.1093/rpd/ncn257, 2008

A German case-control study on leukaemia in children below 5 y of age near nuclear installations showed a trend of increasing risk with decreasing distance of place of residence from the sites. The radiation exposure from the sites is considered as being too low by a factor of at least 1000 to explain the observed effect, but little is known about radiation effects from pre- or postnatal exposures on the leukaemia risk for ages up to 4 y. Within the study, it was shown that the observed trend in risk decreases over time. That could be indicative of some agent being involved for which the prevalence is reduced over time. Previous ecological studies showed increased risks among the youngest age groups in the closest vicinity of the sites, but no elevated risks for children of all ages (0–14). This could implicate a shift towards an earlier onset of the disease.

Die Studie „Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken“: Ergebnisse im Kontext  
Eine deutsche Fall-Kontroll-Studie zu Leukämien bei unter 5-jährigen in der Nähe von Kernkraftwerken zeigte ein zunehmendes Erkrankungsrisiko mit abnehmender Entfernung des Wohnortes von der Anlage. Die Strahlenexposition aus dem Betrieb der Anlage ist um mindestens den Faktor 1.000 zu niedrig, um den gefundenen Effekt erklären zu können, aber nur wenig ist bekannt über Auswirkungen einer pre- oder postnatalen Strahlenexposition auf das Leukämierisiko bis zum 4. Lebensjahr. In der Studie wurde gezeigt, dass der beobachtete Abstandstrend über die Zeit schwächer wird. Das könnte darauf hinweisen, dass ein Agens beteiligt ist, dessen Prävalenz über die Zeit abnimmt. Frühere ökologische Studien zeigten ein erhöhtes Risiko für die jüngste Altersgruppen der nächsten Umgebung der Anlagen, aber kein erhöhtes Risiko für Kinder aller Altersgruppen (0-14 Jahre). Das könnte auf einen früheren Beginn der Krankheit hindeuten.

---

**Grosche B, Jung T, Weiss W**

**Frequency of Childhood Cancer in the Surroundings of Nuclear Power Stations**

atw 53:174-178, 2008

The recent epidemiological study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants (KiKK) shows that the cancer risk, especially the leukaemia risk, for children below the age of five in Germany increases with increasing proximity to the site of a nuclear power plant.

Earlier ecological studies had found an increased leukaemia risk in children under five within a five-kilometre radius. However, the KiKK study used a case-control design and thus the results are more reliable. A clear trend could be ascertained indicating that the risk increases with increasing proximity of the place of residence to the site of a nuclear power plant. Further, the elevated risk was observed in the entire region under study, i. e. also outside the 5-km radius. As it was not possible to determine individual radiation exposures of the more than 6,000 children included in the study, the distance between the nearest site of a nuclear power plant and the place of residence was used as an exposure surrogate both for cases and for controls.

The study also took into account other risk factors with known or assumed carcinogenic effect. However, no indication was found that the result could be explained by other risk factors than by vicinity of a nuclear power plant. This clear dependence of risk on the distance from the sites is indicative for a potential causal relationship, but it is no proof.

### Häufigkeit von Krebs bei Kindern in der Umgebung von Kernkraftwerken

Die jüngst vorgestellte epidemiologische Studie zu Kinderkrebs in der Umgebung von Kernkraftwerken (KiKK) hat zum Ergebnis, dass in Deutschland Kinder unter 5 Jahren häufiger an Krebs, insbesondere Leukämie, erkranken, je näher sie an einem Kernkraftwerksstandort wohnen.

Bereits frühere ökologische Studien hatten bei unter 5-jährigen Kindern für den 5-km-Umkreis ein erhöhtes Krebsrisiko festgestellt. Die KiKK-Studie ist allerdings wegen ihres aufwendigeren Designs (Fall-Kontroll-Studie) deutlich belastbarer. Aufgrund der genaueren Methodik konnte nun ein klarer Abstandstrend festgestellt werden sowie, dass sich das erhöhte Risiko auf die gesamte Studienregion, d. h. auch außerhalb der 5-km-Umkreise erstreckt. Da die Strahlenexposition der über 6.000 in der Studie untersuchten Kinder rückwirkend nicht individuell festgestellt werden kann, wurde ersatzweise der Wohnort-Abstand der erkrankten wie nicht erkrankten Kinder zu den Kernkraftwerksstandorten betrachtet.

In der Studie wurden auch andere Risikofaktoren betrachtet, bei denen eine krebserregende Wirkung bekannt ist oder vermutet wird. Doch es konnten keine Hinweise darauf gefunden werden, dass andere Risikofaktoren erklären können, warum Kinder unter 5 Jahren in der Nähe von Kernkraftwerksstandorten häufiger an Krebs erkrankt sind als weiter entfernt. Aufgrund der deutlichen Abhängigkeit

des Risikos von der Entfernung zu den Standorten der Kernreaktoren liefert die Studie daher Hinweise auf mögliche Zusammenhänge, aber keine Beweise.

---

**Hammer S, Wagenbach D, Preunkert S, Pio C, Schlosser C, Meinhard F**  
**Lead-210 Observations within CARBOSOL: A Diagnostic Tool for Assessing the Spatiotemporal Variability of Related Chemical Aerosol Species?**  
Journal of Geophysical Research, Vol. 112, D23S03 (2007)

We report on observations of atmospheric  $^{210}\text{Pb}$ , coregistered with inorganic and organic aerosol species, during 2002–2004 at six European sites. This network reaches from the Azores to the Hungarian plain to represent marine, coastal, mountain and continental conditions. The motivation for observing this natural secondary aerosol tracer was to give insight to what extent it might assist in understanding the more complex aerosol chemistry changes. Synopsis of the  $^{210}\text{Pb}$  variability revealed a continental increase, up to a factor of three, from west to east. During the three winter months, we find a variation on nearly the same order in the  $^{210}\text{Pb}$  concentration between low- and high-altitude sites. Seasonal  $^{210}\text{Pb}$  cycles exhibit summer/winter ratios of around 2–3 at high-altitude sites, but remain damped at low-altitude stations. However, all sites show distinct  $^{210}\text{Pb}$  changes of around  $\pm 50\%$  independent of season on the synoptic timescale. Comparison of concentration variations of organic carbon (OC) and anthropogenic sulphate with the  $^{210}\text{Pb}$  variations show largest differences associated with the seasonal cycle at the low-altitude sites. In contrast, significant covariations of all three components are seen on the synoptic timescale for these sites. At high altitudes, clear covariations of OC and anthropogenic sulphate with  $^{210}\text{Pb}$  are seen on both seasonal and synoptic timescales. At two mountain sites with comparable elevation, all three aerosol compounds show strong intersite correlations along with systematic enhancements at the downwind site. Attributing these offsets to a common continental pileup, simple 1-box model calculations yielded OC- and anthropogenic sulphate-related emission flux densities, which are broadly in agreement with the expected values.

Die Messung von  $^{210}\text{Pb}$  in dem Projekt CARBOSOL: Ein diagnostisches Hilfsmittel zur Abschätzung der räumlich-zeitlichen Variabilität zugehöriger Spezies chemischer Aerosole. Dieser Artikel beschreibt Messungen von  $^{210}\text{Pb}$  in anorganischen und organischen Aerosolen, die zwischen 2002 und 2004 an sechs europäischen Standorten durchgeführt wurden. Dieses Messnetz reicht von den Azoren bis zum ungarischen Tiefland, um die Bereiche Meer, Küste, Gebirge, und kontinentale Ebenen abzudecken. Die Messungen dieser natürlichen, sekundären Aerosol-Tracer sind notwendig, um ihr Potenzial für Studien zum Verständnis von Änderungen in der komplexen Aerosolchemie aufzuzeigen. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen der  $^{210}\text{Pb}$ -Variabilität zeigen einen kontinentalen West-Ost Anstieg um bis zu einem Faktor drei. Während der drei Wintermonate wurde eine Variation in der  $^{210}\text{Pb}$ -Konzentration von etwa gleicher Größe zwischen Tief- und Gebirgslagen beobachtet. Saisonale  $^{210}\text{Pb}$ -Variationen zeigen Sommer/Winter-Verhältnisse von ca. 2-3 in Gebirgslagen. In Tieflagen ist dieser Effekt gedämpft. Alle Messstationen zeigen während den Messkampagnen ausgeprägte  $^{210}\text{Pb}$ -Schwankungen von ca. 50 %, unabhängig von der Jahreszeit. Der Vergleich der Konzentrationsänderungen von organischem Kohlenstoff (OC) und anthropogenem Sulphat mit denjenigen von  $^{210}\text{Pb}$  zeigt die stärksten Unterschiede in den Tieflagen in Verbindung mit dem Jahresgang. Im Gegensatz dazu zeigen alle diese Messstationen signifikante Kovariationen zwischen allen drei Komponenten auf der synoptischen Zeitskala. In Gebirgslagen werden klare Kovariationen zwischen OC und anthropogenem Sulfat mit denjenigen von  $^{210}\text{Pb}$  sowohl im Jahresgang als auch auf der synoptischen Zeitskala beobachtet. An zwei Gebirgsstationen auf vergleichbarer Höhenlage wurden für alle drei Komponenten starke Korrelationen mit systematischen Erhöhungen an der Station in Windrichtung beobachtet. Werden diese Verschiebungen einer kontinentalen Anreicherung zugeordnet, ergibt ein

einfaches, ein-dimensionales Modell für OC- und anthropogene Sulfat-Emissionsflüsse, die in guter Übereinstimmung mit den Erwartungswerten sind.

