



Fachverband für Strahlenschutz e.V.

Mitgliedsgesellschaft der
International Radiation
Protection Association
(IRPA)
für Deutschland
und die Schweiz

STRAHLENSCHUTZ UND MEDIZIN

PATIENTEN – BESCHÄFTIGTE – GESELLSCHAFT

Die Tagung im Überblick

- Informationen
- Rahmenprogramm
- Programm
- Abstracts



© Congress-Tourismus-Würzburg, Fotograf: A. Beate

Jahrestagung 2019

9.-12. September 2019

Würzburg

Inhalt

Inhalt	1
Grußworte des Tagungspräsidenten	5
Komitees und Organisation	6
Organisatorisches	7
Tagungsbüro und Teilnahmebescheinigung	7
Hinweise für Vortragende	7
Hinweise zur Poster-Ausstellung und –Präsentation	7
Tagungsort	8
Rahmenprogramm	9
09.09.2019 Verleihung der Hanns-Langendorff-Medaille	9
09.09.2019 Kurzpräsentation der Industrieaussteller und Sektempfang	9
09.09.2019 Treffen der „Young-Professionals“	10
10.09.2019 Mitgliederversammlung	10
11.09.2019 Gesellschaftsabend	10
12.09.2019 Verleihung des Rupprecht-Maushart-Preises	11
12.09.2019 Besichtigungsprogramme	11
Programmübersicht	12
Programm im Detail	14
Poster	21
Hauptvorträge	23
Die Arbeit des Committee 3 (Protection in Medicine) der ICRP und Auswirkungen auf den Deutschen Strahlenschutz	23
Größen und Einheiten in der Strahlenschutzdosimetrie	24
Recommendations on long-term thyroid health monitoring after nuclear accidents	24
Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik und der Interventiellen Radiologie	25
Dosis und Dosisoptimierung bei der CT	25
Entwicklung einer Monte Carlo Simulationssoftware zur Bestimmung der räumlich aufgelösten Strahlendeposition in der Computertomographie	25
Häufigkeit von CT-Untersuchungen bei der Appendicitisdiagnostik in Österreich	26
Pädiatrische Computertomographie und Krebsrisiken: Design, Herausforderungen und erste Ergebnisse von laufenden Kohortenstudien in Europa	27
Messungen an Laser-Materialbearbeitungsmaschinen	27
Verbesserter Strahlenschutz bei kardiovaskulären Interventionen durch Simulationstraining	28
Abstracts Sitzung: Personendosimetrie und berufliche Strahlenexposition in der Medizin, insbesondere die Betrachtung der Augenlinse	29
Dosimetrie der Augenlinse	29

Überwachung der Augenlinsendosis in der Praxis	29
Strahlenrisiko für die Augenlinse - strahlenbiologische und epidemiologische Erkenntnisse	30
Der neue Grenzwert für die Augenlinse aus Sicht des interventionell tätigen Radiologen – Anspruch und Wirklichkeit	30
Abschätzung der Strahlenexposition der Augenlinse in der Nuklearmedizin	31
Abstracts Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 1	31
Das neue Strahlenschutzrecht – Regelungen und Folgen für Medizin	31
Das neue Strahlenschutzrecht - Regelungen und Folgen für die Medizin in Österreich	32
Swiss legislation on radiation protection: What is new concerning medical exposures and clinical audits?	32
Abstracts Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 2	33
Quo vadis ICRP? – Fragen der Strahlenschutzphilosophen	33
Vollzug des neuen Systems zur Meldung eines bedeutsamen Vorkommnisses	33
Empfehlungen betreffend Dosisangaben in radiologischen und nuklearmedizinischen Befunden in Österreich	34
Diebstahlschutz und Sicherung für sonstige radioaktive Stoffe	34
Abstracts Sitzung: natürliche Radioaktivität	35
Regelungen und Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Deutschland	35
Experimente zur Beurteilung der Radonsituation großer Gebäude	35
Radonschutz in Wohnungen durch radonaktivitätskonzentrations-gesteuerte Lüfter	36
Umsetzung des StrlSchG: Messkampagne Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Hessen	37
Biologische und gesundheitliche Effekte durch Radonexposition	37
Epidemiologische Studien zu Radon	38
Abstracts Sitzung: Arbeitsmedizin und Strahlenschutz	38
Arbeitsmedizinische Handlungsoptionen bei Strahlenexposition im Niedrigdosisbereich – ein Update	38
Kein routinemäßiges Arbeitsmedizinisches Medical Screening mehr bei beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz	39
Das außergewöhnliche Ereignis von Strij 1985: Ein Zeitzeuge berichtet über einen Fall schwerer Strahlenschäden	39
Einfluss von Betriebsärzten auf Risikowahrnehmung und Schutzverhalten von Beschäftigten mit solarer UV-Exposition in Schwimmbädern	39
Abstracts Sitzung: Aktuelles aus der Strahlenbiologie	40
Individuelle Strahlenempfindlichkeit und prädiktive Tests	40
Vorhersage des klinischen Outcomes mittels strahlenabhängiger früher Genexpressionsänderungen an 1.000 Blutproben innerhalb von 30 Stunden	41
Untersuchungen von humanen Blutzellen auf Veränderungen der Mikro-RNA-Regulationen nach 900 MHz HF-EMF Exposition	41

Cellular in vitro immune function after selective internal radiotherapy	42
Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Radioonkologie	43
Secondary neutron dose and aperture activation in proton therapy	43
Potenzial, Systeme und Herausforderungen der Magnetresonanz-geführten adaptiven Strahlentherapie	43
Strahlenschutz für Teilchentherapieanlagen	44
Strahlenschutz in der konventionellen Radioonkologie	44
Innovative Tumorthherapie mit (Schwer-)Ionen: weniger Dosis mehr Wirkung	45
Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Nuklearmedizin	46
Strahlenschutzaspekte bei der PET/CT	46
Inkorporationsüberwachung des medizinischen Personals beim klinischen Einsatz Lu-177-markierter Radiopharmaka	46
Strahlenexposition des Personals in der Nuklearmedizin	47
Patientenentlassung nach nuklearmedizinischen Therapien	47
Überwachungsaktion „Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Nuklearmedizin“	47
Praktische Strahlenschutzaspekte in der Radiochemie/Radiopharmazie	48
Abstracts Sitzung: Kommunikation mit dem Patienten zum Strahlenrisiko	49
Juristische Aspekte der Patientenaufklärung über Strahlenrisiken?	49
Wahrnehmung des Patienten zu Radioaktivität und Strahlenrisiken	49
Information des Patienten über Strahlenrisiken in der diagnostischen Radiologie und Nuklearmedizin	50
Abstracts Sitzung: Entwicklungen in der physikalischen Dosimetrie	50
Der Beitrag von EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) zur Verbesserung der Strahledosimetrie in Europa	50
Correcting the lack of secondary particle equilibrium in simulations of nanoparticle-induced dose enhancement	51
Dosimetrie aus nur einer Retentionsmessung nach Radionuklidtherapie, Potenziale und Limitationen	52
Abstracts Sitzung: Allgemeiner und medizinischer Notfallschutz	52
Aktuelle radiobiologische Forschungsergebnisse zur medizinischen Vorsorge bei radiologischen und nuklearen Großschadensereignissen	52
Patientendokumentationstool für den Radiologischen Medizinischen Notfallschutz. Ein Instrument der Task-Force des Instituts für Radiobiologie der Bundeswehr zur Dokumentation von Patienten, Dosis- und Strahleneffektabschätzung und Prognose der akuten Strahlenkrankheit im Sinne einer Triage, sowie zur Erstellung einer Therapieempfehlung	53
Analyse des Antidotbedarfes und Ergebnisse verschiedener Radionuklid-Dekorporationsstrategien für ein Szenario eines Angriffs mit einer „schmutzigen Bombe“	53
Verbesserung des radiologischen Notfallschutzes in der Euregio Maas-Rhein (EMR) in Bezug auf Notfallmessungen (Jod-131) an Schilddrüsen	54
Individualdiagnostik bei radio-nuklearen Großschadensereignissen - das europäische Biosimetrienetzwerk RENEB	55

Der DSB Focus Assay zum Nachweis einer inneren Strahlenexposition durch β - oder γ -Strahler	55
Abstracts Sitzung: offene Themen	56
Neue Lernformen in der Strahlenschutzausbildung	56
Die rechtfertigende Indikation aus ärztlicher Sicht – eine klinisch orientierte Praxisanleitung	56
Funde medizinisch genutzter Radionuklide in Abfallströmen – Praktische Erfahrungen und Strahlenschutzfragen	57
Erzeugung ultrakurzer Röntgen-, Protonen- und Ionenstrahlen mittels Petawatt-Laser: Monte-Carlo Simulationen für den baulichen Strahlenschutz	57
Abstracts Poster-Session	59
Auswertung epidemiologischer Daten zum Strahlenrisiko: mehr als nur statistische Routine?	59
Raumluftüberwachung für die Ra223/Th227 -Therapie und Produktion	59
Comet Assay analysis of DNA strand breaks in human cells after exposure to the DNA-incorporated Auger Electron Emitter Iodine-125	60
Miniszint, ein neuartiges Mehrzweck-Strahlenmess-System für Forschung, Lehre und Praxis im Labor, Haus und Gelände	60
Discrimination of different radiation qualities using gene expression data	61
Strahlenexposition des Personals bei der Brachytherapie von Augentumoren	62
Induction of specific chromosomal rearrangements by targeting sensitive genomic loci using 125I-labeled Triplex-Forming oligonucleotides	62
Nutzung von portablen Gammaskpektrometern zur mobilen Ganzkörpermessung	63
Sicherheitsaspekte bei der technischen Realisierung und Verwendung eines neuartigen modularen, mobilen Laserrettungsgeräts	63
Baulicher Strahlenschutz bei mobilen Sanitätseinrichtungen der Bundeswehr	64
Sichere Durchführung von Hochdosistherapien des Nebennierenkarzinoms mit [131I]MAZA	64
Targeting human sodium iodide symporter by PET: A Comparison of [18F]fluorotetrafluoroborate with [124I]iodide	65

Grußworte des Tagungspräsidenten

Liebe Tagungsteilnehmerinnen und -Teilnehmer,

zur Jahrestagung 2019 des Fachverbands für Strahlenschutz (FS) begrüße ich Sie sehr herzlich in Würzburg. Die Tagung wird vom neu gegründeten Arbeitskreis Medizin in Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis Strahlenbiologie und weiteren Arbeitskreisen des FS ausgerichtet.

Das wissenschaftliche Programm wurde vom Programmkomitee unter Leitung von Prof. Christian Streffer zusammengestellt. Es bietet eine Reihe von Highlights nicht nur zu den Neuerungen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes in der Radiologie, Radioonkologie, Nuklearmedizin und Arbeitsmedizin aus Sicht der Patienten, Beschäftigten und der Gesellschaft. Beispielsweise seien hier erwähnt:



Quelle: K. Heyder

- Im Eröffnungsvortrag wird der Astronaut Prof. Reinhold Ewald auf die Strahlenexposition in der Raumfahrt eingehen, bei der schwere Ionen die entscheidende Rolle spielen. Der Anwendung dieser Strahlenqualität kommt auch in der Radioonkologie erhebliche Bedeutung zu.
- Die aktuellen Überlegungen zu den ausstehenden Verordnungen zum Strahlenschutzrecht werden von Experten des BMU und aus Österreich und der Schweiz vorgetragen.
- Mitglieder der ICRP aus der Hauptkommission und dem Committees 1 und 3, die frühere Chairperson von Committee 2 sowie von ICRU und EURADOS werden über die aktuellen Diskussionen und Überlegungen dieser Gremien berichten.
- Die Messung der Dosis in der Augenlinse ist nicht nur für die Medizin wichtig. Hier werden die neuesten Daten zur Überwachung der Dosis von der PTB vorgetragen und die biologischen Effekte von einem Mitglied der UNSCEAR-Delegation.
- Auf dem Gebiet der Strahlenbiologie sind individuelle Unterschiede der Strahlenempfindlichkeit weiterhin ein wichtiges Thema für den Strahlenschutz.
- Die verschiedenen Aspekte der Radon-Problematik werden beleuchtet und diskutiert einschließlich der aktuellen rechtlichen Regelungen.
- Der medizinische Notfallschutz spielt für Unfälle mit ionisierenden Strahlen eine wichtige Rolle. Es ergeben sich auch hier einige neue Aspekte z.B. auf der Grundlage der Erfahrungen des Fukushima-Unfalls, über die aus einer Arbeitsgruppe der International Agency for Research on Cancer der WHO berichtet wird.

Darüber hinaus werden eine Vielzahl von Referenten mit angemeldeten Beiträgen zum Gelingen der Tagung beitragen. Ihnen und dem Programmkomitee unter Leitung von Prof. C. Streffer sei an dieser Stelle ebenso wie dem Organisationskomitee unter Leitung von Dipl.-Phys. F. Fehringer sehr herzlich für die engagierte Vorbereitung der Tagung gedankt.

Wir wünschen Ihnen eine interessante Tagung im Rudolf-Virchow Zentrum der Universität Würzburg mit einem attraktiven Rahmenprogramm.

Herzlichst Ihr

Prof. Dr. Christoph Reiners

Tagungspräsident

Komitees und Organisation

Tagungspräsident:

Christoph Reiners

*Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum
Würzburg*

Programmkomitee:

Christian Streffer
(Vorsitzender)

Universitätsklinikum Essen

Frank Becker

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe

Andreas Bockisch

Klinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Essen

Joachim Breckow

Technische Hochschule Mittelhessen, Gießen

Andreas Buck

*Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum
Würzburg*

Jonas Buermeyer

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Berlin

Michael Gruber

Verband für Medizinischen Strahlenschutz in Österreich (VMSÖ)

Klaus Henrichs

Geschäftsführer Fachverband für Strahlenschutz e. V., Garching

Werner Kirchinger

Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, München

Ralf Kriehuber

Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich

Wolfgang-Ulrich Müller

Universitätsklinikum Essen

Christoph Murith

Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz, Bern

Matthias Port

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, München

Clemens Scholl

Landesinstitut für Arbeitsgestaltung, Düsseldorf

Michael Seidenbusch

Helmholtz Zentrum München, Institut für Strahlenschutz, München

Organisationskomitee:

Franz Fehringer

BG ETEM Institut für Strahlenschutz, Köln

(Vorsitzender)

Stefan Eder

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, München

Martina Froning

Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich

Luzian Kott

BG ETEM Institut für Strahlenschutz, Köln

Lena Kuhne

BG ETEM Institut für Strahlenschutz, Köln

Ute Lange

BG ETEM Institut für Strahlenschutz, Köln

Oliver Meisenberg

Bundesamt für Strahlenschutz, München

Sven Nagels

Jülicher Entsorgungsgesellschaft für Nuklearanlagen, Jülich

Rita Schneider

*Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum
Würzburg*

Industrie- und

Posterausstellung:

Lena Kuhne

BG ETEM Institut für Strahlenschutz, Köln

Organisatorisches

Tagungsbüro und Teilnahmebescheinigung

Das Tagungsbüro ist Ihr Ansprechpartner für alle offenen Fragen und Sorgen. Das Büro befindet sich im Foyer des Rudolf-Virchow-Zentrums (RVZ) am Eingang des Tagungsbereichs und ist zu folgenden Zeiten besetzt:

Tag	Zeitraum
Montag, 09.09.19	10:00 - 18:30
Dienstag, 10.09.19	08:30 - 18:00
Mittwoch, 11.09.19	08:30 - 18:00
Donnerstag, 12.09.19	08:30 - 13:30

Eine Bescheinigung über die Teilnahme an der Tagung liegen beim Tagungsbüro aus.

Aktuelle Informationen finden Sie auf unserer Homepage <https://fs-ev.org/jahrestagung-2019/>.

Hinweise für Vortragende

Die Vorträge sind so bald wie möglich im Tagungsbüro, spätestens aber in der Pause vor der Session abzugeben. Eine technische Prüfung der Vorträge erfolgt nicht! Eigene Laptops können aus technischen Gründen nicht verwendet werden.

Bitte die Vorträge eindeutig kennzeichnen z. B.:

Name des Vortragenden_Vortragstitel.ppt(x)

Hinweise zur Poster-Ausstellung und –Präsentation

Die Poster können ab Montag 09.09.19 im Forum an den dort aufgestellten Stellwänden aufgehängt werden. Befestigungsmaterial wird zur Verfügung gestellt.

Die Poster werden in den **Postersitzungen am Mittwoch 10.09.2019 (14:00 bis 14:30) und Donnerstag 12.09.19 (09:00 bis 09:30)** behandelt.

Es werden alle präsentierenden Autoren der Poster gebeten in diesen Sitzungen anwesend zu sein!

Bitte hängen Sie Ihr Poster nach der Poster-Ausstellung bis spätestens Donnerstag um 13.00 Uhr wieder ab.

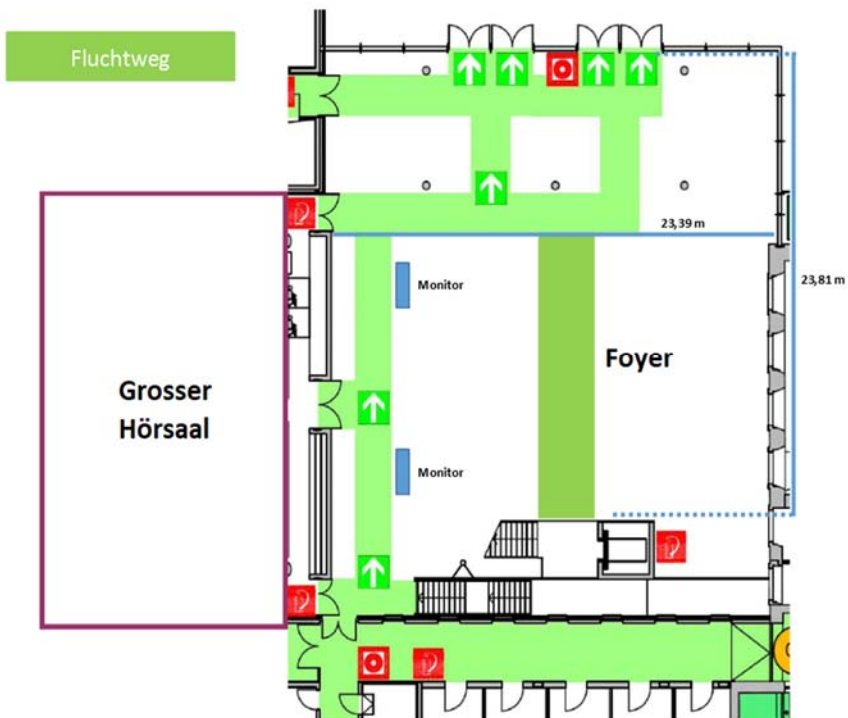
Tagungsort

Die Tagung findet statt im Rudolf-Virchow-Zentrum (RVZ) der Universität Würzburg auf dem Gelände des Universitätsklinikums, Josef-Schneider-Str.2, 97080 Würzburg (Lageplan, Parkmöglichkeiten und Zugang zum RVZ auf der Rückseite dieser Broschüre).

Wichtig: bitte verzichten Sie auf Ihren PKW und nutzen Sie die Straßenbahn (Linien 1 und 5, Haltestelle Robert-Koch-Straße direkt gegenüber dem RVZ). Parkmöglichkeiten in beschränktem Umfang gibt es nur im Bereich A und B an der Oberdürrbacherstraße; Fußweg ca. 10 min zum RVZ).

Bitte beachten Sie, dass am Mittwochnachmittag und Donnerstagvormittag Parallelsitzungen stattfinden.

Die Vorträge werden im Großen Hörsaal und bei den Parallelsitzungen im Seminarraum 1.Stock gehalten, während sich die Poster- und Industrieausstellung im Foyer befindet. Dort werden in den Pausen auch Getränke und Mahlzeiten angeboten.



Rahmenprogramm

09.09.2019 Verleihung der Hanns-Langendorff-Medaille

Verleihung der Hanns-Langendorff-Medaille 2019 an Prof. Dr. Reinhard Loose

In Erinnerung an den deutschen Radiologen und Biologen Prof. Dr. Hanns Langendorff (1901-1974) wurde 1986 in Freiburg eine nach ihm benannte Stiftung gegründet. Hanns Langendorff, von 1936-1971 Direktor des Radiologischen Instituts an der Universität Freiburg, gelangte durch seine grundlegenden Arbeiten zur biologischen Wirkung von Röntgenstrahlung zu internationalem Ruf und gilt als einer der bedeutendsten Wissenschaftler im Bereich der Strahlenbiologie.

Seit 1992 verleiht die Stiftung die Hanns-Langendorff-Medaille an hervorragende Wissenschaftler aus dem In- und Ausland, die wesentliche Beiträge zur Strahlenbiologie und zum Strahlenschutz geliefert haben.

1992 H. Fritz-Niggli, Zürich	2002 R. H. Clarke, Didcot
1993 H. S. Stender, Hannover	2003 A. Kaul, Wolfenbüttel
1994 J. P. Maisin, Brüssel	2004 J. J. Broerse, Leiden
1995 L.-E. Feinendegen, Jülich	2005 D. Harder, Göttingen
1996 M. Abe, Kyoto	2007 C. Streffer, Essen
1997 U. Hagen, München	2010 L. E. Holm, Stockholm
1998 A. W. T. Konings, Leiden	2011 H. Schicha, Köln
1999 K. Aurand, Berlin	2014 W.-U. Müller, Essen
2000 T. M. Fliedner, Ulm	2014 P. Gourmelon, Fontenai aux Roses
2001 I. Szumiel, Warschau	2015 S. Yamashita, Nagasaki

Bisher wurde die Medaille gemeinsam mit der Vereinigung Deutscher Strahlenschutzärzte bzw. deren Nachfolgeorganisation, der Deutschen Gesellschaft für Medizinischen Strahlenschutz auf deren Jahrestagungen verliehen. Nachdem sich diese Gesellschaften aufgelöst haben und der FS sich durch Gründung des AK-Med stärker medizinischen Themen widmet, erfolgt die Verleihung in diesem Jahr zum ersten Mal gemeinsam mit dem FS.

Mit der Hanns-Langendorff-Medaille 2019 geehrt wird Prof. Dr. R. Loose, Nürnberg, für seine Verdienste um den praktischen Strahlenschutz in der Medizin.

09.09.2019 Kurzpräsentation der Industrieaussteller und Sektempfang

Am Montagabend ab 18:20 werden die Industrieaussteller ihre Produkte in Kurzpräsentationen im Foyer des RVZ vorstellen. Diese Präsentationen werden begleitet von einem Sektempfang.

09.09.2019 Treffen der „Young-Professionals“

Das Treffen der Young-Professionals für Mitglieder des FS unter 30 Jahren (gefühlte und real) wird am

Montagabend, 09. September ab 19:30
in der Innenstadt von Würzburg stattfinden.

Bei Druck lag der Treffpunkt noch nicht vor.
Bitte informieren Sie sich im Tagungsbüro.

Wir wünschen Ihnen einen vergnüglichen Abend!

10.09.2019 Mitgliederversammlung

Die diesjährige Mitgliederversammlung des FS wird am **Dienstag 10. September ab 17:50** im „Großen Hörsaal“ des RVZ stattfinden.

11.09.2019 Gesellschaftsabend

Der diesjährige Gesellschaftsabend wird am **Mittwoch, 11. September um 19:30** im **Staatlichen Hofkeller unter der Würzburger Residenz** stattfinden. Die Kosten liegen bei 49,50 EUR pro Person und beinhalten eine Weinprobe und einen Imbiss. Die Weinprobe wird begleitet von einem kulturhistorischen Vortrag.



Quelle: Bayerische Schlösserverwaltung

Die Würzburger Residenz liegt im Zentrum der Stadt und ist von den Hotels meist fußläufig zu erreichen. Treffpunkt ist um 19:30 am Frankonia Brunnen in der Mitte des Residenzplatzes (s. o.). Für Nachzügler: der Eingang zum Residenzkeller befindet sich im zweiten Innenhof hinter der Toreinfahrt im linken Flügel der Residenz.



Quelle: Staatlicher Hofkeller Würzburg

12.09.2019 Verleihung des Rupprecht-Maushart-Preises

In der Abschlussitzung am **Donnerstag, 12. September 2019, 12:30-13:00** wird vom FS der Rupprecht Maushart Preis in Würdigung der Lebensleistung des Namensgebers vergeben. Der Rupprecht-Maushart -Preis soll die wissenschaftliche Arbeit und das persönliche Engagement zur Verbesserung des Strahlenschutzes bzw. zur Erweiterung des Wissens in diesem Bereich honorieren und die Preisträger zur Fortsetzung ihrer Arbeit auf diesem Gebiet motivieren. Der Preis wird für hervorragende Bachelor-, Master- oder Diplomarbeiten, Dissertationen oder Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften mit Peer- Review mit Bezug zum Strahlenschutz verliehen

12.09.2019 Besichtigungsprogramme

Im Anschluss an die Jahrestagung wird am Donnerstag 12.09.19 von 14:00 bis 16:00 Uhr folgendes Besichtigungsprogramm angeboten:

Hinweis: Die Teilnahmen an den Führungen sind kostenlos (Teilnehmerzahl ist begrenzt auf max. 10 Personen pro Führung).

1. Besichtigung des PET/CT-Zentrums der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin mit Radiochemie/Radiopharmazie
2. Besichtigung des Bereichs „Präklinische Bildgebung“ der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
3. Besichtigung des Bereichs „Praktischer Strahlenschutz in der Nuklearmedizin“ (u.a. Personalüberwachung, Abwasser, Abluft, Patientengarten)
4. Besichtigung des Strahlenunfallzentrums und der Therapiestation der Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin
5. Besichtigung des Deutschen Zentrums für Herzinsuffizienz (DZHI) und des 7 Tesla MRT

Außerdem besteht die Möglichkeit, am 12.9.2019, 14:00 an einer Führung in der Röntgen-Gedächtnisstätte im ehemaligen Physikalischen Institut am Röntgenring teilzunehmen (max. 30 Teilnehmer, Teilnahmegebühr 5 €).

