Strahlenschutzkommission

Geschäftsstelle der
Strahlenschutzkommission
Postfach 12 06 29
D-53048 Bonn

http://www.ssk.de

# Digitalisierung im Strahlenschutz

Klausurtagung 2023 der Strahlenschutzkommission (SSK)
– Zusammenfassung

Verabschiedet in der 327. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 11./ 12. September 2023

# INHALT

**1 Einleitung ..... 4**

**2 Zusammenfassung des Programms ..... 4**

2.1 Metrologie für die digitale Transformation ..... 4

2.1.1 Impulsvortrag von Jens Niederhausen, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Berlin ..... 4

2.1.2 World Café-Poster ‚Metrologie für die digitale Transformation' ..... 6

2.2 Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung ..... 7

2.2.1 Impulsvortrag von Peter Mildenberger, Universitätsmedizin Mainz ..... 7

2.2.2 World Café-Poster ‚Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung' ..... 9

2.3 Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung ..... 11

2.3.1 Impulsvortrags von Daniela Thorwarth, Universitätsklinikum Tübingen ..... 11

2.3.2 World Café-Poster ‚Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung' ..... 12

2.4 Chancen und Risiken der Digitalisierung im Notfallschutz ..... 14

2.4.1 Impulsvortrag von Florian Gering, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Neuherberg ..... 14

2.4.2 World Café-Poster ‚Notfallschutz' ..... 16

2.5 Informationssicherheit für den Strahlenschutz ..... 17

2.5.1 Impulsvortrag von Harald Niggemann, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn ..... 17

2.5.2 World Café-Poster ‚IT- und Datensicherheit' ..... 18

2.6 Digitalisierung im Naturschutz für gesellschaftliche Akzeptanz ..... 19

2.6.1 Impulsvortrages von Michael Bilo, Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn ..... 19

2.6.2 World Café-Poster ‚Gesellschaftliche Teilhabe' ..... 21

2.7 Interaktive Session: Citizen Science – Chancen und Herausforderungen mit Dan Philipp Baaken (Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz), Frau Wiebke Brink (Wissenschaft im Dialog, Berlin), Herrn Clemens Walther (Leibniz Universität Hannover) und Herrn Bernd Laquai (Opengeiger, Stuttgart) ..... 22

2.8 Keynote Lectures ..... 24

2.8.1 Keynote Lecture von Björn Haferkamp, Universität Bremen: ..... 24

2.8.2 Keynote Lecture von Tobias Fernholz, Bundeszentrale für politische Bildung, Leipzig: ..... 24

**3 Diskussion und Ausblick ..... 25**

**A-1 Programm der Klausurtagung ..... 28**

**A-2 Ergebnisposter aus den drei Diskussionsrunden des World-Cafés: Hier am Beispiel des Thementischs „Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung" ..... 31**

**A-3 Abstracts der Poster der Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler ..... 32**

# 1 Einleitung

Die Digitalisierung – oder korrekter: digitale Transformation – der Welt wird vielfach mit der Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern verglichen. Tatsächlich sind die Parallelen erstaunlich, sowohl in technischer Hinsicht als auch mit Blick auf die Revolution, die die beiden Entwicklungen in ihrer jeweiligen Ära ausgelöst haben. Wo immer wir stehen und gehen, sind wir von digitalen Prozessen umgeben. Sie haben unseren Alltag wie unsere Arbeit schneller, flexibler und vielfältiger gemacht, und dennoch empfinden wir auch Schattenseiten, über die wir uns Gedanken machen müssen: Unübersichtlichkeit und Ohnmacht derer, die nicht mitgenommen wurden, Anfälligkeit, schlechte Qualität und Vergänglichkeit der Daten, die Gefahr des Missbrauchs. Auch am Strahlenschutz ist die digitale Transformation nicht vorübergegangen, auch dort bietet sie großartige Chancen, und auch hier müssen ihre Risiken angesprochen und angegangen werden.

Die Klausurtagung 2023 zur ‚Digitalisierung im Strahlenschutz' der Strahlenschutzkommission (SSK) fand in Mainz statt, wo Johannes Gutenberg den Druck mit beweglichen Lettern erfand, und sie unterschied sich bereits aufgrund ihrer Formate von früheren Tagungen, indem die Teilnehmenden aktiver daran beteiligt waren als jemals zuvor. Die zunächst gehaltenen Impulsvorträge zu Gebieten, in denen die digitale Transformation auch im Strahlenschutz bedeutsam ist, entsprachen noch dem gewohnten, „frontalen" Format und berührten Themen wie Messtechnik, Forschung, Medizin, Notfallschutz, nichtionisierende Strahlung, Strahlenschutztechnik, Naturschutz und Radioökologie. Das darauffolgende „World Café" aber war für die meisten Teilnehmenden Neuland: Es fanden Kleingruppendiskussionen zu den angesprochenen Themen statt, die von einem Leitungsteam protokolliert und in einer späteren Sitzung referiert und in einer moderierten Podiumsdiskussion und im Plenum diskutiert wurden. Weitere Keynote-Vorträge über Themen jenseits des Kerngebiets Strahlenschutz berichteten z. B. über Auswirkungen der digitalen Transformation auf Politik und Gesellschaft. Die SSK sucht den Kontakt zum wissenschaftlichen Nachwuchs und auch zu erfahrenen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, die bislang in der SSK noch nicht tätig waren und hat daher als weiteres Novum eine Postersession eingerichtet, in der zahlreiche Forschende über ihre persönlichen Gebiete und Ergebnisse berichten konnten.

Die abschließende interaktive Podiumsdiskussion fasste die wesentlichen Erkenntnisse der beiden Tage zusammen und vertiefte dabei relevante Aspekte. So ergab sich ein Bild von der Vielfältigkeit der digitalen Transformation im Kontext des Strahlenschutzes mit ihren Chancen ebenso wie eine präzisere Vorstellung zum Umgang mit den diese begleitenden Risiken.

Das spezielle Programm und sein Format diente insbesondere dazu, Fragen die sich aus der digitalen Transformation in den verschiedenen Bereichen des Strahlenschutzes ergeben zu identifizieren und zu diskutieren, ob sich daraus Themen ergeben, die zukünftig die Aufmerksamkeit der SSK erfordern.

# 2 Zusammenfassung des Programms

## 2.1 Metrologie für die digitale Transformation

### 2.1.1 Impulsvortrag von Jens Niederhausen, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Berlin

Digital-transformierte Prozesse versprechen effizienzoptimierte metrologische Dienstleistungen. Anhand des Beispiels Kalibrierung zeigt der Vortrag exemplarisch die durchgehende Digitalisierung eines Arbeitsprozesses an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB)

durch die Entwicklung geeigneter Datenformate sowie die medienbruchfreie Verbindung von Prozessschritten mithilfe standardisierter Schnittstellen.

Digitale Workflows in dem der Metrologie übergeordneten System der Qualitätsinfrastruktur erfordern eine Vernetzung mit Normung, Akkreditierung, Konformitätsbewertung und Marktüberwachung sowie standardisierte Datenformate und Schnittstellen. Diese Entwicklungen werden von der PTB zusammen mit BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung), DAkkS (Deutsche Akkreditierungsstelle), DIN (Deutsches Institut für Normung) und DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik) im Rahmen der nationalen Initiative QI-Digital vorangetrieben. Hierbei entwickelt die PTB digitale Werkzeuge für das Zusammenspiel der Akteure im Bereich des gesetzlichen Messwesens, beispielsweise eine digitale Vertrauensplattform für Daten und Prozesse und ein maschinenlesbares Zertifikat für die Konformitätsbewertung. Für die ganzheitliche Behandlung von Produkten über Domänengrenzen hinweg wird diese Infrastruktur weiterentwickelt zu einer QI-Cloud[1]. Diese unterstützt zukünftig das Zusammenführen von Produktdaten in einem digitalen Produktpass. Ein weiterer Fokus der PTB-Arbeiten ist das Schaffen von Vertrauen in KI durch die Entwicklung von Metriken und Methoden zur Bewertung von Qualitätskriterien wie Erklärbarkeit, Robustheit, Unsicherheit und Fairness. Die PTB untersucht dazu gesundheitskritische Anwendungen im Bereich der Medizin und entwickelt eine Service-Plattform für die Bereitstellung von Referenzdatensätzen und einer Operationalisierung der erarbeiten Prüfmethoden.

[1] QI-Cloud: Föderierte IT-Plattform zur vertrauensvollen, digitalen Abbildung von Prozessen und Services der Qualitätsinfrastruktur (QI). Weitere Informationen sind unter https://www.qi-digital.de/digitale-qi/qi-cloud zu finden.

### 2.1.2 World Café-Poster ‚Metrologie für die digitale Transformation'

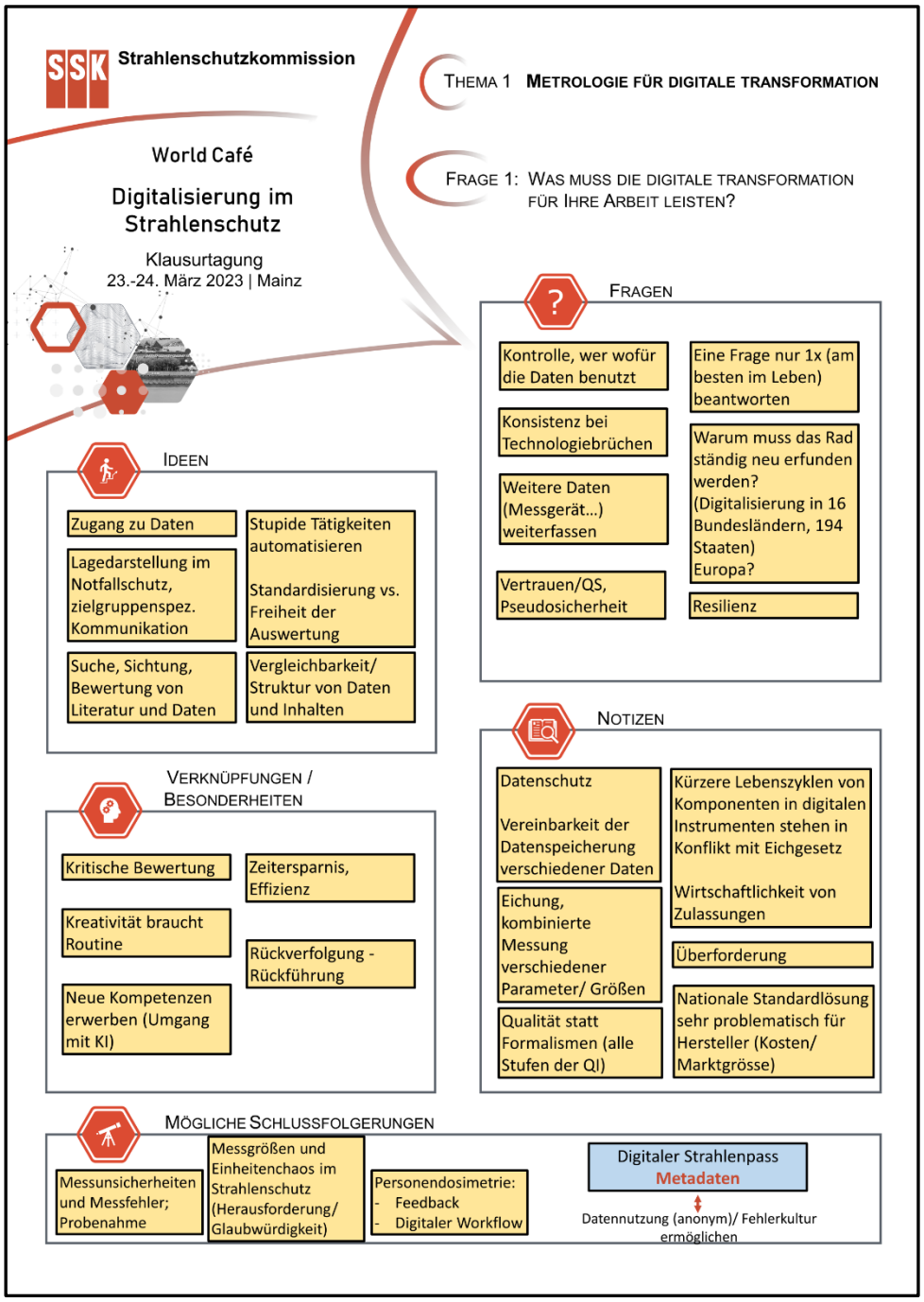



*Abb. 1: World Café-Poster ‚Metrologie für die digitale Transformation'*

Das World Café begrüßte an diesem Thementisch Teilnehmende zur Diskussion der Metrologie für die digitale Transformation. Nachdem das Thema mit dem Impulsvorträgen von Jens Niederhausen (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), Peter Mildenberger (Gutenberg-Universität Mainz) und Daniela Thorwarth (Universitätsklinikum Tübingen) vorgestellt worden war, fiel es den Teilnehmenden leicht den Einstieg zu finden.

Zu Beginn ergaben sich viele konkrete Aspekte aus dem Arbeitsleben der Teilnehmenden, getriggert durch die Einstiegsfrage: „Was muss digitale Transformation ermöglichen, um Ihre Arbeit zu unterstützen?" Die Teilnehmenden sahen in der digitalen Transformation das Potenzial sich von „stupiden Tätigkeiten" zu entlasten und somit Freiraum für ihre eigentlichen Aufgaben zu schaffen. Damit das gelingt, muss digitale Transformation vor allem **Qualität** in

den Fokus nehmen. Es wurde kritisch gefragt, wie wir die Qualität von Messdaten bewerten könnten, wenn im Strahlenschutz zunehmend geprüfte Messgeräte und bezahlbare Technologie fehlten. Damit fokussierte sich die Diskussion auf die metrologische Qualität von Daten: Rückführung, Unsicherheit und Vertrauenswürdigkeit. Die Frage, ob es ein Qualitätslable für Daten, jenseits von FAIR[2] braucht, wurde ebenso in den Raum gestellt, wie die Frage nach dem Sinn und Zweck von Baumusterprüfungen, wenn bspw. der Innovationszyklus kürzer als der Prüfzyklus sei.

Im Nachgang an dieses Themenfeld schloss sich die Beobachtung an, dass die digitale Transformation auch eine Herausforderung beinhaltet, die sich an alle richtet, die Nutzen daraus ziehen möchten: **Lernen.** Um neue Methoden kompetent und kritisch würdigend einsetzen zu können, müssen wir alle unsere Kompetenzen erweitern. Die Methodenkompetenz muss durch strukturiertes Lernen von anderen Stellen (Lernen von Behörden untereinander), aber auch Lernen von anderen europäischen Ländern ergänzt werden. Das gelte nicht nur für neue Methoden zur Datenanalyse wie dem maschinellen Lernen/künstliche Intelligenz (KI), sondern auch für Frage der IT-Sicherheit, der Souveränität und Resilienz. Es wurde kritisch hinterfragt, ob wirklich der Datenschutz im Rahmen der DSGV das Problem sei oder nicht vielmehr die tausendfachen (unterschiedlichen) Auslegungen durch die Datenschutzbeauftragten in den einzelnen Häusern. So ergab sich die zentrale Frage zum Lernen: Warum nutzen wir so selten Lösungen, die bereits verfügbar sind und klagen gleichzeitig über Arbeitsüberlastung?

Aus den Überlegungen zur Qualität und der Notwendigkeit des Lernens war das große Themenfeld der **Daten** im Zentrum der Diskussion gelandet. Dabei wurde kritisch angemerkt, dass im Strahlenschutz ein nicht-kommunizierbares Einheiten und Messgrößenchaos herrsche (Originalzitat). So seien Daten ohne verlässliche Metadaten[3] praktisch wertlos. Würde man zu dieser Herausforderung einen Lösungsweg entwickeln, könnte der Strahlenschutz viel gewinnen: Metadaten könnten die Messgröße, Messbedingungen und die Unsicherheiten mitliefern!