---

**Jacob P, Walsh L, Eidemüller M**

### **Modeling of Cell Inactivation and Carcinogenesis in the Atomic Bomb Survivors with Applications to the Mortality from all Solid, Stomach and Liver Cancer**

Radiat Environ Biophys 47: 375-388, 2008

The two-stage clonal expansion (TSCE) model of carcinogenesis has been applied to cancer mortality data from the atomic bomb survivors, to examine the possible influence of radiation-induced cell inactivation on excess relative risk (ERR) and excess absolute risk (EAR) estimates. Cell survival curve forms being either conventional or allowing for low-dose hypersensitivity (LDH) were investigated. Quality-of-fit tests for non-nested models were used in comparisons with the types of empirical risk models applied at the Radiation Effects Research Foundation (RERF) in Hiroshima. In general the TSCE model was found to represent the data more economically (i.e., with fewer parameters for a similarly good description of the data) than the empirical risk model. However, the data are not strong enough to give a clear preference to one of the very different model types used. Central ERR and EAR estimates (at 1 Sv, for age at exposure 30 and age attained 70) from TSCE and empirical models were in good agreement with each other and with previously published estimates. However, the TSCE models including radiation induced cell inactivation resulted in a lower estimate of the relative risk at young ages at exposure (0-15 years) than the empirical model. Also the TSCE model allowing for radiation-induced cell inactivation with a conventional cell survival curve resulted at 0.2 Sv in significantly lower risk estimates than the model with LDH. These model differences have been used here to suggest risk estimates which include model uncertainty as well as the usual statistical uncertainty. Model uncertainties were small for central estimates and larger for other values of the variables. Applying the proposed method to excess risk for all solid cancer at 1 Sv, age at exposure 10 and age attained 70, results in total uncertainty ranges that are wider than the pure statistical uncertainty range by about 30 % for both ERR and EAR.

### **Modellierung der Zellinaktivierung und Karzinogenese bei den Atombombenüberlebenden und Konsequenzen für die Mortalität für alle soliden, Magen- und Leberkrebsfälle**

Das Zwei-Stufen Modell mit klonaler Expansion (TSCE Modell) der Karzinogenese wurde auf die Krebs-Mortalitätsdaten der Atombombenüberlebenden angewandt mit dem Ziel, einen möglichen Einfluss von strahleninduzierter Zellinaktivierung auf das zusätzliche relative Risiko (ERR) und das zusätzliche absolute Risiko (EAR) zu bestimmen. Es wurden sowohl konventionelle Zellüberlebenskurven, als auch Überlebenskurven unter Berücksichtigung von Low-dose Hypersensitivity (LHD) untersucht. Quality-of-fit Tests für nichtgeschachtelte Modelle wurden verwendet, um die Ergebnisse mit den empirischen Risikomodellen, wie sie bei der Radiation Effects Research Foundation (RERF) in Hiroshima verwendet werden, zu vergleichen. Im Allgemeinen beschrieben die TSCE-Modelle die Daten ökonomischer, d.h. mit weniger Parametern bei einer vergleichbar guten Beschreibung der Daten, als die empirischen Risikomodelle. Allerdings war die Statistik der Daten nicht ausreichend, um eine eindeutige Präferenz für ein bestimmtes Modell zu geben. Zentrale Werte für das ERR oder EAR (bei 1 Sv, Alter bei Exposition von 30 Jahren und erreichtes Alter von 70 Jahren) der TSCE-Modelle waren in guter Übereinstimmung mit den empirischen Modellen und früher publizierten Resultaten. Allerdings ergaben die TSCE- Modelle mit strahleninduzierter Zellinaktivierung ein niedrigeres relatives Risiko bei jungem Alter bei Exposition (0-15 Jahre) als die empirischen Modelle. Auch das TSCE-Modell mit strahleninduzierter Zellinaktivierung und einer konventionellen Zellüberlebenskurve führte bei 0,2 Sv zu einem deutlich niedrigeren Risiko als das Modell mit LDH. Diese Modellunterschiede wurden verwendet,

um Risikoschätzungen durchzuführen, die sowohl auf Modellunsicherheiten als auch auf statistischen Unsicherheiten beruhen. Die Modellunsicherheiten waren für zentrale Werte gering, für andere Werte der Variablen waren sie größer. Wendet man diese Methoden auf das zusätzliche Risiko für alle soliden Tumore bei 1 Sv an (Alter bei Exposition von 10 Jahren und erreichtes Alter von 70 Jahren), ergeben sich Unsicherheitsintervalle, die für das ERR und EAR um etwa 30 % größer sind als die auf rein statistischen Fehlern beruhenden Unsicherheitsintervalle.

---

### **Kreuzer M, Walsh L, Schnelzer M, Tschense A, Grosche B**

#### **Radon and Risk of Extra-Pulmonary Cancers - Results of the German Uranium Miners Cohort Study, 1960-2003**

Br J Cancer 99: 1946-53, doi: 10.1038/sj.bjc6604776, 2008

Data from the German miner cohort study were analyzed to investigate whether radon causes cancers other than lung. The cohort includes 58,987 men who were employed for at least 6 months between 1946 and 1989 at the former Wismut uranium mining company in Eastern Germany. A total of 20,684 deaths were observed in the follow-up period from 1960 to 2003. The number of deaths observed (O) for extra-pulmonary cancers combined was close to that expected (E) from national rates (n=3,340, O/E=1.02, 95 % Confidence interval (CI): 0.98-1.05). Statistically significant increases in mortality were present for cancers of the stomach (O/E=1.15, 95% CI: 1.06-1.25) and liver (O/E=1.26, 95% CI: 1.07-1.48). A statistically significant relation with cumulative radon exposure was observed for all extra-pulmonary cancers. The majority of individual sites investigated, revealed a positive exposure-response-relationship. However, these relations were insignificant, or became insignificant after adjustment for potential confounders such as arsenic or dust exposure. The present data provide some evidence of an increased risk of extra-pulmonary cancers due to radon, but chance and confounding cannot be ruled out.

### **Radon und das Risiko für extrapulmonale Tumoren – Ergebnisse der deutschen Uranbergarbeiterstudie 1960-2003**

Im Rahmen der deutschen Uranbergarbeiterstudie wurde untersucht, ob Radon extrapulmonale Tumoren verursachen kann. Die Kohorte umfasst 58,987 Männer, die zwischen 1946 und 1989 mindestens sechs Monate im ehemaligen Uranerzbergbau der Wismut in Ostdeutschland beschäftigt waren. Insgesamt wurden 20,684 Sterbefälle im Zeitraum von 1960 bis 2003 beobachtet. Die Anzahl der in der Kohorte beobachteten Sterbefälle (O) mit extrapulmonalen Tumoren insgesamt war vergleichbar hoch wie die erwartete Anzahl von Sterbefällen in der Allgemeinbevölkerung (E) (n=3,340, O/E=1.02, 95%-Konfidenzbereich (KI): 0.98-1.05). Eine statistisch signifikant erhöhte Sterblichkeit wurde für Magenkrebs (O/E=1.15, 95% KI: 1.06-1.25) und Leberkrebs (O/E=1.26, 95% KI: 1.07-1.48) beobachtet. Es zeigte sich eine statistisch signifikante Expositions-Wirkungs-Beziehung zwischen der kumulativen Radonbelastung und den extrapulmonalen Tumoren insgesamt. Bei fast allen untersuchten Einzeltumorlokalisationen zeigte sich eine signifikante Expositions-Wirkungs-Beziehung. Diese war jedoch nicht signifikant oder wurde nicht signifikant nach Adjustierung für potentielle Confounder. Die Auswertung ergibt Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für extrapulmonale Tumoren durch Radon, aber Zufall und Confounding können nicht ausgeschlossen werden.

---

**Lopez MA, Etherington E, Castellani CM, Franck D, Hurtgen C, Marsh JW, Nosske D, Breustedt B, Blanchardon E, Andradi A, Bailey MR, Balashazy I, Battisti P, Bérard P, Birchall A, Broggio D, Challeton-de-Vathaire C, Cruz-Suarez R, Doerfe H, Giussani A, Hodgson A, Koukoulidou V, Kramer GH, Le Guen B, Luciani A, Malatova I, Molokanov A, Moraleda M, Muikku M, Oeh U, Puncher M, Rahola T, Stradling M, Vrba T**

**Internal Dosimetry: Towards Harmonisation and Coordination of Research**

Rad Prot Dosimetry 131: 28-33, 2008

The CONRAD Project is a Coordinated Network for Radiation Dosimetry funded by the European Commission 6<sup>th</sup> Framework Programme. The activities developed within CONRAD Work Package 5 ('Coordination of Research on Internal Dosimetry') have contributed to improve the harmonisation and reliability in the assessment of internal doses. The tasks carried out included a study of uncertainties and the refinement of the IDEAS Guidelines associated with the evaluation of doses after intakes of radionuclides. The implementation and quality assurance of new biokinetic models for dose assessment and a first attempt to develop a generic dosimetric model for DTPA therapy are important WP5 achievements. Applications of voxel phantoms and Monte Carlo simulations for the assessment of intakes from in vivo measurements were also considered. A Nuclear Emergency Monitoring Network (EUREMON) has been established for the interpretation of monitoring data after accidental or deliberate releases of radionuclides. Finally, WP5 group has worked on the update of the existing IDEAS bibliographic, internal contamination and case evaluation databases. A summary of CONRAD WP5 objectives and results is presented.

**Interne Dosimetrie: Betreibungen zur Harmonisierung und Koordination der Forschung**

Das CONRAD-Vorhaben wurde innerhalb des 6. Rahmenprogramms der EU als koordiniertes Netzwerk für Strahlendosimetrie gefördert. Die Tätigkeiten innerhalb des Work Package 5 ("Koordination und Forschung in interner Dosimetrie") von CONRAD haben dazu beigetragen, die Harmonisierung und Zuverlässigkeit der Abschätzung interner Dosiswerte zu verbessern. Die durchgeführten Arbeiten beinhalteten eine Untersuchung der Unsicherheiten und die Verfeinerung der IDEAS-Richtlinien hinsichtlich der Ermittlung von Dosiswerten nach Zufuhr von Radionukliden. Die Implementierung und Qualitätssicherung neuer biokineticischer Modelle zur Dosisabschätzung und erste Ansätze, um ein generisches dosimetrisches Modell für die DTPA-Therapie zu entwickeln, sind bedeutsame WP5-Leistungen. Anwendungen von Voxel-Phantomen und Monte Carlo-Simulationsrechnungen zur Bestimmung von Zufuhrwerten aus in-vivo-Messwerten wurden bearbeitet. Ein Überwachungsnetzwerk im nuklearen Notfallschutz (EUREMON) zur Interpretation von Überwachungsdaten nach unfallsbedingter bzw. vorsätzlicher Freisetzung von Radionukliden wurde aufgebaut. Schließlich hat die WP5-Gruppe daran gearbeitet, die IDEAS-Datenbanken zu internen Kontaminationen und zu Fallauswertungen fortzuschreiben. Eine Zusammenfassung der Ziele und Ergebnisse des WP 5 von CONRAD wird vorgestellt.