Bitte melden Sie sich bei gewünschter Teilnahme beim Tagungsbüro an.

Der Treffpunkt für die Besichtigungen ist das Foyer des RVZ.

Programmübersicht

Montag, 09. September 2019	
11:00-13:00	Eröffnung der Tagung, Verleihung der Hanns-Langendorff-Medaille Vortrag: Prof. Dr. Reinhold Ewald, Astronaut: Wie geschaffen fürs All – Leben unter Weltraumbedingungen
13:00-14:00	<u>MITTAGSPAUSE</u>
14:00-16:10	Sitzung: Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik und der Interventionellen Radiologie
16:10-16:30	<u>PAUSE</u>
14:00-16:10	Sitzung: Personendosimetrie und berufliche Strahlenexposition in der Medizin, insbesondere die Betrachtung der Augenlinse
ab 18:20	Vorstellung der Kurzpräsentation der Industrieaussteller, Sektempfang
ab 19:30	Treffen der „Young-Professionals“
Dienstag, 10. September 2019	
09:00-09:40	Plenarvortrag: R. Loose: Die Arbeit des Committee 3 (Protection in Medicine) der ICRP und Auswirkungen auf den Deutschen Strahlenschutz
09:40-11:10	Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 1
11:10-11:30	<u>PAUSE</u>
11:30-13:00	Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 2
13:00-14:00	<u>MITTAGSPAUSE</u>
14:00-16:00	Sitzung: Natürliche Radionuklide
16:00-16:20	<u>PAUSE</u>
16:20-17:40	Sitzung: Arbeitsmedizin und Strahlenschutz
ab 17:50	<u>Mitgliederversammlung</u>
Mittwoch, 11. September 2019	
09:00-09:40	Plenarvortrag: H. Menzel: Größen und Einheiten in der Strahlenschutzdosimetrie
09:40-11:00	Sitzung: Aktuelles aus der Strahlenbiologie
11:00-11:20	<u>PAUSE</u>

11:20-13:00	Sitzung: Strahlenschutz in der Radioonkologie
13:00-14:00	<u>MITTAGSPAUSE</u>
14:00-14:30	Poster-Ausstellung
14:30-16:30	Sitzung: Strahlenschutz in der Nuklearmedizin
16:30-16:50	<u>PAUSE</u>
16:50-17:50	Parallelsitzungen
	Sitzung: Kommunikation mit dem Patienten zum Strahlenrisiko
	Sitzung: Entwicklungen in der physikalischen Dosimetrie
ab 19:30	Gesellschaftsabend

Donnerstag, 12. September 2019

09:00-09:30	Poster-Ausstellung
09:30-10:10	Plenarvortrag: J. Schüz: Recommendations on long-term thyroid health monitoring after nuclear accidents
10:10-10:30	<u>PAUSE</u>
10:30-12:30	Parallelsitzungen
10:30-12:30	Sitzung: Allgemeiner und medizinischer Notfallschutz
10:30-12:30	Sitzung: Offene Themen
12:30-13:00	Abschlusssitzung, Verleihung des Rupprecht-Maushart-Preises
13:00-14:00	<u>MITTAGSPAUSE</u>
14:00-16:00	Besichtigungsprogramm

Programm im Detail

Montag, 09. September 2019

11:00-13:00 **Eröffnung der Tagung**

- **Grußworte**
Prof. Dr. Dr. h.c. Christoph Reiners, Tagungspräsident
MinDirig. Dr. Christian Greipl, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Nukleare Sicherheit
Prof. Dr. Hermann Einsele, Vizepräsident der Universität Würzburg
Dr. Thomas Steinkopff, Präsident des Fachverbandes für Strahlenschutz
- **Verleihung der Hanns-Langendorff-Medaille**
- **Vortrag: Prof. Dr. Reinhold Ewald, Astronaut: Wie geschaffen fürs All - Leben unter Weltraumbedingungen**

13:00-14:00 **Mittagspause**

14:00-16:10 **Sitzung: Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik und der Interventionellen Radiologie**
(Vorsitz: R. Loose/ P. Kröpil)

14:00-14:30 *M. Wucherer*: Dosis und Dosisoptimierung bei der CT

14:30-14:50 *A. Steuwe*: Entwicklung einer Monte Carlo Simulationssoftware zur Bestimmung der räumlich aufgelösten Strahlendeposition in der Computertomographie

14:50-15:10 *G. Pärtan*: Häufigkeit von CT-Untersuchungen bei der Appendicitisdiagnostik in Österreich

15:10-15:30 *M. Blettner*: Pädiatrische Computertomographie und Krebsrisiken: Design, Herausforderungen und erste Ergebnisse von laufenden Kohortenstudien in Europa

15:30-15:50 *R. Behrens*: Messungen an Laser-Materialbearbeitungsmaschinen

15:50-16:10 *W. Völker*: Verbessertes Strahlenschutz bei kardiovaskulären Interventionen durch Simulationstraining

16:10-16:30 **Pause**

16:30-18:20 **Sitzung: Personendosimetrie und berufliche Strahlenexposition in der Medizin, insbesondere die Betrachtung der Augenlinse**
(Vorsitz: M. Wucherer/ G. Pärtan)

16:30-17:00 *R. Behrens*: Dosimetrie der Augenlinse

17:00-17:20 *M. Figel*: Überwachung der Augenlinsendosis in der Praxis

17:20-17:40 *W.-U. Müller*: Strahlenrisiko für die Augenlinse - strahlenbiologische und epidemiologische Erkenntnisse

17:40-18:00 *P. Kröpil*: Der neue Grenzwert für die Augenlinse aus Sicht des interventionell tätigen Radiologen – Anspruch und Wirklichkeit

18:00-18:20 *B. Szermerski*: Abschätzung der Strahlenexposition der Augenlinse in der Nuklearmedizin

ab 18:20 **Kurzpräsentation der Industrieaussteller, Sektempfang**

ab 19:30 **Treffen der "Young-Professionals"**

Dienstag, 10. September 2019

- 09:00-09:40** **Plenarvortrag plus Diskussion: R. Loose: Die Arbeit des Committee 3 (Protection in Medicine) der ICRP und Auswirkungen auf den Deutschen Strahlenschutz (Vorsitz: Th. Steinkopff)**
- 09:40-11:10** **Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 1 (Vorsitz: M. Gruber/ R. Michel)**
- 09:40-10:10 *B. Keller:* Das neue Strahlenschutzrecht – Regelungen und Folgen für Medizin
- 10:10-10:40 *M. Ditto:* Das neue Strahlenschutzrecht - Regelungen und Folgen für die Medizin in Österreich
- 10:40-11:10 *C. Galli Marxer:* Swiss legislation on radiation protection: What is new concerning medical exposures and clinical audits?
- 11:10-11:30** **Pause**
- 11:30-13:00** **Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 2 (Vorsitz: C. Galli Marxer/ B. Keller)**
- 11:30-12:00 *R. Michel:* Quo vadis ICRP? – Fragen der Strahlenschutzphilosophen
- 12:00-12:20 *M. Trautmannsheimer:* Vollzug des neuen Systems zur Meldung eines bedeutsamen Vorkommnissen
- 12:20-12:40 *M. Gruber:* Empfehlungen betreffend Dosisangaben in radiologischen und nuklearmedizinischen Befunden in Österreich
- 12:40-13:00 *S. Kalauka:* Diebstahlschutz und Sicherung für sonstige radioaktive Stoffe
- 13:00-14:00** **Mittagspause**
- 14:00-16:00** **Sitzung: natürliche Radioaktivität (Vorsitz: R. Czarwinski/ A. Wojcik)**
- 14:00-14:20 *B. Klein:* Regelungen und Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Deutschland
- 14:20-14:40 *V. Grimm:* Experimente zur Beurteilung der Radonsituation großer Gebäude
- 14:40-15:00 *J. Dehnert:* Radonschutz in Wohnungen durch radonaktivitätskonzentrationsgesteuerte Lüfter
- 15:00-15:20 *S. Kerker:* Umsetzung des StrlSchG: Messkampagne Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Hessen
- 15:20-15:40 *C. Fournier:* Biologische und gesundheitliche Effekte durch Radonexposition
- 15:40-16:00 *F. Heinzl:* Epidemiologische Studien zu Radon
- 16:00-16:20** **Pause**

16:20-17:40 **Sitzung: Arbeitsmedizin und Strahlenschutz**
(Vorsitz: M. Port/ F. Fehringer)

16:20-16:40 *S. Eder:* Arbeitsmedizinische Handlungsoptionen bei Strahlenexposition im Niedrigdosisbereich – ein Update

16:40-17:00 *K. Stadtmüller:* Kein routinemäßiges Arbeitsmedizinisches Medical Screening mehr bei beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz

17:00-17:20 *B. Lorenz:* Das außergewöhnliche Ereignis von Strij 1985: Ein Zeitzeuge berichtet über einen Fall schwerer Strahlenschäden

17:20-17:40 *G. Franke:* Einfluss von Betriebsärzten auf Risikowahrnehmung und Schutzverhalten von Beschäftigten mit solarer UV-Exposition in Schwimmbädern

ab 17:50 **Mitgliederversammlung**

Mittwoch, 11. September 2019

- 09:00-09:40** **Plenarvortrag plus Diskussion: H. Menzel: Größen und Einheiten in der Strahlenschutzdosimetrie**
(Vorsitz: C. Streffer)
- 09:40-11:00** **Sitzung: Aktuelles aus der Strahlenbiologie**
(Vorsitz: R. Kriehuber/ P. Ostheim)
- 09:40-10:00 A. Wojcik: Individuelle Strahlenempfindlichkeit und prädiktive Tests
- 10:00-10:20 P. Ostheim: Vorhersage des klinischen Outcomes mittels strahlenabhängiger früher Genexpressionsänderungen an 1.000 Blutproben innerhalb von 30 Stunden
- 10:20-10:40 A. Lamkowski: Untersuchungen von humanen Blutzellen auf Veränderungen der Mikro-RNA-Regulationen nach 900 MHz HF-EMF Exposition
- 10:40-11:00 V. Barsegian: Cellular in vitro immune function after selective internal radiotherapy
- 11:00-11:20** **Pause**
- 11:20-13:00** **Sitzung: Strahlenschutz in der Radioonkologie**
(Vorsitz: St. Eder/ W.- U. Müller)
- 11:20-11:40 C. Bäumer: Secondary neutron dose and aperture activation in proton therapy
- 11:40-12:00 A. Pfaffenberger: Potenzial, Systeme und Herausforderungen der Magnetresonanz-geführten adaptiven Strahlentherapie
- 12:00-12:20 G. Fehrenbacher: Strahlenschutz für Teilchentherapieanlagen
- 12:20-12:40 B. Frerker: Strahlenschutz in der konventionellen Radioonkologie
- 12:40-13:00 S. Harrabi: Innovative Tumorthherapie mit (Schwer-)Ionen: weniger Dosis mehr Wirkung
- 13:00-14:00** **Mittagspause**
- 14:00-14:30** **Posterausstellung**
- 14:30-16:30** **Sitzung: Strahlenschutz in der Nuklearmedizin**
(Vorsitz: A. Buck/ K. Henrichs)
- 14:30-14:50 A. Bockisch: Strahlenschutzaspekte bei der PET/CT
- 14:50-15:10 C. Wanke: Inkorporationsüberwachung des medizinischen Personals beim klinischen Einsatz Lu-177-markierter Radiopharmaka
- 15:10-15:30 H. Häscheid: Strahlenexposition des Personals in der Nuklearmedizin
- 15:30-15:50 C. Scholl: Patientenentlassung nach nuklearmedizinischen Therapien
- 15:50-16:10 R. Stehr: Überwachungsaktion „Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Nuklearmedizin“
- 16:10-16:30 B. Bockisch: Praktische Strahlenschutzaspekte in der Radiochemie/Radiopharmazie
- 16:30-16:50** **Pause**

16:50-17:50 Parallelsitzungen

**Sitzung: Kommunikation mit dem Patienten zum Strahlenrisiko,
Seminarraum, 1. Obergeschoss
(Vorsitz: A. Bockisch/ G. Koletzko)**

- 16:50-17:10 *Resch-Holeczke:* Juristische Aspekte der Patientenaufklärung über Strahlenrisiken
- 17:10-17:30 *L. C. Freudenberg:* Wahrnehmung des Patienten zu Radioaktivität und Strahlenrisiken
- 17:30-17:50 *C. Reiners:* Information des Patienten über Strahlenrisiken in der diagnostischen Radiologie und Nuklearmedizin

**16:50-17:50 Sitzung: Entwicklungen in der physikalischen Dosimetrie,
Hörsaal
(Vorsitz: J. Breckow/ Ch. Bäumer)**

- 16:50-17:10 *W. Rühm:* Der Beitrag von EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) zur Verbesserung der Strahlendosimetrie in Europa
- 17:10-17:30 *H. Rabus:* Correcting the lack of secondary particle equilibrium in simulations of nanoparticle-induced dose enhancement
- 17:30-17:50 *H. Hänscheid:* Dosimetrie aus nur einer Retentionsmessung nach Radionuklidtherapie, Potenziale und Limitationen

ab 19:30 Gesellschaftsabend mit Vortrag

Donnerstag, 12. September 2019

- 09:00-09:30 Posterausstellung**
- 09:30-10:10 Plenarvortrag plus Diskussion: J. Schüz: Recommendations on long-term thyroid health monitoring after nuclear accidents
(Vorsitz: Ch. Reiners)**
- 10:10-10:30 Pause**
- 10:30-12:30 Parallelsitzungen**
**Sitzung: Allgemeiner und medizinische Notfallschutz, Hörsaal
(Vorsitz: W. Kirchinger/ C. Wanke)**
- 10:30-10:50 *M. Port:* Aktuelle radiobiologische Forschungsergebnisse zur medizinischen Vorsorge bei radiologischen und nuklearen Großschadensereignissen
- 10:50-11:10 *J. Haupt:* Patientendokumentationstool für den Radiologischen Medizinischen Notfallschutz. Ein Instrument der Task-Force des Instituts für Radiobiologie der Bundeswehr zur Dokumentation von Patienten, Dosis- und Strahleneffektabschätzung und Prognose der akuten Strahlenkrankheit im Sinne einer Triage, sowie zur Erstellung einer Therapieempfehlung
- 11:10-11:30 *C. Hermann:* Analyse des Antidotbedarfes und Ergebnisse verschiedener Radionuklid-Dekorporationsstrategien für ein Szenario eines Angriffs mit einer „schmutzigen Bombe“
- 11:30-11:50 *J. Piechocka:* Verbesserung des radiologischen Notfallschutzes in der Euregio Maas-Rhein (EMR) in Bezug auf Notfallmessungen (Jod-131) an Schilddrüsen
- 11:50-12:10 *U. Kulka:* Individualdiagnostik bei radio-nuklearen Großschadensereignissen - das europäische Biodosimetrienetzwerk RENEB
- 12:10-12:30 *S. Schumann:* Der DSB Focus Assay zum Nachweis einer inneren Strahlenexposition durch β - oder γ -Strahler
- 10:30-12:30 Sitzung: Offene Themen, Seminarraum, 1. Obergeschoss
(Vorsitz: M. Froning/ S. Nagels)**
- 10:30-10:50 *J. Vahlbruch:* Neue Lernformen in der Strahlenschutz Ausbildung
- 10:50-11:10 *R. Leppek:* Die rechtfertigende Indikation aus ärztlicher Sicht – eine klinisch orientierte Praxisanleitung
- 11:10-11:30 *R. Gellermann:* Funde medizinisch genutzter Radionuklide in Abfallströmen – praktische Erfahrungen und strahlenschutzrechtliche Fragen
- 11:50-12:10 *F. Englbrecht:* Erzeugung ultrakurzer Röntgen-, Protonen- und Ionenstrahlen mittels Petawatt-Laser: Monte-Carlo Simulationen für den baulichen Strahlenschutz
- 12:10-12:30 *H. Miska:* Notwendigkeit der realistischen Lagebewertung nach Strahlen-Unfällen zur Vermeidung nicht gerechtfertigter Schutzmassnahmen

12:30: 13:00 **Abschlussitzung**

- **Verleihung des Rupprecht-Maushart-Preises**
- **Abschlussansprachen**

13:00-14:00 **Mittagspause**

14:00-16:00 **Besichtigungsprogramm**

Poster

Nr.	Autoren	Titel
105	<u>Kraut Wolfgang</u> Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), Karlsruhe	Auswertung epidemiologischer Daten zum Strahlenrisiko: mehr als nur statistische Routine?
118	<u>Schumann Sarah</u> ¹ , <u>Eberlein Uta</u> ¹ , <u>Lapa Constantin</u> ¹ , <u>Buck Andreas Konrad</u> ¹ , <u>Port Matthias</u> ² , <u>Lassmann Michael</u> ¹ , <u>Scherthan Harry</u> ² ¹ Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Würzburg, Würzburg, ² Institut für Radiobiologie der Bundeswehr in Verb. mit der Universität Ulm, München	Der DSB Focus Assay zum Nachweis einer inneren Strahlenexposition durch β - oder γ -Strahler
125	<u>Holtmann Kathrin</u> ^{1,2} , <u>Unverricht-Yeboah Markus</u> ¹ , <u>Kriehuber Ralf</u> ¹ ¹ Forschungszentrum Jülich GmbH; ² Brenk Systemplanung GmbH	Comet Assay analysis of DNA strand breaks in human cells after exposure to the DNA-incorporated Auger Electron Emitter Iodine-125
126	<u>Philipsborn von Henning</u> , <u>Putzger Jürgen</u> Universität Regensburg	Miniszint, ein neuartiges Mehrzweck-Strahlenmess-System für Forschung, Lehre und Praxis im Labor, Haus und Gelände
128	<u>Unverricht-Yeboah Marcus</u> ¹ , <u>Giesen Ulrich</u> ² , <u>Kriehuber Ralf</u> ¹ ¹ Forschungszentrum Jülich, 52425 Jülich, ² Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig	Discrimination of different radiation qualities using gene expression data
129	<u>Graf Hansjörg</u> , <u>Hofinger Friedlein Josef</u> , <u>Melissa</u> , <u>Hustedt Anna</u> , <u>Wölwitsch Iris</u> , <u>Fehrenbacher Georg</u> Universitätsklinikum Tübingen	Strahlenexposition des Personals bei der Brachytherapie von Augentumoren
137	<u>Dahmen Volker</u> , <u>Schmitz Sabine</u> , <u>Kriehuber Ralf</u> Forschungszentrum Jülich GmbH	Induction of specific chromosomal rearrangements by targeting sensitive genomic loci using 125I-labeled Triplex-Forming oligonucleotides
139	<u>Siebenwirth Christian</u> , <u>Port Matthias</u> Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, Deutschland	Nutzung von portablen Gammaskpektrometern zur mobilen Ganzkörpermessung
140	<u>Brodeßer Alexander</u> ¹ , <u>Hennigs Christian</u> ¹ , <u>Hustedt Michael</u> ¹ , <u>Brose Martin</u> ² , <u>Gomolka Malte</u> ² , <u>Meier Oliver</u> ³ , <u>Bescherer-Nachtmann Klaus</u> ⁴ , <u>Hermsdorf Jörg</u> ¹ , <u>Kaierle Stefan</u> ¹ ¹ Laser Zentrum Hannover e.V., ² Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse; ³ LASER on demand GmbH; ⁴ LASERVISION GmbH & Co. KG	Sicherheitsaspekte bei der technischen Realisierung und Verwendung eines neu entwickelten mobilen Laserrettungsgeräts
146	<u>Schirmer Andreas</u> , <u>Warnecke Udo</u> , <u>Kersting Marc</u> , <u>Hagene Florian</u> Bundeswehr, Deutschland	Baulicher Strahlenschutz bei mobilen Sanitätseinrichtungen der Bundeswehr

Nr.	Autoren	Titel
158	<p>Schirbel <u>Andreas</u>¹, Samnick Samuel¹, Buck Andreas¹, Hänscheid Heribert¹, Hahner Stefanie² ¹Universitätsklinikum Würzburg Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin; ²Universitätsklinikum Würzburg Medizinische Klinik und Poliklinik I Schwerpunkt Endokrinologie</p>	<p>Sichere Durchführung von Hochdosistherapien des Nebennierenkarzinoms mit [¹³¹I]MAZA</p>
159	<p>Samnick <u>Samuel</u>, Al-Momani Ehab, Schiller Markus, Israel Ina, Schirbel Andreas, Buck Andreas, Lapa Constantin Universitätsklinikum Würzburg</p>	<p>Targeting human sodium iodide symporter by PET: A Comparison of [¹⁸F]fluorotetrafluoroborate with [¹²⁴I]iodide</p>

Hauptvorträge

Die Arbeit des Committee 3 (Protection in Medicine) der ICRP und Auswirkungen auf den Deutschen Strahlenschutz

Loose Reinhard

Nürnberg, Deutschland

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Empfehlungen der internationalen Strahlenschutzorganisationen haben seit vielen Jahren einen großen Einfluss auf die rechtlichen Festlegungen im Deutschen Strahlenschutz, insbesondere der Medizin. Zu nennen sind besonders das United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), die International Commission on Radiological Protection (ICRP) und International Atomic Energy Agency (IAEA). Die Europäische Union hat mit ihrer Publikationsserie „Radiation Protection“ 1976 begonnen, wobei in den ersten Jahren der Strahlenschutz der nuklearen Energiegewinnung und der berufliche Strahlenschutz im Vordergrund standen. Die bis 2018 geltende alte Röntgen- und Strahlenschutzverordnung haben in ihren Entstehungsphasen und Fortschreibungen daher oft auf Publikationen der drei genannten internationalen Organisationen zurückgegriffen. Die ICRP ist mit ihrer Gründung 1928 wesentlich älter als UNSCEAR (1955) und IAEA (1957) und mit ihren Publikationen am intensivsten auf den medizinischen Strahlenschutz fokussiert. Die Deutschen zuständigen Ministerien (aktuell BMU) und die beratende Strahlenschutzkommission (SSK) haben regelmäßig auf die wissenschaftlichen Empfehlungen der ICRP zurückgegriffen. Dem Committee C3 der ICRP „Protection in Medicine“ entspricht in der SSK der Ausschuss A2 „Strahlenschutz in der Medizin“.

Erst die grundlegenden EU Direktiven 97/43/Euratom (sog. Patientenschutzrichtlinie) und 2013/59/Euratom (Basic Safety Standards, EU-BSS) haben zu einheitlichen Europäischen Vorgaben und einer Novellierung der Röntgen- und Strahlenschutzverordnung, sowie aktuell zum neuen Strahlenschutzgesetz und der neuen Strahlenschutzverordnung geführt. Einfluss auf die Regelungen des medizinischen Strahlenschutzes in Deutschland hatten sowohl die grundlegenden Publikationen ICRP 60 und ICRP 103, als auch eine Reihe spezifischer Publikationen zur Diagnostischen und Interventionellen Radiologie, Nuklearmedizin, Strahlentherapie, Schutz von Ungeborenen und Kindern und zum beruflichen Strahlenschutz. Wichtige, für die Medizin relevante Publikationen der letzten Jahre sind ICRP 120 (Radiological Protection in Cardiology), ICRP 121 (Radiological Protection in Paediatric Diagnostic and Interventional Radiology), ICRP 127 (Radiological Protection in Ion Beam Radiotherapy), ICRP 128 (Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals), ICRP 129 (Radiological Protection in Cone Beam Computed Tomography (CBCT)), ICRP 130,134,137 (Occupational Intake of Radionuclides, part 1-3), ICRP 135 (Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging), ICRP 139 (Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures).

Medizinisch relevante ICRP Publikationen, deren öffentliche Kommentierungsphase abgeschlossen ist und die innerhalb der nächsten Monate zur Veröffentlichung anstehen sind: „Adult Mesh-type Reference Computational Phantoms“, „Paediatric Reference Computational Phantoms“, „Radiological Protection in Therapy with Radiopharmaceuticals“, „Occupational Intake of Radionuclides, part 4“ und „The Use of Effective Dose as a Radiological Protection Quantity“.

Größen und Einheiten in der Strahlenschutzdosimetrie

Menzel Hans-Georg

ICRU Heidelberg, Deutschland

Alle Anwendungen ionisierender Strahlen einschließlich in der Medizin, Industrie und Forschung und auch der Strahlenschutz erfordern Methoden zur Ermittlung von Dosen, also Größen, die die Strahlenexposition geeignet quantitativ beschreiben. Die Energiedosis ist die grundlegende Messgröße der Dosimetrie ionisierender Strahlen, für die es sogar Primärstandards für einige Materialien gibt. Der Zusammenhang zwischen Energiedosis und biologischen Wirkungen ist allerdings nicht eindeutig und hängt ab unter anderem von der Art und Energie der Strahlen. Diesem, mit dem Begriff Strahlenqualität umschriebene Phänomen, wird in der Praxis durch Verwendung von Wichtungsfaktoren für die Energiedosis Rechnung getragen. Im Strahlenschutz werden, basierend auf experimentellen Ergebnissen von Untersuchungen zur relativen biologischen Wirksamkeit (RBW), Qualitätsfaktoren, Q, und Strahlenwichtungsfaktoren, wR verwendet. Da die für die Festlegung von Grenzwerten und für die Optimierung gesetzlich vorgeschriebene Strahlenschutzgröße Effektive Dosis nicht messbar ist, werden für die externe Strahlung operationelle Größen benutzt.