Bringt man die Schlüsselbegriffe des Thementisches zusammen, wurde aus den Begriffen Qualität, Lernen, Daten eine positive Zukunftsvorstellung abgeleitet, die die digitale Transformation ermöglichen könnte: Mit neuen Fähigkeiten und Methodenkompetenz kritische Bewertung von Ergebnissen in der Forschung in besserer **Qualität** zu ermöglichen, sich in der Routine durch neue Verfahren selbst zu entlasten und durch das **Lernen** von anderen, das Rad nicht immer wieder neu erfinden zu müssen. Wenn es schließlich gelänge, hochqualitative **Daten** nachhaltig zu nutzen, so dass beispielsweise vollständige Metadaten zur Strahlenexposition in die digitale Gesundheitsakte gemeinsam mit den Daten aus dem Strahlenpass genutzt werden könnten , hätte die digitale Transformation dem Erkenntnisgewinn in der Forschung einen großen Dienst erwiesen.

## 2.2 Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung

### 2.2.1 Impulsvortrag von Peter Mildenberger, Universitätsmedizin Mainz

Die Einbindung der Radiologie in die digitale Vernetzung des Gesundheitswesens wird seit Beginn der Überlegungen, die mittlerweile ca. 20 Jahre andauern, zur Einführung einer elektronischen Gesundheitskarte diskutiert. Dafür ist die Radiologie aus verschiedenen Gründen prädestiniert. In dem Fach ist sehr früh mit einem Radiologie-Informationssystem (RIS) und

---

[2] FAIR: Forschungsdaten sollen laut der GO FAIR-Initiative FAIR sein. Das Akronym FAIR steht für Findable (Auffindbar), Accessible (Zugänglich), Interoperable (Interoperabel) und Reusable (Wiederverwendbar). Ziel ist es, dass Forschungsdaten für Menschen und Maschinen optimal aufbereitet und zugänglich sind.

[3] Metadaten: Metadaten sind strukturierte Informationen über Forschungsdaten nach dem FAIR-Prinzip (siehe auch Fußnote 2 zu FAIR).

einem Bilddatenarchivierungs- und Kommunikationssystem (PACS) eine hohe, interne Digitalisierung erreicht worden, und in vielen Fällen ist die Übermittlung von Befunden und v. a. Bilddaten für den Behandlungsablauf essentiell und zur Vermeidung von Wiederholungsuntersuchungen auch aus Strahlenschutzgründen zwingend. Der bislang immer noch übliche Weg mit CD/DVD ist aufwendig, langsam und unpraktisch. Internetbasierte Methoden sind potenziell im Hinblick auf den Datenschutz problematisch und aufgrund der fehlenden Vorgaben droht hier eine Vielzahl unterschiedlicher, paralleler Lösungen die Akzeptanz einzuschränken. Daher wäre ein konsensbasierter Ansatz mit international akzeptierten Standards, wie er beispielsweise inzwischen sehr erfolgreich in Österreich oder Schweiz umgesetzt wird, aus Sicht der Radiologen als auch der Patientinnen und Patienten wünschenswert. Hierfür gibt es international auf der Basis von IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) gute Lösungskonzepte. IHE bietet mit IHE-Catalyst eine Organisation, die sowohl in der Konzeption von eHealth-Programmen als auch mit Interoperabilitätstests unterstützen kann.

Eine gute Vernetzung ist zudem Voraussetzung für die Nutzbarkeit von KI-Tools in der Radiologie, da immer mehr Anbieter hier aus Performance- und Servicegründen zu Cloudbasierten Lösungen tendieren. KI-Tools in der Radiologie haben etliche Anwendungsgebiete, dies sind neben der Optimierung der primären Bildprozessierung selbst vor allem Befundanalysen. Hierbei sind als Schwerpunkte neurologische Fragestellungen, Mammadiagnostik und Lungendiagnostik zu nennen. Die Erwartungen von Expertinnen und Experten, dass KI eine Vielzahl von Befundungen übernimmt und Radiologinnen und Radiologen überflüssig würden, hat sich bislang nicht bewahrheitet – im Gegenteil steigt die Anzahl bildgebender Untersuchungen schneller als die Zahl von Radiologinnen und Radiologen. Es ist jedoch absehbar, dass KI in der Radiologie wesentliche Effekte haben wird, die v. a. mit einer Optimierung der Qualität, der Befundsicherheit als auch der Abläufe verbunden sein werden. Zudem kann einfacher eine Quantifizierung von bestimmten Befundmustern erreicht werden. Es ist jedoch auch absehbar, dass für KI-Tools Regeln zur Testung und Validierung erforderlich werden können. Hierzu sind sicherlich verschiedene Forschungsarbeiten und regulatorische Ansätze denkbar. Eine Abstimmung zwischen unterschiedlichen Akteuren, insbesondere der Netzwerke der Universitäten, der Medizininformatikinitiative, der gematik GmbH u. a. könnte hier sinnvoll sein.

### 2.2.2 World Café-Poster ‚Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung'

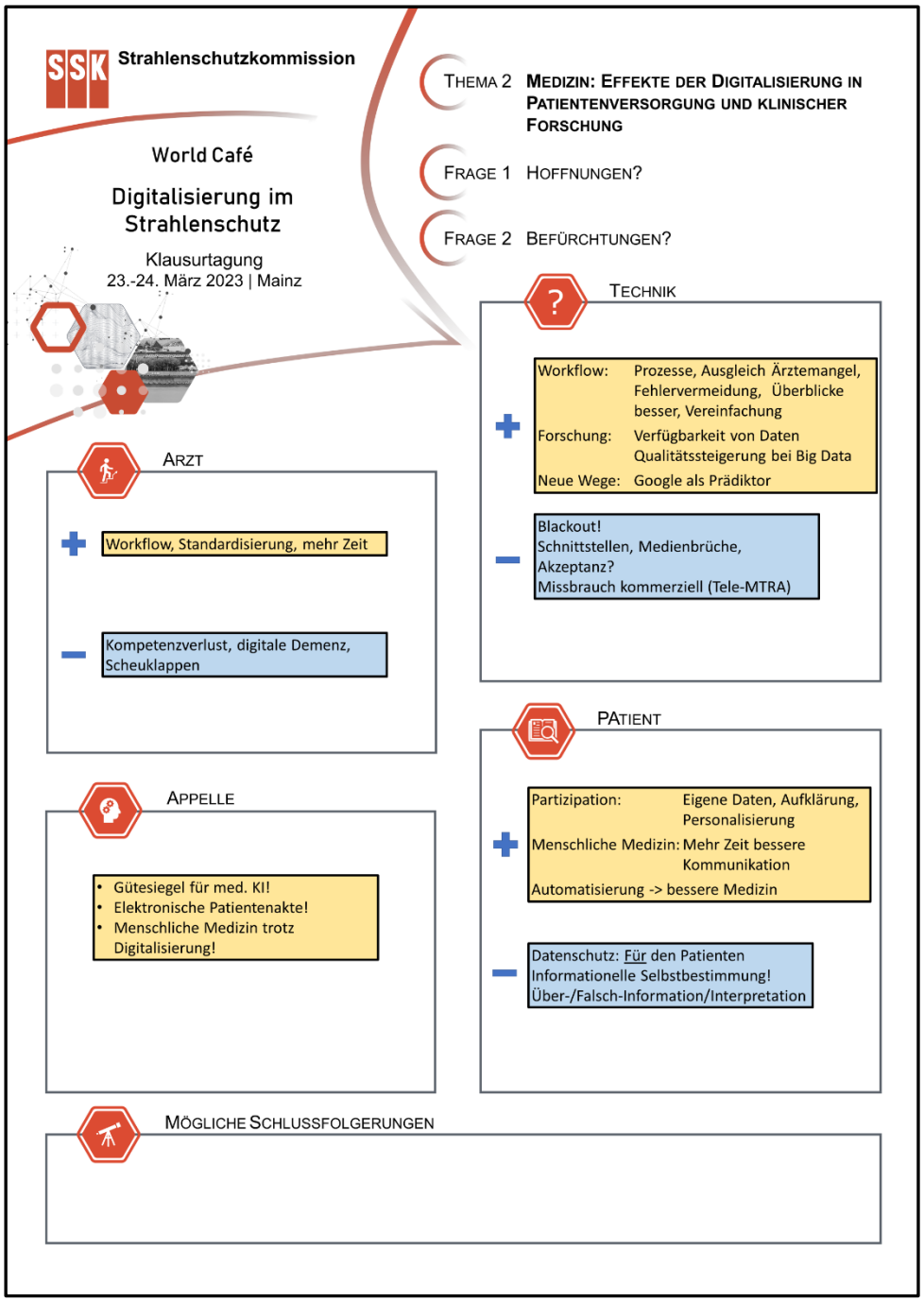



*Abb. 2: World Café Poster ‚Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung'*

Die Krankenversorgung in Deutschland ist vom Mangel an Finanzmitteln wie an Fachkräften geprägt. Die Belastungen während drei Jahren Pandemie und die seit dem Überfall Russlands auf die Ukraine gestiegenen Energiekosten haben zu einer weiteren Verschärfung der Situation beigetragen. Auch wenn das ärztliche und Pflegepersonal sich bis an die Grenze seiner Belastbarkeit bemüht, die Situation gegenüber den Kranken abzufedern, sind Folgen für die medizinische Versorgung absehbar. Im günstigsten Fall bestehen sie in längeren Wartezeiten und stockenden Arbeitsabläufen, aber auch über Mängel in der Behandlungsqualität und kritische Verzögerungen von Diagnosen und Behandlungen wird zunehmend berichtet. Vor diesem Hintergrund sind mit der digitalen Transformation in der Medizin sowohl Hoffnungen

als auch Befürchtungen verknüpft. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Thementisch „Digitalisierung in der Medizin“ – zu großen Teilen mittelbar oder unmittelbar den Fächern Radiologie, Nuklearmedizin, Radioonkologie oder Medizinphysik zugehörig – fokussierten ihre Betrachtungen auf die Felder „Technik“, „Ärztinnen und Ärzte“ sowie „Patientinnen und Patienten“, und die von ihnen genannten, erhofften oder befürchteten Entwicklungen in diesen Feldern werden im Folgenden zusammengefasst:

**Technik:** Dass die digitale Transformation in der Medizin „passiert“ und nicht umkehrbar ist, ist ein Faktum, dem alle Beteiligten sich stellen müssen. Zweifellos wirkt sie sich auf den Arbeitsfluss aus, kann Prozesse beschleunigen, alle in der Medizin Beschäftigten von langwierigen und wenig anspruchsvollen Arbeiten entlasten und somit den steigenden Personalmangel abzufedern helfen. Zudem kann sie durch „eingebaute“ Sicherungsmechanismen zur Fehlervermeidung beitragen. Eine konsequente digitale Transformation in der Medizin kann die Verfügbarkeit und Qualität von Daten verbessern, Analysen erleichtern und künftig mit Hilfe von Methoden der künstlichen Intelligenz (KI) z. B. zur Erkennung von Trends und zur Beschaffung von Daten für die Krankheitsprävention und epidemiologischen Modellierung beitragen. Die Achillesferse der digitalen Transformation ist zweifellos die Anfälligkeit der Systeme gegenüber

- Systemausfällen,
- Schnittstellenproblemen zwischen inkompatiblen Systemen (insbesondere während einer langen Übergangsphase) sowie
- Medienbrüchen, d. h., Abläufen mit sowohl digitalen als auch konventionellen Anteilen, z. B. Bescheinigungen auf Papier trotz digitaler Patientenakte.
- Gerade Medienbrüche wurden von allen Beteiligten als „Sand im Getriebe“ bezeichnet, da sie die gleichzeitige Bedienung sowohl digitaler als auch konventioneller Medien erfordern.

Größtes Problem einer digitalen Haltung, Verarbeitung und Übertragung medizinischer Daten ist angesichts ihrer extremen Sensibilität ihre *Verletzlichkeit* gegenüber Angriffen seitens feindlich gesinnter Staaten oder Krimineller und der *hohe Sicherungsbedarf* gegenüber unbefugtem Zugang. Bekannt gewordene Ereignisse wie die Lahmlegung deutscher Kliniken oder der erpresserische Datendiebstahl in einer psychiatrischen Klinik in Finnland haben sich auf das Vertrauen der Bevölkerung in die digitale Transformation sensibler Daten zweifellos ungünstig ausgewirkt. Generell ist die Akzeptanz generationsabhängig, wobei neben extremen Vorbehalten auch eine beunruhigende Sorglosigkeit beobachtet werden kann. Die digitale Transformation medizinischer Abläufe kann auch regelwidrigen Arbeitsabläufen Vorschub leisten. Genannt wurden z. B. „Tele-MTRA“, die ein bildgebendes Großgerät durch elektronische Anbindung aus der Ferne bedienen, womöglich mit unzureichender technischer Ausstattung.

Für **Patientinnen und Patienten** eröffnet die digitale Transformation einen Weg zur Partizipation, erfordert aber mehr denn je die Wahrung ihres Rechts auf informationelle Selbstbestimmung. Dessen Umsetzung trägt nicht zwangsläufig dazu bei, dass die Abläufe für sie glatter und freundlicher werden. Bei allen Anforderungen an einen konsequenten und rechtskonformen Datenschutz dürfen keine Blockaden resultieren, die verhindern, dass Daten rechtzeitig dort verfügbar sind, wo sie zur weiteren Behandlung benötigt werden. Auch Fehlinformation und -interpretation sowie Überinformation ist eine mögliche Fehlentwicklung der Partizipation. Wer Befunden oder sogar Bildern unbegleitet ausgesetzt wird, ohne ärztliche Interpretation dessen, worum es sich dabei handelt, was sie bedeuten, und wie mit ihnen umzugehen ist, verschafft sich die fehlende Information aus anderen Quellen – in günstigerem Fall

von einer medizinischen Fachperson im Bekanntenkreis, allzu oft aber über Internet-Suchmaschinen, schlimmstenfalls über dubiose Seiten.

Das **ärztliche** Personal profitiert von der digitalen Transformation, indem Arbeitsabläufe automatisiert und standardisiert werden. Dies kann sehr wohl Valenzen zum Wohl der Kranken freisetzen, aber nur, wenn sie auch in diesem Sinne genutzt werden. Wenn Beschäftigte aufgrund des genannten Personalmangels bereits am Rande ihrer eigenen Belastbarkeit arbeiten, kann man ihnen nicht verübeln, wenn gewonnene Valenzen zur eigenen Entlastung genutzt werden. Leider ist zumindest im Zuge der Einführung digitaler Systeme zu beobachten, dass sowohl ärztliches als auch pflegerisches Personal dies als Korsett und subjektiv als Zumutung empfindet, insbesondere, wenn dies bedeutet, dass digitale Systeme zugleich mit einer traditionellen Dokumentation auf Papier bedient werden müssen, was eindeutig in Mehrarbeit resultiert. Auch hier ist eine Zeit des Übergangs und der Vertrauensbildung einzukalkulieren.