---

**Manegold P, Paringer C, Kulka U, Krimmel K, Eichhorn M, Wilkowski R, Jauch K, Guba M, Bruns C**

**Antiangiogenic Therapy with Mammalian Target of Rapamycin Inhibitor RAD001 (Everolimus) Increases Radiosensitivity in Solid Cancer**

Clinical Cancer Research 14 (3): 892-900, 2008

Radiotherapy exerts direct antivasculature effects in tumors and also induces a proangiogenic stress response in tumor cells via rapamycin (mTOR) pathway. Therefore, the combination of radiotherapy and antiangiogenic therapy with mTOR inhibitor RAD001 (Everolimus) might exert additive/synergistic

effects on tumor growth. Effects of radiation combined with mTOR inhibitor RAD001 were studied on proliferation of murine colon cancer CT-26, human pancreatic cancer L3.6pl and human umbilical vascular endothelial cells in vitro. In vivo tumor growth of subcutaneous colon cancer CT-26 and orthotopic pancreatic cancer L3.6pl was assessed after fractionated radiotherapy (5x 2 Gy or 5x 4 Gy) with or without the addition of the mTOR inhibitor RAD001. RAD001 (1.5 mg/kg/day) was administered until the end of experiments beginning before or after radiotherapy. A single dose of 2 Gy reduced in vitro proliferation of L3.6pl (-16 %), CT-26 (-70 %) and human umbilical vascular endothelial cells (HUVEC; - 72 %). The mTOR inhibitor RAD001 (10 ng/ml) suppressed proliferation of HUVEC (-83 %), L3.6pl (- 8 %) and CT-26 (- 82 %). Combination of even lower concentrations of 0.01 ng/ml RAD001 and 0.25 Gy radiation significantly reduced proliferation of HUVECs (- 57 %), whereas additive effects of RAD001 and radiation on tumor cells were seen only at the highest concentrations tested. In vivo, RAD001 introduced before radiotherapy (5x 2 Gy) improved tumor growth control in mice (L3.6pl: 326 mm<sup>3</sup> versus 1144 mm<sup>3</sup>; CT-26: 210 mm<sup>3</sup> versus 636 mm<sup>3</sup>; P<0.05 versus control). RAD001 turned out to possess a dose-modifying effect on radiotherapy. Endothelial cells seem to be most sensitive to combination of mTOR inhibition and radiotherapy. Additive tumor growth delay using the mTOR inhibitor RAD001 and radiotherapy in vivo therefore might rely on combined antiangiogenic and antivascular effects.

### **Antiangiogene Therapie mit dem Rapamycin-Inhibitor RAD001 (Everolimus) erhöht die Strahlenempfindlichkeit von soliden Tumoren**

Strahlentherapie beeinflusst die direkten antivaskulären Effekte in Tumoren und bewirkt eine proangiogene Stressantwort im Rapamycin (mTOR)-Stoffwechsel. Aufgrund dessen könnte eine Kombination von Strahlentherapie und antiangiogener Therapie mit dem mTOR Inhibitor RAD001 (Everolimus) einen additiven/synergistischen Effekt auf das Tumorstadium ausüben. Untersucht wurde der Einfluss der Kombination von Strahlung und dem mTOR-Inhibitor RAD001 auf das Wachstum von murinem Kolonkrebs CT-26, humanem Pankreaskrebs L3.6pl und humanen Nabelschnur-Endothelzellen in vitro. Das in-vivo-Tumorstadium von subkutanem Kolonkrebs CT 26 und von orthotopem Pankreaskrebs L3.6pl wurde nach fraktionierter Strahlentherapie (5 x 2 oder 5 x 4 Gy) mit oder ohne Zugabe des mTOR-Inhibitors RAD001 berechnet. RAD001(1,5mg/kg/Tag) wurde bis zum Ende der Versuche mit Beginn vor oder nach der Strahlentherapie verabreicht. Eine einzelne Dosis von 2 Gy verringerte das Wachstum von L3.6pl (- 16 %), CT-26 (- 70 %) und humanen Endothelzellen aus Gefäßen der Nabelschnur (HUVEC; - 72 %). Der mTOR Inhibitor RAD001 (10ng/ml) unterdrückte das Wachstum der HUVEC Zellen (- 83 %), von L3.6pl (- 8 %) und von CT-26 (- 82 %). Eine Kombination einer noch geringeren Konzentration von RAD00 (0,01 ng/ml) und einer 0,25-Gy-Bestrahlung verringerte das Wachstum der HUVECs (- 57 %), dagegen wurden eine additive Wirkung von RAD001 und Strahlung auf die Tumorzellen nur bei den höchsten getesteten Dosen beobachtet. Eine Gabe von RAD001 vor der Strahlentherapie (5x 2 Gy) in vivo verbesserte die Tumorkontrolle in Mäusen (L3.6pl: 326 mm<sup>3</sup> versus 1144 mm<sup>3</sup>; CT-26: 210 mm<sup>3</sup> versus 636 mm<sup>3</sup>; P<0,05 versus Kontrolle). RAD001 zeigte Eigenschaften einer Dosis- beeinflussenden Wirkung in der Strahlentherapie. Endothelzellen scheinen am empfindlichsten auf eine Kombination von mTOR-Inhibitor und Strahlentherapie zu reagieren. Eine additive Wachstumsverzögerung im Tumor nach Verabreichung des mTOR-Inhibitors RAD001 und Strahlentherapie in vivo scheint demzufolge auf einer kombinierten Wirkung antiangiogener und antivaskulärer Effekte zu beruhen.

**Marsh JW, Bessa Y, Birchall A, Blanchardon E, Hofmann W, Nosske D, Tomasek L**

**Dosimetric Models used in the Alpha-Risk Project to Quantify Exposure of Uranium Miners to Radon Gas and its Progeny**

Rad Prot Dosimetry 130:101-106, 2008

The European project Alpha-Risk aims to quantify the cancer and non-cancer risks associated with multiple chronic radiation exposures by epidemiological studies, organ dose calculation and risk assessment. In the framework of this project, mathematical models have been applied to the organ dosimetry of uranium miners who are internally exposed to radon and its progeny as well as to long-lived radionuclides present in the uranium ore. The paper describes the methodology and the dosimetric models used to calculate the absorbed doses to specific organs arising from exposure to radon and its progeny in the uranium mines. The results of dose calculations are also presented.

**Im Alpha-Risk Projekt verwendete dosimetrische Modelle zur Quantifizierung der Exposition von Uranbergarbeitern durch Radongas und dessen Folgeprodukte**

Das europäische Vorhaben Alpha-Risk hat zum Ziel, durch epidemiologische Studien Krebs- und andere Risiken, die mit kontinuierlicher Strahlenexposition verbunden sind, zu quantifizieren, sowie Organdosiswerte zu berechnen und daraus Risiken abzuleiten. Im Rahmen des Vorhabens wurden mathematische Modelle zur Organdosis für Uran-Bergarbeiter angewendet, die durch Radon und dessen Folgeprodukten sowie den langlebigen Radionukliden aus dem Uranerz exponiert wurden. Die Arbeit beschreibt die Methodik und die dosimetrischen Modelle zur Berechnung der Energiedosis in bestimmten Organen durch Exposition mit Radon und dessen Folgeprodukte in Uranbergwerken. Die Ergebnisse der Dosisberechnungen werden ebenfalls vorgestellt.

---

**Nekolla EA, Griebel J, Brix G**

**Radiation Risk Associated with Mammography Screening Examinations for Women Younger than 50 Years of Age**

Z Med Phys. 18: 170-179, 2008

The target group of the German mammography screening program, conducted according to the European guidelines, is clearly defined: all women aged 50 to 69 years without evidence of breast cancer are invited to screening mammography every two years. In the present study the question was raised whether breast cancer screening by means of mammography is – from the point of view of radiation risk – justified also for women under 50 years of age. Based on current radio-epidemiological breast cancer studies, the excess lifetime risk (ELR) to incur or die from breast cancer of a 40, 45 and 50 year old woman was assessed. Assuming screening from the age of 40 or 45 years, the ELR of breast cancer is on average about 3.5 or 2 times as high compared to the ELR associated with screening starting from the age of 50 years. With the present data – with regard to both, the benefit and the radiation risk – it appears not to be justified to expose women from the age of 40 years to the additional radiation exposure associated with a mammography screening.

**Strahlenrisiko infolge von Mammographie-Screening-Untersuchungen für Frauen unter 50 Jahren**

Die Zielgruppe des Deutschen Mammographie-Screening-Programms nach den Europäischen Leitlinien ist eindeutig definiert: Eine Einladung zur Screening-Mammographie im zweijährigen Abstand sollen alle 50- bis 69-jährigen Frauen ohne Verdacht auf Brustkrebs erhalten. In der vorliegenden Untersuchung wurde der Frage nachgegangen, ob aus strahlenhygienischer Sicht Brustkrebs-Früherkennungs-

maßnahmen mittels Röntgen-Mammographie auch für Frauen unter 50 Jahren zu rechtfertigen sind. Auf der Basis aktueller strahlenepidemiologischer Studien zu Brustkrebs wurde das zusätzliche Lebenszeitrisko einer 40-, einer 45- und einer 50-jährigen Frau ermittelt, an Brustkrebs zu erkranken bzw. zu versterben. Bei Annahme eines Screenings ab einem Alter von 40 bzw. 45 Jahren vervielfacht sich das zusätzliche Lebenszeitrisko, an Brustkrebs zu erkranken, im Mittel um etwa den Faktor 3,5 bzw. 2 im Vergleich zur Annahme eines Screenings ab 50 Jahren. Bei der derzeitigen Datenlage – sowohl zum Nutzen als auch zum Strahlenrisiko – erscheint es nicht gerechtfertigt, Frauen bereits ab 40 Jahren der mit einem Mammographie-Screening verbundenen zusätzlichen Strahlenexposition auszusetzen.