Der Vortrag geht auf den konzeptionellen und geschichtlichen Hintergrund dieses Konzepts ein und diskutiert die von ICRU und ICRP vorgeschlagenen neuen Definitionen für die operationellen Messgrößen einschließlich der möglichen Auswirkungen auf die praktische Strahlenschutzdosimetrie.

Recommendations on long-term thyroid health monitoring after nuclear accidents

Joachim Schüz, Kayo Togawa

International Agency for Research on Cancer (IARC), Frankreich

IARC convened a multidisciplinary Expert Group to develop recommendations on long-term strategies for thyroid health monitoring after a nuclear accident based on the current scientific evidence and experiences from previous nuclear accidents. After reviewing the scientific evidence, the Expert Group made the following two recommendations:

Recommendation-1: The Expert Group recommends against population thyroid screening after a nuclear accident (The Expert Group defines "population thyroid screening" as actively recruiting all residents of a defined area, irrespective of any individual thyroid dose assessment).

Recommendation-2: The Expert Group recommends that consideration be given to offering a long-term thyroid monitoring programme for higher-risk individuals after a nuclear accident (The Expert Group defines a "thyroid monitoring programme" as including education to improve health literacy, registration of participants, centralized data collection from thyroid examinations, and clinical management. Thyroid monitoring programme is an elective activity offered to higher-risk individuals, defined herein as those exposed in utero or during childhood or adolescence with a thyroid dose of 100–500 mGy or more, who may choose how and whether to undergo thyroid examinations and follow-ups in an effort to benefit from early detection and treatment of less advanced disease).

These recommendations were developed in the context of more general considerations on preparedness and response to nuclear accidents, including having in place a health monitoring programme (including cancer registration), having an active and timely dosimetry monitoring programme, having a thyroid blocking programme in place as well as a dynamic risk communication programme before a nuclear accident (full report at <http://tmnuc.iarc.fr>).

Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Röntgendiagnostik und der Interventiellen Radiologie

Dosis und Dosisoptimierung bei der CT

Wucherer Michael

Klinikum Nürnberg, Standort Nord, Deutschland

Die zivilisatorische Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland wird zu ca.70 % durch ein Untersuchungsverfahren in der Medizin verursacht – der Computertomographie.

Dies liegt primär an der Indikationsstellung, die unvermindert von Jahr zu Jahr in Deutschland ansteigt, auch wenn von Firmen und Experten darauf hingewiesen wird, dass die CT-Untersuchungen stetig weniger Dosis bedürfen. Dies kann auch durch die Veröffentlichungen der diagnostischen Referenzwerte des Bundesamtes für Strahlenschutz in den letzten 15 Jahren belegt werden.

Bildqualität und erforderliche Dosis standen in der Vergangenheit in definierten Abhängigkeiten. Aktuell bietet neben den iterativen Rekonstruktionsverfahren auch die Nutzung der künstlichen Intelligenz die Möglichkeiten Bildrauschen zu reduzieren ohne den Informationsgehalt der Schnittbilder zu reduzieren. Es ist aber ein schwieriger Weg der Optimierung von Diagnosequalität und Strahlenexposition. Die Evaluierung von neuen Rekonstruktionsverfahren erfordert noch umfangreichen Forschungsbedarf. In der praktischen Routine ist ab diesem Jahr für die Optimierung der CT-Anlagen auch in Deutschland zwingend ein Medizinphysik-Experte gefordert. Zusammen mit den Radiologen und MTRAS soll der Medizinphysik-Experte für radiologische Bildgebung die Dosisreduktion bei der CT, gegebenenfalls unter Nutzung von Dosismanagementsystemen, nachweisbar voranbringen. Studien diesbezüglich laufen schon.

Entwicklung einer Monte Carlo Simulationssoftware zur Bestimmung der räumlich aufgelösten Strahlendeposition in der Computertomographie

Steuwe Andrea^{1,2}, Skornitzke Stephan², Veloza Stella², Kauczor Hans-Ulrich², Stiller Wolfram²

¹Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, ²Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie (DIR), Universitätsklinikum Heidelberg

Monte Carlo (MC) Methoden bieten die genaueste Möglichkeit, die Strahlenbelastung von Computertomographie (CT)-Untersuchungen räumlich aufgelöst zu bestimmen, ohne Patienten oder Personal mit Röntgenstrahlung zu exponieren. Dosisabschätzungen mittels heute in der diagnostischen Radiologie gebräuchlichen Dosismanagementsystemen basieren häufig auf durch MC-Simulationen erstellten Datensätzen, die für unterschiedlich stark vereinfachte Modelle der Patienten, CT-Protokollparameter und CT-Scannereigenschaften erstellt wurden. Digitalisierte reale Patienten und der Einfluss einer Kontrastmittelgabe auf die Energiedeposition im Körper können jedoch oft nicht implementiert werden.

Ziel war daher die Entwicklung einer MC Simulationssoftware zur Bestimmung der räumlich aufgelösten Energiedeposition bei CT-Untersuchungen, die neben einer flexiblen Implementation von Scanparametern und realen, digitalisierten Patientenphantomen auch eine ausführliche Datenanalyse bereithält, die über die der kommerziellen Programme hinausreicht. Für die Entwicklung des MC Modells von CT Scannern und digitalisierten Phantomen wurde das Open-Source Toolkit Geant4 genutzt und bezüglich der gewünschten Analyseoptionen (Tracking einzelner Photonen, Erstellung von Expositionsarten) angepasst.

Die entwickelte Software erlaubt es, CT-Untersuchungen retrospektiv für unterschiedliche Scanparameter zu simulieren. Unter anderem ermöglicht sie die Analyse der räumlich aufgelösten Energiedeposition in digitalisierten Patientenphantomen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Röntgenspektren, Aufnahmemodi (Step-and-Shoot Modus, Spiralmodus, Röhrenstrommodulation) und unter Berücksichtigung von Kontrastmittelgabe. Insbesondere die Energiedeposition bei Materialübergängen zwischen kontrastierten und nicht-kontrastierten Geweben und der nicht unwesentliche Anstieg der absorbierten Energie in Organen durch Kontrastmittelgabe (Anstieg des photoelektrischen Effekts) können mit der Software untersucht werden.

Durch die Flexibilität der entwickelten Software bezüglich der Inputparameter und Analyseoptionen bietet sie die Möglichkeit, ein tieferes Verständnis für die Patientenexposition bei CT-Untersuchungen zu entwickeln und neue Entwicklungen in der CT detailliert zu untersuchen und voranzubringen.

Häufigkeit von CT-Untersuchungen bei der Appendicitisdiagnostik in Österreich

Pärtan Gerald¹, Wachabauer David², Röthlin Florian²

¹Donauspital, Wien; ²Gesundheit Österreich GmbH, Wien, Österreich

Die Zahl der CT-Untersuchungen hat sich in Österreich zwischen 2001 und 2015 mehr als verdoppelt, offenbar aufgrund größerer Auslastung bei mittlerweile konstanter Zahl an CT-Geräten (in öffentlichen Krankenanstalten: 2009: 141, 2016: 142 CT-Geräte österreichweit). Ein Faktor könnte u.a. die Ausweitung der Teleradiologie sein, da durch Ausdünnung der vor Ort vorhandenen ärztlichen Kapazitäten die CT dem (üblicherweise ärztlichem Personal vorbehaltenen) Ultraschall bevorzugt wird.

Forschungsfragen:

- Sind unter den gegebenen Entwicklungen konkrete Veränderungen der Diagnostik bei wichtigen akuten Krankheitsbildern feststellbar?
- Modellfall: Appendicitis bzw. deren präoperative Diagnostik.
- Datengrundlage: DLD - Diagnosen und Leistungsdokumentation der österreichischen Krankenanstalten 2009-2016 (Quelle: BMASGK). Entlassungsdiagnosen, OP-Leistungsdaten sowie radiologische Leistungsdaten liegen österreichweit vor („Fonds-Krankenanstalten“ = öffentliche bzw. mit Öffentlichkeitsrecht versehene Krankenhäuser).
- Ultraschalluntersuchungen (Sonographie) leider nicht erfasst, Rückschlüsse auf die Sonographie-Frequenz lediglich indirekt über die CT-Frequenz möglich.
- Hypothese: Je mehr RadiologInnen in einer KA verfügbar, desto seltener wird CT durchgeführt, implizit, weil mehr Expertise vor Ort für aussagekräftige US-Untersuchungen zur Verfügung steht.
- Ändert sich die Wahrscheinlichkeit, dass bei Kindern im Rahmen eines Appendektomie-Aufenthalts auch ein CT durchgeführt wird mit der Anzahl der in der Krankenanstalt vorgehaltenen Vollzeitäquivalente (VZÄ) von FachärztInnen für Radiologie?

Ergebnisse:

- Appendektomie insgesamt eher rückläufig
- CT-Diagnostik (Durchschnitt aller Altersgruppen) zwischen 2009 und 2016 von 12 auf 16% gestiegen.
- Dieser Anstieg findet aber nur bei Erwachsenen statt. Bei Kindern < 14a gleichbleibend selten mit 1%; >= 40 J: 40%
- Nicht signifikante Tendenz, dass zwischen 2009 und 2016 umso weniger CT durchgeführt wurden, je mehr Radiologische VZÄ vorhanden waren. Dieser Zusammenhang verstärkt sich bei älteren PatientInnen.

Pädiatrische Computertomographie und Krebsrisiken: Design, Herausforderungen und erste Ergebnisse von laufenden Kohortenstudien in Europa

Blettner Maria

Universitätsmedizin Mainz, Deutschland

Die Computertomographie (CT) ist ein wichtiges und sich schnell entwickelndes Diagnosewerkzeug in der Medizin. Mehrere modellbasierte Schätzungen, die auf Daten von Atombombenüberlebenden beruhten, verursachten Bedenken hinsichtlich möglicher Krebsrisiken nach pädiatrischen CT-Untersuchungen. Daraufhin wurden ab 2007 epidemiologische Studien geplant, welche untersuchen sollten, ob eine niedrige bis mittlere Strahlendosis von CTs Krebs verursachen kann. Ab 2012 wurden erste Ergebnisse aus Studien von Großbritannien, Australien und Taiwan publiziert, welche erhöhte Risiken für Leukämie und ZNS-Tumore berichteten. Während diese Studien für mehrere methodische Beschränkungen kritisiert wurden, versuchen Analysen aus Frankreich, Deutschland und Großbritannien, diese Kritiken zu berücksichtigen. Hierbei wurde vor allem auf „reverse-causation“, die CT wurde durch frühe Anzeichen eines viel später diagnostizierten Krebs verursacht, und "confounding by indication", Krebserkrankung wurde möglicherweise durch eine andere Krankheit verursacht, eingegangen. Eine weitere Limitation der Studien ist eine unzureichende Schätzung der Organdosis exponierter Personen. Alle Studien unternehmen momentan große Anstrengungen zur Überwindung der ungenauen Dosimetrie. Internationale Pooling-Studien werden durchgeführt (EPI-CT, internationales CT-Pooling-Projekt). Laufende internationale Studien werden dazu beitragen, eine bessere Risikoabschätzung zu erhalten, wenn länderspezifische Aspekte berücksichtigt werden können. Weitere Studien benötigen eine genauere Dosimetrie und Messfehler müssen berücksichtigt werden. Es sollen die neuesten Ergebnisse, Einschränkungen und Stärken der laufenden europäischen Kohortenstudien und der gepoolten europäischen Kohortenstudie vorgestellt.

Messungen an Laser-Materialbearbeitungsmaschinen

Behrens Rolf, Pullner Björn, Reginatto Marcel

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Deutschland

Einleitung

Bei der Laser-Materialbearbeitung von Werkstücken kann unerwünschte Röntgenstrahlung entstehen. Deren Dosisleistung und spektrale Verteilung wurde jetzt erstmals genau bestimmt.

Ergebnisse

Die emittierte Röntgenstrahlung wurde mit einem auf Thermolumineszenzdetektion (TLD) basierendem Spektrometer vermessen. Die Eindringtiefe der Strahlung im Spektrometer hängt von der Energie ab, sodass sich aus den Dosiswerten in den TLD Ebenen mittels mathematischer Verfahren (Bayes'scher Entfaltung) das energieaufgelöste Spektrum der Strahlung berechnen lässt. Es ergab sich eine Dosisleistung in Abhängigkeit vom bearbeiteten Material und dessen Beschaffenheit in der Größenordnung von 1600 mSv/h bis 7300 mSv/h in der Strahlenschutzmessgröße $\dot{H}^*(0,07)$, 16 mSv/h bis 71 mSv/h in der Messgröße $\dot{H}^*(3)$ und 1 mSv/h bis 4 mSv/h in der Messgröße $\dot{H}^*(10)$, jeweils bezogen auf die Material-Bearbeitungszeit. Durch derart hohe Dosisleistungen würden Grenzwerte für beruflich strahlenexponierte Personen innerhalb weniger Minuten bis einer Stunde (für die lokale Hautdosis, abgeschätzt durch $\dot{H}^*(0,07)$, und die Augenlinsendosis, abgeschätzt durch $\dot{H}^*(3)$) bzw. innerhalb einiger Stunden (für die effektive Dosis des gesamten Körpers, abgeschätzt durch $\dot{H}^*(10)$) überschritten. Die spektrale Verteilung lag im Bereich von wenigen keV bis ca. 20 keV. Diese erstmals rückgeführten Messungen lieferten nicht nur Herstellern und Anwendern von Ultrakurzpulslasern wichtige Informationen zur Gestaltung der Maschinen bezüglich des Strahlenschutzes, sondern gingen bereits in das aktuell laufende Gesetzgebungsverfahren im Bereich des Strahlenschutzes ein.

Literatur: [1] R. Behrens, B. Pullner, M. Reginatto: *X-ray emission from materials processing lasers*. Radiat. Prot. Dosim. (2018) <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy126>

[2] R. Behrens, M. Reginatto: *Bayesian spectrum deconvolution including uncertainties and model selection: application to X-ray emission data using WinBUGS*. Radiat. Prot. Dosim. (2019) <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy286>

Verbesserter Strahlenschutz bei kardiovaskulären Interventionen durch Simulationstraining

Voelker Wolfram¹, Augustin Anne-Marie², Fluck Friederika², Petri Nils¹, Kickuth Ralph²

¹Medizin. Klinik und Poliklinik I, Universitätsklinikum Würzburg; ²Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Würzburg

In Deutschland nimmt die Anzahl der Krankenhäuser, die endovaskuläre Leistungen erbringen, seit Jahren zu. Im Jahr 2017 wurden über 1 Million Kathetereingriffe am Herzen und an den peripheren Gefäßen durchgeführt. Um die Patientensicherheit bei diesen Prozeduren zu gewährleisten, gibt es mittlerweile „Virtual Reality“ (VR)-Simulatoren, die in Analogie zur Simulation in der Luftfahrt arbeiten und ein virtuelles Katheter-Training erlauben. Wie im Katheterlabor bedient hierbei der Auszubildende die simulierten Endgeräte (Bedienkonsole, Fußpedal, Hahnenbank) und steuert Führungsdraht, Katheter, Ballon und Stent in einem virtuellen Fluoroskopie- und Cine-Mode.

Eines der VR-Systeme (VIST^R, Mentice, Schweden) weist als zusätzliches Trainings-Feature ein „Strahlenschutzmodul“ auf. Beruhend auf einem empirisch erhobenen Strahlenmodell werden hierbei auf Basis der Anatomie des simulierten Patienten, der Position des C-Bogens und der Untersucherseitigen Einstellungen das Dosis-Flächen-Produkt (Kerma Air Product) sowie die maximale Hautdosis (Peak Skin Dose) kontinuierlich berechnet. Mit Hilfe dieses Moduls lernt der Auszubildende die verschiedenen Einzelmaßnahmen für einen optimierten Strahlenschutz anzuwenden: Fokussierung des Bildes durch Verwendung horizontaler, vertikaler und semitransparenter Blenden, Vermeidung von Hochdosis-Einstellungen bei der Fluoroskopie, patientennahe Positionierung des Bildverstärkers, Vermeidung extrem angulierter Projektionen, Reduzierung der Durchleuchtungs- und Cine-Zeiten, möglichst niedrige Puls- bzw. Bildrate, Verwendung der „Last-image-hold“-Funktion und möglichst sparsamer Einsatz des Zoom-Modus.

Der VIST^R-Simulator mit integriertem Strahlenschutzmodul wird seit mehr als 5 Jahren zum Training interventioneller Prozeduren am Interdisziplinären Trainings- und Simulationszentrum (INTUS) an der Universitätsklinik Würzburg eingesetzt. Im Rahmen der Kurse für angehende interventionelle Radiologen und Kardiologen konnte gezeigt werden, dass mit Simulationstraining essentielle dosisreduzierende Maßnahmen und damit ein interventionelles Arbeiten nach dem ALARA-Prinzip vermittelt werden können.

Abstracts Sitzung: Personendosimetrie und berufliche Strahlenexposition in der Medizin, insbesondere die Betrachtung der Augenlinse

Dosimetrie der Augenlinse

Behrens Rolf

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Deutschland

Einleitung

Durch die Herabsetzung des Grenzwertes der Augenlinse auf 20 mSv/a für beruflich Exponierte gewinnt die Dosimetrie in dem Bereich an Gewicht. Fragen zu den Dosismessgrößen, der Kalibrierung von Dosimetern, deren Eigenschaften und Verfügbarkeit werden national und international diskutiert.

Ergebnisse

Die Messgrößen $H_p(3)$ und $H'(3)$ dienen zur Abschätzung der Augenlinsen-Äquivalentdosis [1]. Zur Charakterisierung von Dosimetern für $H_p(3)$ ist das Wasser-Zylinderphantom zu verwenden während Kalibrierungen (bei 0° Strahleneinfallswinkel) ersatzweise auch auf einem Wasser-Quaderphantom erfolgen können [2]. Dosimeter für $H'(3)$ werden stets frei in Luft bestrahlt. Sowohl ein von der PTB national durchgeführter als auch ein von EURADOS international durchgeführter Messvergleich wurden ausgerichtet, um die Eignung von unterschiedlichen Dosimeterbauarten zu ermitteln [3,4]. Bei beiden Messvergleichen hat sich gezeigt, dass die meisten Bauarten zur Messung von Photonenstrahlung geeignet sind während nur sehr wenige Bauarten zur Messung von Betastrahlung eingesetzt werden können: Hier treten sowohl Unter- als auch Überschätzungen um mehrere Größenordnungen auf.

Literatur

- [1] DIN 6814-3:2016-08: *Begriffe in der radiologischen Technik - Teil 3: Dosimetrie.*
- [2] R. Behrens, O. Hupe: *Influence of the phantom shape (slab, cylinder, or alderson) on the performance of an $H_p(3)$ eye dosimeter*; Radiat. Prot. Dosim. 168, 441 (2016)
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncv366>
- [3] R. Behrens, O. Hupe, J. Engelhardt, J. Denk, K. Günther, M. Jordan, J. Strohmaier: *Intercomparison of eye lens dosimeters*; Radiat. Prot. Dosim. 174, 6 (2017)
<https://doi.org/10.1093/rpd/ncw051>
- [4] I. Clairand, R. Behrens, M. Brodecki, E. Carinou, J. Domienik, M. Ginjaume, O. Hupe, M. Roig: *EURADOS 2016 intercomparison exercise of eye lens dosimeters*; Radiat. Prot. Dosim. 182, 317 (2018) <https://doi.org/10.1093/rpd/ncy067>

Überwachung der Augenlinsendosis in der Praxis

Figel Markus, Hödlmoser Herbert

Helmholtz Zentrum München Deutschland

Mit Inkrafttreten des neuen StrlSchG und der StrlSchV Ende 2018 wurde ein neuer Grenzwert von 20 mSv/a für die Organdosis der Augenlinse eingeführt. Damit wird die Überwachung der Augenlinsendosis für viele Anwendungsbereiche ionisierender Strahlung insbesondere in der Medizin notwendig. Die Personendosismessstellen bieten zwar unterschiedliche Messsysteme für diesen Messzweck an, in der Praxis ist die Überwachung jedoch mit vielen Problemen verbunden.

Die meisten dieser Systeme, wie Stirnbanddosimeter sind sehr umständlich zu handhaben und benutzerunfreundlich. In der Praxis können durch den falschen Messort und/oder eine fehlerhafte Anwendung für Photonenstrahlung Messfehler bis zu einem Faktor 5 und mehr entstehen, die für Betastrahlung noch größer sein können. Der Jahresgrenzwert kann in solchen Fällen sehr schnell

überschritten werden. Hier ist eine intensive Schulung des Personals und der Strahlenschutzbeauftragten in den Kliniken notwendig um überhaupt aussagekräftige Messwerte zu erhalten, oder um im Expositionsfall die Messwerte richtig interpretieren zu können.

Die Auswertungsstelle im Helmholtz Zentrum München hat deshalb mit Kooperationspartner aus der Industrie, speziell für die Überwachung der Augenlinsendosis, ein einfach zu handhabendes Dosimeter der Messgröße Hp(3) entwickelt. Dieses kann mit Hilfe eines speziellen Adaptersystems in eine neu entwickelte Strahlenschutzbrille integriert werden. Neben einer optimalen Messposition an der Schläfe des Nutzers zur bestmöglichen Abschätzung der Augenlinsendosis, wird durch diese Brille-Dosimeter-Kombination auch ein bestmöglicher Strahlenschutz garantiert. Das Dosimeter mittels zusätzlichen Haltern auch als Stirnbanddosimeter benutzt oder in vorhandene Strahlenschutzmittel, wie Brillen oder Visiere, integriert werden. Die dosimetrischen Eigenschaften des Dosimeters wurden, unter verschiedensten Einflussparametern charakterisiert. Alle deutschen Personendosismessstellen werden dieses Dosimeter für die Überwachung der Augenlinsendosis anbieten.

Strahlenrisiko für die Augenlinse - strahlenbiologische und epidemiologische Erkenntnisse

Müller Wolfgang-Ulrich

Universitätsklinikum Essen, Deutschland

Die Augenlinse ist zwar zum größten Teil amorph, aber auf der dem Licht zugewandten Seite liegt das Linsenepithel, das aus lebenden, zum Teil auch aus sich teilenden Zellen besteht. Vor allem die sich teilenden Zellen sind sehr strahlenempfindlich. Nach einer Strahlenexposition kommt es zunächst zu einer Abnahme der Teilungsaktivität, dann zu einer überschießenden Aktivität unter Bildung zahlreicher abnormer Zellen. Letztlich führt dies zur Akkumulation untypischer, teilweise sogar kernhaltiger Faserzellen.

In der Vergangenheit ging man davon aus, dass die Linsentrübung des Auges (Katarakt, grauer Star) ein typischer deterministischer Effekt ist mit einer Schwellendosis nach chronischer Exposition von 5 bis 6 Gy. Daran orientierte sich der alte Grenzwert von 150 mSv im Jahr. Da die Latenzzeit mit abnehmender Dosis zunimmt, wurden in der Vergangenheit die meisten epidemiologischen Studien nach zu kurzer Zeit beendet. Unter anderem Daten aus Hiroshima und Nagasaki, von Tschernobyl-Liquidatoren und Patienten nach Bestrahlung führten zu der Erkenntnis, dass vielfach kein Schwellenwert nachgewiesen werden konnte, unterhalb dessen eine Schädigung der Augenlinse mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Zurzeit ist unklar, ob die Linsentrübung des Auges zu den stochastischen oder deterministischen Strahlenschäden gehört oder sich in dieses System gar nicht einordnen lässt. ICRP geht von einer nominellen Schwellendosis von 500 mSv aus und begründet darüber den neuen Grenzwert von 20 mSv im Jahr. Es stellt sich die Frage, ob durch diesen Grenzwert die Augenlinse nicht unverhältnismäßig stark im Vergleich zum Tumorrisiko geschützt wird.

Der neue Grenzwert für die Augenlinse aus Sicht des interventionell tätigen Radiologen – Anspruch und Wirklichkeit

Kröpil Patric,

BG Klinikum Duisburg GmbH, Deutschland

Der neue Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis für die Augenlinse beträgt 20 mSv in einem einzelnen Jahr oder 100 mSv im 5-Jahres-Zeitraum. Diese Vorgabe stellt vor allem für interventionelle Radiologen und interventionell tätige Kollegen anderer Fachrichtungen eine große Herausforderung in der klinischen Praxis dar. Dieser ist durch konsequenten apparativen und personenbezogenen

Strahlenschutz zu begegnen, um auch bei aufwendigen und zahlreichen Eingriffen Überschreitungen zu vermeiden und damit die Gefahr strahleninduzierter Schädigungen zu minimieren. Wichtig ist neben gezielten Unterweisungen und Training die erweiterte persönliche Schutzausrüstung, insbesondere das konsequente Tragen einer Strahlenschutzbrille in der Angiographie, dem Herzkatheterlabor und dem Hybrid-OP. Fragen zur Messung der Augenlinsendosis werden aktuell intensiv diskutiert.

Der Anspruch eines größtmöglichen Schutzes der Augenlinse und die Wirklichkeit der täglichen klinischen Praxis klaffen jedoch vielerorts noch weit auseinander, sowohl im Bewusstsein der Anwender als auch in der verfügbaren Ausstattung der Kliniken. Stetige Information und Beharrlichkeit sind nötig, um diesen Herausforderungen in Zukunft zu begegnen.

Abschätzung der Strahlenexposition der Augenlinse in der Nuklearmedizin

Szermerski Bastian, Wanke Carsten, Geworski Lilli,
Medizinische Hochschule Hannover, Deutschland

Seit dem 31.12.2018 wurde gemäß § 78 StrlSchG der Grenzwert für die Organdosis der Augenlinse für beruflich strahlenexponierte Personen von 150 mSv auf 20 mSv im Kalenderjahr gesenkt. Mit der Herabsetzung geht die Frage einher, welche Strahlenexposition der Augenlinse beim Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Nuklearmedizin zu erwarten ist und ob das Risiko der Grenzwertüberschreitung besteht.