Bei der klinischen Arbeit können digitale Diagnosesysteme, mit oder ohne Unterstützung durch KI die Qualität ärztlicher Arbeit zweifellos verbessern, insbesondere in klassischen „digitalen“ Fächern wir Radiologie, Nuklearmedizin oder Radioonkologie, und besonders bei intellektuell wenig anspruchsvollen Arbeiten, die gleichwohl hohe Konzentration erfordern und deshalb fehleranfällig sind. Ein Beispiel hierfür ist das Absuchen von CT-Serien nach Herdbefunden der Lunge oder der Knochen. Die Konsequenzen „intelligenter“ Systeme wurden von den Teilnehmenden mit Vorbehalten bewertet, insbesondere, wenn mit ihnen z. B. bezweckt wird, Befunde hinsichtlich Artdiagnose oder Prognose zu bewerten, also die intellektuelle, genuin ärztliche Leistung zu übernehmen. Zum einen wurde bezweifelt, dass digitale Systeme ärztliches Denken tatsächlich erlernen können: Auch differenzierte KI-Lösungen „lernen“ letztlich aufgrund statistischer Beobachtungen, sind aber im Erkennen kausaler Zusammenhänge und in deren Abwägung, im logischen Denken in klinischen Kontexten schwach oder dazu unfähig. Zum anderen stünde zu befürchten, dass ein solcher Einsatz digitaler Systeme zur Denkfaulheit und zu reinem Funktionieren verleitet: Der Prozess bestimmt den Menschen, nicht umgekehrt; der Mensch würde ohne Blick zur Seite seine Aufträge abarbeiten, ein Verlust sowohl an Freiheit als auch Kompetenz.

Die Teilnehmenden formulierten abschließend drei **Appelle**:

1. Wenn in der ärztlichen Arbeit künstliche Intelligenz (KI) eine Rolle spielen soll, dann nur eine mit „Gütesiegel“.
2. Wenn digitale Transformation, dann konsequent und ohne Medienbrüche.
3. Die digitale Transformation soll Ärztinnen und Ärzte und Patientinnen und Patienten nicht auf ihre Pfade zwingen, sondern dazu beitragen, dass Medizin weiterhin - oder besser: zunehmend – als menschliche Interaktion funktioniert und auch so wahrgenommen wird.

## 2.3 Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung

### 2.3.1 Impulsvortrags von Daniela Thorwarth, Universitätsklinikum Tübingen

Im Strahlenschutz sowie der Qualitätssicherung von medizinischen Bestrahlungsgeräten und individuellen Patientenbehandlungen kommen heute in zunehmendem Maße digitale Techniken zum Einsatz.

Am Beispiel der strahlentherapeutischen Qualitätskontrolle von Behandlungsplänen und Geräteparametern werden verschiedene Aspekte und Methoden der digitalen Transformation wie die digitale Patientenakte, aber auch autonome Ansätze zur Berechnung, Planung und Quali-

tätskontrolle von Bestrahlungsplänen inklusive Methoden der künstlichen Intelligenz vorgestellt. Außerdem sollen Vorteile und potenzielle Risiken, sowie geltende rechtliche Rahmenbedingungen beleuchtet werden. Abschießend wird die Relevanz der digitalen Transformation in Forschung und klinischer Anwendung und mögliche Implikationen dieser Methoden auf zukünftige technische und medizinische Aspekte des Strahlenschutzes diskutiert werden.

### 2.3.2 World Café-Poster ‚Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung'

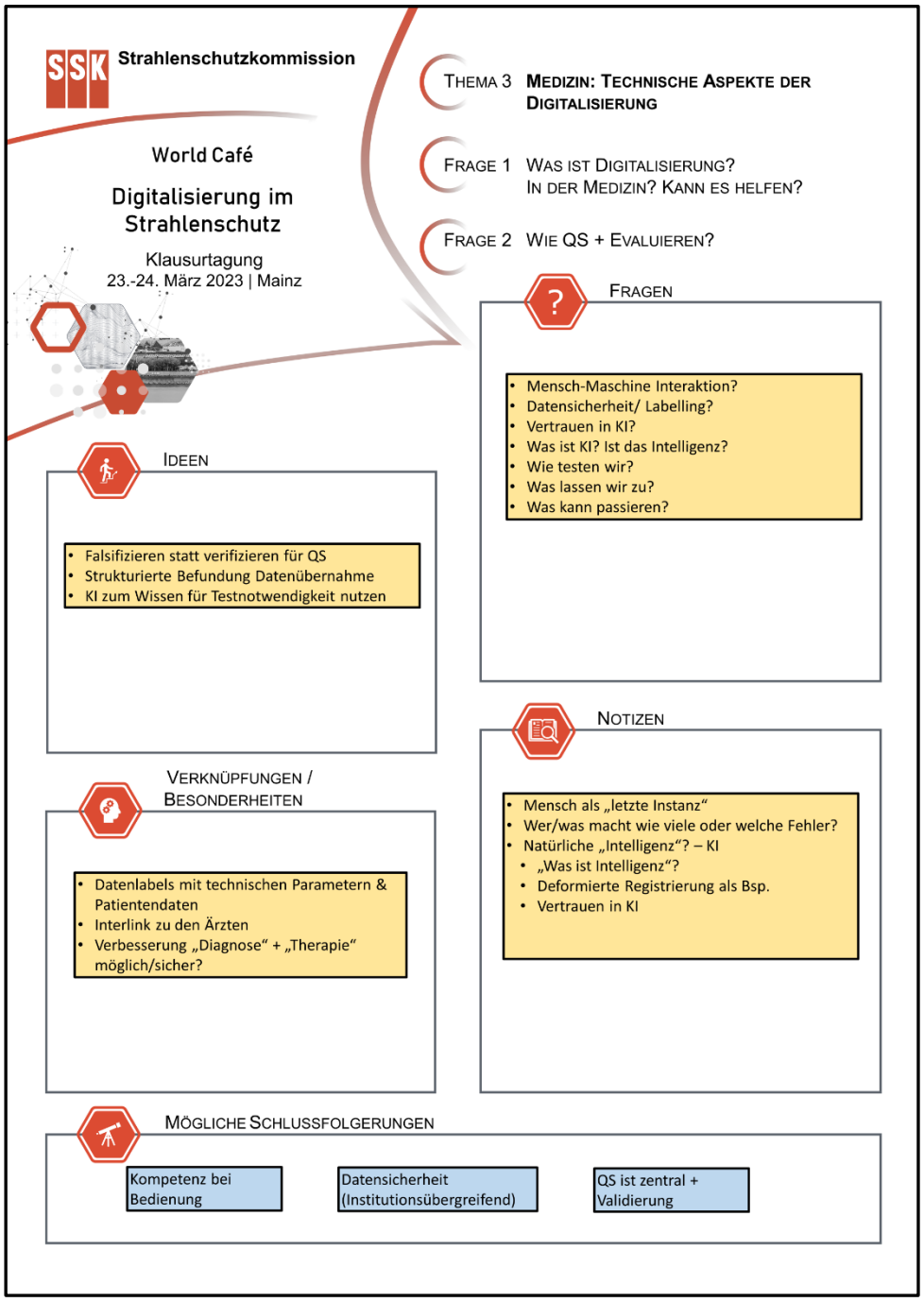



*Abb. 3: World Café Poster ‚Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung'*

In der Diskussion der technischen Aspekte der Digitalisierung in der Medizin wurde am Anfang und auch in allen Gruppen zunächst die Frage gestellt, was unter Digitalisierung in diesem Zusammenhang für die Diskussion überhaupt zu verstehen sei. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass in der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung seit Jahrzehnten viele Digitalisierungsschritte fortlaufend umgesetzt worden sind. So sind viele Modalitäten wie z. B.

die Computertomographie primär digital; bei anderen wie der planaren Radiographie wurden zunächst primär analoge Daten für die weitere Bearbeitung, Speicherung und Befundung digitalisiert. Inzwischen sind primär digitale Bildgebungssysteme, digitale Bestrahlungsplanungssysteme, Patientendatenverwaltung und Systeme wie KIS, RIS und PACS Standard in der medizinischen Versorgung und für eine effektive Krankenbehandlung unentbehrlich. Aktuelle Entwicklungen betreffen v. a. maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz (KI). Ihre Potenziale und auch die mit ihrem Einsatz verbundenen Risiken werfen folgende Fragen auf bzw. ergeben folgende Problemfelder:

a) Wie ist Intelligenz definiert und wie lässt sich künstliche von natürlicher Intelligenz abgrenzen?

b) Welches sind potenzielle Nutzen und Risiken von KI in der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlung?

c) Welche Anforderungen an Rahmenbedingungen, Qualitätssicherung und Validierung sind für eine optimale Nutzung zu stellen?

Aus diesen grundlegenden Fragestellungen ergaben sich weitere spezifischere Fragestellungen:

I. Welche Auswirkungen von KI auf Mensch-Maschine-Interaktion und Workflow sind zu erwarten? Hat dies Auswirkungen auf das Nutzen-Risiko-Verhältnis des Einsatzes ionisierender Strahlung in der Medizin?

II. Gibt es spezielle Anforderungen zur Erzielung der Datensicherheit und wie werden diese gewährleistet?

III. Welche Anforderungen sind an Qualitätssicherung und Labelling zu stellen?

IV. Welches sind Voraussetzungen für Vertrauen in medizinische KI-Anwendungen?

V. Welches sind die Risiken bei der Anwendung?

VI. Wie testen wir?

VII. Was lassen wir zu?

Zu einigen der Aspekte wurden auch bereits Lösungsansätze diskutiert:

Zu VI z. B. wurde vorgeschlagen zu überlegen, ob in der Testung von KI-Systemen die Verifizierung als bisheriges Prinzip der Qualitätssicherung, durch eine Falsifizierung ersetzt werden könnte.

Die Frage VII erfordert klinische Studien zu den Möglichkeiten, aber auch zu der Frage, wer (Mensch/KI-System) wie viele, aber auch welche Fehler macht. Da derartige Studien für Systeme der künstlichen Intelligenz schwierig sind und der klinische Outcome möglicherweise erst nach vielen Jahren beurteilt werden könnte, müssen wir Prädiktoren für die Qualität der Verfahren finden. Das wäre auch unabdingbar, um Antworten auf die Fragen IV und V zu erhalten.

Ungeachtet der Anforderungen an den Datenschutz insbesondere im Kontext medizinischer Daten muss für die (Weiter-) Entwicklung der KI-Modelle die Qualität der Daten gesichert sein (II), z. B. der Bilddaten oder Bestrahlungspläne. Es kommt aber nicht auf hochqualitative Daten im Sinne z. B. der Bildqualität, sondern insbesondere die Kenntnis über die Entstehung der Eingangsdaten inklusive der Systemcharakteristika, technischer Aufnahme- oder Berechnungsparameter und Patientendaten an. Diese Informationen müssen bekannt sein (II und III), und es müssen ausreichend Daten zur sinnvollen Bestimmung des zu betrachtenden Parameterraums vorliegen. Die Anzahl der Datensätze muss dafür je nach Fragestellung nicht zwangsweise immer besonders groß sein, so lange die notwendigen Informationen in den Daten enthalten sind. Der Anwendende, d. h. insbesondere Ärztin oder Arzt müssen die Verfahren verstehen,

um zu erkennen, wenn Informationen überdeckt, verändert oder hinzugefügt werden oder andere Probleme entstehen. Diese Anforderung ist sowohl in der Entwicklung als auch der Anwendung KI-basierter Verfahren unabdingbar, um deren möglichen Nutzen überhaupt auszuschöpfen (I). Für deren Zulassung wie Anwendung bleibt die fachliche menschliche Expertise letzte Instanz, soll nachhaltiges Vertrauen in KI-Verfahren in der Medizin aufgebaut werden (IV). KI-Systeme, die eigenständig die Notwendigkeit eines Tests des technischen Systems oder der KI-Software selbst erkennen, um Fehlfunktionen aufzudecken, wären ein weiterer Schritt zu erhöhter Sicherheit und zur Stärkung des Vertrauens darin (IV).

Als zentrale Aspekte aus den technisch motivierten Betrachtungen zum Einsatz künstlicher Intelligenz in der Medizin ergaben sich:

- Günstige Effekte auf den Arbeitsablauf und die Behandlung sind bereits heute unbestreitbar, wie z. B. bei der deformierbaren Registrierung in Echtzeit in der Bestrahlungsplanung, oder der Integration von Voruntersuchungen für optimierte Befundung.
- Die Möglichkeit von Fehlern muss stets bedacht und jede Anwendung muss fortlaufend von einer kritischen Bewertung und Prüfung der Plausibilität durch Personen mit entsprechender Expertise begleitet werden.
- Die Parameter der Datenerzeugung und die Patientendaten müssen bekannt sein.
- Die Verfahren müssen validiert und qualitätsgesichert sein. Dazu sind neue Ansätze erforderlich. Starre Phantome für eine Verifizierung sind bei KI-basierten Systemen weder für die Validierung und erst recht nicht für die Qualitätssicherung geeignet. Eine Validierung muss einen Bezug zu dem zu erwartenden klinischen Outcome haben.

## 2.4 Chancen und Risiken der Digitalisierung im Notfallschutz

### 2.4.1 Impulsvortrag von Florian Gering, Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Neuherberg

Bereits nach dem Reaktorunfall von Tschernobyl wurden in Deutschland erste Schritte in Richtung Digitalisierung im Notfallschutz ergriffen, so z. B. sichtbar im ersten IMIS-System, das 1993 betriebsbereit wurde. Die messtechnische Umweltüberwachung sowie diverse prognostische und diagnostische Verfahren waren von Anfang an nur in digitaler Form zu bewältigen. Seit damals sind in die Weiterentwicklung des IMIS-Systems zahlreiche zusätzliche Anforderungen bzgl. Funktionsumfang, Verfügbarkeit, Stabilität, Benutzerfreundlichkeit und Nachhaltigkeit eingeflossen.

Dabei zeigte sich, dass mit zunehmender Digitalisierung im Notfallschutz kontinuierlich neue Potenziale erschlossen werden können und sich somit neue Chancen für die Verbesserung des Notfallschutzes ergeben können. Derartige neue und verbesserte Möglichkeiten, die eine fortschreitende Digitalisierung bieten könnte, sind z. B.

- Verbesserte automatisierte Überwachung von Messdaten aus in- und ausländischen Messnetzen z. B. durch KI-Methoden, um schnell und mit hoher Sicherheit erhöhte Messwerte zu erkennen, die durch tatsächliche radiologische Ereignisse verursacht werden (Hauptproblem ist derzeit, dass bei großen Messnetzen sehr häufig „Falschmeldungen“ auftreten, die z. B. durch technische Fehler oder auch routinemäßige Funktionsprüfungen ausgelöst werden).
- Verbesserte Auswertung von Gammaspektren mittels KI-Verfahren, um die Nachweisgrenzen zu verringern und die Auswertung der Spektren zu automatisieren und zu beschleunigen.

- Verbesserte und vereinfachte Zusammenarbeit mehrerer räumlich verteilter Institutionen (wie z. B. im Radiologischen Lagezentrum des Bundes) durch Nutzung einer Toolbasis für Organisation und Zusammenarbeit.
- Verbesserte Kommunikation und Kooperation mit der Öffentlichkeit und Einsatzkräften durch die gezielte Weiterentwicklung von Software-Werkzeugen für Online Informations-Kanäle, so dass schnell zielgruppenspezifische Information bereitgestellt werden können.

Die Digitalisierung im Notfallschutz kann allerdings auch mit größeren Risiken einhergehen, so können z. B. wichtige Daten aufgrund Ausfalls von IT-Komponenten für den Datenfluss, -prüfung und -verarbeitung nicht zur Verfügung stehen, übermittelte Daten manipuliert werden oder fortgeschrittene Auswerte- und Prüfalgorithmen in nicht vorgeplanten Situationen zu falschen Schlussfolgerungen führen. Generell muss bei zunehmender Digitalisierung immer auch die Robustheit, Ausfallsicherheit und Härtung der eingesetzten digitalen Systeme gegen Störeinflüsse als ein zentraler Aspekt mitberücksichtigt werden. Gerade im Notfallschutz sollte immer auch eine analoge „Back-up-Strategie“ erarbeitet und vorgehalten werden.