---

**Nosske D, Birchall A, Blanchardon E, Breustedt B, Giussani A, Luciani A, Oeh U, Lopez MA**

**Development, Implementation and Quality Assurance of Biokinetic Models within CONRAD**  
Rad Prot Dosimetry 131: 40-45 2008

The work of the Task Group 5.2 'Research Studies on Biokinetic Models' of the CONRAD project is presented. New biokinetic models have been implemented by several European institutions. Quality assurance procedures included intercomparison of the results as well as quality assurance of model formulation. Additionally, the use of the models was examined leading to proposals of tuning parameters. Stable isotope studies were evaluated with respect to their implications for the present models, and new biokinetic models were proposed on the basis of their results. Furthermore, the development of a biokinetic model describing the effects of decorporation of actinides by diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) treatment was initiated.

**Entwicklung, Implementierung und Qualitätssicherung biochemischer Modelle innerhalb des CONRAD Projekts**

Die Arbeit der Task Group 5.2 "Untersuchungen zu biokinetischen Modellen" des CONRAD-Vorhabens wird vorgestellt. Neue biokinetische Modelle sind durch verschiedene europäische Institutionen implementiert worden. Qualitätssicherungsmaßnahmen beinhalteten sowohl den Vergleich der Ergebnisse untereinander als auch eine Qualitätskontrolle der Modellformulierung. Außerdem wurden die Anwendungsmöglichkeiten der Modelle überprüft, was zu Vorschlägen für die Anpassung von Parametern führte. Untersuchungen mit stabilen Isotopen wurden ausgewertet hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die derzeitigen Modelle und neue biokinetische Modelle wurden auf Grundlage dieser Ergebnisse entwickelt. Schließlich wurde die Entwicklung eines biokinetischen Modells angestoßen, das die Wirkung der Dekorporation von Aktiniden mit Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA) beschreibt.

---

**Rimpler A, Barth I, Baum RB, Senftleben S, Geworski L**

**Beta Radiation Exposure of Staff During and After Therapies with <sup>90</sup>Y-labelled Substances**  
Rad Prot Dosimetry 131: 73-79, 2008

Radioimmunotherapies (RIT) and peptide receptor radiotherapies (PRRT) with <sup>90</sup>Y labelled compounds offer promising prospects for tumor treatment in nuclear medicine. However, when preparing and performing these therapies, which require manipulations of high activities of <sup>90</sup>Y (> 1GBq), technicians and physicians may receive high exposures, mainly to the skin at the hands. Even non-occupationally exposed persons such as caregivers and family members receive external exposures in the initial time after therapy arising from the <sup>90</sup>Y in the patient.

The local skin doses of the individual staff members measured during RIT and PRRT with TLD, fixed with tapes to the fingers, vary considerably. The exposure of staff can exceed the annual permissible dose limit of 500 mSv if radiation protection standards are low. Thus, adequate safety measures are needed.

Measurements of the dose rate around patients using survey meters with sufficient response to beta particles indicate that the exposure of caregivers and family members is considerably higher than previously assumed and dominated by primary beta radiation instead of bremsstrahlung. Nevertheless, the annual dose limits for the public (Heff: 1 mSv, Hskin: 50 mSv) will be kept under normal circumstances.

### Beta-Strahlenexpositionen des Personals während und nach Therapien mit $^{90}\text{Y}$ -markierten Radiopharmaka

Die Radioimmuntherapie (RIT) und die Radiopeptidtherapie (RPT) mit  $^{90}\text{Y}$ -markierten Substanzen sind aussichtsreiche nuklearmedizinische Verfahren zur Behandlung bestimmter Tumorerkrankungen. Die Markierung der Radiopharmaka und die Therapie erfordern den Umgang mit hohen  $^{90}\text{Y}$ -Aktivitäten ( $> 1 \text{ GBq}$ ). Dabei kann das betreffende technische und medizinische Personal erhebliche Strahlenexpositionen der Haut, insbesondere an den Händen erhalten. Auch nicht-beruflich exponierte Personen z. B. Pflegepersonal und Familienmitglieder sind in den ersten Tagen nach der Therapie äußeren Strahlenexpositionen vor allem durch die aus den Patienten austretende Betastrahlung des  $^{90}\text{Y}$  ausgesetzt.

Messungen der lokalen Hautdosis des Personals bei der RIT und RPT mit TLD ergaben sehr große interindividuelle Unterschiede und führten teilweise zu hohen Einzeldosen. Bei unzureichendem Strahlenschutz sind Überschreitungen des Jahresgrenzwertes für die Hautdosis von 500 mSv nicht auszuschließen. Die konsequente Einhaltung entsprechender Strahlenschutzmaßnahmen ist daher notwendig.

Messungen der Ortsdosisleistung in der Umgebung von Patienten mit Geräten mit ausreichender Empfindlichkeit für Betastrahlung ergaben, dass die Exposition von Pflegepersonal und Angehörigen viel höher ist als bisher angenommen wurde. Sie wird durch die primäre Betastrahlung vom Patienten und nicht durch Bremsstrahlung bestimmt. Überschreitungen des Jahresgrenzwertes für die Bevölkerung (1 mSv Effektivdosis, 50 mSv Hautdosis) sind aber im Normalfall auszuschließen.

---

### **Schmid E, Wagner FM, Romm H, Walsh L, Roos H**

#### **Dose-Response Relationship of Dicentric Chromosomes in Human Lymphocytes Obtained for the Fission Neutron Therapy Facility MEDAPP at the Research Reactor FRM II.**

Radiat Environ Biophys, doi: 10.1007/s00411-008-0202-z, 2008

The biological effectiveness of neutrons from the neutron therapy facility MEDAPP (mean neutron energy 1.9 MeV) at the new research reactor FRM II at Garching, Germany, has been analyzed, at different depths in a polyethylene phantom. Whole blood samples were exposed to the MEDAPP beam in special irradiation chambers with total doses of 0.14–3.52 Gy at 2-cm depth, and 0.18–3.04 Gy at 6-cm depth of the phantom. The neutron and  $\gamma$ -ray absorbed dose rates were measured to be 0.55 Gy  $\text{min}^{-1}$  and 0.27 Gy  $\text{min}^{-1}$  at 2 cm depth, while they were 0.28 and 0.25 Gy  $\text{min}^{-1}$  at 6 cm depth. Although the irradiation conditions at the MEDAPP beam and the RENT beam of the former FRM I research reactor were not identical, neutrons from both facilities gave a similar linear-quadratic dose–response relationship for dicentric chromosomes at a depth of 2 cm. Different dose–response curves for dicentrics were obtained for the MEDAPP beam at 2 and 6 cm depth suggesting a significantly lower biological effectiveness of the radiation with increasing depth. No obvious differences in the dose–response curves for dicentric chromosomes estimated under interactive or additive prediction between neutrons

or  $\gamma$ -rays and the experimentally obtained dose–response curves could be observed. Relative to  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -rays, the values for the relative biological effectiveness at the MEDAPP beam decreases from 5.9 at 0.14 Gy to 1.6 at 3.52 Gy at 2-cm depth, and from 4.1 at 0.18 Gy to 1.5 at 3.04 Gy at 6-cm depth. By using the best possible conditions of consistency, i.e., using blood samples from the same donor and the same measurement techniques for about two decades, the inter-individual variations in sensitivity or the differences in methodology usually associated with interlaboratory comparisons could be avoided. A linear-quadratic dose–response relationship for the mixed neutron and  $\gamma$ -ray MEDAPP field as well as for its fission neutron part was obtained. Therefore, the debate on whether the fission-neutron induced yield of dicentric chromosomes increases linearly with dose remains open.

**Dosis-Wirkungs-Beziehung von dizentrischen Chromosomen in menschlichen Lymphozyten erstellt mit der Fission Neutron Therapie Einrichtung MEDAPP am Forschungsreaktor FRM-II.** Die biologische Wirksamkeit von Neutronen aus der Neutronen-Therapie-Anlage MEDAPP (Mittlere Neutronen Energie 1,9 MeV) im neuen Forschungsreaktor FRM II in Garching, Deutschland, wurde in verschiedenen Tiefen in einem Polyethylen-Phantom untersucht. Vollblutproben wurden in speziellen Bestrahlungskammern mit dem MEDAPP Strahl, mit Dosierungen von 0,14 bis 3,52 Gy in 2 cm Tiefe und von 0,18 bis 3,04 Gy in 6 cm Tiefe des Phantoms bestrahlt. Die absorbierte Dosisleistung der Neutronen und  $\gamma$ -Strahlen betrug  $0,55 \text{ Gy min}^{-1}$  und  $0,27 \text{ Gy min}^{-1}$  in 2 cm Tiefe und  $0,28$  und  $0,25 \text{ Gy min}^{-1}$  in 6 cm Tiefe. Obwohl die Bestrahlungsbedingungen am MEDAPP Strahl und am RENT Strahl des ehemaligen Forschungsreaktor FRM I nicht identisch waren, zeigen die Neutronen aus beiden Anlagen eine ähnliche linear-quadratische Dosis-Wirkungs-Beziehung für dizentrische Chromosomen in einer Tiefe von 2 cm. Unterschiedliche Dosis-Wirkungs-Kurven für dizentrische Chromosomen ergaben sich mit dem MEDAPP Strahl in 2 und 6 cm Tiefe, was auf eine deutlich niedrigere biologische Wirksamkeit der Strahlung mit zunehmender Tiefe hindeutet. Es zeigten sich keine deutlichen Unterschiede zwischen den Dosis-Wirkungs-Kurven für dizentrische Chromosomen, unter der Annahme von interaktiven oder additiven Effekten für Neutronen und  $\gamma$ -Strahlung und den experimentell ermittelten Dosis-Wirkungs-Kurven. Bezogen auf  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Strahlung nehmen die Werte der relativen biologischen Wirksamkeit für den MEDAPP Strahl von 5,9 bei 0,14 Gy auf 1,6 bei 3,52 Gy in 2 cm Tiefe ab, und von 4,1 bei 0,18 Gy bis 1,5 bei 3,04 Gy in 6 cm Tiefe. Unter Nutzung der bestmöglichen Rahmenbedingungen für die Konsistenz, d.h. unter Verwendung von Blutproben von einem Spender und denselben Messverfahren über einen Zeitraum von zwei Jahrzehnten, konnten inter-individuelle Unterschiede in der Empfindlichkeit und von Unterschieden in der Methodik wie sie in der Regel im Zusammenhang mit Ringversuchen verbunden sind, vermieden werden. Es konnte eine linear-quadratische Dosis-Wirkungs-Beziehung erstellt werden, sowohl für die gemischte Neutronen- und  $\gamma$ -Bestrahlung vom MEDAPP Strahl als auch für den Anteil der Neutronen aus der Kernspaltung. Die Debatte, ob die von Neutronen aus der Kernspaltung induzierte Häufigkeit an dizentrischen Chromosomen linear mit der Dosis ansteigt, bleibt weiterhin offen.