Dieser Beitrag zeigt Dosisabschätzungen, die auf Basis von Modellannahmen für verschiedene Tätigkeiten, Berufsgruppen und Einrichtungen durchgeführt wurden. Die Abschätzung der Exposition erfolgt durch Punktquellennäherung, wobei Dosisleistungskonstanten für verschiedene Nuklide in der Größe Hp(3) berechnet wurden. Für die Ermittlung von Expositionen wurden Annahmen für die gehandhabte Aktivität, die Handhabungsdauer, die verwendeten Abschirmungen und den Abstand zur Quelle getroffen.

Die Ergebnisse zeigen, dass für nuklearmedizinisches Personal die mögliche Exposition je nach Tätigkeitsschwerpunkten im Bereich von einigen Millisievert im Kalenderjahr liegen kann. Eine Überschreitung des Grenzwertes von 20 mSv ist jedoch nicht zu erwarten, wenn bereits vorhandene Schutzmittel wie z. B. Spritzenabschirmungen verwendet werden.

Abstracts Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 1

Das neue Strahlenschutzrecht – Regelungen und Folgen für Medizin

Keller Birgit
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU), Deutschland

Mit dem Inkrafttreten des neuen Strahlenschutzrechts zum 31. Dezember 2018 haben sich auch einige Regelungen in Bezug auf die Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe am Menschen geändert. Der Vortrag gibt einen Überblick über die wesentlichen Neuerungen der rechtlichen Regelungen für die Medizin. Hierzu zählen u. a. die Hinzuziehung des Medizinphysik-Experten bei Untersuchungen mit hohen Dosen, das Meldesystem bedeutsamer Vorkommnisse in der Medizin und die Zulässigkeit von Früherkennungsuntersuchungen. Des Weiteren wird dargestellt, welche Schritte für die Umsetzung dieser Regelungen bereits eingeleitet wurden und was für die Praxis noch zu erwarten ist.

Das neue Strahlenschutzrecht - Regelungen und Folgen für die Medizin in Österreich

Ditto Manfred

Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz, Österreich

Die Richtlinie 2013/59/Euratom zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung ist seit Anfang 2014 in Kraft. Die Vorgaben dieser EU-Richtlinie waren von den Mitgliedstaaten bis 6. Februar 2018 in nationales Recht umzusetzen. In dem Vortrag wird auf die Umsetzung dieser Richtlinie in österreichisches Recht und die dabei aufgetretenen Herausforderungen eingegangen. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den Bereich der medizinischen Expositionen gelegt.

Swiss legislation on radiation protection: What is new concerning medical exposures and clinical audits?

Marxer Carine Galli, Ott B., Trueb Ph. R., Baechler S.

Eidgenössische Departement des Inneren (EDI), Strahlenschutz, Schweiz

Innovations in radiation protection led to new challenges that triggered the revision of the Swiss legislation on radiation protection. It was adapted according to the new international standards - namely the ICRP 103 recommendation as well as the IAEA and Euratom basic safety standards. The aim was to introduce a risk-based approach covering all exposure situations involving ionizing radiation and to reflect the current state of science and technology.

For medical exposures, the justification has been reinforced on various aspects. Beside the implementation of the three levels of justification according to ICRP 103, the new legislation sets the justification framework for health screenings programs, clinical trials involving ionizing radiation and medical exposure of pregnant women. In addition, the legal basis for future clinical audits has been defined.

Concerning optimisation, the scope of involvement of medical physicists has been extended beyond radiotherapy. A comprehensive quality assurance program must now cover the complete radiology chain – from the radiation source to the diagnostic findings monitor- and image quality is considered as being an inherent part of the optimisation process. Moreover, continuous education is mandatory for all medical and healthcare professionals involved in the use of ionizing radiation. Finally, the obligation of notification of accidental and unintended medical exposures has been enlarged beyond radiation therapy.

The implementation of clinical audits is nowadays one of the main topics in medical radiation protection in Switzerland. They will become mandatory in 2020 in radiology, radiotherapy, nuclear medicine and for fluoroscopy-guided interventional diagnostic and therapeutic procedures. For this purpose, an organisation consisting of the main stakeholders has been founded. Its steering committee already defined the main emphasis for the first cycle of audits as well as the audit plans in radiology (CT), in radio-oncology (entire patient path) as well as in nuclear medicine (PET/CT). Cardiology and radiotherapeutic dermatology represent future fields that will also be audited.

Because all affected medical services have to create a dedicated quality manual until the end of the year, specific recommendations have been defined by the different expert commissions and have been published under www.clinicalaudits.ch. In addition, medical experts are being trained as auditors taking into account the different national languages.

Abstracts Sitzung: Aktuelle Regelungen und Empfehlungen im Strahlenschutz in Deutschland, Österreich und in der Schweiz Teil 2

Quo vadis ICRP? – Fragen der Strahlenschutzphilosophen

Michel Rolf¹, Lorenz Bernd², Völkle Hansruedi³

¹Leibniz Universität Hannover, Deutschland; ²Lorenz Consulting, Deutschland; ³Universität von Fribourg, Schweiz

Die Autoren dieses Beitrages haben als die Strahlenschutzphilosophen des FS in einem Positionspapier ausgehend von der Geschichte des Strahlenschutzes (Download unter www.fs-ev.org) 24 Empfehlungen für die Zukunft des Strahlenschutzes ausgesprochen, die bis auf die Bereiche Medizin und Endlagerung praktisch alle Aspekte des Strahlenschutzes abdecken. Die Geschichte des Strahlenschutzes wurde und wird wesentlich durch Empfehlungen der ICRP geprägt. In den letzten Jahren wurde allerdings vermehrt Unmut über die aktuelle Entwicklung des Strahlenschutzes geäußert, dabei auch über einige neuere Empfehlungen der ICRP. Ein besonderes Problem für die Kommunikation mit der Bevölkerung stellt die mangelnde Begründung von Grenz- und Referenzwerten dar. Am Beispiel der ICRP Empfehlungen zum Schutz der Umwelt, zu Radon, zu Katarakten der Augenlinse und zu neuen Dosisgrößen wird dieser Unmut hier diskutiert und Vorschläge für die zukünftige Entwicklung gemacht. Nach Auffassung der Autoren sollte die ICRP folgende Grundsätze beherzigen: Kontinuität ist im Strahlenschutz ein hohes Gut. Allfällige Neuerungen sollten immer den Strahlenschutz verbessern. Bei der Erarbeitung neuer Empfehlungen sollten die Konsequenzen – sowohl für den praktischen Strahlenschutz als auch für die Kommunikation mit der Bevölkerung – berücksichtigt werden, denn nicht alles, was wissenschaftlich wünschenswert ist, ist relevant oder nützlich für die Praxis des Strahlenschutzes. Letztlich sollte jede neue Empfehlung "more good than harm" bewirken.

Vollzug des neuen Systems zur Meldung eines bedeutsamen Vorkommnisses

Trautmansheimer Markus, Sikora Stefan

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz, Deutschland

Mit In-Kraft-Treten des neuen Strahlenschutzgesetzes und der neuen Strahlenschutzverordnung am 31.12.2018 wurde ein neues System zur Meldung eines „bedeutsamen Vorkommnisses“ eingeführt. Die bisher bestehende Pflicht der Betreiber und der zuständigen Behörden der Länder zur Meldung eines „besonderen Vorkommnisses“ wird damit abgelöst. Mit dem neuen System werden die Meldungen auf den medizinischen Bereich ausgeweitet und diese Daten in einer neu einzurichtenden Zentralen Stelle beim Bundesamt für Strahlenschutz erfasst. Dazu hat der Strahlenschutzverantwortliche eigenverantwortlich ein System zur systematischen Erfassung und Bewertung aller Vorkommnisse in seinem Verantwortungsbereich einzurichten und jedes bedeutsame Vorkommnis unverzüglich an die zuständige Behörde der Länder zu melden. Die Meldungen von Ereignissen aus kerntechnischen Anlagen im Rahmen der Atomrechtlichen Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung bleiben davon unberührt und sind von der Pflicht zur Meldung nach dem System der „bedeutsamen Vorkommnisse“ ausgenommen. Erste Erfahrungen mit dem neuen Meldesystem werden präsentiert.

Empfehlungen betreffend Dosisangaben in radiologischen und nuklearmedizinischen Befunden in Österreich

Gruber Michael, Pärtan Gerald

Verband für Medizinischen Strahlenschutz in Österreich (VMSÖ), Österreich

Die Neufassung der Medizinischen Strahlenschutzverordnung, die mit 6. Februar 2018 in Kraft getreten ist, sieht im § 14 (3) vor, dass in Österreich „Angaben zur Patientendosis Teil des radiologischen Befundes sein müssen“. Der Verband für Medizinischen Strahlenschutz (VMSÖ) hat sich gemeinsam mit der Österreichischen Röntgengesellschaft (ÖRG), der Bundesfachgruppe Radiologie (BURA), der Österreichischen Gesellschaft für Medizinische Physik (ÖGMP) und der Österreichischen Gesellschaft für Nuklearmedizin und Molekulare Bildgebung (ÖGNMB) dieses Themas angenommen und diesbezügliche Empfehlungen verfasst, die mit dem Bundesministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Konsumentenschutz (BMSGK) akkordiert wurden. Die in diesen Empfehlungen angegebenen Dosisangaben sind Dosiswerte, die aus den allermeisten Geräten leicht auslesbar sind und die entsprechenden Einheiten sind die international üblichen Einheiten, die auch für die Angabe von Referenzdosiswerten verwendet werden. Die empfohlenen Dosisangaben halten sich auch weitgehend an die im ELGA (Elektronische Gesundheitsakte) -Implementierungseinführung angegebenen Dosisangaben. Die geforderte Angabe der Dosiswerte in österreichweit einheitlicher Form erleichtert zudem den Landes-Strahlenschutzbehörden die Überprüfung der Befunde hinsichtlich der Dosisangaben. Eine Angabe der effektiven Dosis im radiologischen Befund ist derzeit aus verschiedenen Gründen nicht gefordert.

Diebstahlschutz und Sicherung für sonstige radioaktive Stoffe

Kalauka, Silvio

TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Deutschland

Terrorismus ist heutzutage medial allgegenwärtig. Aber auch die Bedrohungslage in Europa hat sich real verändert und zielt nicht zuletzt darauf ab, das Vertrauen der Menschen in die öffentliche Sicherheit zu erschüttern. Gerade vor diesem Hintergrund besitzt der Schutz radioaktiver Stoffe, der bisher oft nur rudimentär ausgeprägt ist, eine besondere Bedeutung. Unter Berücksichtigung internationaler Regelungen wurde in Deutschland unter Leitung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit ein Regelwerk für den Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) geschaffen, um ein anforderungsgerechtes Sicherungsregime beim Umgang mit und bei der Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen sicherzustellen. Das Regelwerk wird voraussichtlich 2019 oder spätestens 2020 in Kraft treten.

Die Basis für die festzulegenden Sicherungsmaßnahmen bildet eine nationale Bedrohungsanalyse sowie die Festlegung sogenannter „Lastannahmen“, die mögliche Tatszenarien, Täterprofile und Tat-/Hilfsmittel vorgeben. Aufbauend hierauf werden dann in der „SEWD-Richtlinie sonstige radioaktive Stoffe“ der Weg zur Festlegung eines durch den Genehmigungsantragsteller bzw. den Genehmigungsinhaber zu erarbeitenden und umzusetzenden Sicherungskonzepts und die durch dieses Konzept zu erfüllenden Anforderungen beschrieben.

Herausfordernd ist hierbei die konkurrierenden Ziele eines ungestörten Betriebsablaufs und einer ausreichenden Sicherung der radioaktiven Stoffe gemäß den Vorgaben des Regelwerks in geeigneter Weise zusammenzubringen.

Im Vortrag werden, ausgehend von einer Darstellung der Systematik des Regelwerks, die grundlegenden Bausteine eines Sicherungskonzepts erklärt und an Beispielen erläutert. Die Zuhörer sollen hierdurch ein Grundverständnis für die Vorgehensweise bei der Sicherung radioaktiver Stoffe erlangen und in die Lage versetzt werden, sich dieses Thema auch im Zusammenhang ihres spezifischen Umfeldes zu erschließen.

Abstracts Sitzung: natürliche Radioaktivität

Regelungen und Maßnahmen zum Schutz vor Radon in Deutschland

Klein Benjamin

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Deutschland

Im Zuge der Umsetzung der europäischen Richtlinie 2013/59/Euratom wurden in Deutschland das Strahlenschutzgesetz und die neue Strahlenschutzverordnung erarbeitet, die am 31. Dezember 2018 vollständig in Kraft getreten sind. Mit dem neuen Strahlenschutzrecht wird - neben einer umfassenden Überarbeitung und Erweiterung der bisherigen Regelungen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen - erstmals auch der Schutz der Bevölkerung vor Radon in Aufenthaltsräumen geregelt.

Fortan gilt für die Radonaktivitätskonzentration in der Luft von Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen jeweils ein Referenzwert von 300 Becquerel pro Kubikmeter im Jahresmittel. Das neue Strahlenschutzrecht regelt darüber hinaus unter anderem die Ausweisung von Gebieten, für die erwartet wird, dass in einer beträchtlichen Zahl von Gebäuden der Referenzwert überschritten wird (sogenannten Radonvorsorgegebieten), die Pflicht zur Umsetzung baulicher Maßnahmen zum Schutz vor Radon bei Neubauten, Maßnahmen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen, Informationspflichten für Bund und Länder und die Erstellung eines Radonmaßnahmenplans.

Der durch das Bundesumweltministerium unter Beteiligung der Länder erarbeitete Radonmaßnahmenplan erläutert die Maßnahmen nach dem Strahlenschutzgesetz zum Schutz vor Radon und enthält Ziele für die Bewältigung der langfristigen Risiken der Exposition gegenüber Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen in Innenräumen. Er beschreibt dabei das beabsichtigte Vorgehen von Bund und Ländern und dient zur Information über die Strategie zur Verringerung der Radonexposition in Deutschland. Der Radonmaßnahmenplan umfasst unter anderem die Themenbereiche Öffentlichkeitsarbeit, Erhebung des Radonvorkommens in Deutschland, Maßnahmen für bestehende Gebäude und Neubauten mit Aufenthaltsräumen, Radon an Arbeitsplätzen und Forschung zu Radon. Der Radonmaßnahmenplan soll mindestens alle zehn Jahre aktualisiert werden.

Ein Überblick über die rechtlichen Regelungen sowie insbesondere die Inhalte des Radonmaßnahmenplans soll präsentiert werden.

Experimente zur Beurteilung der Radonsituation großer Gebäude

Grimm Volker, Dzukam Willy Marius, Niba Ngwa Alain, Spruck Kaija, Breckow Joachim

Technische Hochschule Mittelhessen, Deutschland

Das neue Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) befasst sich erstmalig auf Gesetzesebene mit Maßnahmen zum Schutz vor Radon an Arbeitsplätzen und in öffentlichen Gebäuden. Viele Arbeitsplätze befinden sich in großen Gebäuden. Für diese existiert aber noch kein Messprotokoll, das es ermöglicht, die Radonsituation eines Gebäudes belastbar und mit vertretbarem Aufwand zu beurteilen.

Hauptaspekt der vorliegenden Experimente zur Erarbeitung eines Messprotokolls sind möglichst umfassende Messungen zur Radonkonzentration und seiner möglichen Einflussgrößen mit dem Ziel, Daten und Erfahrungen über die Quellen und Ausbreitungsbewegungen des Radons in großen Gebäuden zu sammeln. Hierfür wurde in zwei Gebäuden sehr ähnlicher Bauart die mittlere Radonkonzentration mittels einiger hundert Kernspurexposimeter ermittelt; gemessen wurde über einen Zeitraum von drei Monaten während der Heizperiode bzw. über ein komplettes Jahr. Darüber hinaus

wurde in einem der Gebäude während der Wintermonate an über 20 Messpunkten gleichzeitig der Verlauf der Luftwerte für Radon- und CO₂-Konzentration gemessen.

Die gewonnenen Daten wurden zusammengeführt und auf Varianzen und Abhängigkeiten untersucht. Darüber hinaus wurde geprüft, wie stark die Messungen ausgedünnt und verkürzt werden können, ohne an relevanter Belastbarkeit durch Repräsentativität und Reproduzierbarkeit zu verlieren.

Die Ergebnisse dieser exemplarischen Untersuchungen zeigten, dass Messkonzepte, die ausschließlich oder schwerpunktmäßig die erdberührenden Räume eines Gebäudes betrachten, zu einer Unterschätzung der Radonsituation eines großen Gebäudes führen können. Tatsächlich wurden im vorliegenden Fall die höchsten gemittelten Radonkonzentrationswerte in den obersten Stockwerken der Gebäude ermittelt. Die Kombination dieser Ergebnisse mit denen zur Luftbewegung innerhalb des Gebäudes deutet auf Baustoffe als hauptsächliche Radonquelle. Zur Erstellung eines Messprotokolls sind die vorliegenden Ergebnisse mit denen weiterer Untersuchungen zusammenzuführen.

Radonschutz in Wohnungen durch radonaktivitätskonzentrationsgesteuerte Lüfter

Dehnert Jörg¹, Altendorf Diana², Trabitzsch Ralf², Alisch-Mark Mandy³, Schönherr Bernd⁴, Freytag Kay⁵, Geisenhainer Ralph⁵, Grünewald Hannes⁵, Oeser Veikko⁶, Weiß Holger²
¹Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Deutschland; ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ; ³Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft; ⁴Bergsicherung Schneeberg GmbH & Co. KG; ⁵inVENTer GmbH; ⁶Sarad GmbH

Mit dem neuen Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) wurde am 31. Dezember 2018 erstmals ein Referenzwert von 300 Bq/m³ für die über das Jahr gemittelte Radonaktivitätskonzentration in Gebäuden mit Aufenthaltsräumen und Arbeitsplätzen festgelegt. Zahlreiche Verpflichtete müssen in den kommenden Jahren die Radonaktivitätskonzentration in ihren Gebäuden messen. Es ist zu erwarten, dass deutschlandweit in einer großen Zahl von Gebäuden der Referenzwert überschritten wird und Strahlenschutzmaßnahmen notwendig werden.

Das Lüften von Gebäuden kann eine einfache, effiziente und kostengünstige Radonschutzmaßnahme sein. In der Regel sind jedoch die Radonaktivitätskonzentrationen in Gebäuden und die Wirkung des Lüftens wegen fehlender Messtechnik nicht bekannt. Außerdem ist häufiges Lüften mit Energieverlusten verbunden.

Um das Lüften als Radonschutzmaßnahme für bestehende Gebäude verfügbar zu machen, soll es im Rahmen eines Verbundvorhabens automatisiert werden. Dazu wurde ein Radonmessgerät entwickelt, was über eine einstellbare Schaltschwelle verfügt und über ein drahtloses ZigBee-Netzwerk Lüfter schalten kann.

In einem leergezogenen Wohnblock wurden in 13 Wohnungen und im Keller dreiwöchige Radonmessungen durchgeführt. Dabei wurden ausgeprägte von der Außentemperatur abhängige Verläufe der Radonaktivitätskonzentrationen mit Maximalwerten von 14.000 Bq/m³ gefunden.

Eine Wohnung wurde für Lüftungsversuche ausgewählt. In zwei gegenüberliegende Außenwände wurden je zwei Lüfter mit Wärmetauscher eingebaut. Die Leistung der Lüfter ist steuerbar. Es werden energieeffiziente Querlüftungen mit unterschiedlichen Differenzdrücken zwischen Wohnung und Freiluft durchgeführt und die Wirkung auf die Radonaktivitätskonzentration untersucht. Differenzdruck, Temperatur und Radonaktivitätskonzentration werden gemessen. Das Strömungsverhalten der Luft in der Wohnung wird modelliert. Das Einschalten der Lüfter erfolgt automatisiert durch die Radonaktivitätskonzentration über das drahtlose ZigBee-Netzwerk.

Im Vortrag werden erste Ergebnisse vorgestellt.

Umsetzung des StrlSchG: Messkampagne Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft in Hessen

Kerker Steffen¹, Kuske Till¹, Breckow Joachim¹, Lehne Rouwen², Laupenmühlen Tatjana², Jedmowski Lena²

¹Technische Hochschule Mittelhessen, Deutschland; ²Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Im Rahmen der Anforderungen des neuen Strahlenschutzgesetzes sind die einzelnen Bundesländer verpflichtet Radonvorsorgegebiete auszuweisen. Die Radonstrategie des hessischen Umweltministeriums sieht vor die Radonpotentialkarte Hessens zu aktualisieren und mit einer höheren Messortdichte zu belegen um die prädiktive Aussagekraft zu erhöhen. Die Technische Hochschule Mittelhessen führt, seit 2018, für das hessische Umweltministerium, die landesweite Messkampagne zur Erhebung der Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft, durch. Erfasst werden Radonaktivitätskonzentration sowie Daten zur Permeabilität des Bodens. Zur Optimierung der Anzahl und Auswahl der einzelnen Messorte werden Betrachtungen der geologischen Großräume und Strukturräume zugrunde gelegt, um alle Landkreise repräsentativ zu beschreiben. Aus technischer Sicht wird eine weitere Optimierung und Integration des Messsystems angestrebt um Fehlerquellen zu minimieren und die Messzeiten bei Bodenluftmessungen weiter zu verkürzen. Das Konzept, Erfahrungen und erste Ergebnisse werden präsentiert.

Biologische und gesundheitliche Effekte durch Radonexposition

Fournier Claudia

GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, Deutschland

Die für die mittlere Radon-Exposition der Bevölkerung in Mitteleuropa abgeschätzten Dosiswerte liegen in der gleichen Größenordnung wie die Abschätzung für Radon-Exposition als Heilmittel. Die Behandlung von chronisch-entzündlichen und degenerativen Erkrankungen beruht vor allem auf Erfahrung. Radon-Patienten stellen eine ideale Kohorte dar, um die mechanistischen Grundlagen der klinisch beobachteten entzündungshemmenden und gleichzeitig auch potentiell Genom-schädigenden Wirkung von Radon aufzuklären.

Im Rahmen der Arbeiten des GREWIS-Konsortiums wurden, begleitend zu klinischen Untersuchungen, Blutproben von Radon-Patienten über 30 Wochen nach Therapiebeginn biomedizinisch und zytogenetisch untersucht. Eine Radonkammer wurde eigens konstruiert um präklinische Mausmodelle, humane Gewebe sowie Gewebe-Äquivalente unter Heilstollen-Bedingungen zu exponieren und entzündliche und immunologische Veränderungen und DNA-Schadensinduktion untersuchen zu können. Mechanistische Studien werden in primären Zellen nach Bestrahlung mit α -Teilchen und anderen dicht-ionisierende Strahlungsarten durchgeführt. Röntgenbestrahlung und klinische Ergebnisse aus einer laufenden Patientenstudie zu Niedrigdosis-Photonentherapie dienen als Referenz.

Die Ergebnisse aus der Radon-Patientenstudie weisen auf eine verbesserte Funktionalität der Gelenke nach der Therapie hin, die auf den ebenfalls nachgewiesenen osteoimmunologischen Veränderungen beruhen könnte. Außerdem wird zurzeit untersucht, ob die von uns beobachtete Akkumulation von Radon im Fettgewebe eine wichtige Rolle spielt. Ein weiteres Element der therapeutischen Wirkung, aber auch der möglichen Gefährdung durch Radonexposition ist die im Vergleich zu anderen Organen deutlich ausgeprägtere DNA-Schädigung der Zellen des Lungengewebes von Radon-exponierten Mäusen. (Finanziert durch BMBF 02NUK050).

Epidemiologische Studien zu Radon

Heinzl Felix

Bundesamt für Strahlenschutz, Deutschland

Zusammenfassung

Epidemiologische Studien zu Radon in Wohnungen und bei Uranbergarbeitern haben klar gezeigt, dass Radon und seine Folgeprodukte das Risiko für Lungenkrebs erhöhen. Weniger klar ist, ob Radon andere Erkrankungen als Lungenkrebs verursachen kann.

Material & Methoden

Zwei Studientypen lassen sich im Wesentlichen unterscheiden: Kohortenstudien bei Uranbergarbeitern und Fall-Kontroll-Studien zu Lungenkrebs durch Radon in Wohnungen. Bei beiden Studientypen wurden jeweils mehrere Studien gepoolt, um ihre Aussagekraft zu erhöhen. Die individuelle Exposition durch Radon und seine Folgeprodukte wurde in Bergarbeiterstudien als kumulierte berufliche Exposition über den gesamten Beschäftigungszeitraum und in Studien zu Radon in Innenräumen als gewichteter Langzeit-Mittelwert der gemessenen Radonkonzentration in den Wohnungen der Studienteilnehmer erfasst. In letzteren Studien wurden zudem detaillierte individuelle Daten zum Rauchen erhoben und die Risikoschätzer dafür adjustiert. Anhand von komplexen statistischen Modellen wurde jeweils das zusätzliche relative Risiko durch Radon geschätzt (Excess Relative Risk, ERR).