### 2.4.2 World Café-Poster ‚Notfallschutz'

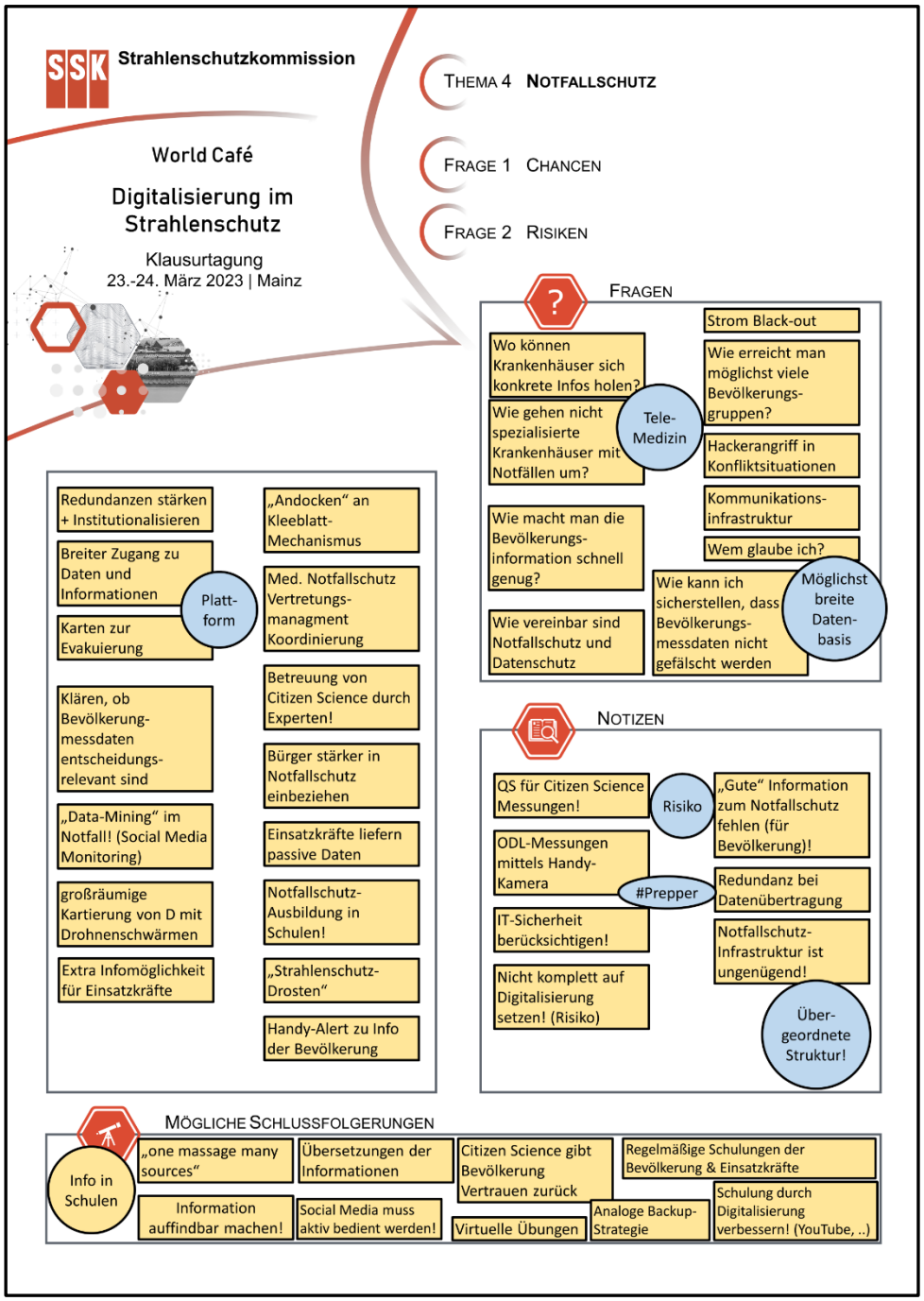



*Abb. 4: World Café-Poster ‚Notfallschutz'*

Im Rahmen des World Cafés wurden nicht nur Chancen und Risiken der digitalen Transformation im Notfallschutz aufgezählt, sondern eine ganze Reihe von Ideen diskutiert, wie der radiologische Notfallschutz verbessert werden kann. Schwerpunkte bildeten dabei vier Themenbereiche:

- Citizen Science,
- Informationen für Bevölkerung und Einsatzkräfte (Kommunikation),
- Ausfallsicherheit (insbesondere der technischen Komponenten),
- Krankenhäuser im Notfallschutz.

Im Bereich **Citizen Science** ging es um die Frage, wie Glaubwürdigkeit bei der Information der Bevölkerung erreicht werden kann. Dabei wurde deren Einbeziehung in alle Aspekte des Notfallschutzes als wichtiges Mittel genannt. Dazu gehört auch die Möglichkeit der Lieferung von Messwerten und deren Qualitätssicherheit. Interessante Aspekte, die dazu angesprochen wurden, waren z. B. die Qualitätssicherung für Citizen Science Messdaten, die notwendige Betreuung und Unterstützung von Citizen Science durch Fachexpertinnen und -experten und die Berücksichtigung von Expertinnen und Experten mit radiologischen Messkenntnissen (z. B. Sachverständige, Gutachterinnen und Gutachter).

Zur **Information** wurde angemerkt, dass eine leicht zugängige und allgemein bekannte Informationsplattform den Mangel an Information in Bevölkerung und bei Einsatzkräften abhelfen könnte. Gerade digitale Transformation bietet im Sinne „one message – many voices“ die Chance auf vielen Kanälen eine einheitliche Nachricht zu verteilen und ggf. für die Nutzenden individuell aufzubereiten Dabei könnte die KI dabei helfen, diese auch mehrsprachig zur Verfügung zu stellen. Auch die fehlende Ausbildung im Notfallschutzes war ein wichtiges Thema, zu dem vorgeschlagen wurde, bereits in der Schule wieder mit entsprechenden Themen zu beginnen und dadurch Vertrauen zu schaffen. Die digitale Transformation kann dabei helfen, interessantes und eingängiges Material zur Verfügung zu stellen. Virtuelle Übungsszenarien könnten zudem die Ausbildung maßgeblich ergänzen.

**Ausfallsicherheit** der Systeme wurde als vordringliches Thema und wichtiger Baustein des Notfallschutzkonzeptes erkannt. Dazu gehören Fragen der Ausfallsicherheit der Technik und der Notfallschutz-Infrastruktur aber auch der Abwehr von Hackerangriffen. Es müssen Redundanzen, aber auch „analoge Backupstrategien“ (Stift und Papier) bedacht werden.

Bei den **Krankenhäusern im Notfallschutz** wurde überlegt, dass z. B. über Systeme der Telemedizin vor allem für kleine Häuser wichtige Informationen im Notfall bereitgestellt werden könnten. Fragen der Koordination und Logistik z. B. beim Verlegungsmanagement könnten mit Hilfe digitaler Hilfsmöglichkeiten verbessert werden.

## 2.5 Informationssicherheit für den Strahlenschutz

### 2.5.1 Impulsvortrag von Harald Niggemann, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), Bonn

Nach einer kurzen Vorstellung des Bundesamtes für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) gibt der Vortrag einen Überblick über die aktuelle Cyber-Sicherheitslage. Dabei werden Kennzahlen und aktuelle Beispiele von Vorfällen in diesem Bereich dargestellt. Der Hauptteil des Vortrags befasst sich mit den wesentlichen Arbeitsschritten der IT-Grundschutz-Vorgehensweise des BSI. Der IT-Grundschutz ist ein ganzheitlicher, modularer und praxiserprobter Ansatz für Informationssicherheit. Er besteht einerseits aus einer Vorgehensweise, die in den BSI-Standards 200-1, 200-2 und 200-3 aufgeführt ist, und andererseits aus dem IT-Grundschutz-Kompendium, das Sicherheitsanforderungen für unterschiedliche Themen der Informationssicherheit enthält. Dabei deckt der IT-Grundschutz organisatorische, personelle, technische und infrastrukturelle Anforderungen ab. Abschließend werden ergänzende und weiterführende Informationsquellen des BSI dargestellt.

### 2.5.2 World Café-Poster ‚IT- und Datensicherheit'

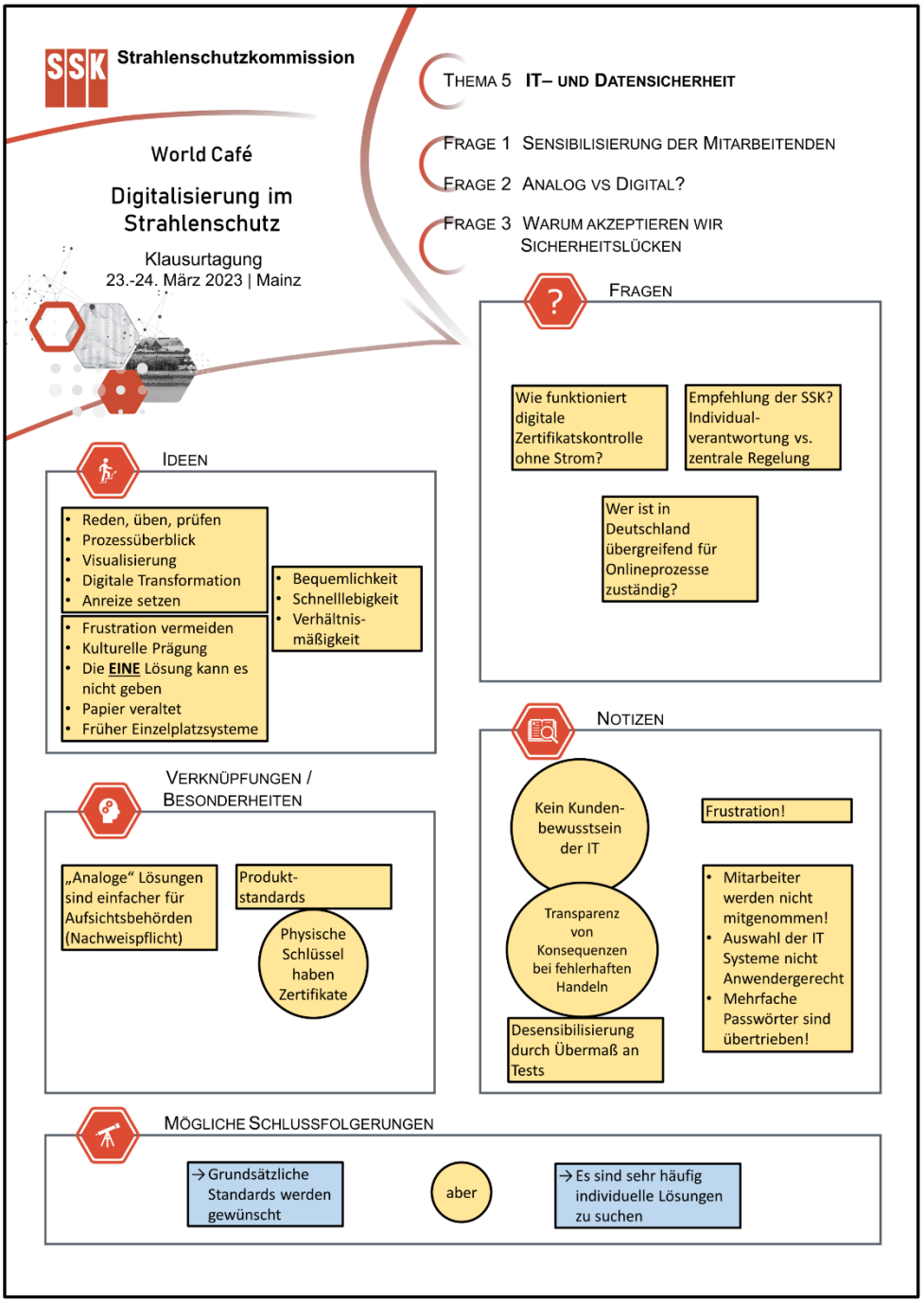



*Abb. 5: World Café Poster ‚IT- und Datensicherheit'*

Das World Café zum Thema „IT- und Datensicherheit" stieß auf große Resonanz, da wirklich jeder im beruflichen und privaten Umfeld mit diesem Thema konfrontiert ist. Ungeschützte Informationstechnik wurde u.a. verglichen mit einer Brücke, über die man jeden Tag fährt, an deren Unterseite jedoch dauerhaft Bauarbeiten stattfinden und Steine mit einem Pressluft-hammer herausgeschlagen werden.

Die Teilnehmenden des World Cafés haben sich daher vor allem mit den folgenden Fragen beschäftigt:

- Wie sensibilisiert man die Mitarbeitenden, dieses Thema ernst zu nehmen?
- Gibt es Situationen, in denen analoge Prozesse geeigneter sind als digitale?

– Warum akzeptieren wir Sicherheitslücken?

Zum Thema Sensibilisierung wurden insbesondere Gespräche und Übungen als Lösungsansätze genannt. Einige der Teilnehmenden berichteten beispielsweise über simulierte Phishing-E-Mails, die von der eigenen IT-Abteilung mit dem Ziel der Sensibilisierung der Mitarbeitenden verschickt wurden. Hierbei ist es allerdings besonders wichtig, dass die Personalvertretung einbezogen wird und die rechtlichen Rahmenbedingungen für solche Übungen beachtet werden. Nicht die Sanktionierung von Fehlverhalten, sondern das Vermitteln der Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen sollte im Vordergrund stehen.

Darüber hinaus wurden Hintergrundinformationen über Updates und ähnliche Maßnahmen sowie eine klare Kommunikation, wer für was verantwortlich ist, als Erfolgsfaktoren für die Sensibilisierung der Mitarbeitenden genannt. Wenn Benutzerinnen und Benutzer verantwortungsvoll handeln, tragen sie zum reibungslosen Betrieb bei.

Zur Frage „analog versus digital“ gab es sehr kontroverse Auffassungen. Die kulturelle Prägung der Menschen ist hierbei ein wichtiger Faktor. Ob man mit digitalen Prozessen aufgewachsen ist oder solche Prozesse erst später im Leben kennengelernt hat, spielt oft eine große Rolle. Hinzu kommt, dass es uns Menschen nicht immer leichtfällt, mit Veränderungen umzugehen.

Frustriert zeigten sich einige Teilnehmenden des World Cafés über Medienbrüche. Als Beispiel wurden hier Prozesse genannt, die zwar digital beginnen, aber dann durch den Zwang zum Ausdrucken (und womöglich wieder Einscannen) nicht konsequent digital zu Ende geführt werden. Ein weiterer Aspekt ist, dass es oft einfacher ist, etwas von Hand aufzuschreiben, als sich mit einem IT-System auseinander zu setzen.

Deutlich wurde, dass bestimmte analoge Prozesse in einzelnen Bereichen auf absehbare Zeit nicht vollständig durch digitale Prozesse ersetzt werden können, weil dort die analogen Vorteile überwiegen.

Zu der dritten Frage, warum es überhaupt akzeptiert wird, dass Informationstechnik oft Sicherheitslücken hat, zeigte die Diskussion hier mehrere unterschiedliche Aspekte auf. Erstens macht Informationstechnik das Leben leichter. Zweitens hoffen wir darauf, dass Sicherheitslücken beim nächsten Update geschlossen werden und dass IT-Expertinnen und -experten die Lage unter Kontrolle bringen, wenn es zu Sicherheitsvorfällen kommt.

Als unzureichend haben einige Teilnehmende empfunden, dass innerhalb der Unternehmen nicht immer die Verhältnismäßigkeit klar unterschieden und kommuniziert wird, zwischen Programmen, die einen hohen Sicherheitsstandard erfordern und nachrangigen Programmen.