---

### **Schneider U, Walsh L**

#### **Cancer Risk Estimates from the Combined Japanese A-bomb and Hodgkin Cohorts for Doses Relevant to Radiotherapy**

Radiat Environ Biophys 47: 253-263, 2008

Most information on the dose–response of radiation-induced cancer is derived from data on the A-bomb survivors who were exposed to  $\gamma$ -rays and neutrons. Since, for radiation protection purposes, the dose span of main interest is between 0 and 1 Gy, the analysis of the A-bomb survivors is usually focused on this range. However, estimates of cancer risk for doses above 1 Gy are becoming more important for radiotherapy patients and for long-term manned missions in space research. Therefore in this work,

emphasis is placed on doses relevant for radiotherapy with respect to radiation-induced solid cancer. The analysis of the A-bomb survivor's data was extended by including two extra high-dose categories (4–6 Sv and 6–13 Sv) and by an attempted combination with cancer data on patients receiving radiotherapy for Hodgkin's disease. In addition, since there are some recent indications for a high neutron dose contribution, the data were fitted separately for three different values for the relative biological effectiveness (RBE) of the neutrons (10, 35 and 100) and a variable RBE as a function of dose. The data were fitted using a linear, a linear-exponential and a plateau-dose-response relationship. Best agreement was found for the plateau model with a dose-varying RBE. It can be concluded that for doses above 1 Gy there is a tendency for a nonlinear dose response curve. In addition, there is evidence of a neutron RBE greater than 10 for the A-bomb survivor data. Many problems and uncertainties are involved in combining these two datasets. However, since very little is currently known about the shape of dose–response relationships for radiation-induced cancer in the radiotherapy dose range, this approach could be regarded as a first attempt to acquire more information in this area. The work presented here also provides the first direct evidence that the bending over of the solid cancer excess risk dose response curve for the A-bomb survivors, generally observed above 2 Gy, is due to cell killing effects.

**Abschätzung des Krebsrisikos für im Bereich der Strahlentherapie verwendete Strahlendosen anhand von Daten japanischer Atombombenüberlebender und Morbus-Hodgkin-Patienten**  
Das Wissen über die Dosiswirkungsbeziehung bei strahleninduzierten Tumoren stammt größtenteils aus Untersuchungen bei den Überlebenden der Atombombenabwürfe, die gegenüber  $\gamma$ -Strahlung und Neutronen exponiert waren. Da zu Strahlenschutzwecken hauptsächlich der Dosisbereich zwischen 0 und 1 Gy von Interesse ist, konzentrieren sich Analysen der Daten der Atombombenüberlebenden üblicherweise auf diesen Bereich. Im Hinblick auf Strahlentherapie und bemannte Missionen in der Weltraumforschung mit sehr langer Zeitdauer gewinnt die Abschätzung von Krebsrisiken für Dosen über 1 Gy an Bedeutung. Daher beschäftigt sich diese Arbeit mit dem Tumorrisiko von im Bereich der Strahlentherapie relevanten Dosen. Die Analyse der Daten der Atombombenüberlebenden wurde durch den Einschluss von zwei zusätzlichen, sehr hohen Dosiskategorien (4-6 Sv und 6-13 Sv) erweitert. Darüber hinaus wurde versucht, die Daten mit denen einer Kohorte von Morbus-Hodgkin-Patienten zu kombinieren. Die Daten wurden getrennt für drei verschiedene Werte der relativen biologischen Wirksamkeit (RBW) für Neutronen (10, 35 und 100) und variabler RBW als Funktion der Dosis angepasst, da es aktuelle Hinweise auf einen großen Beitrag der Neutronen zur Dosis gibt. Die Anpassung der Daten erfolgte unter Annahme einer linearen, einer linear-exponentiellen und einer Plateau-Dosiswirkungsbeziehung. Die beste Anpassung ergab sich für das Plateau-Modell unter Annahme einer mit der Dosis variierenden RBW. Daraus lässt sich schließen, dass für Dosen über 1 Gy die Tendenz zu einer nicht-linearen Dosiswirkungsbeziehung besteht. Des Weiteren gibt es Hinweise darauf, dass auf der Basis der Daten der Atombombenüberlebenden von einer relativen biologischen Wirksamkeit von Neutronen größer als 10 auszugehen ist. Die Verknüpfung der beiden Datensätze ist mit zahlreichen Problemen und Unsicherheiten verbunden. Da jedoch nur sehr wenig über die Form der Dosiswirkungsbeziehung für strahleninduzierte Tumoren bei Strahlendosen, wie sie in der Strahlentherapie verwendet werden, bekannt ist, kann dieser Ansatz als erster Versuch betrachtet werden, das Wissen in diesem Bereich zu vergrößern. Die vorgestellte Arbeit liefert zudem den ersten direkten Hinweis, dass das Abflachen der Dosiswirkungskurve für das zusätzliche Risiko für solide Tumoren bei den Atombombenüberlebenden, das üblicherweise oberhalb von 2 Gy beobachtet wird, auf Zelltodeffekte zurückgeht.

**Schwarz S, Schaffer P, Kulka U, Ertl-Wagner B, Hell R, Schaffer M**

[The Effect of Radio-Adaptive doses on HT29 and GM637 Cells](#)

Radiation Oncology 23, 3:12, 2008

The shape of the dose-response curve at low doses differs from the linear quadratic model. The effect of a radio-adaptive response is the centre of many studies and well known in spite that the clinical applications are still rarely considered. We studied the effect of a low-dose pre-irradiation (0.03 Gy - 0.1 Gy) alone or followed by a 2.0 Gy challenging dose 4 h later on the survival of the HT29 cell line (human colorectal cancer cells) and on the GM637 cell line (human fibroblasts). 0.03 Gy given alone did not have a significant effect on both cell lines, the other low doses alone significantly reduced the cell survival. Applied 4 h before the 2.0 Gy fraction, 0.03 Gy led to a significant induced radioresistance in GM637 cells, but not in HT29 cells, and 0.05 Gy led to a significant hyperradiosensitivity in HT29 cells, but not in GM637 cells. A pre-irradiation with 0.03 Gy can protect normal fibroblasts, but not colorectal cancer cells, from damage induced by an irradiation of 2.0 Gy and the application of 0.05 Gy prior to the 2.0 Gy fraction can enhance the cell killing of colorectal cancer cells while not additionally damaging normal fibroblasts. If these findings prove to be true in vivo as well this may optimize the balance between local tumour control and injury to normal tissue in modern radiotherapy.

**Der Einfluss radioadaptiver Dosen auf HT29 und GM637 Zellen**

Der Verlauf der Dosis-Wirkungskurve weicht bei niedrigen Dosen vom linear quadratischen Modell ab. Obwohl der Einfluss einer radio-adaptiven Reaktion bekannt ist und im Mittelpunkt vieler Untersuchungen steht, wird er bei klinischen Anwendungen kaum beachtet. Der Einfluss auf das Zellüberleben nach einer alleinigen Vorbestrahlung mit niedriger Dosis (0,03 Gy – 0,1 Gy) oder in Kombination mit einer Folgedosis von 2 Gy nach 4 Stunden wurde in einer HT29-Zelllinie (humane kolorektale Krebszellen) und einer GM637-Zelllinie (humane Fibroblasten) untersucht. Eine alleinige Vorbestrahlung mit 0,03 Gy zeigte in beiden Zelllinien keinen signifikanten Einfluss auf das Zellüberleben, die anderen Vorbestrahlungsdosen reduzierten das Zellüberleben signifikant. Wurde 4 Stunden vor der therapeutischen Dosis von 2 Gy eine Vorbestrahlung mit 0,03 Gy durchgeführt, führte dies in GM637 Zellen, nicht jedoch in HT29-Zellen zu einer signifikant erhöhten Strahlenresistenz. Eine Vorbestrahlung mit 0,05 Gy induzierte eine signifikante Hyperrediosensitivität in HT29-Zellen, nicht aber in GM637 Zellen. Eine Vorbestrahlung mit 0,03 Gy ist in der Lage, normale Fibroblasten vor einer Folgebestrahlung mit 2 Gy zu schützen, nicht jedoch kolorektale Krebszellen. Die Verabreichung einer Dosis von 0,05 Gy vor der therapeutischen 2 Gy Fraktion kann ein erhöhtes Absterben der kolorektalen Krebszellen bewirken, während normale Fibroblasten nicht zusätzlich geschädigt werden. Falls sich diese Befunde auch in vivo bestätigen lassen, kann dies helfen das Gleichgewicht zwischen lokaler Tumorkontrolle und Schädigung von gesundem Gewebe zu verbessern.

---

**Sigurdson AJ, Ha M, Hauptmann M, Bhatti P, Sram RJ, Beskid O, Tawn J, Whitehouse C, Lindholm C, Nakano M, Kodama Y, Nakamura N, Vorobtsova I, Oestreicher U, Stephan G, Yong LC, Bauchinger M, Schmid E, Chung HW, Darroudi F, Roy L, Voisin P, Barquinero JF, Livingston G, Blakey D, Hayata I, Zhang W, Wang C, Bennett LM, Littlefield LG, Edwards AA, Kleinerman RA, Tucker JD**

[International Study of Factors Affecting Human Chromosome Translocations](#)

Mutation Research 652: 112-121, 2008

Chromosome translocations in peripheral blood lymphocytes of normal healthy humans increase with age, but the effects of gender, race, and cigarette smoking on the background translocation yields have not been examined systematically. Further, the shape of the relationship between age and translocation

frequency (TF) has not been definitively determined. We collected existing data from 16 laboratories in North America, Europe, and Asia on TFs measured in peripheral blood lymphocytes by fluorescence in situ hybridization whole chromosome painting among 1933 individuals. In Poisson regression models, age, ranging from newborns (cord blood) to 85 years, was strongly associated with TF and this relationship showed significant upward curvature at older ages versus a linear relationship ( $p < 0.001$ ). Ever smokers had significantly higher TFs than non-smokers (rate ratio (RR) = 1.19, 95 % confidence interval (CI), 1.09–1.30) and smoking modified the effect of age on TFs with a steeper age-related increase among ever smokers compared to non-smokers ( $p < 0.001$ ). TFs did not differ by gender. Interpreting an independent effect of race was difficult owing to laboratory variation. Our study is three times larger than any pooled effort to date, confirming a suspected curvilinear relationship of TF with age. The significant effect of cigarette smoking has not been observed with previous pooled studies of TF in humans. Our data provide stable estimates of background TF by age, gender, race, and smoking status and suggest an acceleration of chromosome damage above an age of 60 and among those with a history of smoking cigarettes.