Ergebnisse

Bergarbeiter-Studien ergaben einheitlich einen signifikanten linearen Anstieg des Lungenkrebsrisikos mit zunehmender Gesamtradonexposition. Dieses Risiko sinkt mit Zunahme von Zeit seit Exposition, Alter bei Exposition und Expositionsrate. Gepoolte Studien zu Radon in Innenräumen ergaben konsistent einen signifikanten linearen Expositions-Wirkungs-Zusammenhang ohne Hinweis auf einen Schwellenwert. Die Lungenkrebsrisiken durch Radon und Rauchen verstärken sich wechselseitig. Von daher ergibt sich für Raucher und Ex-Raucher im Vergleich zu lebenslangen Nichtraucherern ein besonders hohes Lungenkrebsrisiko durch Radon. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde geschätzt, dass in Deutschland pro Jahr etwa 1900 Todesfälle durch Lungenkrebs auf Radon zurückzuführen sind.

Abstracts Sitzung: Arbeitsmedizin und Strahlenschutz

Arbeitsmedizinische Handlungsoptionen bei Strahlenexposition im Niedrigdosisbereich – ein Update

Eder Stefan, Rump Alexis, Port Matthias

Bundeswehr, Deutschland

Gemäß der Richtlinie zur arbeitsmedizinische Vorsorge beruflich strahlenexponierter Personen gehört zu den Aufgaben ermächtigter Ärzte neben der Durchführung von Vorsorgeuntersuchungen und der Beratung bzw. Beurteilung beruflich strahlenexponierter Personen auch das Vorschlagen von Maßnahmen zur Prävention und Abwehr gesundheitlicher Beeinträchtigungen bei erhöhter Exposition gegenüber ionisierender Strahlung.

Bei beruflich bedingten Strahlenunfällen liegen die empfangenen individuellen Strahlendosen bei der weit überwiegenden Anzahl der Fälle deutlich unterhalb der Schwelle zur Auslösung akuter Strahlenschäden. Anhand aktueller Fallbeispiele, z.B. im Zusammenhang mit erhöhten atmosphärischen Messwerten für Ruthenium-106 im Herbst 2017, werden die gegenwärtig verfügbaren diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen zur Detektion, Beurteilung und ggfs. Minimierung stochastischer Strahlenschäden aufgezeigt und aktuelle Entwicklungen der radiobiologischen und medizinischen Forschung vorgestellt.

Kein routinemäßiges Arbeitsmedizinisches Medical Screening mehr bei beruflich strahlenexponierten Personen in der Schweiz

Stadmüller Klaus Ernst

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt Suva, Schweiz

Medical Screening ist in Form von "**Vorsorgeuntersuchungen**" ein etabliertes arbeitsmedizinisches Vorgehen in der Prävention beruflich bedingter Erkrankungen. In der Schweiz hat die **Schweizerische Unfallversicherung Suva** den gesetzlichen Auftrag festzulegen, welche Arbeitnehmende in solche Untersuchungen eingeschlossen werden. Sie bestimmt den Untersuchungsumfang und legt den Prozess fest. Bis Mitte 2016 wurde in diesem Rahmen die Mehrzahl der berufliche strahlenexponierte Arbeitnehmende periodisch medizinisch untersucht mit dem Ziel der Vorbeugung beruflich strahlenbedingter Erkrankungen.

Regelmäßige Kritik von Betroffenen insbesondere aus dem Gesundheitswesen und eigene grundsätzliche Überlegungen sowie eine Analyse der Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen führten dazu, dass die Abteilung Arbeitsmedizin der Suva beschloss, medizinische Untersuchungen strahlenexponierter Arbeitnehmer als Routinemassnahme ab Mitte 2016 einzustellen.

Der Vortrag erläutert diesen Entscheid aus arbeitsmedizinischer Perspektive und unter Einbezug des regulatorischen Strahlenschutzes in der Schweiz

Das außergewöhnliche Ereignis von Strij 1985: Ein Zeitzeuge berichtet über einen Fall schwerer Strahlenschäden

Lorenz Bernd

Lorenz Consulting, Deutschland

Beim Bau der Erdgastrasse in der Ukraine, die in Verantwortung und mit Personal der DDR erfolgte, wurden u.a. Schweißnahtprüfungen mittels Gammadiagnostik durchgeführt. Hierzu wurde eine Ir-192-Strahlenquelle von 2,8 TBq eingesetzt. Zwei 13-jährige ukrainische Kinder gelangten in den Besitz der unabgeschirmten Quelle. Obwohl sie diese nach kurzer Zeit wieder wegwarfen, erlitten sie schwere Strahlenschäden. Die Dosis und die Strahlenschäden werden im Detail dargestellt und es wird eine Prognose über den weiteren Verlauf nach damaliger Kenntnis gegeben. Als Mitarbeiter des SAAS habe ich selbst vor Ort Ermittlungen über den Ablauf des Ereignisses angestellt. In der Folgezeit mussten sich die vor Ort tätigen Radiografieprüfer in einem Gerichtsverfahren in Rostock verantworten, zu dem ich als Gutachter hinzugezogen wurde. Sie wurden wegen fahrlässiger Körperverletzung verurteilt. Das Ereignis war einzigartig und wahrscheinlich eines mit den schwerwiegendsten Folgen. Es führte auch zu einer Intensivierung der Ausbildung von Radiografieprüfern. Über das weitere Schicksal der beiden Jungen ist mir nichts bekannt. 1986 war die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl, die alles überdeckte.

Einfluss von Betriebsärzten auf Risikowahrnehmung und Schutzverhalten von Beschäftigten mit solarer UV-Exposition in Schwimmbädern

Franke Gabriele

BGETEM, Deutschland

Aufsichtskräfte in Schwimmbädern mit einer langjährigen beruflichen solaren UV-Exposition haben ein erhöhtes Risiko, an Weißem Hautkrebs zu erkranken (BK 5103).

Eine arbeitsmedizinische Pflicht- oder Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten mit solarer Exposition ist nach der Verordnung für arbeitsmedizinische Vorsorge (ArbMedVV) derzeit nicht vorgesehen. Beschäftigte

haben die Möglichkeit, eine Wunschvorsorge nach ArbMedVV §5a in Anspruch zu nehmen oder an einem Haut-Check (Krankenkassen) teilzunehmen.

Im Rahmen einer Befragung in Schwimmbädern wurden Risikowahrnehmung und Schutzverhalten der Beschäftigten mit Badeaufsicht im Freien bewertet. Auf die Frage, wer im Betrieb das Thema Schutz vor Schutz vor Sonnenstrahlung angesprochen habe, berichteten 9 Prozent der Beschäftigten von einer Intervention des Betriebsarztes. 34 Prozent aller Befragten hatten schon einmal an einem Haut-Check teilgenommen. Die arbeitsmedizinische Wunschvorsorge wurde bislang nicht in Anspruch genommen.

Beschäftigte, die schon einmal an einem Hautcheck teilgenommen hatten, wiesen eine signifikant bessere Risikowahrnehmung auf. Die Gruppe der Beschäftigten, bei denen ein Betriebsarzt das Thema Schutz vor Sonnenstrahlung angesprochen hatte, bewertete die Schutzmaßnahmen des Arbeitgebers positiver als die übrigen Beschäftigten. Sie wiesen darüber hinaus tendenziell eine verbesserte Risikowahrnehmung, besseres Wissen zum Thema UV-Strahlung und besseres Schutzverhalten auf.

Für die Bewertung der Ergebnisse muss in Betracht gezogen werden, dass Beschäftigte mit einer positiven Einstellung zur Prävention möglicherweise häufiger bereit sind, einen Arzt aufzusuchen und an kostenlosen Angeboten wie Haut-Check oder Wunschvorsorge teilzunehmen.

Abstracts Sitzung: Aktuelles aus der Strahlenbiologie

Individuelle Strahlenempfindlichkeit und prädiktive Tests

Wojcik Andrzej

Universität Stockholm, Schweden

Die Idee, dass individuelle Strahlenempfindlichkeit genetisch bedingt ist beruht auf der Kenntnis genetischer Krankheiten wie AT und NBS. Homozygoten dieser seltenen, monogenetischen Krankheiten haben ein stark herabgesetztes Vermögen strahleninduzierte DNA Schäden zu reparieren. Die individuelle Strahlenempfindlichkeit der meisten Menschen ist jedoch polygenetisch bedingt. Ein polygenetischer Phänotyp beruht auf der Zusammenwirkung von mehreren Risikoallelen mit der Umwelt, wobei jedes Allel eine geringe Penetranz hat. Auch zufällige oder epigenetisch bedingte, molekulare Variationen in der Genexpression können das Erscheinungsbild beeinflussen. Mit Hinblick auf die Strahlenreaktion kommt noch hinzu, dass strahleninduzierte Schäden im zufällig verteilt sind. In vitro Experimente mit Zelllinien zeigen, dass eine bestimmte Strahlendosis immer einen gewissen Anteil der Zellen inaktiviert. Welche Zellen überleben und welche absterben lässt aber sich im Voraus nicht bestimmen – es ist ein stochastischer Effekt, der mit einer individuellen Strahlenempfindlichkeit der Zellen Nichts zu tun hat.

Es wäre wünschenswert die individuelle Reaktion eines Menschen vor eine Strahlenexposition bestimmen zu können. Es wird daher seit langen nach prädiktiven Tests gesucht, die es erlauben würden Menschen mit einer hohen individuellen Strahlenempfindlichkeit zu identifizieren. Ein Teil der Tests ist phänotypischer Natur, wo die ex vivo Reaktion von Zellen aus dem Normalgewebe gemessen wird. Dieser Ansatz beruht auf der Annahme, dass die in vitro Strahlenempfindlichkeit mit der in vivo Empfindlichkeit korreliert. Andere Tests beruhen auf der Bestimmung von Einzelnukleotid-Polymorphismen wobei man hofft Allele zu finden, deren Variation für die Strahlenempfindlichkeit verantwortlich sind. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen, dass es keinen Test gibt, welcher die individuelle Reaktion auf Strahlung verlässlich voraussagen kann.

Vorhersage des klinischen Outcomes mittels strahlenabhängiger früher Genexpressionsänderungen an 1.000 Blutproben innerhalb von 30 Stunden

Ostheim Patrick¹, Port Matthias¹, Majewski Matthäus¹, Voss Thorsten², Lamkowski Andreas¹, Abend Michael¹

¹Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, München, Deutschland; ²QIAGEN GmbH, Hilden, Deutschland

Bei radiologischen und nuklearen Szenarien bedarf es einer Früh- und Hochdurchsatzdiagnostik um zwischen nicht, gering und stark strahlenexponierten Personen mit dem später auftretenden hämatologischen akuten Strahlensyndrom (HARS) unterscheiden zu können. In dieser Studie wird die Genexpressionsanalyse als Hochdurchsatz-Diagnostikum verwendet, um eine Aussage über die H-Kategorie (H0-4) entsprechend des Schweregrades des HARS anstelle einer Dosisabschätzung sowie über die Notwendigkeit einer Hospitalisierung machen zu können.

Es wurden EDTA-Blutproben von zwei Spendern in vitro bei 0, 0.5 sowie 5 Gy röntgenbestrahlt und anschließend bei 37°C für 24h inkubiert um die Genexpressionssignatur entsprechend den H-Kategorien H0, H1 und H2-4 zu stimulieren. Nach Stabilisierung mittels PAXgene Blood-RNA-Chemie wurden in zehn unabhängigen Experimenten 1000 Proben generiert und verblindet. Änderungen der Genexpression wurden für die Gene FDXR, DDB2, POU2AF1 und WNT3 mittels qRT-PCR untersucht. Targeted Next-Generation Sequencing wurde für alle Proben für dieselben Gene durchgeführt. Alle 1000 Proben wurde innerhalb von 30 Stunden verarbeitet, einschließlich der RNA-Isolation mittels sieben parallel arbeitender QIAsymphony Robotern, targeted NGS mit drei MiSeq Systemen sowie anschließender Datenanalyse.

Die Vorhersage der H-Kategorien sowie die Identifizierung der Individuen, welche hospitalisiert werden müssen, konnte mit einer Übereinstimmung von 90-97% erreicht werden. Abhängig vom klinischen Endpunkt zeigte entweder die Kombination aller genannten Gene oder FDXR allein die höchste Vorhersagegenauigkeit.

Es konnte gezeigt werden dass die Anwendung eines kleinen Gensets anstelle einer komplexen Gensignatur ausreichend hohe positive (97%) und negative (97%) prädiktive Werte für die Fragestellung der Hospitalisierung bringt. Da die H-Kategorien mit der Bestrahlung korrelieren wird in unserer Studie die Anwendbarkeit der Genexpressionsanalyse als Hochdurchsatz-Biodosimetrierverfahren verdeutlicht.

Untersuchungen von humanen Blutzellen auf Veränderungen der Mikro-RNA-Regulationen nach 900 MHz HF-EMF Exposition

Lamkowski Andreas¹, Kreitlow Matthias², Willenbockel Martin², Radunz Jörg², Stiemer Marcus³, Majewski Matthäus¹, Port Matthias¹, Ostheim Patrick¹, Abend Michael¹

¹Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, Deutschland; ²Wehrwissenschaftliches Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz; ³Professur für Theoretische Elektrotechnik und Numerische Feldberechnung der Helmut Schmidt Universität Hamburg

Grundlage:

Aus der weltweit zunehmenden Verwendung mobiler Kommunikationstechnologien resultiert eine Erhöhung der mittleren HF-EMF-Immissionen für die Weltbevölkerung. Die Exposition von biologischem Gewebe gegenüber HF-EMF führt zur belegten Übertragung von Wärmeenergie, welche die Basis der gesetzlichen Grenzwertdefinitionen ist.

Das Institut für Radiobiologie der Bundeswehr überprüft in Kooperation mit dem Wehrwissenschaftlichen Institut für Schutztechnologien - ABC-Schutz in Munster und der Professur für

Theoretische Elektrotechnik der Helmut Schmidt Universität Hamburg, ob den bekannten thermischen Effekten auf biologische Organismen durch HF-EMF auch nicht-thermischen Wirkungen überlagert sind.

Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen dabei Messungen auf der zellulären Genexpressionsebene.

Ziele:

Die vorliegende Studie untersucht im Besonderen zelluläre Reaktionsmuster von Mikro-RNAs in menschlichen Blutzellen nach HF-EMF-Kurzzeitexpositionen bei 900 MHz.

Material und Methoden:

Die gespendeten humanen Blutzellen von 5 Individuen werden im Rahmen des von uns etablierten ex vivo in vitro Modells in 4 Expositionsgruppen aufgeteilt und jeweils für 0, 30, 60 und 90 Minuten gegenüber 900 MHz HF-EMF in einer GTEM-Zelle exponiert. Durch 6 weitere zeitlich-korrespondierende Expositionsgruppen werden thermische Effekte sowie Zellkultur-bedingte Adjustierungen in der Genexpression experimentell erfasst und statistisch kontrolliert.

Ergebnisse:

Vorläufige Daten zeigten nach Bonferroni-Korrektur insgesamt 9 signifikante und differenziell-exprimierte Mikro-RNAs in humanen Blutzellen nach 30 sowie 60 minütiger Befeldung.

Der erwartete Anstieg der Genexpressionsänderung mit erhöhter Exposition konnte indes basierend auf den Genexpressions-Durchschnittswerten der 5 Donoren nicht gezeigt werden. Wurden hingegen die Individuen einzeln auf Dosis-zu-Genexpressionsänderungen untersucht, dann konnte diese in 2 Donoren gefunden werden. Zurzeit werden die gleichen Untersuchungen erneut an denselben Probanden durchgeführt. Die Ergebnisse der Validierungsstudie werden im Vortrag dargestellt.

Cellular in vitro immune function after selective internal radiotherapy

Barsegian Vahé¹, Domouchtsidou Aglaia², Beckmann Ferdinand², Müller Stefan P.³, Best Jan⁴, Horn Peter A.², Bockisch Andreas³, Lindemann Monika²

¹Institute of Nuclear Medicine, Helios Kliniken, Schwerin; ²Institute for Transfusion Medicine, University Hospital, Essen; ³Department of Nuclear Medicine, University Hospital, Essen,

⁴Department of Gastroenterology, Hepatology and Infectious Diseases, Otto-von-Guericke-University, Magdeburg

Therapeutic radiopharmaceuticals are gaining wider clinical implementation in cancer therapy, providing targeted treatment modalities. Selective internal radiotherapy (SIRT) with the beta-emitter yttrium-90 is one such modality, which offers an alternative in patients with non-resectable hepatic malignancies. It was our aim to assess the cellular in vitro immune function after SIRT and to correlate it with markers of DNA double strand breaks (DSB). Finally, we assessed how the application of antibodies targeting immune-checkpoint receptors (PD-1/PD-L1) affected immune function in SIRT patients. To address this question, PBMC of 30 patients with non-resectable hepatic malignancies were stimulated prior to therapy, one hour and one week after therapy with four recall antigens (tuberculin, tetanus toxoid, *Candida albicans* and CMV) and their proliferation was determined by H3-thymidine uptake. The sum score of responses towards the four recall antigens decreased from 12.2 prior to therapy to 8.3 one hour after therapy and 3.8 one week after therapy ($p < 0.0001$ each). Furthermore, proliferative responses inversely correlated with markers of DSB, gammaH2AX and 53BP1 foci, one hour after therapy ($n=10$, $r < -0.65$, $p < 0.05$). Preliminary data indicate that decreased immune function after SIRT could not be significantly increased by PD-1/PD-L1 antibodies. Thus, unrepaired DNA DSBs or cell cycle arrest due to repair may cause this impaired in vitro immune function. However, the clinical significance of our findings needs to be addressed in a larger cohort of patients, applying systematic surveillance protocols.

Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Radioonkologie

Secondary neutron dose and aperture activation in proton therapy

Bäumer Christian¹, Hoste Adrià Casanovas², Gerhard Marcel³, Kern Ajvar¹, Kröninger Kevin³, Linker Carolin³, Nitsch Christian³, Tarifeño-Saldivia Ariel², Timmermann Beate¹, Walbersloh Jörg⁴, Wulff Jörg¹

¹Westdeutsches Protonentherapiezentrum Essen, Deutschland; ²Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Institut de Tècniques Energetiques, Barcelona, Spain; ³Technische Universität Dortmund, Deutschland; ⁴Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund, Deutschland

This work summarizes experimental studies of two radiation protection topics at a proton therapy center: the secondary neutron production and the activation of collimating brass apertures.

TLD Albedo-Dosimeters were used to determine $H^*_n(10)$ and $H_{p,n}(10)$ in relation to the absorbed dose D in double scattering mode with a distance of 1.4 m to a phantom. The TL-Detectors were specially developed thin-layer TLD chips manufactured using MT-6 and MT-7 dosimetric powder. The TLD readout was optimized with optical filters and adaptation of the temperature profile. The result was $H^*_n(10)/D = 0.3$ mSv/Gy with a weak dependence on the angle to the beam axis.

Furthermore, $H^*_n(10)$ was studied in pencil beam scanning mode (PBS) by using two lightweight neutron surveys. A non-extended dosimeter measured $H^*_n(10)$ in the energy range up to the evaporation peak ($E_n \gg 10$ MeV). The extended dosimeter, including a lead converter, measured the total $H^*_n(10)$. Thus, the contribution from neutrons with $E_n > 10$ MeV to the total $H^*_n(10)$ can be investigated by combining both measurements.

Collimating apertures are used in passive spreading techniques or in PBS as an option to sharpen the lateral dose fall-off. Proton-induced nuclear reactions lead to the formation of radionuclides. The activation of an aperture sample was characterized with a low-level gamma-ray spectrometer at the Dortmund Low Background Facility at the TU Dortmund University. The short-lived isotopes ^{63}Zn and ^{60}Cu have the highest activity after irradiation. Regarding long-lived isotopes, which determine the storage time, ^{57}Co , ^{65}Zn , ^{54}Mn , and ^{56}Co have the largest contribution to the activity.

Potenzial, Systeme und Herausforderungen der Magnetresonanz-geführten adaptiven Strahlentherapie

Pfaffenberger Asja

Deutsches Krebsforschungszentrum, Deutschland

Hybridgeräte, die Magnetresonanztomographie (MRT) und Strahlentherapie-Geräten vereinen, werden seit 2014 klinisch eingesetzt. Sie ermöglichen eine kontinuierliche qualitativ hochwertige Bildgebung während der Bestrahlung und bergen daher das Potenzial, auf morphologische Veränderungen durch Atembewegung, variable Füllzustände von Hohlorganen, Gewichtsverlust des Patienten oder Tumorveränderungen zu reagieren und so bessere Kompromisse zwischen Tumorabdeckung und Normalgewebsbelastung erzielen zu können.

In diesem Beitrag werden verschiedene Systeme für die Magnetresonanz-geführten Strahlentherapie (MRgRT) vorgestellt, und Aspekte, in denen sich diese Geräte von konventionellen medizinischen Linearbeschleunigern unterscheiden, werden erläutert.

Durch das permanente Magnetfeld von systemabhängig 0.35 T bis 1.5 T, welches senkrecht oder parallel zur Einstrahlrichtung anliegt, werden die im Gewebe entstehenden Sekundärelektronen abgelenkt und die Dosisdeposition ändert sich. Elektronenablenkung durch die Lorentzkraft findet

ebenfalls in Strahlungsdetektoren statt, wenn diese in MRgRT-Geräten zur Dosimetrie eingesetzt werden, und führt in den meisten Detektoren zu einem abweichenden Ansprechen, sodass zusätzliche Korrekturen eingeführt werden müssen.

Mit Hilfe von cine-MRT können zeitaufgelöste zweidimensionale Schichtbilder erzeugt, die Tumorbewegung während der Bestrahlung dargestellt und die Bestrahlung abgebrochen werden, sobald sich der Tumor aus dem Hochdosisbereich bewegt. 4D-MRT liefert zusätzliche volumetrische Informationen, allerdings ist Echtzeit-Rekonstruktion dieser Daten noch Gegenstand von Forschung und Entwicklung.

Da MRT-Daten keine direkten Informationen über Photonenschwächung enthalten, müssen für die Dosisberechnung ferner synthetische CT-artige Daten erzeugt werden. Die ortsgenaue Erfassung von Dosisvorbelastung aus vorangegangenen Fraktionen (Dosisakkumulation) erfordert zudem Kenntnis über die stattgefundene Veränderung, wofür Deformations-Vektorfelder generiert werden müssen.

Sicherheitsrelevante Aspekte der MRgRT beinhalten die Qualitätskontrolle von Bildgebung und Strahlenapplikation, automatisierter Verfahren zur Plananpassung sowie die Umsetzung allgemeiner MRT-Sicherheitsmaßnahmen in einer Strahlentherapieumgebung.

Strahlenschutz für Teilchentherapieanlagen

Fehrenbacher Georg

Universität und Universitätsklinikum Tübingen, Deutschland

Weltweit werden immer mehr Anlagen für die Strahlentherapie mit schweren Ionen errichtet. Die Realisierung von Teilchentherapieanlagen durchläuft verschiedene Phasen, in denen Strahlenschutzrelevante Aspekte berücksichtigt werden müssen. Während der Vorplanung muss ein erstes Konzept inkl. Abschirmdesign insbesondere für Kostenschätzungen entwickelt werden. In späteren Phasen werden detailliertere Berechnungen zum Strahlenschutz durchgeführt, die am Schluss für die Beantragung der Errichtungsgenehmigung bei der Behörde eingereicht werden.

In Teilchentherapieanlagen werden schwere, geladene Teilchen wie Protonen oder Kohlenstoffionen mit sehr hohen Energien verwendet, um geeignete Tiefendosisverteilungen im Patientengewebe zu erzeugen. Die Strahlungsfelder und Energiebereiche der genutzten Strahlen und die der erzeugten Strahlung unterscheiden sich stark von herkömmlichen Therapieanlagen mit Elektronbeschleunigern. Der Strahlenschutz dieser Anlagen muss insbesondere in Bezug auf das Design zur Abschirmung hochenergetischer Strahlung und der hauptsächlich durch Spallationsreaktionen erzeugten Aktivierung der Beschleunigerstrukturen, der Luft und Kühlmedien Rechnung tragen.

Zielsetzung dieses Beitrags ist die Präsentation der strahlenphysikalischen Grundlagen der Therapieeinrichtung wie der Energie der Ionen bzw. der notwendigen magnetischen Steifigkeit der Beschleunigeranlage. Weitere Strahlenschutzrelevante Größen sind die Erzeugung der Neutronenstrahlung an Stellen von Strahlverlusten und Strahleponierungen und deren Energie- und Winkelverteilung. Methoden zur Abschätzung von Abschirmdicken und die Berechnung von Aktivierungen werden gezeigt. Beispiele der angewandten Berechnungsmethoden für konkrete Anlagen-Realisierungen werden erläutert.

Strahlenschutz in der konventionellen Radioonkologie

Frerker Bernd

Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie, Rostock, Deutschland

In der heutigen Zeit haben die Beschäftigten in der Radioonkologie aufgrund des hohen technischen Entwicklungsstandes im Strahlenschutz und in der praktischen Strahlenapplikation keinen nennenswerten beruflichen Kontakt mit ionisierender Strahlung mehr. Im Gegensatz dazu gibt es für Patientenbehandlungen sinnvollerweise keine festgelegten Dosisgrenzwerte. Eine zentrale

Herausforderung an jeden Radioonkologen ist es daher, die konkurrierenden Ziele einer ausreichenden hohen Tumordosis und einer möglichst niedrigen Dosis im umliegenden gesunden Gewebe in Einklang zu bringen. Dies kann durch eine sorgfältige Bestrahlungsplanung und -durchführung erreicht werden. Das grundlegende Prinzip der Aufteilung der Gesamt-Strahlendosis auf viele kleine Einzeldosen (Fraktionierung) dient hierbei der Vermeidung von Nebenwirkungen am gesunden Normalgewebe und somit dem Schutz des Patienten. Moderne Bestrahlungstechniken ermöglichen die Applikation hoher Dosen im Tumor mit steilen Dosisgradienten zum gesunden umliegenden Gewebe. Im Gegensatz zu früheren Bestrahlungstechniken kann hierdurch zum einen eine bessere lokale Tumorkontrolle und eine bessere Schonung von Normalgewebe erreicht werden, zum anderen werden jedoch auch größere Volumina gesunden Gewebes mit niedrigen Dosen belastet. Jedes Organ bzw. jeder Gewebetyp des Menschen besitzt in diesem Zusammenhang eine unterschiedliche Toleranz gegenüber einer strahleninduzierten Reaktion. Im Sinne einer strahlenschutzgerechten Bestrahlungsplanung wurde daher eine biologisch begründete Volumenklassifikation vorgeschlagen, die in dem Beitrag erläutert wird.