Einige Fragen konnten nicht zu Ende diskutiert werden oder mussten gänzlich offenbleiben, unter anderem:

– Wie funktioniert digitale Zugangskontrolle ohne Strom?
– Wird es eine SSK-Empfehlung zu standardisierten Lösungen geben?
– Wer ist in Deutschland übergreifend für Onlineprozesse zuständig?

## 2.6 Digitalisierung im Naturschutz für gesellschaftliche Akzeptanz

### 2.6.1 Impulsvortrages von Michael Bilo, Bundesamt für Naturschutz (BfN), Bonn:

Die Digitalisierung beeinflusst und verändert unser Leben und Arbeiten in bisher nicht gekanntem Ausmaß. In weiten Teilen unseres Zusammenlebens ist sie nicht mehr wegzudenken und gesellschaftlich überwiegend akzeptiert. Auch wenn der Naturschutz nicht als typisches Beispiel der digitalen Transformation gilt, ist die Nutzung digitaler Informationen, Verfahren und Werkzeuge jahrzehntelange Praxis. Die Digitalisierung im erweiterten Sinne der digitalen

Transformation bringt jedoch neue Aspekte sowohl in die Datengrundlagen, die Datenverarbeitung, das allgemeine Informationsmanagement als auch in die Vermittlung und Kommunikation von Naturschutzinformation ein. Wegen der Wertegebundenheit des Naturschutzes spielt die gesellschaftliche Teilhabe möglichst vieler Bevölkerungsgruppen durch die Akzeptanz von Maßnahmen („Welche Natur wollen wir schützen“?) eine wesentliche Rolle. Die Digitalisierung im Naturschutz bietet dazu zahlreiche Chancen. Schon bei der Erhebung naturschutzrelevanter Information wird die Domäne behördlicher Datenerfassung durch breite Bevölkerungsgruppen („Crowd Data“) und organisierter Verbände des häufig hoch kompetenten Ehrenamts („Citizen Science“) aufgebrochen. Neue Methoden der Datenverarbeitung („KI“, „Maschinelles Lernen“) können alternative Wege der Auswertung auch heterogener Grundlagen eröffnen. Neue Wege der Kommunikation, Kooperation und Wissensvermittlung erschließen breitere Bevölkerungskreise als die dem „einschlägigen“ Milieu zugehörigen Bevölkerungsschichten und dienen damit der Akzeptanz des Naturschutzes.

### 2.6.2 World Café-Poster ‚Gesellschaftliche Teilhabe'

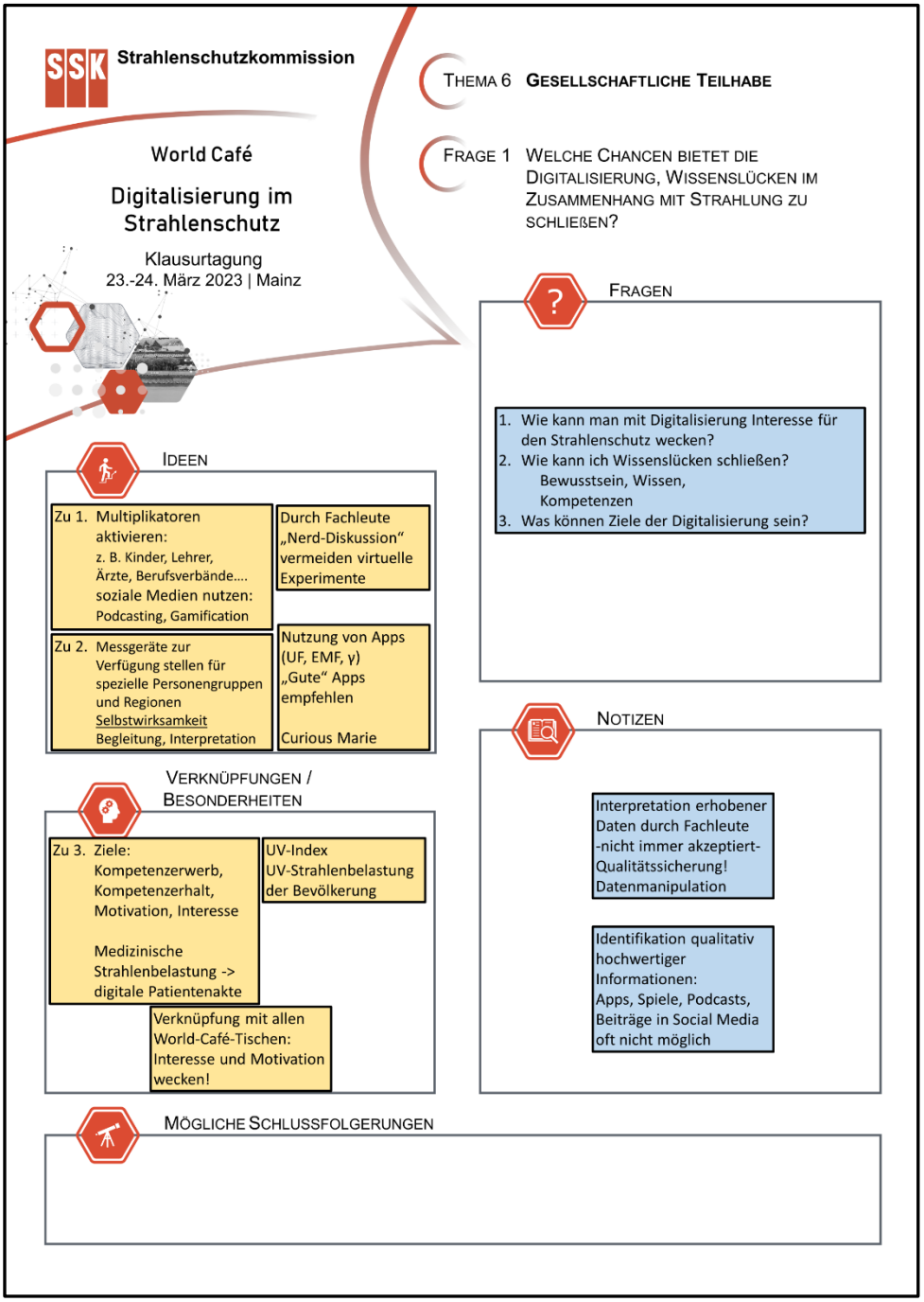



*Abb. 6: World Café Poster ‚Gesellschaftliche Teilhabe'*

Der Impulsvortrag zu dem Thema kam aus dem Bereich Naturschutz und es konnte gezeigt werden, dass die digitale Transformation genutzt werden kann, um die Bevölkerung in den Naturschutz aktiv einzubinden. Die Aussage „Man kann nur lieben, was man kennt und man kann nur schützen, was man liebt" zeigt, wie wichtig die Wissensvermittlung ist, um das Verständnis und das Bedürfnis für den Schutz zu wecken. Das ist sicher im Naturschutz einfacher als im Strahlenschutz, die Grundlage für eine aktive Teilhabe der Bevölkerung am Strahlenschutz ist jedoch ähnlich. Im Rahmen der World-Café Tische wurde dies aufgegriffen und anhand von drei Fragen lebhaft diskutiert:

1. Wie kann man digitale Transformation nutzen, um Interesse für den Strahlenschutz zu wecken?

2. Wie kann ich Wissenslücken schließen (Problembewusstsein, Wissen, Kompetenz)?
3. Was können Ziele der digitalen Transformation sein?

**Frage 1** behandelt ein ganz zentrales, zunächst von der digitalen Transformation unabhängiges, Thema. Es ist zunächst wichtig **Multiplikatoren** zu identifizieren, die in der Bevölkerung ein Interesse am Thema Strahlenschutz wecken können und zwar unabhängig von einem akuten „Strahlennotfall". Dazu gehören z. B. Schulen und somit Kinder, die das Interesse in die Familie tragen, das Arzt-Patienten-Gespräch oder Berufsverbände. Hierbei können digitale Medien wie z. B. Podcasts, Computerspiele („Gamification") oder auch soziale Medien zum Einsatz kommen. Eine zunehmende Rolle in der Schule spielen virtuelle Experimente z. B. zur Entstehung und Wirksamkeit von Strahlung.

**Frage 2** beschäftigt sich mit der Wissensvermittlung. Eine Möglichkeit besteht darin, Messgeräte zur Verfügung zu stellen, um im Sinne einer „Selbstwirksamkeit" eine mögliche Strahlenexposition (ionisierende Strahlung, ultraviolette Strahlung, elektromagnetische Felder) selbst zu ermitteln. Auch Apps können dazu verwendet werden. Eine zentrale Rolle spielt dabei zum einen die **Qualitätssicherung**: Es muss sichergestellt sein, dass die eingesetzten Messgeräte und Apps verlässliche Werte wiedergeben. Es muss Empfehlungen geben, welche Methoden geeignet sind. Zum anderen muss eine **Einordnung der ermittelten Daten** und damit **verbundener eventueller Risiken** durch Fachleute gewährleistet sein.

**Frage 3** beschäftigt sich mit möglichen Zielen und Chancen der digitalen Transformation. Die digitale Transformation, sei es die Erhebung von Daten oder die Nutzung digitaler Medien, kann genutzt werden, um das Engagement der Bevölkerung im Strahlenschutz zu erhöhen. Sowohl das **Problembewusstsein**, das **Wissen** um eine Strahlenexposition und die Einordnung des eventuellen Risikos als auch die **Kompetenz,** sich vor einer Strahlenexposition zu schützen, können vermittelt werden. Eine große Chance würde sich z. B. ergeben, wenn die individuelle Strahlenexposition im Rahmen medizinischer Untersuchungen oder Therapien in der digitalen Patientenakte/der Gesundheitskarte registriert würde. Jede Patientin und jeder Patient könnte diese Daten einsehen und bei Einverständnis könnten die Daten anonymisiert verarbeitet und für valide Aussagen der medizinisch bedingten Strahlenexposition der Bevölkerung genutzt werden. Auch für dieses Bespiel gilt, dass die individuellen Daten mit der Patientin oder dem Patienten besprochen und eingeordnet werden müssen. Im Bereich UV-Strahlung kann eine App, die den UV-Index verlässlich angibt, der interessierten Bevölkerung die Möglichkeit geben, sich entsprechend zu schützen.

Kurz gesagt: Es gibt vielfältige Möglichkeiten, auf digitaler Transformation beruhende Entwicklungen von Medien zur Wissensvermittlung zu nutzen, um die Teilhabe bzw. das Engagement der Bevölkerung im Strahlenschutz zu ermöglichen bzw. zu fördern. Der erste Schritt ist dabei immer, das Interesse der Bevölkerung zu wecken und die Motivation zu erzeugen, sich mit den Hintergründen und Möglichkeiten des (individuellen) Strahlenschutzes zu beschäftigen.

## 2.7 Interaktive Session: Citizen Science – Chancen und Herausforderungen

mit Dan Philipp Baaken (Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz), Frau Wiebke Brink (Wissenschaft im Dialog, Berlin), Herrn Clemens Walther (Leibniz Universität Hannover) und Herrn Bernd Laquai (Opengeiger, Stuttgart)

Citizen Science, ursprünglich in den Naturwissenschaften verwurzelt, erfährt seit mehreren Jahren eine zunehmende Diversifizierung, Professionalisierung und Vernetzung in Deutschland. Citizen Science ist ein wissenschaftlicher Ansatz, bei dem Bürgerinnen und Bürger aus der Bevölkerung – „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler" – in den Forschungsprozess

einbezogen werden und ihnen eine aktive Rolle zukommt. Diese „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler“ sind nicht hauptberuflich in der fachzugehörigen Wissenschaft, wie beispielsweise der Strahlenforschung, tätig. Die Mitarbeit in Citizen Science Projekten durch diese „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler“ erfolgt auf ehrenamtlicher Basis und die Beteiligung umfasst beispielsweise die Erhebung von Expositionsdaten im jeweiligen Wohngebiet. Im Bereich Strahlenschutz können Citizen Science Projekte eine entscheidende Rolle sowohl zur Datengewinnung als auch Kommunikation mit der Bevölkerung spielen. Durch den heutigen technologischen Fortschritt könnte insbesondere im Bereich Datengewinnung die Beteiligung von „Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern“ im Strahlenschutz erleichtert werden. Mobile Anwendungen („mobile Apps“) für den Strahlenschutz und dem Monitoring sind im Wesentlichen nach dem Fukushima-Unfall entwickelt worden, sind jedoch noch nicht ausreichend validiert.

Ziel der interaktiven Session zu Citizen Science in der diesjährigen SSK Klausurtagung war es, die möglichen Chancen und Risiken durch Citizen Science im Strahlenschutz zu diskutieren und in den Kontext der digitalen Transformation zu setzen. Zu diesem Zweck wurden nach kurzer Einführung des Moderators dieser Session (Dan Baaken) drei Kurzvorträge durch drei Akteure aus diesem Bereich zu inhaltlich relevanten Themengebieten als Impuls gehalten. Die drei Akteure sollten unterschiedliche Perspektiven auf das Thema Citizen Science eröffnen. Frau Brink hat eine generalistische Perspektive auf das Thema Citizen Science eingebracht. Sie hat eine allgemeine Einführung in das Thema Citizen Science gegeben und auf mögliche Chancen und Risiken durch digitale Transformation hingewiesen. Als wesentliche Stärke wurde hier das Potenzial der Partizipation von Bürgerinnen und Bürgern im Forschungsprozess herausgestellt. Im Anschluss folgte der Impulsvortrag von Clemens Walther. Walther ist stellvertretender Projektsprecher von TRANSENS (Transdisziplinäre Forschung zur Entsorgung Hochradioaktiver Abfälle in Deutschland). In seinem Impulsvortag hat er das Projekt TRANSENS vorgestellt und hier praktische Einblicke in ein Projekt mit Bürgerbeteiligung im Bereich Strahlenschutz in Deutschland gegeben. Seine Perspektive war die eines institutionellen Wissenschaftlers auf das Thema Citizen Science im Strahlenschutz. Im dritten Impulsvortrag hat Herr Bernd Laquai über das Citizen Science Projekt Opengeiger berichtet. Herr Laquai hat hier insbesondere die Perspektive eines aktiven Bürgerwissenschaftlers eingebracht und Opengeiger vorgestellt, welches Expositionsmessungen durch Bürgerinnen und Bürger beinhaltet. Herr Laquai hat anschaulich über die Motivation für die Durchführung eines Citizen Science Projekts im Strahlenschutz berichtet und hier auch Möglichkeiten zur Integration von solchen Projekten in der Schule aufgezeigt.

In einer anschließenden Panel-Diskussion wurden die verschiedenen Perspektiven auf Partizipation in Forschungsprozessen zusammengeführt und insbesondere in Hinblick auf das Potenzial für den Strahlenschutz mit den Teilnehmenden der Klausurtagung diskutiert. Im Wesentlichen wurden drei Aspekte mit Frau Brink, Herrn Walther und Herrn Laquai diskutiert. Der erste Aspekt beinhaltete die Frage um die Chancen und Nutzen von Citizen Science für den Strahlenschutz. Zum einen bietet Citizen Science die Möglichkeit zur Generierung und Verdichtung von großskalierten Datensätzen. Hierdurch könnten Datensätze die durch institutionelle Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aufgebaut wurden, durch Daten die durch Bürgerwissenschaftlerinnen und Bürgerwissenschaftler eingebracht werden, bereichert werden. Zum anderen bietet Citizen Science die Chance das Thema Strahlenschutz in der Bevölkerung attraktiv zu machen, beispielsweise durch Schulprojekte wie sie Herr Laquai vorgestellt hat. Dies führt ebenfalls zu einer Vertiefung des Verständnisses für Wissenschaft und Forschung allgemein in der Bevölkerung. Der zweite Aspekt bezog sich auf das Thema Qualitätssicherung, insbesondere in Bezug auf die Qualität der Daten und der Qualität von Messungen. Hier wurde kritisch diskutiert, dass es wichtig sei, die von Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissen-

schaftlern erhobenen Daten durch fachlich qualifizierte Personen zu validieren und einzuordnen. Ebenfalls sei es von Vorteil, wenn die Erhebungen durch Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler von Anfang an wissenschaftlich begleitet werden und es beispielsweise vor den ersten Messungen Schulungen geben würde und ein standardisiertes Messprotokoll mit klaren Rahmenbedingungen formuliert würde. Abschließend wurden die Chancen durch die digitale Transformation für die Durchführung von Citizen Science Projekten im Strahlenschutz thematisiert. Hier wurden die Themen Apps und mobile Sensoren als Möglichkeiten der schnellen, digitalen Erfassung und Weiterleitung von durch Bürgerwissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern generierten Messdaten an zentrale Datenbanken besprochen. Hierdurch kommen erneut die Aspekte der Chancen auf mehr und bereite Daten einerseits, aber auch die Risiken von möglicherweise invaliden Messergebnissen andererseits zu tragen. Anknüpfend an die moderierte Podiumsdiskussion wurde das Panel für Fragen aus dem Teilnehmerkreis der SSK Klausurtagung geöffnet.