### Internationale Studie über Einflussfaktoren auf Chromosomentranslokationen

Die Häufigkeit von Chromosomentranslokationen in peripheren Blutlymphozyten von normalen, gesunden Personen nimmt mit dem Alter zu. Inwieweit Geschlecht, ethnische Herkunft und das Rauchen einen Einfluss auf die spontane Translokationshäufigkeit haben wurde bisher noch nicht systematisch untersucht. Weiterhin wurde die Form der Beziehung zwischen Alter und Häufigkeit von Translokationen noch nicht eindeutig geklärt. Es wurden Daten der Translokationshäufigkeit im peripheren Blutlymphozyten nach Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung an ganzen Chromosomen von 1933 Personen aus 16 Laboratorien in Nordamerika, Europa und Asien gesammelt. Im Poisson-Regression-Modell zeigte das Alter - reichend von Neugeborenen (Nabelschnurblut) bis zu 85-Jährigen - eine starke Korrelation mit der Translokationshäufigkeit. Diese Beziehung hat einen signifikant gekrümmten Anstieg bei den älteren Personen im Vergleich zur allgemein linearen Beziehung ( $p < 0.001$ ). Seit langer Zeit rauchende Personen zeigten im Vergleich mit Nichtrauchern eine signifikant höhere Häufigkeit an Translokationen (Rate Ratio (RR) = 1.19, 95%-Konfidenz-Intervall (CI), 1.09–1.30). Zudem verstärkt das Rauchen den Alterseffekt in Bezug auf die Häufigkeit von Translokationen was sich in einem steileren altersabhängigen Anstieg bei Rauchern im Vergleich zu Nichtrauchern zeigte ( $p < 0.001$ ). Die Häufigkeit der Translokationen wurde nicht vom Geschlecht beeinflusst. Die Interpretation über einen möglichen Einfluss der ethnischen Herkunft der Probanden wurde aufgrund der Laborunterschiede erschwert. Diese Studie ist dreimal größer als jede bisher zu diesem Thema erstellte Studie. Sie bestätigt die angenommene linear-quadratische Beziehung zwischen der Translokationshäufigkeit und dem Alter. Der signifikante Einfluss des Rauchens auf die Translokationshäufigkeit wurde in bisherigen Studien zu diesem Thema noch nicht beobachtet. Die Daten ermöglichen eine zuverlässige Abschätzung der spontanen Häufigkeit der Translokationshäufigkeit unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, ethnischer Herkunft und Raucherstatus und deuten eine Zunahme der Chromosomenschäden bei den über 60-Jährigen an und dies vor allem bei Rauchern.

---

**Strieth S, Strelczyk D, Eichhorn M, Dellian M, Lüdemann S, Griebel J, Berghaus A, Bellemann ME, Brix G**

### Static Magnetic Fields Induce Blood Flow Decrease and Platelet Adherence in Tumor Microvessels

Cancer Biol Ther. 2008; 7: 814-819

Red blood cell flow in striated muscle capillaries is reduced during exposure to strong static magnetic fields (SMFs). Intratumoral microcirculation is characterized by tortuous microvessels with chaotic architecture and by irregular, sluggish blood flow with unstable rheology. It was the aim of this study to analyze SMF exposure effects on tumor microcirculation with regard to interactions of corpuscular blood components with the tumor microvessel walls. In vivo fluorescence microscopy was performed in A-Mel-3 tumors growing in dorsal skinfold chamber preparations of Syrian Golden hamsters. SMFs with varying field strength (<600 mT) were generated by changing the distance between a strong NdFeB rod magnet and the tissue region of interest. Short-time exposure above a magnetic flux density of about 150 mT resulted in a significant reduction of red blood cell velocity (vRBC) and segmental blood flow in tumor microvessels. At the maximum strength of 587 mT, a reversible reduction of vRBC (~40 %) and of functional vessel density (~15 %) was observed. Prolongation of the exposure time from one minute to up to 3 h resulted in comparable reductions. Microvessel diameters and leukocyte-endothelial cell interactions remained unaffected by SMF exposure. However, in contrast to tumor-free striated muscle controls, exposure at the maximum flux density induced a significant increase in platelet-endothelial cell adherence in a time-dependent manner that was reversible after reducing SMF strength. These reversible changes may have implications for functional measurements of tumor microcirculation by MRI and by new therapeutic strategies using strong SMFs.

### Statische Magnetfelder induzieren eine Blutflussreduktion und Plättchenadhäsion in Tumormikrogefäßen

Die Erythrozytenfließgeschwindigkeit in Kapillaren der quergestreiften Skelettmuskulatur ist während der Einwirkung starker statischer Magnetfelder (SMF) reduziert. Im Vergleich zu Muskelgewebe ist die Mikrozirkulation in Tumoren deutlich verändert: die Mikrogefäße zeigen eine gewundene, chaotische Architektur und der Blutfluss ist stark irregulär. Ziel dieser Studie war es daher, die Wirkung SMF auf die Mikrozirkulation in Tumoren zu untersuchen, insbesondere hinsichtlich der Interaktion korpuskularer Blutbestandteile mit den Gefäßwänden. Zu diesem Zweck wurden Untersuchungen mit der intravitalem Fluoreszenzmikroskopie am amelanotischen Melanom A-Mel-3 in der transparenten Rückenhautkammer von Syrischen Goldhamstern durchgeführt. Unterschiedliche magnetische Flussdichten (< 600 mT) wurden durch Variation des Abstands eines NdFeB-Stabmagneten zur Kammer realisiert. Kurzzeitexpositionen mit einer Flussdichte von mehr als 150 mT führten zu einer signifikanten Abnahme der Erythrozytenfließgeschwindigkeit und der funktionellen Gefäßdichte in den Tumormikrogefäßen. Bei der maximalen Flussdichte von 587 mT wurde eine (reversible) Reduktion der Fließgeschwindigkeit um etwa 40 % und der funktionellen Gefäßdichte um etwa 15 % beobachtet. Die Verlängerung der Expositionszeit von einer Minute auf drei Stunden führte zu vergleichbaren Veränderungen. Die Gefäßdurchmesser sowie *Leukozyten-Endothel*-Interaktionen wurden durch die Exposition nicht beeinflusst. Im Gegensatz zu normalem Muskelgewebe zeigte sich in den Tumoren bei der höchsten Flussdichte eine signifikant erhöhte Adhäsion von Plättchen an Endothelzellen, die nach Reduktion der Feldstärke wieder abnahm. Diese reversiblen Veränderungen können sowohl für die MR-tomographische Untersuchung der Tumormikrozirkulation als auch für neue therapeutische Strategien von Bedeutung sein.

**Tapio S, Schofield PN, Adelman C, Atkinson MJ, Bard JLB, Bijwaard H, Birschwilks M, Dubus P, Fiette L, Gerber G, Gruenberger M, Quintanilla-Martinez L, Rozell B, Saigusa S, Warren M, Watson CR, Grosche B**

**Progress in Updating the European Radiobiology Archives**

Int J Rad Biol 84:11, 930-936. DOI: 10.1080/09553000802460214, 2008

The European Radiobiology Archives (ERA), together with corresponding Japanese and American databases, hold data from nearly all experimental animal radiation biology studies carried out between 1960 and 1998, involving more than 300,000 animals. The Federal Office for Radiation Protection, together with the University of Cambridge have undertaken to transfer the existing ERA archive to a web-based database to maximize its usefulness to the scientific community and bring data coding and structure of this legacy database into congruence with currently accepted semantic standards for anatomy and pathology. The accuracy of the primary data input was assessed and improved. The original rodent pathology nomenclature was recoded to replace the local 'DIS-ROD' (Disease Rodent) formalism with Mouse Pathology (MPATH) and Mouse Anatomy (MA) ontology terms. A pathology panel sampled histopathological slide material and compared the original diagnoses with currently accepted diagnostic criteria. The overall non-systematic error rate varied among the studies between 0.26 % and 4.41 %, the mean error being 1.71 %. The errors found have been corrected and the studies thus controlled have been annotated. The majority of the original pathology terms have been successfully translated into a combination of MPATH and MA ontology terms. ERA has the potential of becoming a world-wide radiobiological research tool for numerous applications, such as the re-analysis of existing data with new approaches in the light of new hypotheses and techniques, and using the database as an information resource for planning future animal studies. When the database is opened for new data it may be possible to offer long-term storage of data from recent and future animal studies.

### Fortschritte bei der Vervollständigung des Europäischen Strahlenbiologischen Archivs

Das Europäische Strahlenbiologische Archiv (ERA) umfasst, gemeinsam mit den entsprechenden Datenbasen aus Japan und den USA, Daten von fast allen strahlenbiologischen Tierexperimenten, die zwischen 1960 – 1998 durchgeführt wurden mit mehr als 300.000 Tieren. Das Bundesamt für Strahlenschutz hat gemeinsam mit der Universität Cambridge begonnen, das bestehende ERA in eine internet-basierte Datenbank zu überführen, um damit den Nutzen für die Wissenschaft zu erhöhen und um Kodierung und Datenstruktur in Übereinstimmung zu bringen mit derzeitigen Standards der Anatomie und Pathologie. Die Qualität der ursprünglichen Daten wurde geprüft und verbessert. Die ursprüngliche Nomenklatur zur Pathologie von Nagern wurde überarbeitet, um die alte 'DIS-ROD' (Disease Rodent) Begrifflichkeit durch Mouse Pathology (MPATH) und Mouse Anatomy (MA) zu ersetzen. Ein Panel von Pathologen verglich anhand einer Auswahl pathologischer Schnitte die Originaldiagnosen mit derzeit gültigen diagnostischen Kriterien. Die Rate für nicht-systematische Fehler schwankte je nach Studie zwischen 0,26 % und 4,41 %, die mittlere Fehlerrate lag bei 1,71 %. Gefundene Fehler wurden korrigiert, und dies wurde in den jeweiligen Datensätzen vermerkt. Die meisten der ursprünglichen pathologischen Begriffe wurden in eine Kombination aus MPATH und MA übersetzt. ERA kann ein weltweit genutztes Werkzeug für die strahlenbiologische Forschung werden für zahlreiche Anwendungen, z. B. Reanalyse bestehender Daten mit neuen Ansätzen auf der Basis neuer Hypothesen und Techniken. Darüber hinaus kann die Datenbank als Informationsbasis bei der Planung neuer Tierversuche genutzt werden. Wenn die Datenbank zugänglich gemacht ist, bietet sie auch die Möglichkeit einer langfristigen Datenhaltung für laufende und für neue Studien.