Ziel der strahlenschutzgerechten Bestrahlungsplanung ist damit, das größtmögliche Gleichgewicht zwischen der Wahrscheinlichkeit der Tumorkontrolle (TCP) und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von strahleninduzierten Nebenwirkungen (NTCP) herzustellen. Insgesamt bestehen damit im Sinne des Schutzes des Behandelten hohe Qualitätsanforderungen an die moderne Bestrahlungsplanung und -durchführung.

Innovative Tumorthherapie mit (Schwer-)Ionen: weniger Dosis mehr Wirkung

Harrabi Semi

Universitätsklinikum Heidelberg, Deutschland

Die Ionenstrahltherapie ermöglicht es tief im Körper liegende oder extrem widerstandsfähige Tumoren mit maximaler Präzision zu erreichen. Durch ihre besonderen physikalischen Eigenschaften ist es so möglich das umliegende Gewebe deutlich besser zu schonen. Dieser Vorteil ist besonders wichtig bei Tumoren, die unmittelbar an kritische oder sehr strahlensensible Organe heranreichen – wie etwa dem Rückenmark, den Sehnerven oder dem Darm. Die Reduktion der vom gesunden Gewebe absorbierten Dosis durch die Ionenstrahltherapie spielt eine besondere Rolle bei der Behandlung von Tumoren im Kindes- und Jugendalter. Neben den physikalischen Eigenschaften bietet die Behandlung mit Schwerionen zusätzlich einen biologischen Vorteil, da die verursachten Schäden deutlich gravierender sind und die Möglichkeiten der Zellen zur Reparatur überschreiten. So zeigt die Schwerionenbestrahlung auch bei typischerweise als strahlenresistent geltenden Tumoren eine verbesserte Wirkung.

Die Universität Heidelberg hat von 1997 bis 2008 in Darmstadt 440 Patienten mit Kohlenstoffionen bei der Deutschen Gesellschaft für Schwerionen (GSI) behandelt. Der Erfolg dieses Pilotprojektes führte schließlich zur Gründung des Heidelberger Ionenstrahltherapiezentrum (HIT). Seit der Inbetriebnahme des HIT im Jahr 2009 wurden mehr als 5000 Patienten mit Kohlenstoffionen und Protonen behandelt. Seitdem wurden neunzehn klinische Studien gestartet.

Abstracts Sitzung: Strahlenschutz in der Nuklearmedizin

Strahlenschutzaspekte bei der PET/CT

Rausch Ivo¹, Bockisch Andreas²-Beyer Thomas¹

¹QIMP Team, CMPBME, Med Uni Wien, A-1090 Wien; ²Klinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinik Essen, Deutschland; Bayerisches Landesamt für Umwelt, Deutschland

Die Positronen Emissions Tomographie (PET) hat sich über ca. 5 Jahrzehnte von einer exklusiven Forschungsmethode zu einem fest in der klinischen Routine verankerten Diagnostikum entwickelt. Dabei dürfte die PET/CT, die feste Kombination des PET mit einem Computertomographen (CT), die im Jahr 2002 erstmals in die klinische Anwendung kam, eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Die bei der PET eingesetzten Positronenstrahler sind zwar in der Regel kurzlebig, werden aber relativ hoch dosiert und müssen daher und wegen der Positronenstrahlung bezüglich der Strahlenexposition genauer betrachtet werden. In Folge der erheblichen Verbesserungen der Geräte (inkl. Software) liegt die Strahlenexposition für den Patienten im Bereich üblicher nuklearmedizinischer Verfahren und kann mit Variationen für die einzelnen Tracer mit typisch 5 mSv angesetzt werden. Allerdings führt der Erfolg der PET/CT zu hohen Untersuchungsfrequenzen, die durchaus 20 Untersuchungen am Tag in einer Einrichtung überschreiten können. Dabei muß die Strahlenexposition der Mitarbeiter bei der Vorbereitung der Applikation und der Applikation selbst aber auch bei dem Kontakt mit den Patienten betrachtet und minimiert werden.

Für die Patienten ist die Kombination zweier miteinander verbundener Untersuchungsmethoden, die beide zu Strahlenexposition führen, von Relevanz. Hier gilt es durch entsprechende optimierte Untersuchungsstrategien die CT Komponente optimal einzusetzen, um CT-Doppeluntersuchungen zu vermeiden.

Die oben genannten Aspekte werden konkret und quantitativ vorgestellt und Konzepte zur Dosisminimierung aufgezeigt.

Inkorporationsüberwachung des medizinischen Personals beim klinischen Einsatz Lu-177-markierter Radiopharmaka

Wanke Carsten, Szermerski Bastian Geworski, Lilli

Medizinische Hochschule Hannover, Deutschland

zunehmend auch Therapien mit anderen Nukliden stationär durchgeführt. So findet zum Beispiel die Therapie von Prostatakarzinomen oder neuroendokrinen Tumoren mit Hilfe des Isotops Lu-177 in Deutschland zunehmend Einzug in die Routine. Auf der Therapiestation der Klinik für Nuklearmedizin der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) betrug der Anteil der Behandlungen mit Lu-177-markierten Radiopharmaka im Jahr 2018 an der Gesamtzahl der Applikationen ca. 30 %, wobei das Patientenkollektiv im Gegensatz zum Kollektiv der Patienten mit Schilddrüsenerkrankungen einen höheren Betreuungs- und Pflegebedarf aufweist.

Die Möglichkeit der Exposition gegenüber Lu-177 hat Implikationen für die Inkorporationsüberwachung. Bei möglicher Inkorporation von I-131 ist in der Regel die Überwachung der Aktivität von I-131 in der Schilddrüse, die mit der bei jeder nuklearmedizinischen Therapiestation verfügbaren Ausrüstung durchgeführt werden kann, ausreichend. Dagegen sind für die Überwachung der Inkorporation von Lu-177 Ganzkörpermessungen erforderlich, die nicht in jeder Einrichtung durchgeführt werden können.

Dieser Beitrag zeigt die Anforderungen, die sich an die Inkorporationsüberwachung der betroffenen Mitarbeiter ergeben, und berichtet über die Erfahrungen in der Inkorporationsüberwachung auf I-131 und Lu-177 mit dem Ganzkörperzähler der MHH.

Strahlenexposition des Personals in der Nuklearmedizin

Hänscheid Heribert, Buck Andreas K., Lassmann Michael

Klinikum der Universität Würzburg, Deutschland

Die Strahlenexposition des interdisziplinär arbeitenden Personals einer modernen nuklearmedizinischen Klinik ist heterogen. Die Mehrheit der Mitarbeiter wird als beruflich exponierte Personen durch Messung der äußeren Ganzkörperexposition überwacht. Risikoadaptiert erfolgen zusätzlich Messungen mit Ringdosimetern bei Umgang mit Betastrahlern oder eine Überwachung der inneren Exposition bei Umgang mit Radiojod. In einem regionalen Zentrum wurde retrospektiv ausgewertet, wie hoch die typische Exposition in einzelnen Berufsgruppen ist, ob es zu signifikant erhöhten Expositionen kommt und welche Tätigkeiten mit dem Risiko einer erhöhten Exposition verbunden sind. Die Radiochemie ist die Berufsgruppe in der Nuklearmedizin, bei der die höchsten Dosen nachweisbar sind. Insbesondere beim Betrieb eines Beschleunigers zur Herstellung von Radiopharmaka wurden Dosiswerte erreicht, die eine Einstufung in Kategorie A erforderlich machten. Radiojodinkorporationen über 500 Bq wurden selten und nur bei Radiochemikern nach der Synthese von Therapieaktivitäten beobachtet. Beim Personal der Therapiestation, das bei Jahresdosen durch externe Bestrahlung im Bereich weniger mSv in Kategorie B eingestuft werden kann, kamen größere Jodinkorporationen nicht vor, obwohl jährlich etwa 1000 GBq I-131 verabreicht wurden. In der Diagnostik reicht die Einstufung in Kategorie B ebenfalls aus, wenngleich an einzelnen Arbeitsplätzen, z.B. beim Umgang mit Nukliden für die Positronenemissionstomographie, sehr hohe Dosisleistungen vorhanden sind. Haut- und Fingerdosen bis hin zur Grenzwertüberschreitung sind bei der Handhabung hoher Aktivitäten mit β^+ - oder β^- -Strahlern hoher Energie möglich, wenn die dabei notwendigen Schutzmaßnahmen nicht konsequent eingehalten werden. Nur geringe Expositionen werden durch Umgang mit Aktivitäten zur Qualitätskontrolle, der Abfallbehandlung und Abwasserschutzanlagen für Mitarbeiter der Physik beobachtet.

Patientenentlassung nach nuklearmedizinischen Therapien

Scholl Clemens

Landesinstitut für Arbeitsgestaltung NRW, Deutschland

§122(4) der neuen Strahlenschutzverordnung regelt die Entlassung von Patienten nach der Behandlung mit radioaktiven Stoffen dahingehend, dass hierdurch für Angehörige und Dritte eine effektive Dosis von nicht mehr als 1 Millisievert auftreten kann. In der Praxis stellt sich dabei oft die Frage, wie dies konkret nachgewiesen werden kann. Konkrete, praktisch handhabbare Entlassungskriterien sind in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin bisher nur im Hinblick auf die Radioiodtherapie erlassen worden. Am Beispiel der Therapie mit Lu-177 soll gezeigt werden, wie konkrete Regelungen für andere Therapien aussehen könnten und welche Konsequenzen und Schwierigkeiten sich daraus ergeben.

Überwachungsaktion „Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Nuklearmedizin“

Stehr Rangel Jan

Bezirksregierung Düsseldorf, Deutschland

Im Rahmen einer Zielvereinbarung beauftragte das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen die Arbeitsschutzverwaltung NRW Ende 2017 mit der Durchführung einer landesweiten Überwachungsaktion zum Thema „Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Nuklearmedizin“.

Die Überprüfungen vor Ort fanden in der Zeit von August bis Oktober 2018 statt, dabei wurden landesweit 139 nuklearmedizinische Einrichtungen überprüft. Dies entspricht etwa 60% aller Genehmigungen zum Umgang mit radioaktiven Stoffen zur nuklearmedizinischen Diagnostik in NRW. In dem Vortrag werden

- die Hintergründe aufgezeigt, die zur Entscheidung für die Überwachungsaktion führten,
- die Ziele dargestellt, die vor dem Beginn der eigentlichen Überwachung festgelegt wurden,
- die Durchführung und die dabei benutzten Methoden und Werkzeuge erläutert und
- die Ergebnisse der Überwachungsaktion präsentiert.

Praktische Strahlenschutzaspekte in der Radiochemie/Radiopharmazie

Bockisch Benjamin, Wagner Sally, Happel Christian, Kranert Tilman, Grünwald Frank
Universitätsklinikum Frankfurt, Deutschland

Die Radiochemie im klinischen Alltag weist im Strahlenschutz einige Besonderheiten auf, die sich von der nuklearmedizinischen Routine unterscheiden. Der vorliegende Beitrag soll einen Überblick über ausgewählte praxisrelevante Aspekte des Strahlenschutzes geben.

Im Gegensatz zur klassischen Kitmarkierung unterliegt die Radiochemie deutlich strengeren arzneimittelrechtlichen Vorschriften, was insbesondere zu Konflikten zwischen Strahlenschutz- und Hygienevorschriften führt, z.B. bei der Luftführung und der Reinigung. Auch die Handhabung von Rückstellproben und Sterilitätstests ist problematisch, da viele Proben über der Freigrenze liegen und den Kontrollbereich nicht verlassen dürfen.

Die Strahlenexposition der Radiopharmazie-Beschäftigten weist im Vergleich mit medizinischem Personal deutliche Unterschiede auf. Während der Rumpf leicht durch bauliche Einrichtungen wie Bleiburgen abzuschirmen ist und nur wenig exponiert wird, ist eine Abschirmung der Hände sowie des Kopfes aus praktischen Gründen nur eingeschränkt möglich. Daher kann je nach Tätigkeit hier eine intensivere Überwachung von Teilkörperdosen sinnvoll sein, insbesondere auch in Hinblick auf die geänderten Grenzwerte für die Augenlinsendosis. Eine geeignete Maßnahme zur Minimierung der Strahlenexposition ist vor allem die Automatisierung der Radiopharmakaherstellung, in anderen Teilbereichen wie z.B. der Qualitätskontrolle sind die Möglichkeiten eingeschränkt.

Beim Labelling anfallende Abfälle enthalten oft langlebige Begleitnuklide wie Ge-68 oder Lu-177m. Hier sind sorgfältige Abfalltrennung und –vermeidung notwendig, da die Abfälle teilweise sehr lange Standzeiten bis zur Freigabe haben bzw. häufig kostenintensiv über Dienstleister oder Hersteller entsorgt werden müssen; aktuell sind auch geänderte Grenzwerte zu beachten. Auch die Wahl des Lieferanten kann relevant sein, da je nach Herstellungsprozess einige Begleitnuklide nicht enthalten sind.

Die oben genannten Punkte werden anhand von Beispielen aus der täglichen Praxis diskutiert.

Abstracts Sitzung: Kommunikation mit dem Patienten zum Strahlenrisiko

Juristische Aspekte der Patientenaufklärung über Strahlenrisiken?

Resch Alexandra

Franziskusspital Margareten, Österreich

Nach der Rechtsprechung des Obersten Gerichtshofs ist für den Umfang der ärztlichen Aufklärung entscheidend, dass der Patient alle für seine Entscheidung maßgebenden Kriterien erfährt. Der Zweck der Aufklärungspflicht besteht somit darin, einem Patienten die Tragweite des Eingriffs zu verdeutlichen, um ihm ausreichende Entscheidungsgrundlagen für oder gegen die Behandlung zu geben. Grundsätzlich ist daher über alles aufzuklären, was für die Entscheidung des Patienten erforderlich ist.

Grundlage für eine Haftung des Arztes oder des Krankenhausträgers wegen einer Verletzung der Aufklärungspflicht ist somit in erster Linie das Selbstbestimmungsrecht des Patienten, in dessen körperliche Integrität durch den ärztlichen Eingriff eingegriffen wird.

Um dem Patienten eine freie (selbstbestimmte) Entscheidung zu ermöglichen, ist er über den ärztlichen Befund, die Art, Tragweite, Dringlichkeit, den voraussichtlichen Verlauf und die notwendigen Folgen der geplanten Diagnose- oder Therapiemaßnahme in Kenntnis zu setzen. Die Diagnose- und Verlaufsaufklärung schließt auch eine Erörterung der Folgen mit ein, die im Falle der Nichtbehandlung zu erwarten sind.

Bei Einsatz ionisierender Strahlen ist zudem über ein damit einhergehendes Risiko der Strahlenbelastung zu informieren. Art und Umfang der diesbezüglichen Aufklärung richten sich nach den in der medizinischen Wissenschaft erhobenen Daten..

Wahrnehmung des Patienten zu Radioaktivität und Strahlenrisiken

Freudenberg Lutz S.

Zentrum für Radiologie und Nuklearmedizin, Deutschland

Die Verwendung von radioaktiven Substanzen in Diagnostik und Therapie inklusive der entsprechenden Strahlenschutzmaßnahmen ist für Ärzte klinische Routine. Anders sieht es bei Patienten aus, für die diese nuklearmedizinische Maßnahmen oft mit Ängsten und Sorgen verbunden sind, die bis hin zur Ablehnung von Untersuchungen führen können.

So abwegig die von Patienten geschilderten Assoziationen und Vorstellungen für den aufklärenden Arzt auch sein mögen, sie bilden die subjektive Realität der Patienten und damit deren Gesprächsbasis und die Basis für eine weitere Entscheidungsfindung. Diese Vorstellungen können dabei so stark sein, dass sie den weiteren Entscheidungsprozess der Patienten dominieren. Daher ist es wichtig, diese Vorstellungen zu kennen. Es werden kulturwissenschaftliche Untersuchungen vorgestellt, in denen die Einstellungen von Laien zu radioaktiver Strahlung untersucht wurden. Dabei wird auch diskutiert, ob und inwieweit sich die Patientenbewertung von Radioaktivität als allgemeines Abstraktum und Radioaktivität im medizinischen Kontext ändert.

Schließlich wird anhand des „Kommunikationsquadrat“ von Friedemann Schulz von Thun dargelegt, welche kommunikativen Implikationen sich für Patientengespräche ergeben.

Literatur:

- Freudenberg LS, Görges R, Bockisch A (2002). „Leuchte ich dann im Dunkeln?“ Konzepte subjektiver Strahlenwahrnehmung als wesentlicher Faktor zur Akzeptanz einer Radiojodtherapie. In: Mann K, Weinheimer B, Janßen OE (Hrsg.). Schilddrüse 2001. Schilddrüse und Autoimmunität. Berlin. 257-265
- Freudenberg LS, Beyer T, Müller SP, Görges R, Hopfenbach A, Bockisch A (2006). Strahlen sind böse. Subjektive Konzepte von Radioaktivität bei Schilddrüsenpatienten vor einer möglichen Radioiodtherapie. Nuklearmedizin. 45: 229-34
- Freudenberg LS, Müller SP, Beyer T, Bockisch A (2009). „Strahlen bleiben böse“ Keine Änderung der subjektiven Konzepte von Radioaktivität nach erfolgreicher Radiojodtherapie. Nuklearmedizin. Nuklearmedizin. 48:84-88

Information des Patienten über Strahlenrisiken in der diagnostischen Radiologie und Nuklearmedizin

Reiners Christoph

Universitätsklinik Würzburg, Deutschland

Die neue Strahlenschutzverordnung von Dezember 2018 schreibt in § 124 vor, „dass der Strahlenschutzverantwortliche dafür zu sorgen hat, dass eine Person, an der ionisierende Strahlung oder radioaktive Stoffe angewendet werden, vor der Anwendung über das Strahlenrisiko informiert wird“. Diese Anforderung ist für den Anwendungsbereich der radiologischen Diagnostik neu. In der Nuklearmedizin galt schon seit 2002 nach Kapitel 5.1 der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin, dass „dem Arzt im Rahmen der ihm obliegenden allgemeinen Aufklärungspflicht den Patienten bei allen Untersuchungen und Behandlungen in angemessener Form über die spezifischen Risiken der beabsichtigten Strahlenanwendung vor deren Beginn zu unterrichten hat“. Bisher war es in der Radiologie gängige Praxis, in der ärztlichen Aufklärung das Strahlenrisiko nicht anzusprechen mit der Argumentation, dass der Beweis der Strahleninduktion eines Karzinoms mit der dazu erforderlichen Wahrscheinlichkeit von mehr als 50% bei typischen diagnostischen Strahlendosen nicht zu führen ist. In Anbetracht der tatsächlich meist niedrigen Strahlendosen und der Vielzahl der zu untersuchenden Patienten erscheint dieser Ansatz zwar als pragmatisch, jedoch im Lichte der neuen Regelungen der Strahlenschutzverordnung als diskussionswürdig.

Die Strahlenschutzverordnung fordert nicht explizit die persönliche Aufklärung durch den Arzt, sondern verlangt „nur“, dass der Strahlenschutzverantwortliche dafür zu sorgen hat, dass der Patient vor der Strahlenanwendung über das Strahlenrisiko informiert wird.

Im Vortrag wird anhand von Beispielen dargestellt, wie diese Information in verständlicher Sprache unter Verwendung von geeignetem Anschauungsmaterial erfolgen könnte (Plakate und Broschüren, Internetseiten, Apps. etc.). Der Patient oder sein Betreuer sollte vor der Strahlenanwendung Gelegenheit haben, sich zu informieren. Bei besonders vulnerablen Personen (Kinder, Schwangere) und bei Strahlenanwendungen, die mit höheren Dosen verbunden sind (z.B. manche CT-Verfahren, PET/CT, Angiographie) sollte diese Information allerdings Bestandteil des ärztliche Aufklärungsgesprächs sein.

Abstracts Sitzung: Entwicklungen in der physikalischen Dosimetrie

Der Beitrag von EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) zur Verbesserung der Strahlendosimetrie in Europa

Rühm Werner

Institut für Strahlenmedizin, Helmholtz Zentrum München (GmbH), Deutschland

Die Dosimetrie ionisierender Strahlung bildet eine wesentliche Grundlage für einen belastbaren Strahlenschutz. Dabei müssen verschiedenste Szenarien berücksichtigt werden, bei denen Personen ionisierender Strahlung ausgesetzt sind. Dies schließt beruflich veranlasste Expositionen sowie die Exposition von Privatpersonen zum Beispiel im medizinischen Bereich ein. Die Bestimmung der auftretenden Strahlenfelder stellt eine besondere Herausforderung dar, da unterschiedliche Strahlenarten, Strahlenergien, Bestrahlungsgeometrien, Winkelverteilungen, etc. auftreten können und berücksichtigt werden müssen. Der Vortrag behandelt den Beitrag, den EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) zur Verbesserung der Dosimetrie in Europa liefert. Dabei wird auf das Arbeitsprogramm der einzelnen EURADOS Arbeitsgruppen eingegangen und auch die EURADOS Aktivitäten im Bereich Ausbildung und Training beschrieben.

Summary

Accurate Dosimetry of ionising radiation contributes significantly towards a reliable radiological protection. For this, various exposure scenarios in the occupational and private setting need to be considered including exposures in the medical area. Quantification of radiation fields is particularly challenging as it involves various radiation types, energies, geometries, angular distributions, etc. This presentation describes the efforts of the European Radiation Dosimetry Group (EURADOS) to improve the dosimetry of ionising radiation in Europe. Emphasis will be placed on the working programme of the various EURADOS working groups and on the EURADOS education and training activities.

Correcting the lack of secondary particle equilibrium in simulations of nanoparticle-induced dose enhancement

Rabus Hans¹, Gargioni Elisabetta², Nettelbeck Heidi¹, Villagrasa Carmen³

¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Deutschland; ²Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Deutschland; ³Institut de Radioprotection et Sûreté nucléaire, France;

Introduction: High-Z nanoparticles (NP) enhance biological effectiveness of radiation. The local dose enhancement can only be assessed by Monte Carlo (MC) simulations. If these fail to assure secondary particle equilibrium, then dose enhancement is overestimated.

Methods: Irradiation of a gold NP in water by x-rays was simulated for a beam of similar diameter as the NP for two NP diameters and three x-ray spectra. Taking photon interaction data from literature, absorbed dose under secondary electron equilibrium (SEE) was calculated and used to correct the simulation results.

Results: For all six combinations of NP dimensions and photon spectra, the dose enhancement factors after correction for lack of SEE were about an order of magnitude smaller than those obtained for the narrow-beam MC simulation. If SEE is ensured, significant dose enhancement is only observed within 200 nm around the NP rather than extending to several micrometers. Taking into account secondary (scattered) photons interacting with the NP does not significantly change these observations.

Conclusions: A realistic assessment of dose enhancement factors by high-Z NPs requires a proper determination of absorbed dose under SEE conditions. Such an approach results in an absorbed dose to water (in the absence of the NP) that is constant over microscopic dimensions. This dose value can be determined by an analytical approach using known photon interaction data. Biased, narrow-beam MC simulations can thus be corrected to obtain realistic dose enhancement factors, which otherwise could only be obtained with full broad-beam simulations requiring several orders of magnitude longer computing time.

Dosimetrie aus nur einer Retentionsmessung nach Radionuklidtherapie, Potenziale und Limitationen

Hänscheid Heribert, Lassmann Michael, Buck Andreas K.

Klinikum der Universität Würzburg, Deutschland

Nuklearmedizinische Therapien mit systemisch applizierten Festaktivitäten erfolgen meist ohne Feststellung der dabei verabreichten, individuell oft erheblich unterschiedlichen Dosen, weil die Messung der vollständigen Aktivitätskinetik in Zielgeweben und Organen zu aufwändig und für den Patienten belastend ist. Wie bei der Inkorporationsüberwachung lässt sich aber bei bekanntem biokinetischen Verhalten eines Radiopharmakons eine Dosissschätzung aus nur einer Retentionsmessung gewinnen. In Geweben mit monoexponentiellem Abfall der Aktivität A mit Halbwertszeit T ist ggf. eine sehr genaue Schätzung möglich, da sich das dosisrelevante Zeitintegral $A(0) \cdot T / \ln(2)$ mit $<10\%$ Fehler durch den von T unabhängigen Wert $2 \cdot A(t) \cdot t / \ln(2)$ ersetzen lässt, wenn für den Zeitpunkt der Messung von $A(t)$ gilt: $0,8 \cdot T < t < 2,4 \cdot T$. Da tatsächlich gemessene Retentionsfunktionen meist nicht rein monoexponentiell sind und im Individuum die Halbwertszeiten deutlich vom typischen biokinetischen Verhalten abweichen können, wodurch der Zeitpunkt t aus dem gültigen Zeitfenster fällt, sind größere Fehler nicht auszuschließen. Potenziale und Limitationen einer Dosimetrie aus nur einer Retentionsmessung müssen daher für jeden Anwendungsbereich analysiert und die Ergebnisse validiert werden, was bei einigen der am häufigsten durchgeführten Therapien erfolgt ist: Leitlinienkonform einsetzbar und vielerorts regelhaft verwendet wird die Methodik bei der Dosimetrie bei der Radiojodtherapie benigner Schilddrüsenerkrankungen. Bei der zunehmend durchgeführten Radiopeptidtherapie neuroendokriner Tumore können durch eine späte Messung der Aktivitätskonzentrationen die Dosen in Tumoren und abdominalen, dosislimitierenden Organen ermittelt werden. Bei der Radiojodtherapie des differenzierten Karzinoms der Schilddrüse, die fast immer ohne Dosimetrie mit Standardaktivitäten erfolgt, ist die therapiebedingte Exposition aus nur einer Messung der Ganzkörperretention sinnvoll abschätzbar.