## 2.8 Keynote Lectures

### 2.8.1 Keynote Lecture von Björn Haferkamp, Universität Bremen:

**Alte oder neue Hüte? Philosophie und Ethik der Digitalisierung**

Mit Blick auf die Digitalisierung scheint sich die Frage aufzudrängen, ob die mit ihr verbundenen ethischen Herausforderungen gänzlich neuer Art oder im Prinzip nichts Neues sind. Dieser Vortrag gibt einen Überblick zu Problemen der Digitalethik, der nahelegt, dass eine differenzierte, non-binäre Antwort auf diese Frage angemessen ist.

Ein vergleichender Blick auf andere Bereichsethiken (für Medizin, Wirtschaft usw.) zeigt, dass die Digitalethik mit diesen verschiedenen Aufgaben, Probleme und Fähigkeiten gemein hat (nicht zuletzt die Frage der geeigneten ethischen Theorien und Prinzipien). Eine besondere Herausforderung der Digitalethik besteht darin, dass in einigen Bereichen zeitnahe Antworten dringend erforderlich sind – aktuell bspw. mit Blick auf KI und autonome Systeme. Chancen und Risiken der Digitalisierung betreffen zudem alle Bereiche des individuellen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Lebens – Privatleben und Arbeit ebenso wie Politik, Medizin oder Forschung.

Bei dem Versuch, digitalethische Probleme zu verstehen und zu klären, welche ethischen Konzepte und Prinzipien sich in konkreten Anwendungsfällen eignen, werden oft auch allgemeine theoretische Konzepte der Philosophie (z. B. aus Epistemologie oder Wissenschaftstheorie) zum Problem. Trotz des Zeitdrucks in manchen Themenfeldern ist die Aufgabe der Digitalethik also umfangreich und nicht trivial.

Der Vortrag gibt anhand von exemplarischen Beispielen, die typische Aspekte repräsentieren, eine umrisshafte Kartierung der vielfältigen Fragen und Positionen der Digitalethik: Arten von Problemen der Digitalethik und damit verbundene ethische Belange, sowie ethische Ansätze als Werkzeuge zur Lösung verschiedener Anwendungsfälle.

### 2.8.2 Keynote Lecture von Tobias Fernholz, Bundeszentrale für politische Bildung, Leipzig:

**Digitale Demokratie wagen – Neue Formen der Teilhabe, neue Facetten der Herrschaft**

„Digitalisierung First. Bedenken Second.“ Mit diesem Slogan warb die FDP im Bundestagswahlkampf 2017 und brachte damit eine naive Betrachtung von „Digitalisierung“ zum Ausdruck. In dem Vortrag soll es nun nicht darum gehen, diese Sichtweise vorzuführen oder zu widerlegen, sondern, darum, „Digitalisierung“ in seiner Ambivalenz zu beleuchten. Auf der einen Seite stehen enorme Potenziale, die Anlass für Optimismus bieten: Für Bürgerinnen und

Bürger wird es leichter unmittelbarer an der Gesellschaft teilzuhaben, die Interaktion mit dem Staat und seiner Verwaltung kann beschleunigt werden, und Anwendungen der Digitalisierung können innovative Lösungen in Zeiten der Krise hervorbringen.

Auf der anderen Seite liefern sogenannte „Filterblasen“ oder „Echokammern“, Desinformation und Propaganda, die durch Digitalisierungsprozesse potenziert werden, wenig Grund für eben diesen Optimismus. Moderne Technologien können als Motor gesellschaftliche Spaltungen vertiefen, demokratiegefährdende Tendenzen verstärken, Hass schneller verbreiten und dadurch auch Radikalisierungstendenzen bis hin zu terroristischen Vorhaben vorantreiben.

Zwei Seiten einer Medaille also? Dieser Vortrag arbeitet heraus, dass sich beide Aspekte in Fiktionen darüber, wie moderne Technologien funktionieren und welche Wirkung sie entfalten können, verbinden lassen. Das ist bemerkenswert, da wir uns in Abhängigkeiten zu Technologien begeben, deren technische Grundlagen und Funktionsweisen uns weitestgehend unbekannt sind. Mehr digitale Demokratie zu wagen, beginnt daher mit einer Demokratisierung des Wissens über die gegenwärtigen Techniken der Digitalisierung und einem Verständnis darüber, was wir als Individuum und Gesellschaft nicht wissen.

## 3 Diskussion und Ausblick

Die Chancen und Herausforderung der digitalen Transformation stellen die Gesellschaft und alle Akteure aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung vor ähnliche Fragen: Wohin bringt uns die Transformation? Können wir mit unserer Organisation bei der Geschwindigkeit mithalten, erfinden wir das Rad immer wieder neu? Wie gehen wir mit internen Widerständen um? Ist unsere Methodenkompetenz noch ausreichend? Und wenn nein, wie gehen wir mit den Sorgen um Kompetenz- und Kontrollverlust dazu um?

Diese und weitere Fragen wurden in den Impulsvorträgen, den World-Café-Thementischen und den Keynote-Lectures angesprochen und diskutiert. Einige Aspekte traten dabei wiederholt in den verschiedenen Themenbereichen auf und wurden zum Teil auch in der Podiumsdiskussion zum Abschluss aufgegriffen.

Digitale Transformation bietet, auch im Zusammenhang mit Strahlenschutz, große Chancen:

<u>Digitale Transformation ermöglicht Entlastung.</u>

- Digitale Transformation schafft Freiräume für kreative Arbeit, wenn sie für Routineabläufe eingesetzt wird.
- Vernetzung auf nationaler und internationaler Ebene und der Austausch von digitalen Prozessen kann deren Verschlankung ermöglichen.

<u>Digitale Transformation bietet Vorteile für die Messtechnik.</u>

- Merkmale der Qualitätssicherung wie Erklärbarkeit, Robustheit, Unsicherheit und Fairness, können abgebildet und Fehler vermieden werden.
- Das Vertrauen in neue Technologien kann so aufgebaut werden.
- Zertifizierungsprozesse können effizienter und schneller gemacht werden.

<u>Digitale Transformation ermöglicht gesellschaftliche Teilhabe</u>.

- Multiplikatoren (z. B. Schulen, Ärztinnen, Ärzte) können digitale Medien und Methoden nutzen, um das Interesse der Bevölkerung am Strahlenschutz zu wecken.
- Zur Wissensvermittlung können digitale Medien und Methoden eingesetzt werden. Die Bevölkerung kann in die Lage versetzt werden, Strahlung selbst zu messen (z. B. mit

Messgeräten in Bereich von Citizen Science) oder Informationen zur Strahlenexposition abzurufen (Apps etc.).

- Bessere Informiertheit der Bevölkerung führt zu einer besseren Kommunikation zwischen Bevölkerung und Expertinnen und Experten und zu mehr Akzeptanz von Expertenempfehlungen.
- Durch digitalisierte Methoden und Prozesse kann eine Sensibilisierung erzeugt und das Wissen über Strahlung und mögliche Risiken sowie die eigene Kompetenz zum Schutz vor Strahlung vermittelt werden.

Digitale Transformation kann zu einer besseren Risikoabschätzung im Strahlenschutz beitragen.

- Digitale Transformation bietet die große Chance, größere Datenmengen durch Automatisierung z. B. in der medizinischen Anwendung von Strahlung gewinnen zu können, die eine bessere Risikoabschätzung ermöglichen.

Um die Chancen der digitalen Transformation optimal zu nutzen und gleichzeitig die damit verbundenen Risiken zu minimieren, wurden folgende grundlegende Voraussetzungen identifiziert:

Umsetzung digitaler Prozesse

- Nur durch internationale Vernetzung und Standardisierung ist eine optimale Nutzung der Chancen, die die digitale Transformation bietet, möglich.
- Medienbrüche, das heißt, der Wechsel vom Digitalen zum Analogen oder umgekehrt, stellen ein großes Problem bei der Umsetzung digitaler Prozesse dar und müssen beseitigt werden.
- Nachvollziehbare Standards zur Qualitätssicherung müssen vorhanden sein.
- Die Datensicherheit muss gewährleistet sein und ständig überprüft und weiterentwickelt werden (z. B. anhand von Standards des BSI).
- Digitale Transformation muss zielorientiert eingesetzt werden.
- Die im Rahmen von Citizen Science erhobenen Daten müssen immer von Fachleuten bewertet und die Risiken eingeordnet werden.

Datenerzeugung durch digitale Transformation muss bedarfsorientiert sein.

- Durch digitale Transformation können immer größere Datenmengen erzeugt werden. Die Datenerzeugung darf nicht am Bedarf der Bürgerinnen und Bürger vorbeigehen.

Kompetenz zur Nutzung digitaler Prozesse

- Bei der Einführung und Nutzung digitaler Prozesse ist Vermittlung („Demokratisierung“) des Wissens über neue Techniken wichtig.
- Digitale Transformation braucht Informationssicherheit: Bürgerinnen und Bürger müssen das Gefühl haben, dass die Prozesse, die hinter der digitalen Transformation stehen, beherrscht und Risiken gesteuert und kontrolliert werden können, das gilt vor allem für den Bereich des Notfallschutzes.

In den Diskussionen während der Tagung wurden die Chancen und Risiken einer rasanten Entwicklung der digitalen Transformation, auch im Rahmen des Strahlenschutzes, diskutiert. Dabei wurden Schwachstellen identifiziert, die bereits eingeführte digitale Prozesse betreffen und Aspekte herausgearbeitet, die eine Voraussetzung für die optimale Nutzung der digitalen Transformation unter Berücksichtigung und Minimierung der Risiken darstellen, jedoch bei

weitem noch nicht umgesetzt sind. Die digitale Transformation ist allerdings ein laufender Prozess, mit immer neuen Herausforderungen. Einen Ausblick für diese zukünftigen Herausforderungen bieten folgende Themen:

- Der Nutzen der digitalen Transformation im Strahlenschutz muss stärker hervorgehoben werden.
- Expertise aus den Gesellschaftswissenschaften für die Kommunikation des Nutzens von Strahlung für die Bevölkerung sowohl in der Medizin als auch in der Technik sollte genutzt werden.
- Potenziale von Bürgerwissenschaften (Citizen Science) können einen wertvollen Beitrag zum praktischen Strahlenschutz leisten.
- Forschungsbedarf muss ebenso identifiziert werden, wie bereits bestehende Situationen, in denen Entwicklungsarbeit angestoßen werden kann. Gleichzeitig müssen Informationen gebündelt und zur Verfügung gestellt werden.
- Der Einsatz von KI in den digitalisierten Prozessen muss transparent sein und bedarf der Entwicklung strenger Qualitätskriterien.
- Es muss ein fachübergreifender Austausch stattfinden.
- Es muss eine stärkere Einbindung in den internationalen Kontext erfolgen.
- Digitale Transformation darf menschliches Handeln nicht ersetzen, sondern sollte, insbesondere in der Übernahme von Verantwortung, unterstützen.

# Anhang

## A-1 Programm der Klausurtagung

### Donnerstag 23. März 2023

**EINLEITUNG**

Sitzungsleitung: A. Friedl, W. Rühm

9:00 h **Begrüßung Hintergrund**

C. Greipl, U. Nestle, I. Paulini

9:10 h **Digitalisation in Radiation Epidemiology toward improved Radiological Protection**

I. Thierry-Chef

**IMPULSVORTRÄGE I**

Sitzungsleitung: S. Delorme, A. Röttger

9:40 h **Metrologie für die digitale Transformation**

J. Niederhausen

10:10 h **Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung**

P. Mildenberger

10:40 h **Digitalisierung in Strahlenschutz und Qualitätssicherung für die Strahlentherapie**

D. Thorwarth

11:10-11:30 h *Kaffeepause*

**IMPULSVORTRÄGE II**

Sitzungsleitung: J. Kopp, B. Volkmer

11:30 h **Chancen und Risiken der Digitalisierung im Notfallschutz**

F. Gering

12:00 h **Informationssicherheit für den Strahlenschutz**

H. Niggemann

12:30 h **Digitalisierung im Naturschutz für gesellschaftliche Akzeptanz**

M. Bilo

13:00-14:00 h *Mittagspause*

## WORLD-CAFÉ

14:00 h **Einführung und Ziele des Word-Café**

C. Hoeschen, U. Nestle

14:10 h **Diskussion an den Thementischen**

1. **Metrologie für die digitale Transformation**
   Moderation: A. Röttger, L. Kuhne
2. **Medizin: Effekte der Digitalisierung in Patientenversorgung und klinischer Forschung**
   Moderation: S. Delorme, M. Forsting, U. Nestle
3. **Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung**
   Moderation: C. Hoeschen, D. Thorwarth
4. **Notfallschutz**
   Moderation: J. Kopp, F. Gering, M. Port
5. **IT- und Datensicherheit**
   Moderation: D. Hiesl, H. Niggemann
6. **Gesellschaftliche Teilhabe**
   Moderation: B. Volkmer, M. Bilo, P. Meschenmoser

16:00-16:30 h *Kaffeepause*

## INTERACTIVE SESSION

Sitzungsleitung: D. Baaken, L. Geworski

16:30 h **Citizen Science - Chancen und Herausforderungen**

W. Brink, C. Walther

17:15-18:15 h **Poster Session**

1. **Strahlenrisiko & Radioökologie**
   Moderation: V. Ustohalova, D. Wollschläger
2. **Strahlenschutz in der Medizin & Strahlenschutztechnik**
   Moderation: C. Fournier , B. Breustedt
3. **Nichtionisierende Strahlen**
   Moderation: F. Zölzer, M. Röösli

19:00 h *Abendprogramm*

## Freitag 24. März 2023

### SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICKE IM GESPRÄCH

Moderation: R. Erdenberger

9:00 h **Vorstellung der Ergebnisse aus dem World-Café**

Bericht durch Moderatoren des World-Cafés

### KEYNOTE LECTURES

10:30 h **Alte oder neue Hüte? Philosophie und Ethik der Digitalisierung**

B. Haferkamp

11:00 h **Diskussion - Philosophie und Ethik**

Moderation: R. Erdenberger

11:15-11:45 h *Kaffeepause*

11:45 h **Digitale Demokratie wagen – Neue Formen der Teilhabe, neue Facetten der Herrschaft**