**Wershofen H, Bieringer J, Frenzel S, Kanisch G, Katzlberger C, Steinkopff T, Tschiersch J, Völkle H**

An inter-laboratory comparison of low-level measurements in ground-level aerosol monitoring. In Proceedings of the 16th International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications, ICRM 2007, Cape Town,

Applied Radiation and Isotopes, Applied Radiation and Isotopes 66 (2008) 737–741

After the nuclear reactor accident of Chernobyl, the “Integrated Measurement and Information System (IMIS) for Monitoring the Environmental Radioactivity and Detecting Emissions from Nuclear Plants was implemented in Germany. IMIS is a nationwide comprehensive measuring system which permanently monitors the radioactivity in all important environment media in the whole federal territory. At approximately 40 sites, the activity concentration of radioactive substances is measured in air and precipitations. At least 14 of them are responsible for trace monitoring of radionuclides in the air. The legal bases of IMIS prescribe regular inter-laboratory comparison analyses in cooperation with the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), with the use of reference materials prepared by the Federal Coordinating Laboratories. In order to fulfil this requirement in the field of trace survey measurements in ground-level air, the Federal Office for Radiation Protection (“Bundesamt für Strahlenschutz”, BfS) and the PTB have conducted a comparison with real, dust-loaded reference filters in 2005. The comparison was organized within the framework of a cooperation of trace survey stations from Austria, Germany and Switzerland. The paper describes the preparation of the real, dust-loaded reference filters, the procedure for spiking the filters with the activity standard solution containing  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , and  $^{241}\text{Am}$ . Some results are discussed and conclusions are given.

**Ein Ringvergleich für spurenanalytische Messungen zur Überwachung von aerosolgebundenen Radionukliden in der bodennahen Luft.**

Als Konsequenz aus dem Reaktorunglück in Tschernobyl wurde für Deutschland das „Integrierte Mess- und Informationssystem“ (IMIS) als Instrument zur Überwachung der Umweltradioaktivität im Rahmen des Notfallschutzes entwickelt. IMIS beinhaltet bundesweit die permanente Überwachung der Radioaktivität in allen relevanten Umweltmedien. So wird z. B. an etwa 40 Standorten wird die Aktivitätskonzentration von Radionukliden in Luft und Niederschlag bestimmt. An mindestens 14 dieser Standorte werden Untersuchungen spurenanalytische Untersuchungen hinsichtlich der Aktivitätskonzentration von Radionukliden in der bodennahen Luft durchgeführt. Den gesetzlichen Grundlagen von IMIS entsprechend, werden regelmäßig Ringvergleiche in Zusammenarbeit mit der Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) durchgeführt, wobei die erforderlichen Referenzmaterialien von den jeweiligen Leitstellen hergestellt werden. Um diese Forderung nach Ringvergleichen auch im Bereich der Spurenanalyse der bodennahen Luft zu erfüllen, wurde vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) gemeinsam mit der PTB im Jahr 2005 ein Ringvergleich mit bestaubten, dotierten Filtern durchgeführt. Neben den Spurenmessstellen in Deutschland nahmen auch, im Rahmen einer internationalen Kooperation, Spurenmessstellen aus Österreich und der Schweiz daran teil. Der Artikel beschreibt die Herstellung der Referenzfilter, wobei bereits bestaubte Filter der jeweiligen Teilnehmer dotiert wurden sowie die Prozedur zur Dotierung der Filter mit einer Standardlösung mit den Radionukliden  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{125}\text{Sb}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , und  $^{241}\text{Am}$ . Einige Ergebnisse mit den entsprechenden Schlussfolgerungen werden zusammenfassend dargestellt.

**Wick RR, Nekolla EA, Gaubitz M, Schulte TL**

**Increased Risk of Myeloid Leukaemia in Patients with Ankylosing Spondylitis following Treatment with Radium-224.**

Rheumatology (Oxford) 47: 855-859, 2008

Long-term health effects in Ankylosing Spondylitis (AS) patients treated with the short-lived  $\alpha$ -emitter  $^{224}\text{Ra}$  were investigated. A prospective epidemiological study has been carried out on 1471 AS patients treated with repeated intravenous injections of  $^{224}\text{Ra}$  between 1948 and 1975. These patients have been followed together with a control group of 1324 AS patients not treated with radioactive drugs and/or X-rays. Numbers of malignancies expected in a normal population were computed from cancer registry data. 19 cases of leukaemia were observed in the exposure group (vs. 6.8 cases expected,  $p < 0.001$ ) compared to 12 cases of leukaemia in the control group (vs. 7.5 cases). Further subclassification of the leukaemia cases demonstrated a high increase of myeloid leukaemia in the exposure group (11 vs. 2.9,  $p < 0.001$ ; control group: 4 vs. 3.1), especially a high excess of acute myeloid leukaemias (7 vs. 1.8,  $p = 0.01$ ). The enhanced leukaemia incidence in the exposed group is in line with results from experiments in mice injected with lower doses of  $^{224}\text{Ra}$ .

**Erhöhtes Risiko für myeloische Leukämie bei Patienten mit Morbus Bechterew infolge einer Behandlung mit Radium-224**

Ziel der Studie war die Untersuchung von Spätfolgen nach Behandlung des Morbus Bechterew (MB) mit dem kurzlebigen  $\alpha$ -Strahler Radium-224. Im Rahmen einer prospektiven epidemiologischen Studie wurden 1471 Patienten untersucht, die zwischen 1948 und 1975 zur Therapie ihres MB wiederholt intravenöse Injektionen von  $^{224}\text{Ra}$  erhalten haben. Zum Vergleich dient eine Kontrollgruppe von 1324 MB-Patienten, die weder mit  $^{224}\text{Ra}$  noch mit Röntgenstrahlen behandelt worden waren. Die Anzahlen bösartiger Erkrankungsfälle, die in einer Normalpopulation zu erwarten gewesen wären, wurden mithilfe von Krebsregisterdaten abgeschätzt. In der Expositionsgruppe wurden 19 Leukämiefälle beobachtet (vs. 6,8 erwarteter Fälle,  $p < 0,001$ ), in der Kontrollgruppe dagegen 12 Fälle (vs. 7,5). Insbesondere wurden in der Expositionsgruppe deutlich mehr Fälle myeloischer Leukämien als erwartet registriert (11 vs. 2,9,  $p < 0,001$ ; Kontrollgruppe: 4 vs. 3,1), darunter insbesondere mehr akute myeloische Leukämien (7 vs. 1,8,  $p = 0,01$ ). Das Ergebnis einer erhöhten Leukämie-Inzidenz bei der Expositionsgruppe steht im Einklang mit Beobachtungen bei Tierversuchen an Mäusen, denen  $^{224}\text{Ra}$  in niedrigeren Dosen verabreicht wurde.

---

**Wilkins RC, Romm H, Kao TC, Awa AA, Yoshida MA, Livingston GK, Jenkins MS, Oestreicher U, Pellmar TC, Prasanna PG**

**Interlaboratory Comparison of the Dicentric Chromosome Assay for Radiation Biodosimetry in Mass Casualty Events**

Radiat Res. 2008;169(5):551-60, 2008

This interlaboratory comparison validates the dicentric chromosome assay for assessing radiation dose in mass casualty accidents and identifies the advantages and limitations of an international biodosimetry network. The assay's validity and accuracy were determined among five laboratories following the International Organization for Standardization guidelines. Blood samples irradiated at the Armed Forces Radiobiology Research Institute were shipped to all laboratories, which constructed individual radiation calibration curves and assessed the dose to dose-blinded samples. Each laboratory constructed a dose-effect calibration curve for the yield of dicentrics for  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  rays in the 0 to 5-Gy range, using the maximum likelihood linear-quadratic model,  $Y = c + \alpha D + \beta D^2$ . For all laboratories, the estimated coefficients of the fitted curves were within the 99.7 % confidence intervals (CIs), but the observed

dicentric yields differed. When each laboratory assessed radiation doses to four dose-blinded blood samples by comparing the observed dicentric yield with the laboratory's own calibration curve, the estimates were accurate in all laboratories at all doses. For all laboratories, actual doses were within the 99.75 % CI for the assessed dose. Across the dose range, the error in the estimated doses, compared to the physical doses, ranged from 15 % underestimation to 15 % overestimation.

### Laborvergleich des dizentrischen Chromosomen-Tests für die biologische Dosimetrie bei einem großen Strahlenunfall

Dieser Laborvergleich validiert den dizentrischen Chromosomen-Test für die Bewertung der Strahlenbelastung von Opfern bei großen Strahlenunfällen und benennt die Vorteile und Grenzen eines internationalen Biodosimetrie-Netzwerkes. Die Aussagekraft und Genauigkeit des Tests wurden durch fünf Laboratorien bestimmt, entsprechend den Leitlinien der Internationalen Organisation für Standardisierung. Blutproben, wurden von dem strahlenbiologischen Forschungsinstitut der Streitkräfte bestrahlt, an alle teilnehmenden Laboratorien versandt, um eigene Kalibrierkurven zu erstellen und die Dosen von Blindproben abzuschätzen. Jedes Labor erstellte eine Dosis-Wirkungs-Kurve für die Häufigkeit der dizentrischen Chromosomen nach Bestrahlung mit  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$ -Strahlen im Dosisbereich von 0 bis 5 Gy unter Verwendung der Maximum-Likelihood Methode und dem linear-quadratischen Modell  $Y = c + \alpha D + \beta D^2$ . Bei allen Laboratorien lagen die abgeschätzten Koeffizienten der ermittelten Kurven im 99,7%-Konfidenzintervall (CI). Die beobachteten Häufigkeiten an dizentrischen Chromosomen waren allerdings unterschiedlich. Die Dosisabschätzungen stimmen in allen Laboren präzise für alle Dosispunkte. Hierbei wurden zur Dosisabschätzung die beobachtete Häufigkeit an dizentrischen Chromosomen mit der labor-eigenen Kalibrierkurve verwendet. Für alle Laboratorien lagen die tatsächlichen Dosiswerte innerhalb der 99,75% CI der abgeschätzten Dosis. Bei dem gewählten Dosisbereich reichte der Fehler der abgeschätzten Dosen im Vergleich zu den physikalischen Dosen von 15 % Unterschätzung bis zu 15 % Überschätzung.