Abstracts Sitzung: Allgemeiner und medizinischer Notfallschutz

Aktuelle radiobiologische Forschungsergebnisse zur medizinischen Vorsorge bei radiologischen und nuklearen Großschadensereignissen

Port Matthias

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr in Verbindung mit der Universität Ulm, Deutschland

Der Entwurf eines Strahlenschutzgesetzes, der dem Bundestag zur Entscheidung vorliegt, bringt für die Luftfahrt durchaus positive Momente.

So werden - endlich - detaillierte Regelungen zur Verantwortlichkeit im Strahlenschutz getroffen; ungeklärt ist jedoch in diesem Zusammenhang, wie ein als „Ich-AG“ fliegender Pilot (z.B. bei Ryanair oder in der Business Aviation) im Hinblick auf seine Verantwortlichkeit, die erforderliche Fachkunde sowie Dosimetrie einzuordnen ist.

Das Strahlenschutzgesetz enthält im Gegensatz zur Richtlinie 2013/59/EURATOM keine Vorschrift für die Flugplanung, die im Hinblick auf den vorbeugenden Strahlenschutz von elementarer Bedeutung ist. Gerade mittels der Flugroutenplanung sind wirkungsvolle Strahlenschutzmaßnahmen für den einzelnen Flug möglich und daher auch notwendig.

Patientendokumentationstool für den Radiologischen Medizinischen Notfallschutz. Ein Instrument der Task-Force des Instituts für Radiobiologie der Bundeswehr zur Dokumentation von Patienten, Dosis- und Strahleneffektabschätzung und Prognose der akuten Strahlenkrankheit im Sinne einer Triage, sowie zur Erstellung einer Therapieempfehlung

Haupt Julian, Abend Michael, Majewski Matthäus, Schuster Sebastian, Ostheim Patrick, Port Matthias

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, Deutschland

Durch eine steigende terroristische Gefährdung, die wieder zunehmende militärische nukleare Aufrüstung, sowie stattgehabte Kernkraftwerksunfälle zeigt sich, dass radionukleare Großschadenslagen mit einer großen Anzahl an betroffenen Personen realistische Szenarien sind. Im Rahmen des Managements von strahlenexponierten Patienten sind die Dokumentation, fachspezifische Abschätzung der Dosis, Strahleneffekt und Prognose sowie Diagnose- und Therapieempfehlungen essenziell. Dies begründet sich in der Tatsache, dass die Expertise zur Behandlung der akuten Strahlenkrankheit, sowie der Umgang mit radioaktiver Kontamination, im medizinischen Umfeld wenig verbreitet sind. Um diesen Bedürfnissen gerecht zu werden, wurde das Patientendokumentationstool auf Basis von Microsoft Access entwickelt, welches aus sieben verschiedenen Eingabemasken zusammengesetzt ist. Die Eingabemasken erlauben neben der Dokumentation der persönlichen Daten, auch die Eingabe von medizinischen Informationen wie Anamnese, Vitaldaten und körperliche Untersuchungsbefunde. Darüber hinaus werden strahlenspezifische Aspekte wie physikalische Messwerte (Dosimetrie, Inkorporation, Kontaminationsstatus) erfasst. Prodromalsymptome und frühe Blutbildveränderungen fließen in die teilweise automatisierte Abschätzung der Dosis und des Strahleneffektes, sowie Prognose der akuten Strahlenkrankheit im Sinne einer radiobiologischen Triage zur Hospitalisierung ein. Schließlich werden die gewonnenen Informationen in eine übersichtliche Diagnose und Therapieempfehlung überführt, die es auch einem nicht strahlenmedizinisch erfahrenen Arzt ermöglicht, eine adäquate Weiterbehandlung inklusive spezifischer Maßnahmen wie einer Dekorporation und Einleitung weiterer Spezialdiagnostik zu übernehmen. Das Patientendokumentationstool wurde bereits in einer Medizinischen A-Schutz Übung in Kanada erfolgreich erprobt.

Analyse des Antidotbedarfes und Ergebnisse verschiedener Radionuklid-Dekorporationsstrategien für ein Szenario eines Angriffs mit einer „schmutzigen Bombe“

Hermann Cornelius, Eder Stefan, Port Matthias, Rump Alexis

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, München, Deutschland

Zielsetzung: Bei radiologischen Notfällen kann nach Radionuklidinkorporierung die aufgenommene radiologische Dosis durch Dekorporation verringert werden. Der Antidotbedarf hängt neben dem Szenario auch von der Behandlungsstrategie ab: Der „urgent approach“ verlangt eine sofortige Behandlung aller Patienten, welche potentiell Radionuklide inkorporiert haben, wohingegen der „precautionary approach“ diese erst nach bestätigter Inkorporation fordert. Wir haben daher die Anzahl der notwendigen Antidot-Tagesdosen für verschiedene Szenarien, sowie die Unterschiede der beiden Behandlungsstrategien berechnet.

Aufbau: Die Anzahl der potentiell kontaminierten Opfer wurde zwischen 1.000 und 60.000, der Anteil derer, welche tatsächlich eine Dekorporation benötigen, zwischen 0,1 % und 100 % variiert. Als Screeningkapazität wurden 250 bis 2.500 Personen pro Tag bei einer Behandlungsdauer von 10 bis 90 Tagen betrachtet. Das Ergebnis wurde, unter der Annahme einer Inhalation von 1 mCi ¹³⁷Cs, als

erreichbare Dosisersparung bei Preußisch-Blau Behandlung, sowie als gewonnene „statistische Lebenszeit“ bestimmt.

Ergebnis: Die notwendige Antidotbevorratung für einen „urgent approach“ ist verglichen zum „precautionary approach“ je nach Szenario bis zu mehrere hundert Mal erhöht. Die Screeningkapazität wird speziell bei großen Szenarien wichtig, wenn ein niedriger Patientenanteil eine lange Behandlung benötigt. Die gewonnene „statistische Lebenszeit“ fällt bei einem „urgent approach“ höher aus als bei einem „precautionary approach“, insbesondere bei Szenarien großen Maßstabes bei niedriger Screeningkapazität.

Schlussfolgerung: Falls nur ein kleiner Anteil der Opfer eine Behandlung benötigt, scheint deren zeitige Identifikation durch Erhöhung der Screeningkapazität der effektivste Weg zur Reduktion des Antidotbedarfes zu sein. Bei großen Schadensszenarien könnte es notwendig sein, bei unzureichender Antidotbevorratung, den medizinisch zu bevorzugenden „urgent approach“ durch einen Antidoteinsparenden „precautionary approach“ zu ersetzen.

Verbesserung des radiologischen Notfallschutzes in der Euregio Maas-Rhein (EMR) in Bezug auf Notfallmessungen (Jod-131) an Schilddrüsen

Piechołka Joel, Hill Peter, Heuel-Fabianek Burkhard
Forschungszentrum Jülich GmbH, Deutschland

Das EU-Programm Interreg V EMR fördert grenzüberschreitende Projekte mit Mitteln aus dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE). Eines dieser Projekte, das „International Knowledge and Information Centre for Public Safety“ (IKIC), hat nationale und internationalen Gefahrenabwehr- und Notfallschulungsprogramme in der Euregio (Deutschland, Belgien, Niederlande) als Fokus. Ziel des Projektes ist es, die Widerstandsfähigkeit bei Krisen und Katastrophen in der Euregio Maas-Rhein zu verbessern, indem es Rettungspersonal und Bürgern eine Ausbildung anbietet bzw. Informationen leicht zugänglich macht.

Das Forschungszentrum Jülich ist im Rahmen von IKIC fokussiert auf praktische Übungen als Vorbereitung auf radiologische Unfälle und Störfälle. Im Hinblick auf grenzübergreifende (radiologische) Gefahrensituationen durch Unfälle, kerntechnische Störfälle oder auch terroristische Anschläge in der Euregio ist es sinnvoll, überregional praxisnahe Ausbildungsmodulare für Einsatzkräfte der Feuerwehren zu erstellen. Bei diesen Modulen soll ein Schwerpunkt darauf liegen, eine Grundlage zu schaffen, auf derer die Messergebnisse vergleichbar sind.

Neben einer Recherche der jeweils geltenden rechtlichen Grundlagen von Einsätzen und der Vorgaben zur Einsatztaktik sollen die zum Einsatz kommenden radiologischen Messgeräte evaluiert und somit eine Beurteilung der Vergleichbarkeit der Messergebnisse stattfinden.

Im Rahmen der Evaluierung der Messgeräte werden für die verwendeten Messgeräte Messreihen für Jod-131 durchgeführt, durch die eine grenzüberschreitende Vergleichbarkeit der erzielten Messergebnisse ermöglicht wird.

Auf dieser Basis soll eine vereinheitlichte Messanweisung für Notfallmessungen an Schilddrüsen entwickelt und den Einsatzkräften der Euregio Maas-Rhein zur Verfügung gestellt werden. Dies ist besonders wichtig in Bezug auf schnelle, abschätzende Schilddrüsenmessungen bei kerntechnischen Störfällen mit grenzüberschreitender Spaltstofffreisetzung und die erforderliche Vergleichbarkeit von Messwerten.

Individaldiagnostik bei radio-nuklearen Großschadensereignissen - das europäische Biodosimetrienetzwerk RENEB

Kulka Ulrike¹, Wojcik Andrzej², Roy Laurence³, Port Matthias⁴

¹Bundesamtes für Strahlenschutz; ²Centre for Radiation Protection Research, Stockholm University;

³Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire; ⁴Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, Deutschland

In vielen Fällen übersteigen die Auswirkungen nuklearer Vorfälle auf die Gesundheit der Bevölkerung und die Ökonomie eines Landes die tatsächlichen Strahlenschäden. Verursacht wird dies größtenteils durch Angst und Unsicherheit in der Bevölkerung hinsichtlich möglicher Strahlenfolgen. Methoden der biologischen und retrospektiv-physikalischen Dosimetrie ermöglichen es personenbezogene Informationen über die zuvor tatsächlich erhaltene Strahlendosis zu bekommen und somit Ängste zu nehmen und im Bedarfsfall individuell abgestimmte Behandlungen einzuleiten. Auch nach Wochen kann somit eine vermeintlich hohe Strahlenexposition individuell ausgeschlossen werden und eine „besorgte gesunde“ Person mit vermeintlichen Strahlensymptomen von einer tatsächlich exponierten Person unterschieden werden. Im Fall einer tatsächlich vorliegenden Strahlenexposition ist zudem die Kenntnis der individuellen Dosis für die Behandlung von akuten Symptomen und zu erwartenden Spätfolgen von entscheidender Bedeutung. Um auf mögliche große radiologische und nukleare Notfälle in Europa besser vorbereitet zu sein, wurde das Europäische Netzwerk „RENEB – Running the European network of biological and physical retrospective dosimetry e.V.“ aufgebaut. Das Netzwerk hält verschiedene Methoden zur retrospektiven individuellen Dosisabschätzung bereit, die situationsbedingt zum Einsatz kommen. Es ermöglicht eine Bündelung der Fachkompetenzen und Kapazitäten auf dem Gebiet der biologischen und physikalisch retrospektiven Dosimetrie auf europäischer Ebene und erzielt Synergieeffekte für den Notfallschutz, aber auch für die Strahlenschutzforschung. Von entscheidender Bedeutung für die erfolgreiche Arbeit von RENEB ist die koordinierte Zusammenarbeit mit Ärzten und dem Notfallschutz. Erstrebenswert ist auch die Einbindung des Netzwerkes als Analyseplattform in die Forschung, um spezifische Fragestellungen im Zusammenhang mit einer vorausgegangenen Strahlenexposition zu untersuchen oder eine individuell erhöhte Strahlenempfindlichkeit bereits vor Beginn einer Strahlentherapie zu identifizieren.

Der DSB Focus Assay zum Nachweis einer inneren Strahlenexposition durch β - oder γ -Strahler

Schumann Sarah¹, Eberlein Uta¹, Lapa Constantin¹, Buck Andreas Konrad¹, Port Matthias², Lassmann Michael¹, Scherthan Harry²

¹Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin, Universitätsklinikum Würzburg, Deutschland; ²Institut für Radiobiologie der Bundeswehr in Verb. mit der Universität Ulm, München, Deutschland

Durch die mikroskopische Auswertung von γ -H2AX+53BP1 DNA-Reparatur-Marker enthaltenden Foci im Zellkern können DNA Doppelstrangbrüche (DSBs) nach Niedrigdosisexpositionen bis zu wenigen Milligray quantifiziert werden. In dieser Studie wurden die Nullwerte, d.h. die Anzahl der Foci ohne Strahlenexposition, in Leukozyten von gesunden Probanden sowie Patienten vor Radionuklidtherapie analysiert und mit den entsprechenden Foci-Werten nach ex-vivo- und in-vivo-Bestrahlung verglichen. Es wurde untersucht, ob sich dadurch ein Grenzwert für eine Strahlenexposition festlegen lässt, sodass zukünftig ohne Kenntnis des Nullwerts (z.B. in einem Strahlenunfall-Szenario) Strahlenexpositionen identifiziert bzw. ausgeschlossen werden können.

Zur Bestimmung der Nullwertverteilung wurden 45 Blutproben von 10 Probanden, sowie 16 Blutproben von Prostatakrebs-Patienten vor Verabreichung von 6 GBq Lu-177-PSMA analysiert.

Bei 95% der Probanden lag der Nullwert unterhalb von 0,5 Foci/Zelle, bei 91% lag er unterhalb von 0,4 Foci/Zelle. Nach einer einstündigen ex-vivo-Bestrahlung in Lösung mit den Nukliden Lu-177, Tc-99m,

Ga-68 und Y-90 und einer resultierenden Energiedosis von 50 mGy im Blut lagen die Werte für DSB Foci in 15 Proben in allen Fällen oberhalb von 0,5 Foci/Zelle. Bei Lu-177-PSMA Patienten lagen 94% der Nullwerte unterhalb von 0,5 Foci/Zelle, 69% lagen unterhalb von 0,4 Foci/Zelle. 24h nach Therapiebeginn, bei Energiedosen im Blut von 71 mGy bis 129 mGy, lagen die Foci-Werte noch bei > 0,5 Foci/Zelle, mit Ausnahme eines Patienten (6%).

Daher kann als Grenzwert, ab dem eine Exposition von mindestens 50 mGy Energiedosis im Blut wahrscheinlich ist, für dieses Labor 0,5 Foci/Zelle festgelegt werden. Auch 24h nach einer Strahlenexposition kann der Assay noch zum Nachweis dienen. Diagnostische Anwendungsmöglichkeiten bei Strahlenunfallszenarien werden diskutiert.

Abstracts Sitzung: offene Themen

Neue Lernformen in der Strahlenschutz Ausbildung

Vahlbruch Jan-Willem

IRS/Leibniz Universität Hannover, Deutschland

Im Rahmen des von der EU in HORIZON 2020 geförderten Projektes MEET-CINCH werden neue Methoden und Ansätze erforscht, um die Ausbildung in der Radiochemie so attraktiv zu gestalten, dass sich wieder vermehrt Studierende für diese Fachrichtung entscheiden. Dazu gehört neben der Entwicklung eines MOOCs (Massive Open Online Course) auch die Anwendung von ferngesteuerten Experimenten, die Implementierung von Flipped Classroom Modellen in die studentische Ausbildung oder die Programmierung von Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBEs) oder von virtuellen Radionuklidlaboratorien. In diesem Beitrag wird der Stand der Arbeiten an diesen Methoden vorgestellt und Einsatzmöglichkeiten auch außerhalb der universitären Lehre, wie z.B. bei Ein- oder Unterweisungen nach StrlSchV, diskutiert werden.

Die rechtfertigende Indikation aus ärztlicher Sicht – eine klinisch orientierte Praxisanleitung

Leppek Ronald

ZARF, Zentrum für angewandte radiologische Forschung GmbH, Deutschland

Die rechtfertigende Indikation gemäß § 119 StrlSchV und § 83 StrlSchG verlangt, dass die Strahlenanwendung erst durchgeführt wird, nachdem vom fachkundigen Arzt entschieden wurde, dass und auf welche Weise die Anwendung durchzuführen ist. Implizit erfordert dessen Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der einzelnen Anwendung gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt, profundes Wissen um diagnostisch-therapeutische Wertigkeit, Angemessenheit, Handlungsrelevanz und Dosisbedarf der jeweiligen Strahlenanwendung.

Allerdings sind nach pessimistischer Einschätzung etwa 80 Prozent aller ärztlichen Entscheidungen eher subjektiv-intuitiv geprägt und überwiegend aus der Praxis abgeleitet als wissenschaftlich und objektivierbar begründet. Als Bestandteil der Fachkunde im Strahlenschutz umfasst die Sachkunde theoretisches Wissen und praktische Erfahrung bei der Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen in dem jeweiligen medizinischen Anwendungsgebiet. Formal ist der Sachkundeerwerb an die ständige Aufsicht einer im Strahlenschutz fachkundigen und fachlich kompetenten Person sowie an eine Einrichtung mit geeigneter technischer und personeller Ausstattung gebunden.

Diese, für das Erlernen des Stells der rechtfertigenden Indikation, der technischen Durchführung und Befunderstellung maßgebliche Konstellation unterliegt insbesondere im Krankenhaus relevanten

ökonomischen Rahmenbedingungen. Aus Kostengründen attraktive Outsourcing Maßnahmen von radiologischen Krankenhausabteilungen geraten durchaus negativ wirksam in Konflikt mit der bislang überwiegend im Krankenhaus geleisteten Aus- und Weiterbildung insbesondere in der Teilgebetsradiologie.

Daher wird die konsequente Nutzung von Orientierungshilfen (z. B. Strahlenschutzkommission oder American College of Radiology Appropriateness Criteria) mangels radiologisch geführter, diskursiver Röntgenbesprechungen immer wichtiger. Und auch aus pragmatischer Perspektive ist ein rascher Weg zur richtigen Indikation, technischen Durchführung, Dosisinformation (z. B. in Form von „Relative Radiation Levels (RRL)“ und abschließender handlungrelevanter Diagnose wünschenswert. Zum Einstieg wird eine klinisch orientierte Praxisanleitung vorgestellt.

Funde medizinisch genutzter Radionuklide in Abfallströmen – Praktische Erfahrungen und Strahlenschutzfragen

Gellermann Rainer, Krägenow Jana, Müller Alexandra, Schulze Robert
Nuclear Control & Consulting GmbH, Deutschland

Auf der Grundlage von Daten aus der Prüfung von Strahlenalarmen in Anlagen der Abfallwirtschaft wird gezeigt, dass nuklearmedizinisch genutzte Radionuklide vor allem im Hausmüll bei Müllverbrennungsanlagen detektiert werden. Das häufigste im Abfall vorgefundenen medizinisch genutzt Radionuklid ist I-131. Seit 2016 ist ein deutlicher Anstieg der Detektionen von Lu-177 festzustellen. Eine Abschätzung der effektiven Dosis für Beschäftigte eines kommunalen Entsorgungsbetriebes ergab eine Jahresdosis von 1,5 µSv aus der Kontamination von I-131. Die einwohnerbezogenen Gesamtaktivität von I-131 im Hausmüll wurde mit 6,8E-3 kBq je Einwohner und Jahr abgeschätzt.

Erzeugung ultrakurzer Röntgen-, Protonen- und Ionenstrahlen mittels Petawatt-Laser: Monte-Carlo Simulationen für den baulichen Strahlenschutz

Engbrecht Franz Siegfried¹, Wirth Hans-Friedrich², Döpp Andreas^{3,5}, Hartmann Jens¹, Lindner Florian H.¹, Schletter Albert⁴, Helml Wolfram⁴, Karsch Stefa^{3,5}, Schreiber Jörg¹, Thirolf Peter G¹, Parodi Kati¹, Dedes Georg¹

¹Ludwig Maximilians Universität München, Lehrstuhl für medizinische Physik; ²Ludwig-Maximilians-Universität München, Laboratory for Extreme Photonics; ³Ludwig-Maximilians-Universität München, Lehrstuhl für Laserphysik; ⁴TU München, Lehrstuhl für Laser- und Röntgenphysik; ⁵Max Planck Institut für Quantenoptik Garching

Das "Centre for Advanced Laser Applications" CALA in Garching bei München beherbergt Experimente, bei denen durch einen Hochleistungslaser Elektronen, brillante Röntgenstrahlung, Protonen und Ionen erzeugt werden. Erforscht wird zudem deren Anwendung zur Biomedizinischen Bildgebung und Strahlentherapie.

Die Strahlungs-Bunches, welche mit 1 Hertz durch die 3 Petawatt-Laseranlage erzeugt werden, bestehen aus mehreren Teilchenspezies hoher Intensität sowie Energie und sind Nanosekunden kurz. Dies stellt neue Herausforderungen an den Strahlenschutz.

Unter anderem da elektronische persönliche Dosimeter für gepulste Strahlung nicht zugelassen sind, werden Simulationen der Dosisleistung benötigt.

CALA wurde im Monte-Carlo Code FLUKA modelliert. Das Modell beinhaltet die fünf Experimentierbunker, Wände, Betontore, Vakuumkammern, Laserdurchführungen, Strahlrohre,

magnetische Spektrometer, Beamdumps sowie eine Experimentierhalle für Röntgenexperimente. Als Quellterme wurden Elektronen ($<5\text{GeV}$), Protonen ($<200\text{MeV}$), ^{12}C ($<400\text{MeV/u}$) und ^{197}Au ($<10\text{MeV/u}$) simuliert. Die Energiespektren, Strahldivergenzen und Bunch-Ladungen sind aus neuesten experimentellen Ergebnissen extrapoliert.

Die räumliche Teilchenfluenz und Dosisleistung wurde für jede Teilchenspezies in 3D ausgewertet.

Die simulierten Dosisleistungen erreichen $\sim 278\mu\text{Sv/ns}$ ($=1\text{GSv/h}$) in einem Beamdump. Dosisleistung außerhalb des aktiven Bunkers tritt durch mehrfach gestreute Sekundärneutronen, durch Rohrdurchführungen in den Bunkerwänden, durch welche die Laserpulse in die Bunker gebracht werden sowie durch Strahlrohre für Röntgenstrahlung auf.

Durch die Verwendung von Beamdumps in den Bunkern und an den Strahlrohren zur Experimentierhalle, Strahlenschutzoren, Magneten, baulicher Abschirmung und Vorgaben zur Betriebszeit bleiben die Dosisleistungen in und außerhalb von CALA unterhalb der Entwurfsspezifikationen ($<2.5\mu\text{Sv/h}$ für Überwachungsbereiche, $<7.5\mu\text{Sv/h}$ punktuell) und den gesetzlichen Grenzwerten ($<6\text{mSv/a}$ für Überwachungsbereiche). Im Probebetrieb soll zudem die Einhaltung von $<1\text{mSv/a}$ in den Überwachungsbereichen nachgewiesen werden, damit auf eine Körperdosismessung verzichtet werden kann.

Abstracts Poster-Session

Auswertung epidemiologischer Daten zum Strahlenrisiko: mehr als nur statistische Routine?

Kraut Wolfgang

Duale Hochschule Baden-Württemberg (DHBW), Karlsruhe, Deutschland

Epidemiologische Untersuchungen haben bahnbrechende Zusammenhänge über das Entstehen von Krankheiten aufgezeigt, man denke nur an die Studie von Sir Richard Doll über den Zusammenhang von Rauchen und Lungenkrebs. Trotzdem verwundert es sehr, dass Studien, wie z.B. KiKK, einerseits einen signifikanten Zusammenhang zwischen Leukämien im Kindesalter und der Nähe des Wohnorts zu einem KKW in Deutschland herstellen, andererseits aber ähnliche Studien (z.B. in der Schweiz, Frankreich) keinen Hinweis darauf geben. Sind schweizerische oder französische KKW's sicherer oder die Statistiker dort einfach nur versierter? Ein nicht zu übersehender Widerspruch: Welches Ergebnis ist wohl korrekt?

Bei genauerem Hinsehen sorgt eine immense Auswahl statistischer Modelle zur Auswertung epidemiologischer Daten für Verwirrung! Eigentlich sollte es auf eine konkrete wissenschaftliche Fragestellung nur eine korrekte Antwort geben. Die Bestimmung des Risikos unter bestimmten Bedingungen z.B. an Leukämie zu erkranken, sollte keinesfalls vom Auswertemodell abhängen! Erstaunlicherweise wird diese Modellauswahl oft nur durch sehr „weiche“ Kriterien begründet, wie z.B. „most popular“, „most common“, „best suited“, „bevorzugtes“ Modell (KiKK) o.ä. Ein Vorgehen gemäß Bayes'scher Statistik, nach dem die vorliegenden Informationen das Modell, wenn auch evtl. nur vage, festlegen, würde hier hilfreich sein.

Der vorliegende Beitrag möchte anhand des bei Studien zum Strahlenrisiko meist verwandten sog. „logistic relative risk model“ beispielhaft der Frage nachgehen, wie eine statistische Auswertung einerseits für das Strahlenrisiko signifikante, bemerkenswerte Ergebnisse liefern kann (man denke z.B. an das Strahlenrisiko der Gruppe der Atombomben-Überlebenden), andererseits aber auch genauso signifikante, jedoch in praxi nur schwer nachvollziehbare Aussagen (z.B. KiKK Studie) folgen können.