T. Fernholz

12:15 h **Diskussion - Digitale Demokratie**

Moderation: R. Erdenberger

12:30 h **Podiumsdiskussion**

Moderation: R. Erdenberger

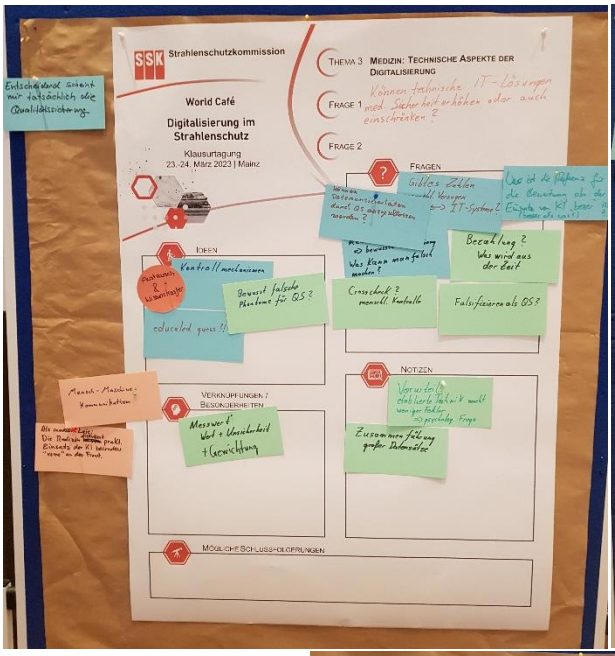
13:20 h **Abschlussworte**

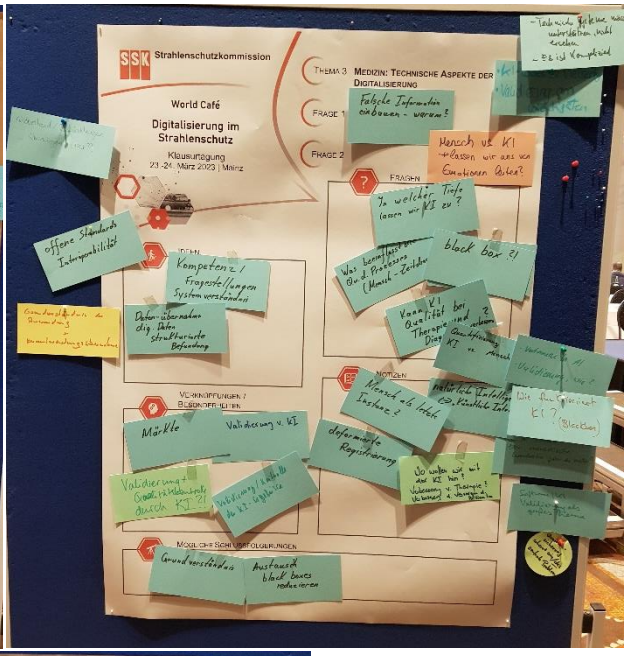
U. Nestle, C. Greipl

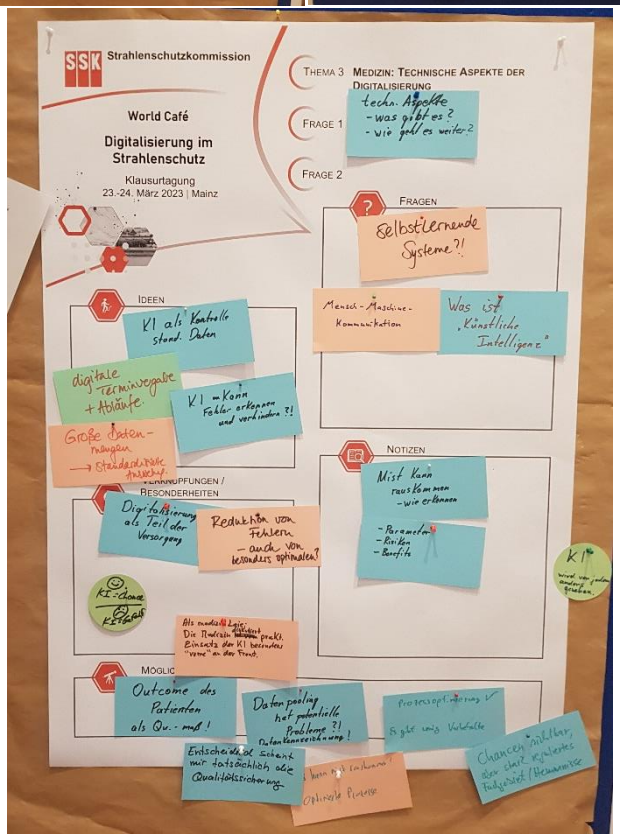
13:30 h *Ende des Programms*

13:30-13:50 h *Imbiss für alle Teilnehmenden*

# A-2 Ergebnisposter aus den drei Diskussionsrunden des World-Cafés: Hier am Beispiel des Thementischs „Medizin: Technische Aspekte der Digitalisierung“



# A-3 Abstracts der Poster der Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler

### Kardiale Spätfolgen nach Strahlentherapie bei Brustkrebs

Dan Phillip Baaken, Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Hintergrund: Viele internationale epidemiologische Studien bei Brutkrebspatientinnen nach Strahlentherapie zeigten, dass die Herzdosis linear mit dem Risiko für kardiale Spätfolgen assoziiert ist. Ein Großteil der Evidenz stammt dabei aus Studien, die überwiegend ältere Strahlentherapieregime mit konventioneller 2D Behandlungsplanung vor dem Jahr 2000 einschließen. Die vorliegende Studie untersucht die Dosis-Wirkungs-Beziehung für kardiale Spätfolgen bei Brustkrebspatientinnen in Deutschland mit 3D-konformaler Strahlentherapie überwiegend nach 2000.

Methoden: In einer Kohorte von 11 982 Brustkrebspatientinnen, die zwischen 1998 – 2008 mit 3D-konformaler Strahlentherapie behandelt wurden, identifizierten wir 494 Frauen mit anschließendem kardialem Event. In einer eingebetteten Fall-Kontroll-Studie wurden 988 Kontrollen ohne Event gematched. Mittels multivariater bedingter logistischer Regression wurde der Zusammenhang der Strahlendosis des Gesamtherz bzw. der linken vorderen Herzwand mit kardialen Ereignissen untersucht.

Ergebnisse: Mehr als 75 % der Fälle und Kontrollen wurden nach dem Jahr 2000 behandelt. Das Odds Ratio (OR) je 1 Gy Erhöhung der Dosis für das Gesamtherz betrug 0,99 (95 % Konfidenzintervall (KI): 0,94-1,05, p = .72). Das OR je 1 Gy Erhöhung der Dosis der linken vorderen Herzwand betrug 1,00 (95 % CI: 0,98-1,01, p = .68).

Schlussfolgerung: Im Gegensatz zu früheren Studien auf Basis älterer Strahlentherapieregime liefert diese Studie keine Hinweise darauf, dass die Strahlendosis für das Herz bei der 3D-konformen Strahlentherapie für Brustkrebspatientinnen mit kardialen Spätfolgen verbunden ist.

## Measurement of radon progeny deposition in anatomical lung model

Annika Hinrichs, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt

Radon ($^{222}$Rn) together with its progeny is responsible for more than half of the natural radiation exposure in Germany. It decays into short-living progeny ($^{218}$Po, $^{214}$Pb, $^{214}$Bi, $^{214}$Po) which can be inhaled and deposit their energy in the respiratory tract. According to model calculations, the progeny are responsible for the largest part of the total effective dose[1].

After formation these progeny react with trace gases and air vapor forming the so-called "unattached" fraction (0.5 - 5 nm), next they attach to existing aerosol particles forming the "attached" fraction[2] (>100 nm). Depending on their size and specific mechanism[3], the deposition occurs in different regions of the respiratory tract. Modelling approaches intend to identify potential sites of increased deposition. However, experimental data validating these modelling approaches are scarce. Therefore, we have built an experimental setup to measure the deposition of radon progeny and size distribution, differentiating between the unattached, attached and a so-called clustered fraction with an intermediate size of 20 – 100 nm. In order to improve experimental data, deposition should be determined considering different anatomical aspects. Additionally measurements in two different anatomical lung models[4,5] are planned including the variation of different respiratory properties. These data can contribute to the validation of the existing model calculations and are therefore important for a reliable risk assessment.

1 Kendall, G. M., & Smith, T. J. Doses to organs and tissues from radon and its decay products. (2002) Journal of radiological protection: official journal of the Society for Radiological Protection, 22(4), 389–406. https://doi.org/10.1088/0952-4746/22/4/304

2 Porstendörfer, J., Reineking, A. Indoor Behaviour and Characteristics of Radon Progeny. (1992) Radiation Protection Dosimetry, 45(1-4), 303–311, https://doi.org/10.1093/rpd/45.1-4.303

3 Stuart, B.O. Deposition and clearance of inhaled particles. (1984) Environmental health perspectives, 55, 369–390, https://doi.org/10.1289/ehp.8455369

4 Xi, J., Longest, P.W. Transport and deposition of micro-aerosols in realistic and simplified models of the oral airway. (2007) Annals of biomedical engineering, 35(4), 560–581. https://doi.org/10.1007/s10439-006-9245-y

5 Golshahi, L., Tian, G., Azimi, M., Son, Y.J., Walenga, R., Longest, P.W., Hindle, M.. The use of condensational growth methods for efficient drug delivery to the lungs during noninvasive ventilation high flow therapy. (2013) Pharmaceutical research, 30(11), 2917–2930. https://doi.org/10.1007/s11095-013-1123-3

## Radonanomalien in der Bodenluft und die Tiefenstruktur von Störungen

Johannes Mair, Technische Universität Darmstadt

Das Projekt Neotektonik im nördlichen Oberrheingraben läuft seit dem 1.6.2021, ist für drei Jahre angelegt und wird vom Bundesamt für Strahlenschutz durch eine Promotionsstelle finanziert. Im Rahmen des Projekts wird der Zusammenhang zwischen der Tiefenstruktur von Störungszonen in einem Sedimentbecken und damit verbundenen Radonanomalien untersucht. Zur Auflösung der Untergrundstruktur setzen wir verschiedene geophysikalische Methoden mit unterschiedlichen Auflösungen und Eindringtiefen ein, d. h. Bodenradar, elektrische Widerstandstomographie, Scherwellenseismik und Primärwellenseismik. Während die Kombination der verschiedenen oberflächennahen geophysikalischen Methoden es uns ermöglicht, Verwerfungsstrukturen von der Oberfläche bis in etwa 500 m Tiefe aufzudecken, wird ihre weitere Fortsetzung durch die känozoische Beckenfüllung und meozoischen Schichten bis zum kristallinen Grundgebirge durch 3D-Seismik komplettiert, welche von einem Industriepartner zur Verfügung gestellt wurde. Durch die Anwendung des Multi-Methoden-Ansatzes können wir den Verlauf von Störungszonen aus 2 km Tiefe bis unter die Geländeoberkante gut auflösen.

Um den viel diskutierten Zusammenhang zwischen Störungszonen und Radonanomalien in der Praxis zu untersuchen, wurden Radonaktivitätskonzentrationen in der Bodenluft in einem Meter Tiefe entlang von Profilen gemessen, welche die gefundenen Störungsverläufe kreuzen. Die Messungen erfolgten sowohl aktiv durch Ansaugen von Bodenluft als auch passiv mit Hilfe von vergrabenen Kernspurdosimetern. Im Zuge des Projekts wurden ca. 600 aktive und ca. 250 passive Messungen durchgeführt.

## Tuning metabolism for context-dependent lethality approaches in combination with radiotherapy

Johann Matschke, Universitätsklinikum Essen

Cancer bioenergetics fuel processes necessary to maintain viability and growth under stress conditions and thus contribute to therapy resistance. We combined the systematic collection of metabolic and radiobiological data from a panel of irradiated cancer cell lines with mathematical modelling and identified a common metabolic response with impact on the DSB repair kinetics. Our recent investigations identified inhibition of the mitochondrial citrate carrier (SLC25A1) as an innovative strategy for metabolic induction of context-dependent lethality approaches in combination with radiotherapy and clinically relevant inhibitors of complementary DNA repair pathways.

Combining systematic radiobiological investigations with mathematical modelling of the obtained results represents an innovative approach for the discovery of mechanisms supporting survival of irradiated cancer cells and thereby to reveal novel therapeutic targets

**Lebenszeitrisiken für Lungenkrebs durch Radon: eine systematische Analyse der Berechnungskomponenten**

Manuel Sommer, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg

Einleitung: Das Lebenszeitrisiko beschreibt die Wahrscheinlichkeit, im Laufe des Lebens an einer bestimmten Krankheit zu erkranken oder zu sterben. Es spielt im Strahlenschutz eine wichtige Rolle. Beispielsweise wird das zusätzliche absolute Lebenszeitrisiko (LEAR) für Lungenkrebs durch Radon beim epidemiologischen Ansatz zur Umrechnung von Radonexposition in effektive Dosis verwendet. Es werden systematisch die Komponenten der LEAR-Berechnung variiert, um die Robustheit der Schätzungen und die Unsicherheiten zu untersuchen.

Methoden: Es wurden mehrere Risikomodelle verglichen: das Jacobi-Risikomodell (angepasst), das BEIR VI-“exposure-age-concentration“-Modell sowie Modelle aus der tschechisch-französischen Kohorte und aus der deutschen Uranbergarbeiter-Kohortenstudie (Wismut-Kohorte). Expositionsszenarien waren eine Exposition von 2 Working Level Months (WLM) im Alter von 18-64 Jahren sowie drei Szenarien aus der Wismut-Kohorte, die extreme und moderate Exposition abdecken. Zudem wurden Mortalitätsraten aus einer europäisch-amerikanisch-asiatischen Misch-Referenzpopulation und Mortalitätsraten für Wenig- und Vielraucherinnen und -raucher gewählt.

Ergebnisse: Das LEAR pro WLM reicht von 0,006 % bis 0,06 % und ist für alle Risikomodelle mit Ausnahme von BEIR VI robust gegenüber Änderungen der Expositionsszenarien. Sowohl die Wahl des Risikomodells als auch der Mortalitätsraten beeinflussen das LEAR pro WLM erheblich.

Fazit: Das LEAR pro WLM schwankt deutlich in Abhängigkeit von Risikomodell und Mortalitätsraten. Dies sollte bei der Umrechnung von Radonexpositionen berücksichtigt werden. Referenzpopulationen sollten sorgfältig gewählt werden.

## Ein-Tages-Protokoll von PET-CT plus PET-MRT für „Multi-hybrid-Diagnostik“ mit singulärer Radiopharmakon-Applikation

Bettina Beuthien-Baumann, Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg

Moderne onkologische Therapieansätzen beinhalten diagnostische work-flows mit multimodaler Bildgebung inklusive Positronen-Emissions-Tomographie (PET), Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT). Die PET wird in Hybridtechnik als PET-CT oder PET-MRT realisiert. Die Information aus funktioneller PET (z. B. Tumor-Glukosestoffwechsel) wird für die anatomische Zuordnung mit Morphologie (CT) oder morphologisch-multi-parametrischer MRT ergänzt.

PET-CT und PET-MRT haben differente Untersuchungsabläufe und Strahlenexpositionen:

PET-CT: Ca. 30 min Untersuchungszeit (Körperstamm), die PET ist geschwindigkeitsbestimmend. Strahlenexposition durch das Radiopharmakon, low-dose-Schwächungs-CT plus ggf. diagnostisches CT.

PET-MRT: Datenakquisition (Körperstamm) ca. 60 min in Abhängigkeit vom Umfang des diagnostischen MRT-Protokolls als geschwindigkeitsbestimmender Schritt; Strahlenexposition aus ionisierender Strahlung allein durch das Radiopharmakon.

In der klinischen Routine fällt die Entscheidung bisher entweder für die PET-CT oder PET-MRT. Bei der Kombination beider Modalitäten in einem optimierten Ein-Tages-Protokoll ermöglicht die PET-CT die schnelle Identifizierung von hypermetabolen Herdbefunden und die Beschränkung der multiparametrischen PET-MRT auf ausgewählte Zielregion(en).