---

### **Zähringer M, Bieringer J, Schlosser C**

#### **Three years of operational experience from Schauinsland CTBT monitoring station**

Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 99, No4, 2008, 596-606

Data from three years of operation of a low-level aerosol sampler and analyzer (RASA) at Schauinsland monitoring station are reported. The system is part of the International Monitoring System (IMS) for verification of the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT). The fully automatic system is capable to measure aerosol borne gamma emitters with high sensitivity and routinely quantifies Be-7 and Pb-212. The system had a high level of data availability of 90 % within the reporting period. A daily screening process rendered 66 tentative identifications of verification relevant radionuclides since the system entered IMS operation in February 2004. Two of these were real events and associated to a plausible source. The remaining 64 cases can consistently be explained by detector background and statistical phenomena. Inter-comparison with data from a weekly sampler operated at the same station shows instabilities of the calibration during the test phase and a good agreement since certification of the system.

### **Drei Jahre Erfahrung aus dem operationellen Betrieb der CTBT-Messstation auf dem Schauinsland**

Mittlerweile liegen Daten vor aus drei Jahren Betrieb des im „low-level“-Bereich arbeitenden Aerosolsammel – und Messsystems RASA an der Messstation Schauinsland. Dieses System ist Teil des Internationalen Messsystems (IMS) zur Überwachung der Einhaltung des Kernwaffenteststoppabkommens (CTBT). Das vollautomatisch arbeitende System ist in der Lage, schwebstoffgebundene

Radionuklide, die Gammastrahlung emittieren, mit großer Empfindlichkeit nachzuweisen. Im Routinebetrieb werden regelmäßig Aktivitätskonzentrationen von  $^7\text{Be}$  und  $^{212}\text{Pb}$  ermittelt. Im betrachteten Zeitraum wurde eine hohe Datenverfügbarkeit von 90 % erreicht. Seit der Eingliederung des Systems in das IMS im Februar 2004 ergaben sich bei der täglichen Datenprüfung 66 Mal Hinweise auf das Vorhandensein von verifikationsrelevanten Radionukliden. Zwei dieser Identifikationen künstlicher Radionuklide konnten realen Ereignissen zugeordnet werden. Die übrigen 64 Identifikationen lassen sich durch den vorhandenen Detektoruntergrund sowie durch statistische Phänomene erklären. Ein Vergleich der Daten des automatischen Systems mit denen eines auf wöchentlicher Basis arbeitenden Systems an derselben Station zeigt zunächst Instabilitäten in der Kalibrierung des RASA während der Testbetriebs, jedoch eine gute Übereinstimmung seit der Zertifizierung des Systems für das IMS.

---

### **Zähringer M, Kirchner G**

#### **Nuclide Ratios and Source Identification from High-Resolution Gamma-Ray Spectra with Bayesian Decision Methods,**

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 594, 2008, 400–406

Ratios of radionuclide activity concentrations are often used to identify sources of small traces of radioactivity in environmental samples. A new approach is presented to consider statistical uncertainties and their impact on decisions based on nuclide ratios particularly for cases where nuclide ratios are calculated from measurements close to or below detection limit. It is pointed out that decision threshold and detection limit are adequate for decisions on the presence of a single nuclide but not necessarily on decisions on nuclide ratios. A statistical analysis based on a Bayesian approach is presented which allows inference on probabilities of nuclide ratio values taking into account jointly the information available for all radionuclides of interest. Examples are discussed to demonstrate the improvements of this approach in spectrum analysis and in source identification. As an important case the detection of Xenon isotopes ( $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{133\text{m}}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  and  $^{131\text{m}}\text{Xe}$ ) that are relevant for detecting underground nuclear explosions in the context of the verification of the Comprehensive Nuclear Test-Ban Treaty (CTBT) is discussed. Nuclide ratios are crucial in order to distinguish civil releases from CTBT-relevant sources. A new method is presented for graphical evaluation of the xenon isotope measurements and for assigning potential sources using the statistical approach proposed in this paper.

### **Nuklidverhältnisse und Quellenidentifikation aus hochauflösenden Gammaskpektren mit Bayes'schen Entscheidungskriterien**

Die Aktivitätsverhältnisse von Radionukliden werden oft herangezogen um die Herkunft von geringen Radioaktivitätsspuren in Umweltproben zu ermitteln. Ein neuer Ansatz wird vorgestellt, um statistische Unsicherheiten sowie deren Auswirkungen auf Quellzuordnungen für die Fälle zu berücksichtigen, in denen Nuklidverhältnisse aus Messergebnissen nahe bei oder unterhalb der Nachweisgrenze berechnet werden. Es wird herausgearbeitet, dass Nachweis- und Erkennungsgrenzen zwar geeignet sind um zu entscheiden, ob ein einzelnes Radionuklid vorhanden ist oder nicht, jedoch nicht unbedingt hilfreich sind bei Entscheidungen über Isotopenverhältnisse. Eine statistische Analyse auf der Basis eines Bayes'schen Ansatzes wird vorgestellt, welcher es erlaubt, auf die Wahrscheinlichkeit von Nuklidverhältnissen zu schließen. Dabei werden alle verfügbaren Informationen über die betreffenden Radionuklide integriert verwendet. Beispiele werden diskutiert, die die Vorteile dieses Ansatzes in Spektrenanalyse und Quellenidentifikation zeigen. Als wichtiges Beispiel wird der Nachweis von Xenonisotopen ( $^{135}\text{Xe}$ ,  $^{133\text{m}}\text{Xe}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  und  $^{131\text{m}}\text{Xe}$ ) diskutiert, welche bei dem Nachweis unterirdischer Kernexplosionen im Rahmen der Verifikation des Umfassenden Kernwaffenteststopps (CTBT) relevant sind. Eine neue Methode wird vorgestellt um die Ergebnisse der Messung von Xenonisotopen graphisch darzustellen und auf der Grundlage des hier vorgeschlagenen statistischen Ansatzes möglichen Quellen zuzuordnen.

---

**Zhang W, Zähringer M, Ungar K, Hoffman I**

**Statistical Analysis of Uncertainties of Gamma-Peak Identification and Area Calculation in Particulate Air-Filter Environment Radionuclide Measurements Using the Results of a Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization (CTBTO) Organized Intercomparison, Part I: Assessment of Reliability and Uncertainties of Isotope Detection and Energy Precision Using Artificial Spiked Test Spectra, Part II: Assessment of the True Type I Error Rate and The Quality of Peak Area Estimators in Relation to Type II Errors Using Large Numbers of Natural Spectra, Applied Radiation and Isotopes 66, 2008, 1695-1701**

In this paper, the uncertainties of gamma-ray small peak analysis have been examined. As the intensity of a gamma-ray peak approaches its detection decision limit, derived parameters such as centroid channel energy, peak area uncertainty, baseline determination, and peak significance are statistically sensitive. The intercomparison exercise organized by the CTBTO provided an excellent opportunity for this to be studied. Near background levels, the false-positive and false-negative peak identification frequencies in artificial test spectra have been compared to statistically predictable limiting values. In addition, naturally occurring radon progeny were used to compare observed variance against nominal uncertainties. The results infer that the applied fit algorithms do not always represent the best estimator. Understanding the statistically predicted peak-finding limit is important for data evaluation and analysis assessment. Furthermore, these results are useful to optimize analytical procedures to achieve the best results.

Statistische Analyse von Unsicherheiten bei der Peakidentifikation und Flächenberechnung in Gammaskpektren von Staubfilterproben aus Umgebungsluft am Beispiel eines von der Organisation für den umfassende Kernwaffenteststopp (CTBTO) organisierten Vergleichstests. Teil I: Abschätzung von Zuverlässigkeit und Unsicherheiten des Isotopennachweises und der Genauigkeit der Gammaenergie bei künstliche gespiketen Testspektren. Teil II: Abschätzung der tatsächlichen Rate von falsch negative Ergebnissen und der Qualität des Schätzers für die Peakfläche im Verhältnis zu falsch positiven Ergebnissen auf der Grundlage einer großen Zahl natürlicher Spektren.

Die Unsicherheiten bei der Analyse von kleinen Peaks in Gammaskpektren wurden in dieser Arbeit untersucht. Parameter wie z.B. Peakenergie, Fehler der Peakfläche, Peakuntergrund und Signifikanz werden von der Zählstatistik besonders stark beeinflusst, wenn die Peakfläche sich der Nachweisgrenze annähert. Das von der CTBTO organisierte Vergleichsexperiment bot eine ausgezeichnete Gelegenheit, um dies zu untersuchen. Die Häufigkeiten von falsch positiven und falsch negativen Peakidentifikationen nahe dem Untergrundpegel wurden mit deren statistisch zu erwartenden Häufigkeiten verglichen. Ausserdem wurden natürlich vorkommende Peaks von Radonfolgeprodukten verwendet, um die beobachtete Varianz mit dem nominellen Fehler zu vergleichen. Die Ergebnisse zeigen, dass verwendete Fitalgorithmen nicht immer den besten Schätzer repräsentieren. Das Verständniss der statistisch vorhergesagten Grenzen der Peakerkennung ist wichtig für die Bewertung der Daten und deren Analyse. Die Ergebnisse sind hilfreich, um die Prozeduren der Spektrenanalyse zu verbessern und deren Ergebnisse zu optimieren.