Raumluftüberwachung für die Ra223/Th227 -Therapie und Produktion

Thomas Streil¹, Oeser Veikko¹, Wittke Kristian²

¹Sarad GmbH, Deutschland; ²Bayer AG, Deutschland

Für die Raumluftüberwachung in der Ra223 bzw. Th227 Therapie und den Produktionseinrichtungen der Nuklearpharmaka war es dringend notwendig eine praktikable Lösung zu entwickeln, die sich durch eine hohe Sensitivität und Zuverlässigkeit auszeichnet. Der Aer5000 wurde speziell für diese Anwendung entwickelt und verfügt über 2 Sepktrometer, die in speziell entwickelten Algorithmen und Zyklen sowohl die Aktivitätskonzentration der Actionzerfallsprodukte als auch das Ra223 und Th227 bestimmen (z.B. nach DIN ISO 16639).

Aufgrund des kompakten Designs ist das handliche Gerät auch bei eingeschränkten Platzverhältnissen einsetzbar. Die Aerosole werden mittels Pumpe auf einem Filter abgeschieden und spektroskopisch analysiert. Der natürliche, durch Radon- und Gamma-Umgebungsstrahlung vorhandene Strahlenuntergrund wird vollständig kompensiert. Der Aer5000 Desktop ist nach dem Einschalten sofort betriebsbereit und kann aufgrund seiner intuitiven und klar strukturierten Menüführung per Touch-Screen auch von ungeschultem Personal bedient werden. Das Gerät arbeitet sehr leise. Die freie Filter-Anströmung mit geregelterm Luftstrom ermöglicht eine gleichmäßige und verlustarme Abscheidung der Aerosole. Der große aktive Filterdurchmesser sowie die im Schrittbandlaufwerk verwendeten langen Filterbänder erlauben herausragende Filterstandzeiten. Der einzigartige Filter-Dichtmechanismus

verhindert das partielle Umströmen des Filters, wie es bei herkömmlichen Bandfilter-Systemen auftritt. Durch die hierfür gewählte Konstruktion sind die Abscheideverluste vernachlässigbar. Dank der hohen Geräte-Sensitivität werden sehr niedrige Nachweisgrenzen und Alarmschwellen für die Alpha- und Beta-Exposition erreicht. Optional kann das Gerät mit einem Vakuum-Adapter (KF/DN16) zum Anschluss an Probenahme-Leitungen ausgerüstet werden. Alle für den zuverlässigen Betrieb relevanten Parameter werden kontinuierlich überwacht und sind Bestandteil der gespeicherten Messdaten. Ein flexibles Alarmsystem warnt den Anwender sofort bei einer Überschreitung eines Grenzwertes oder einer Abweichung vom Regelbetrieb.

Comet Assay analysis of DNA strand breaks in human cells after exposure to the DNA-incorporated Auger Electron Emitter Iodine-125

Holtmann Kathrin^{1,2}, Unverricht-Yeboah Marcus¹, Kriehuber Ralf¹

¹Forschungszentrum Jülich, Germany; ²Brenk Systemplanung GmbH

Ionizing radiation causes various types of DNA damage e.g. single strand breaks (SSB) and double strand breaks (DSB), whereby the SSB/DSB ratio is shifted towards the DSB with increasing LET. For the DNA-incorporated Auger electron emitter Iodine-125 a SSB/DSB ratio of 5.4:1 was calculated and published by Pomplun et al. 1996. In the presented work the SSB/DSB ratio induced by DNA-incorporated Iodine-125 was experimentally determined and compared to external homogenous γ -irradiation.

Iodine-125-iododeoxyuridine was incorporated into the DNA of SCL-II cells and cells were subsequently frozen for decay accumulation. Accordingly, external γ -irradiation (Cs-137) experiments were performed in frozen cells. Neutral or alkaline Comet Assay was performed to quantify DSB or DSB & SSB, respectively. Automated quantification of the comets was performed using the Olive Tail Moment (Metafer CometScan; MetaSystems). To avoid dose calculation for DNA-associated Iodine-125 the γ -H2AX assay was used as a marker for DSB in order to allow the comparison of the Comet Assay data between both investigated radiation qualities.

For γ -radiation a SSB/DSB ratio of 10:1 was determined. In contrast, a lower SSB/DSB ratio of 6:1 was induced by DNA-incorporated Iodine-125 which compares well to the calculated values of Pomplun et al. (1996).

DNA-incorporated Iodine-125 induces a high-LET type DNA damage pattern in respect to SSB/DSB ratio.

Financially supported by the Federal Ministry of Education and Research, Grant 02NUK043A

Miniszint, ein neuartiges Mehrzweck-Strahlungsmess-System für Forschung, Lehre und Praxis im Labor, Haus und Gelände

Philipsborn von Henning, Jürgen Putzger

Fakultät Physik, Universität Regensburg, Deutschland

Zielgruppen: Ausbildungsstätten, Kurse Fachkunde und Lehrerfortbildung, Landes-ämter mit Labor, Jugend forsch- und MINT-Zentren, kommunale Einrichtungen, Bürgerinitiativen, Hobby-Radiometer.

Bestandteile: Szintillations-Gamma-Sonde, 1 x 1 Zoll Cäsiumiodid, Niedervolt Si-Photomultiplier, wasserdichtes Edelstahlgehäuse, Ø 35 mm x 112 mm, 252 g. Abschirmung 2 mm laminierte Pb-Folie in 2 mm Edelstahl-Ständer, 685 g. Dies für Kleinproben im Edelstahl-Minitopf (mt)Ø 29 mm, Höhe 7 mm, 5 g, und als Kollimator für Ortsauflösung. Steuergerät 500 g. Thermodrucker 317 g.

Benutzerfreundliche Software für vordefinierte Anwendungen. Kompakt in kleiner Umhängetasche 2010 g.

Zubehör: Porzellan-Büchner-Trichter, Glasfaserfilter Ø 50 mm. Ein Handstaubsauger, 220 V, sammelt 1 m³ in 180 s. Die Philion-Platte Ø 50 mm sammelt 1 m³ in 240 s. Edelstahl-Topf (MT) für 0,5 L Proben, 2 mm Pb-Abschirmung. StrahlungsfILTER, Prüf- und Kalibrierstrahler. Das gesamte System wiegt nur ca. 10 % bisheriger eigener oder kommerzieller Messgeräte. Sehr mobil, kostengünstig, ideal für Screening.

Anwendungen: Bisher wurden mit einstellbarer Messzeit und Kalibrierfaktor erprobt:

- * Radonfolgeprodukte (RnFP) in Luft: Messung in Bq pro Sammelvolumen [m³].
- * RnFP in Wasser: Messung in Bq pro Filtrivolumen [L]. Messung segmentiertes, nasses Filter in mt, Effizienz 5 %, wie für trockne Filter, da reine Gamma-Messung.
- * Strahler suchen: Strahlungsanomalien in der Umgebung, z.B. verlorene technische Strahler, Erzbrocken in Halden-/Baumaterial, Schotter, Abweichungen in Intensität und Energiespektrum vom normalen Untergrund werden erkannt.
- * Ortsdosisleistung: Messung der Strahlungsintensität in MikroSievert pro Stunde.
- * Kontaminationen: Wischtests in mt; großflächige Filter/Tücher/Folien in MT.
- * Schüttgut in MT: nach proben- und nuklidspezifischer Kalibrierung in Bq pro [kg].
- * Cs-137 in Lebensmitteln: Messung in Bq pro [kg], kalibriert für Cs-137 in MT. Wildschweinfleisch, frische, getrocknete Pilze, Milchpulver.

Discrimination of different radiation qualities using gene expression data

Unverricht-Yeboah Marcus¹, Giesen Ulrich², [Kriehuber Ralf](#)¹

¹Forschungszentrum Jülich, Deutschland; ²Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Deutschland

In order to clarify whether high-LET radiation (²⁴¹Am) including Auger electrons (¹²³I as ¹²³I-desoxyuridine; IUdR) induce a generally different gene expression response when compared to low-LET radiation (¹³⁷Cs), gene expression analysis covering the whole human genome was carried out in Jurkat cells.

Gene expression analysis was performed employing whole human genome DNA-microarrays after exposure of cells to equi-effect doses/activities regarding DNA double-strand break (DSB) induction. As a surrogate of DSB induction the γ -H2AX foci signal intensity of whole cells was determined by flow cytometry. RNA for gene expression analysis was isolated 6 and 24 h post-exposure. Gene expression of candidate genes was validated using quantitative real-time RT-PCR.

At equi-effect doses/activities 155, 316 and 982 genes were exclusively regulated after exposure to ¹²³IUdR, α -particles and γ -rays, respectively. Only four, one and one gene(s) were identified allowing a reliable and robust discrimination between γ - versus ¹²³IUdR exposure, γ - versus α -radiation and α - versus ¹²³IUdR exposure, respectively. The functional analysis of significantly regulated genes revealed that apoptosis and chromatin organization were most affected.

The Auger emitter ¹²³I induced specific gene expression patterns when compared to γ - and α -irradiation suggesting a unique cellular response after ¹²³IUdR exposure. Gene expression profiling might be an effective tool to identify biomarkers for the discrimination of different radiation qualities and, furthermore, might help to elucidate the different biological effectiveness on the mechanistic level.

Funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Grants No.: 02NUK005A and 02NUK043A.

Strahlenexposition des Personals bei der Brachytherapie von Augentumoren

Graf Hansjörg, Hofinger Josef, Friedlein Melissa, Hustedt Anna, Wölvitsch Iris, Fehrenbacher Georg
Universitätsklinikum Tübingen, Deutschland

Die Brachytherapie von Augentumoren erfolgt mittels auf den Augapfel aufgenähter halbschaliger Applikatoren (Plaques) aus Silber. Die Elektronenstrahlung des in die Silberplaque eingebetteten Ru-106/Rh-106 (Aktivität ~25 MBq, $E_{\beta, \max} = 3,5$ MeV) wird zur Therapie verwendet und ist zur Innenseite –d.h. zum Auge hin– nur durch 0,1 mm Ag abgeschirmt; zur Rückseite absorbieren 0,7 mm Ag 95% der Elektronen.

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Abschätzung der Personendosis und der Teilkörperdosis der Hände des Personals, welches direkt mit den Applikatoren umgeht oder in die Nähe der Patienten kommt.

Das exponierte Personal kann in 2 Gruppen unterteilt werden: 1. Personen, die mit den Plaques umgehen, ohne dass diese am Auge angebracht sind (OP-Personal, Reinigungs- und Desinfektionspersonal), 2. Ärzte und Pflegepersonal, die die Patienten mit Plaque während der wenigen Tage Tragezeit pflegen (im Wesentlichen wenige kurze Kontakte am Tag zur Verabreichung von Augentropfen, bzw. zur Reinigung des Auges).

Für die erste Gruppe besteht die Gefahr, dass sie der Elektronenstrahlung (Reichweite in Luft mehrere Meter) ausgesetzt werden. Die Personen werden mit üblichen Personendosimetern überwacht (Filmplakette). Außerdem kommt es bei den Operateuren vor, dass die Plaque in Einzelfällen nicht mit einer Pinzette sondern von der Rückseite direkt mit den Fingern angefasst werden muss. Eine direkte Dosimetrie ist hier schwierig. Abschätzungen über Ortsdosisauswertungen und Dosismodellrechnungen ergeben jedoch sehr kleine Werte bei den vorliegenden Handhabungsbedingungen.

Für die zweite Gruppe ergeben sich, dadurch dass das Auge die Elektronenstrahlung absorbiert und die Generierung von Bremsstrahlung im Glaskörper gering ist, bei der geringen Anzahl von Patientenkontakten Dosiswerte von deutlich kleiner als 1 mSv/Jahr.¹

¹Busoni S., *Physica Medica*, <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.11.003>

Induction of specific chromosomal rearrangements by targeting sensitive genomic loci using ¹²⁵I-labeled Triplex-Forming oligonucleotides

Dahmen Volker, Schmitz Sabine, Kriehuber Ralf
Forschungszentrum Jülich GmbH, Deutschland

Triplex-Forming-oligonucleotides (TFO) bind DNA in a sequence-specific manner and possess therapeutic potential e.g. as a carrier-molecule for Auger-Electron-Emitter (AEE) targeting specific DNA sequences in tumor cells. We established a method for the labeling of TFO with the AEE Iodine-125 (¹²⁵I) and analyzed the influence of ¹²⁵I-labeled TFO in SCL-II cells on gene expression, translocation frequency and protein expression of the human *BCL2* gene.

TFO-BCL2 binds to the *BCL2* gene upstream of the 3'-end. TFO labeling with ¹²⁵I was performed using the primer-extension-method. SCL-II cells were transfected with TFO via electroporation and subsequently stored at -150°C for decay accumulation. SCL-II cells transfected with ¹²⁵I-labeled multi-binding TFO or non-labeled TFO-BCL2 served as controls. Monitoring of *BCL2* translocations was done with Fluorescence-In-Situ-Hybridization (FISH). The utilized FISH-probes were designed to detect a

characteristic t(14;18) translocation of the *BCL2* gene, leading to an overexpression of *BCL-2*. Gene expression levels were measured via qRT-PCR. Verification of gene expression on the protein level was analyzed by Western blotting.

The relative gene expression of *BCL-2* in ¹²⁵I-TFO-BCL2 transfected cells showed a significant up-regulation and analysis of the *BCL2* t(14;18) translocation frequency revealed a significant ~ 1.8-fold increase. This increase was not reflected on the protein level.

We conclude that ¹²⁵I decays within the *BCL2* gene facilitate the t(14;18) chromosomal translocation and that the increased translocation frequency contributes to the observed enhanced *BCL-2* gene expression.

Funded by Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Grant 02NUK005A and 02NUK043A.

Nutzung von portablen Gammaskpektrometern zur mobilen Ganzkörpermessung

Siebenwirth Christian, Port Matthias

Institut für Radiobiologie der Bundeswehr, Deutschland

Szenarien im Falle eines nuklearen bzw. radiologischen Ereignisses können sehr vielfältig ausfallen. Während die Anzahl an potentiell kontaminierten Personen leicht von 10 bis mehreren 10 000 variieren kann, ist davon auszugehen, dass ein Teil eine relevante effektive Dosis von mehr als 20 mSv aufgenommen hat. In diesem Personenkreis muss zeitnah eine exakte Identifikation der aufgenommenen Radionuklide und der effektiven Dosis stattfinden, um über das Ausmaß an medizinischer Versorgung mit eventueller Dekorporation zu entscheiden und somit die Folgen von Strahlenschäden zu minimieren („Triage, Monitoring and Treatment“-Handbuch, <http://www.tmthandbook.org>). Für diese Aufgabe werden in der Regel stationäre Ganz- oder Teilkörperzähler verwendet, deren Anzahl um den betroffenen Ort herum jedoch oft limitiert ist und somit größere Personengruppen nicht mehr adäquat versorgt werden können.

Um die Screeningkapazität im Falle eines radiologischen Ereignisses vor Ort zu erhöhen, können auch portable Gammaskpektrometer eingesetzt werden. Durch die Verwendung von Reinst-Germaniumkristallen weisen diese Detektoren die nötige Energieauflösung auf, die auch aus Spektren gemischter Radionuklide eine hinreichende Dosimetrie ermöglicht. Ihre elektrische Kühlung macht sie flexibel einsetzbar. Des Weiteren sind sie leicht und klein genug, um auch in Luftfahrzeugen an jeden beliebigen Ort transportiert zu werden.

In diesem Beitrag wird die Geometrie unseres mobilen Ganzkörperzählbaus, dessen Effizienzkalibrierung mittels Ganzkörperphantomen und minimale detektierbare Aktivität vorgestellt. Mit dieser Charakterisierung stellt dieses System anschließend eine Ressource zur mobilen Inkorporationsmessung in möglichen nuklearen und radiologischen Szenarien weltweit dar, um eine schnelle und gezielte medizinische Behandlung nach Inkorporation von Radionukliden zu ermöglichen.

Sicherheitsaspekte bei der technischen Realisierung und Verwendung eines neuartigen modularen, mobilen Laserrettungsgeräts

Hustedt Michael¹, Hennigs Christian¹, Brodeßer Alexander¹, Brose Martin², Gomolka Malte², Meier Oliver³, Bescherer-Nachtmann Klaus⁴, Haack Matthias⁵, Hermsdorf Jörg¹, Kaieler Stefan¹

¹Laser Zentrum Hannover e.V., Deutschland; ²Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Deutschland; ³LASER on demand GmbH, Deutschland; ⁴LASERVISION GmbH & Co. KG; ⁵Stadt Dortmund, Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie, Deutschland

Für ein neuartiges modulares, mobiles Laserschneidsystem, welches speziell für komplexe Rettungseinsätze zur Befreiung eingeschlossener Personen entwickelt wurde, ist die sorgfältige Beachtung aller relevanten Sicherheitsaspekte unerlässlich.

Die in dieser Arbeit beschriebene Entwicklung eines innovativen Laserrettungsgeräts wurde von den stetig steigenden Leistungsanforderungen an konventionelle Rettungsgeräte für komplexe technische Rettungseinsätze inspiriert. In Fahrzeugen verbaute hochfeste Werkstoffe, insbesondere hochfeste Stähle im Verbund mit verschiedenen anderen Werkstoffen, erhöhen den allgemeinen Schutz der Fahrzeuginsassen bei einem Unfall. Jedoch können herkömmliche Rettungssysteme wie hydraulische Scheren bei derartigen Werkstoffen an ihre Grenzen gelangen. Das hier vorgestellte neue mobile Laserschneidsystem soll mit den für Laserbearbeitungssysteme typischen Vorteilen im Hinblick auf Leistungsfähigkeit und Flexibilität bei gleichzeitig berührungsloser Energieeinbringung eine Alternative zu den herkömmlichen Rettungssystemen bieten.

Basierend auf einem Faserlaser mit einer maximalen Ausgangsleistung von 2,5 kW sowie einem speziell entwickelten, mit unterschiedlichen Antriebseinheiten verwendbaren handgeführten Laserbearbeitungskopf wurde ein erster Systemdemonstrator für das Laserrettungsgerät aufgebaut. Die Anwendbarkeit und Leistung des Demonstrators wird im Zuge ausgewählter Rettungssituationen evaluiert. Die Hauptherausforderung besteht darin, das Schneiden von mehrschichtigen Strukturen mit verschiedenen Materialien unter Berücksichtigung unterschiedlichster Umweltbedingungen ohne zusätzliche Risiken für die involvierten Personen zu realisieren. Um die Lasersicherheit für die Verletzten, Rettungskräfte, Polizeibeamte und weiteren Personen bei einem Rettungseinsatz zu gewährleisten, sind diverse technische Sicherheitsfunktionen vorgesehen. Darüber hinaus sind Laserschutzbrillen, Strahlfallen und Laserschutzvorhänge relevante Schutzkomponenten für die Realisierung der lokalen und peripheren Lasersicherheit. Die Einhaltung aller vorgesehenen Lasersicherheitsmaßnahmen während der Durchführung der Rettungsoperation soll von einer speziell dafür ausgebildeten Rettungskraft u.a. mit Hilfe eines separaten, in die Lasersicherheitssteuerung eingebundenen Bedienteils koordiniert und überwacht werden.

Baulicher Strahlenschutz bei mobilen Sanitätseinrichtungen der Bundeswehr

Schirmer Andreas, Warnecke Udo, Kersting Marc, Hagene Florian
Bundeswehr, Deutschland

Zur Gewährleistung des diagnostischen Standards der notärztlichen Versorgung bei Einsätzen und bei Krisen werden bei der Bundeswehr transportable Sanitätseinrichtungen vorgehalten und genutzt. Sie sind in luftverlastbaren Containern eingebaut mit der Maßgabe, möglichst schnell auch an Einsatzorten mit minimal vorbereiteter Infrastruktur aufbaubar und betriebsbereit zu sein. Zur Ausstattung eines so verlegbaren Einsatzlazarett gehören auch Container mit fest eingebauten Zahnröntgengeräten, mit Röntgenaufnahmegeräten und mit Computertomographen (CT). Die Röntgenausstattung wird beschrieben. Die mit der Transportierbarkeit der Container notwendigen Kompromisse für den baulichen Strahlenschutz - insbesondere für den CT-Container- werden dargestellt. Die Realisierung des adäquaten baulichen Strahlenschutzes wird anhand von Aufbaubeispielen für die Sanitätsunterstützung bei Großereignissen im Inland und für den Betrieb bei Einsatzkontingenten vorgestellt.

Sichere Durchführung von Hochdosistherapien des Nebennierenkarzinoms mit [¹³¹I]IMAZA

Schirbel Andreas¹, Samnick Samuel¹, Buck Andreas¹, Hänscheid Heribert¹, Hahner Stefanie²
¹Universitätsklinikum Würzburg Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin; ²Universitätsklinikum Würzburg Medizinische Klinik und Poliklinik I Schwerpunkt Endokrinologie

Das Nebennierenkarzinom (NN-Ca) ist ein seltener Tumor mit unzureichenden Therapieoptionen; das mediane Überleben mit der metastasierten Krankheit beträgt nur 12 Monate. Daher entwickelten wir mit [¹³¹I]JMAZA einen radioaktiv markierten Enzyminhibitor, der an zwei ausschließlich in der Nebennierenrinde und ihren Tumoren exprimierte Enzyme bindet. Unsere dosimetrischen Untersuchungen an NN-Ca-Patienten ergaben, dass aufgrund der hohen Selektivität des Radiopharmakons extrem hohe Aktivitätsmengen von bis zu 60 GBq sicher verabreicht werden könnten.

Um die Radiosynthesen von [¹³¹I]JMAZA mit hohen Aktivitätsmengen durchführen zu können, wurde ein computergesteuertes Synthesemodul beschafft und in einer Bleibox installiert. Da die kommerziell erhältlichen Synthesemodule nicht für Radioiodierungen konzipiert sind, musste unser Gerät zunächst umgebaut und alle Teilschritte der Radiosynthese mussten optimiert werden. Uns gelang schließlich die Etablierung einer automatisierten Radiosynthese mit abschließender HPLC-Aufreinigung, Sterilfiltration und Abfüllung der Produktlösung in eine Infusionsspritze. Bei typischen Startaktivitäten von 34 GBq [¹³¹I]Iodid erhielten wir reproduzierbar 25 GBq [¹³¹I]JMAZA, die wir den Patienten nach erfolgreicher Qualitätskontrolle mittels Infusomaten verabreichten und damit bemerkenswerte Therapieerfolge bei sehr guter Verträglichkeit erzielen konnten.

Da Iodverbindungen prinzipiell flüchtig sind, wurde bei jeder Radiosynthese die separate Abluft der Bleibox über Aktivkohlefilter geleitet und auf eventuelle Kontaminationen geprüft. Das beteiligte Personal wurde mittels Strahlenschutzplaketten, Fingerringdosimeter und Schilddrüsenmonitor überwacht. In allen Fällen waren nur sehr geringe Kontaminationen nachweisbar, so dass die Hochdosistherapie mit [¹³¹I]JMAZA sicher durchgeführt werden können.

Targeting human sodium iodide symporter by PET: A Comparison of [¹⁸F]fluorotetrafluoroborate with [¹²⁴I]iodide

Samnick Samuel, Al-Momani Ehab, Schiller Markus, Israel Ina, Schirbel Andreas, Buck Andreas, Lapa Constantin

Universitätsklinikum Würzburg, Deutschland

Historically hNIS is the most important target for imaging and therapy in nuclear medicine. There is an interest in increasing the sensitivity of hNIS imaging using PET. This work evaluates PET with [¹⁸F]Fluorotetrafluoroborate ([¹⁸F]TFB) in comparison with [¹²⁴I]NaI in hNIS-expressing tumors.

[¹⁸F]TFB was investigated in hNIS-expressing tumor cells and compared to [¹²⁴I]NaI and [^{99m}Tc]pertechnetate (^{99m}TcO₄). The specificity of [¹⁸F]TFB-uptake was assessed by inhibition experiments using perchlorate (ClO₄⁻) and NaI. The potential of [¹⁸F]TFB for imaging hNIS-expressing tumors was further tested on hNIS-expressed tumors xenografted in mice using μ -PET. Finally, 9 patients with newly diagnosed DTC underwent both [¹⁸F]TFB-PET/CT and [¹²⁴I]NaI-PET/CT after total thyroidectomy.

[¹⁸F]TFB accumulation in hNIS-expressing cells following a 15-min incubation was 15±3% of the total loaded activity per 10⁶ cells, compared to 6±2% and 10±3% for [¹²⁴I]NaI and ^{99m}TcO₄, respectively. The [¹⁸F]TFB-uptake was inhibited up to 95% by KClO₄ or NaI, confirming the specificity of [¹⁸F]TFB for hNIS. μ -PET studies using [¹⁸F]TFB and [¹²⁴I]NaI in the same demonstrated a specific accumulation of both radiotracers in hNIS-tumors xenografts. All investigated patients presented with positive [¹⁸F]TFB- and [¹²⁴I]NaI-PET/CT scans. Retention of [¹²⁴I]NaI in remnant thyroid tissue was significantly higher as compared to [¹⁸F]TFB. In a lesion-based analysis, both tracers identified an almost equal number of foci with [¹⁸F]TFB depicting a total of 41 foci and [¹²⁴I]NaI 40 foci, respectively.

Conclusions: The specific and high-level accumulation of [¹⁸F]TFB in hNIS-expressing tumors in vitro and in vivo strongly indicates that [¹⁸F]TFB is a promising candidate for imaging hNIS-expressing tumors using PET.

Tagungsort