Dieses Vorgehen bietet folgende Vorteile:

Charakterisierung der Tumorregionen in PET-CT plus PET-MRT in jeweils identischer Patientenlagerung anstatt (oft lagerungsbedingt-suboptimaler) softwarebasierter Fusion von PET-CT mit singulärer MRT.

Effektive Nutzung der singulären Radiopharmakon-Applikation für zwei Hybrid-PET-Untersuchungen.

Effektive Tumordiagnostik durch gezielte Kombination der Bildgebungsmodalitäten in suffizienter Fusionstechnik an einem Untersuchungstag.

**Untersuchung der Kontamination der Patientenzimmer bei der Lutetium-177-PSMA-Therapie beim Prostatakarzinom**

Julia Brosch-Lenz, Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München

Ziel: Die kürzlich zugelassene Lutetium-177-PSMA-Therapie ist eine vielversprechende Option für Patienten mit metastasiertem kastrationsresistentem Prostatakarzinom. In Deutschland ist nach Vorgaben des Strahlenschutzgesetzes die stationäre Durchführung mit einem 48-stündigen Krankenhausaufenthaltes vorgeschrieben. Der allgemeine Zustand der Patienten, insbesondere im fortgeschrittenen Stadium, kann u. a. aufgrund von Inkontinenz zur Kontamination der Patientenzimmer führen. Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des Kontaminationsrisikos.

Methoden: Es wurden Wischproben von repräsentativen Oberflächen in Patientenzimmern (Türgriffe, Stühle, Wasserhähne, Toilettensitze) 24 h und 48 h nach Applikation von Lutetium-177-PSMA genommen und im Gammacounter für je 10 Minuten gemessen. Nach Entlassung wurden die Böden mit einem Kontaminationsmonitor überprüft und Wischproben genommen.

Ergebnisse: Es wurden 112 Proben bei insgesamt 10 Patienten analysiert. Maximale Kontaminationen wurden auf den Toilettensitzen (max. 45 kBq) und einem Badezimmertürgriff (max. 1 kBq) detektiert. 87,5 % der Patientenzimmer wiesen lokalisierte Bodenkontaminationen um die Toilette (1-99 kBq, Mittelwert 48 kBq) und um das Patientenbett (6-8 kBq) auf.

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse dieser Arbeit demonstrieren das Kontaminationsrisiko insbesondere bei der Badreinigung der Patientenzimmer nach Lutetium-177-PSMA-Therapie. Während auf Oberflächen nur Kontaminationen im geringen Kilobecquerel Bereich festgestellt wurden, bedarf der Boden Dekontaminationsmaßnahmen.

„Das diesem Abstract zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 02NUK065(A-E) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.“

## Entwicklung und Evaluation von 3D-gedruckten anthropomorphen Phantomen für die Anwendung in der diagnostischen und interventionellen Röntgenbildgebung

Patrizia Kunert, Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg

Mittels anthropomorpher Phantome lassen sich Bildqualität und Dosisverteilungen für Röntgenanwendungen realitätsnah beurteilen. Um den Anforderungen unterschiedlicher Patientengeometrien gerecht zu werden, ist die Verwendung von 3D-Druck-Technologien für die Herstellung individualisierter Phantome vielversprechend.

In dieser Arbeit wurde die Äquivalenz von Phantomen, hergestellt mit der Fused-Deposition-Modelling-Technologie, hinsichtlich der Schwächung und Absorption von Röntgenstrahlung in mehreren Schritten evaluiert. Zunächst wurde die Gewebeäquivalenz von konventionellen 3D-Druck-Materialien untersucht, anschließend wurden unter Verwendung geeigneter Materialien Phantomteile produziert und bezogen auf Bildkontrast und Exposition mit konventionell hergestellten anthropomorphen Phantomen verglichen. Schließlich wurde das untere Abdomen einer Schwangeren auf Basis eines hybriden Computerphantoms gedruckt und im Druckphantom gemessene Dosiswerte im Vergleich zu Ergebnissen aus Monte-Carlo-Rechnungen am entsprechenden virtuellen Phantom bewertet.

Abgesehen von Kortikalis wurden für alle relevanten Gewebe 3D-Druck-Materialien mit äquivalenten Eigenschaften hinsichtlich Schwächung und Absorption von Röntgenstrahlung gefunden. Verglichen mit konventionellen Phantomteilen lieferten die 3D-gedruckten Teile äquivalente Ergebnisse bzgl. der beiden genannten Eigenschaften. Die Patientenexposition bei einer CT-Untersuchung im 3D-gedruckten Schwangerenphantom konnte anhand der Simulationsergebnisse am virtuellen Phantom validiert werden.

Gemäß unseren Untersuchungen sind anthropomorphe 3D-Druck-Phantome geeignet, um sowohl den Bildkontrast als auch die Dosisverteilung in der Patientin oder dem Patienten bei diagnostischen und interventionellen Strahlenanwendungen zu quantifizieren. Sie eignen sich insbesondere zur kostengünstigen Herstellung dedizierter anthropomorpher Phantome.

## Strahlenschutz bei der stationären Unterbringung nach SIRT

Frank Rudolf, Medizinische Hochschule Hannover

Die Selektive Interne Radiotherapie (SIRT) mit Y-90-markierten Glasmikrosphären (TheraSphere®) wurde in der Medizinischen Hochschule Hannover im Rahmen eines multimodalen Therapiekonzepts zur Behandlung von Neoplasien in der Leber durch ein interdisziplinäres Team etabliert. Die stationäre Unterbringung der Behandelten erfolgt auf einer onkologischen Station.

Für die ersten SIRT wurden vorsorglich folgende Strahlenschutzmaßnahmen bei der stationären Unterbringung getroffen: Unterbringung im als Überwachungsbereich eingestuftem Einzelzimmer, Kontaminationskontrolle, Unterweisung im Strahlenschutz und Überwachung der Personendosis des Pflegepersonals. Bei 51 SIRT (applizierte Y-90-Aktivität 2 953 MBq (Median, Range 674 – 6 033 MBq)) in 24 Monaten wurde keine Kontamination des Patientenzimmers oder der Nasszelle festgestellt. Die über den gesamten stationären Aufenthalt des Patienten kumulierte Kollektivdosis des Pflegepersonals betrug ohne Nulleffektabzug 4 µSv (Median, Range 2-18 µSv).

Nach Erkenntnissen aus dieser Auswertung wurden die routinemäßig anzuwendenden Strahlenschutzmaßnahmen optimiert: Bei komplikationsloser SIRT sind keine besonderen Schutzmaßnahmen bei der stationären Unterbringung notwendig.

## Radiojodtherapie bei dialysepflichtigen Patienten

Bastian Szermerski, Medizinische Hochschule Hannover

Bei der Radiojodtherapie von dialysepflichtigen Patienten werden Radiopharmaka praktisch ausschließlich über das Dialysat ausgeschieden. Wird der Zeitpunkt der Dialyse zu früh gewählt, wird das I-131 ungewollt eliminiert. Mit größer werdender Zeitdifferenz zwischen den Dialysen nimmt die Patientenstrahlenexposition signifikant zu. In medizinischen Leitlinien gibt es keine Vorgaben für die Durchführung der Radiojodtherapie von dialysepflichtigen Patienten.

Dieser Beitrag zeigt am Beispiel der Radiojodtherapie bei malignen Schilddrüsenerkrankungen, welche Möglichkeiten zur Reduktion der Strahlenexposition bei Patienten bestehen, ohne ein schlechteres Therapieergebnis befürchten zu müssen.

Die Applikationsmenge ist in Abhängigkeit von Restfunktionen der Nieren und den notwendigen Zeitpunkten für die Dialyse zu reduzieren. Diese werden so gewählt, dass die kumulative Aktivität im Schilddrüsenrestgewebe unter Berücksichtigung der verzögerten Ausscheidung aus dem Blutpool der Aktivität bei nicht-dialysepflichtigen Patienten entspricht. Der Dialyseeffekt wird über tägliche Bestimmung der Aktivität im Ganzkörper und in der Schilddrüsenregion bestimmt.

Die Dialyse findet mit mobilen Teams in der nuklearmedizinischen Einrichtung statt und erfordert besondere Strahlenschutzmaßnahmen, auch in Hinblick auf die Aufreinigung des Dialysegerätes.

In den letzten 9 Jahren traten bei 311 Behandelten insgesamt sechs radiogene medizinische Komplikationen und zwei bedeutsame Vorkommnisse auf. Die dabei erforderlichen Strahlenschutzmaßnahmen wurden durch fachkundige Nuklearmediziner und Medizinphysik-Experten koordiniert und umgesetzt. Durch die Unterbringung der Patienten auf einer onkologischen Station ist die adäquate Versorgung der schweren internistischen Erkrankungen der Behandelten, insbesondere bei Komplikationen, gewährleistet.

## UV induces miRNA changes associated with tumor progression and metastasis in cSCC

Marc Bender, Elbe Klinikum Buxtehude

Cutaneous SCC (cSCC) is the second most frequently occurring cancer in Germany with a dismal prognosis once metastazised. The main risk factor for development of cSCC is UV exposure. Molecular pathways of cSCC progression are far from being understood. Thus, molecular events triggering progression of cSCC need to be explored. We therefore irradiated five established cell lines from cSCCs with sunlight equivalent radiation (UVA+UVB+ VIS+IRA) and investigated radiation-induced alterations in the miRNA expression and associated pathways. Irradiation of cells was conducted with a custom-built irradiation device during a period of 4 weeks (irradiation twice per week with 0.25 MED). Transcription of miRNAs was measured via flowcytometric quantification of barcode labelled fluorescent miRNA hydrogel microparticles detecting 53 miRNAs. Differential expression analysis revealed upregulation of eight miRNAs and downregulation of miR-205. The latter was the most significantly changed miRNA and one of thirteen downregulated miRNAs in a complementary tissue analysis of cSCC-patients. Subsequent knockdown experiments did not show any effect on cell growth, cell survival or cell motility probably due to an intracellular feedback mechanism resulting in normalization of miR-205 target gene expression. Upregulation of miR-200 in miR-205 transfected cells is a possible explanation of this feedback loop. Both miRNAs are involved in the TGF-β pathway, which has a context-dependent function as tumorsuppressor or oncogene in various cancers and is inducible by UV-radiation. Subsequent treatment with TGF-β induced cell migration and invasion in vitro.

## Auslegung und Dimensionierung von Strahlenschutz-Einhausungen für UKP-Lasermaschinen

Sebastian Kraft, Laserinstitut Hochschule Mittweida

Lasermaschinen mit Ultrakurzpuls-(UKP)-Laserstahlquellen haben sich als ein innovatives Werkzeug für die Präzisionsfertigung oder in der Oberflächenbearbeitung erwiesen. Dank neuester technologischer Entwicklungen hin zu Laserstrahlleistungen von mehreren Kilowatt können zukünftig Prozesszeiten deutlich reduziert und Fertigungskapazitäten erhöht werden, was den UKP-Laserverfahren vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der industriellen Produktion eröffnet. Neben der primären Gefährdung durch die Laserstrahlung selbst müssen die Anlagenbediener auch vor gesundheitsschädlichen Sekundärgefährdungen geschützt werden, wie sie während der Laserprozessierung entstehen. Dies geschieht idealerweise durch das Umhausen des Laserbereiches zum Erreichen des Sicherheitsstandards Laserklasse 1. Zu einer dieser Sekundärgefährdungen zählt die laser-induzierte Röntgenstrahlung, wie sie kürzlich für die Bearbeitung mit hoch-intensiven UKP-Laserpulsen auch in Industrieprozessen nachgewiesen wurde. Die richtige Auslegung und Dimensionierung der Schutzgehäuse zum Strahlenschutz ist infolge der stark prozessabhängigen spektralen Verteilung der laserinduzierten Röntgenstrahlung mit Dosisleistungen von mehreren mSv/h bis in den Sv/h-Bereich herausfordernd. Vorgestellt wird ein Verfahren zur Auslegung geeigneter Gehäuseeinrichtungen, die ausreichend Schutzwirkung zur Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte im Strahlenschutz gewährleistet. ihrer Schutzwirkung validiert. Die Basis für die richtige Berechnung des Schutzgehäuses bilden reale, im Laserprozess gemessenen Röntgenspektren. Es wird gezeigt, dass Schichtstapel aus verschiedenen Materialien unterschiedlicher Dicke die bestmögliche Abschwächung der Röntgenstrahlung auch unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten bieten. Die modellhaft dimensionierten Abschirmeinrichtungen werden anschließend experimentell hinsichtlich ihrer Schutzwirkung validiert.

## Momentane und maximale HF-Immission in LTE/5G-Mobilfunknetzen mit Dynamic Spectrum Sharing

Lisa-Marie Schilling, Technische Universität Ilmenau

Seit 2020 wurde das UMTS-Mobilfunknetz schrittweise durch die Nachfolgetechnologien LTE und 5G ersetzt. Dazu wurde im 2 100-MHz-Band das sog. Dynamic Spectrum Sharing (DSS) erstmals in Deutschland eingeführt, das einen Parallelbetrieb von LTE und 5G in einem Frequenzband ermöglicht. Es besteht ein zunehmender Informationsbedarf der Öffentlichkeit und eine steigende Notwendigkeit proaktiver Risikokommunikation im Hinblick auf Strahlenschutzaspekte im Zusammenhang mit neuen Mobilfunktechnologien. Daher wurden Immissionswerte an 5G-Basisstationen im 2 100-MHz-Band im Vergleich zu den Vorgängertechnologien UMTS und LTE an identischen Basisstationen untersucht. Die Studie zeigt, dass sowohl die maximale als auch die momentane Immission vor und nach der Einführung von 5G mit DSS vergleichbar geblieben sind. Das alleinige softwareseitige Upgrade um DSS an bereits bestehenden Basisstationen zur Einführung eines Parallelbetriebs von LTE und 5G führt somit zu keiner Änderung der Exposition der Allgemeinbevölkerung aus strahlenschutztechnischer Sicht.

Um die maximale Immission für 5G zusätzlich durch neue Messmethoden zu analysieren, wurden erstmals codeselektive Messungen durchgeführt und mit der LTE-Immission in demselben Frequenzband verglichen. Theoretisch sollte sich die maximale Immission durch 5G nicht von LTE unterscheiden, da sie über eine gemeinsame Antennenanlage mit vergleichbarer Leistung abgestrahlt werden. Die Messergebnisse zeigen vergleichbare Immissionen von LTE und 5G, wodurch die neue codeselektive 5G-Messmethodik erfolgreich verifiziert ist.

## Effects of UVA and UVB irradiation on dermal stem cells

Christin Starzonek, Elbe Klinikum Buxtehude

Melanoma is the most aggressive and lethal form of skin cancer whose main etiological factor is exposure to ultraviolet (UV) radiation. The identity of the original target cell that acquires the requisite DNA lesions for transformation to melanoma still remains elusive. In human skin, neural crest-derived precursors of melanocytes, the dermal stem cells (DSCs), are discussed to be at the origin of melanoma. Although they are constantly exposed to solar UV radiation, it is still not investigated in detail how DSCs cope with UV-induced DNA damage.

Here, we report a comparative study of the DNA damage response in DSCs after UV exposure in comparison to fibroblasts, melanocytes and keratinocytes, all isolated from human foreskin. Cells were irradiated with different doses of UVA and UVB and DNA repair capacity, cell cycle alterations as well as apoptosis were measured. In addition, we investigated if DSC characteristics like the formation of spheres and the differentiation into melanocytes were affected through UV exposure. Altogether, our results show that DSCs represent a novel and unique model to study the effects of UV radiation on the DNA damage response of DSCs, their differentiation process to melanocytes and their potential relevance for the genesis of malignant melanoma.