

# Fazit: Höchste Zeit für eine nachhaltige Netzwerkplanung

Was für ärztliches Handeln gilt, ist auch im Schweizer Umweltschutzrecht verankert: Vorsorgen ist besser als heilen. Sind schädliche Wirkungen einer Technologie zu erwarten, müssen sie vermindert oder verhindert werden.

Es dauerte Jahrzehnte, bis die Schädlichkeit z. B. von DDT, Asbest, Tabak und Glyphosat als wissenschaftlich erwiesen galt, obwohl es schon lange Hinweise darauf gab. Das soll sich bei der Mobilfunkstrahlung nicht wiederholen.

## Vorsorgeprinzip gegen vermeidbare Risiken

Das Vorsorgeprinzip kann die Einführung neuer Technologien verlangsamen. Es stellt aber bestmöglich sicher, dass Menschen keinen unbekanntem bzw. vermeidbaren Risiken ausgesetzt werden. Zudem führt es zu mehr Innovation und Wettbewerbsfähigkeit, wenn sich die Wirtschaft frühzeitig auch mit den negativen Aspekten ihrer neuen Produkte befassen muss.

## Strahlungsminimierte Netzwerke

Die Zukunft gehört also nachhaltig geplanten, strahlungsminimierten Netzwerken mit leistungsfähigem Glasfasernetz bis in die Gebäude kombiniert mit kabelgebundenen (LAN) bzw. wo gewünscht mit wenig strahlenden lokalen Netzwerken (Mobilfunk-Femtozelle, WLAN), welche die Nachbarschaft nicht belasten.

Für die künftige Digitalisierung ist ein Glasfasernetz ohnehin unerlässlich. Es bietet schon heute mehr Leistung, Datensicherheit und Zuverlässigkeit als 5G verspricht. Jede 5G-Antenne benötigt selber einen Glasfaseranschluss und somit kommt man auch mit 5G nicht um die Glasfaser-Infrastruktur herum.

Zur Vorsorge bei Mobilfunk und Strahlung gehören auch strahlungsarme Endgeräte und informierte Nutzerinnen, die wissen, wie sie Mobilfunk gesundheitsverträglicher nutzen können.

Unterstützen Sie  
unsere Arbeit.  
Danke!  
PC 40-19771-2

# Tierstudien: Prognosen für Karzinogenität beim Menschen

Fiorella Belpoggi,  
Ramazzini-Institut, Bologna (I)

Was sich in Tierstudien als krebserregend erwies, stellte sich später immer auch als krebserregend für den Menschen heraus. Es zeichnet sich ab, dass dies auch für die Mobilfunkstrahlung zutrifft.

Es gibt drei Hauptfaktoren für die erhöhte Inzidenz<sup>1</sup> von Krebs – und damit die erhöhte Mortalität – in den letzten 50–60 Jahren: 1) höhere Lebenserwartung (ca. 10 Jahre für Männer, 15 Jahre für Frauen); 2) stärkere Verbreitung von Substanzen und Situationen mit karzinogenem Risiko, sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld; 3) genetische Prädisposition. Dieser dritte Faktor hat sich in den letzten Jahrzehnten wahrscheinlich nicht wesentlich verändert.

Der Prozess der Karzinogenese lässt sich vereinfacht durch folgende Formel ausdrücken:  $C = f(P+E+A)$ , wobei Krebs (C) eine Funktion (f) von Prädisposition (P), Exposition (E), und Alter (A) ist. Je höher das Alter, umso länger kann ein Umweltkarzinogen einwirken. Das ist insbesondere relevant, wenn es sich um eine Summe/Synergie von geringen und extrem geringen Expositionen gegenüber karzinogenen Substanzen handelt. Von diesen drei Faktoren wird man die Prädisposition (P) kaum durch Modifizierung des genetischen Profils ändern können; umso mehr gilt das für den Faktor Alter (A).

Will man die derzeitige epidemiologische Dimension von Krebs und anderen degenerativen Erkrankungen verändern, liegt die wirksamste Lösung darin, die Exposition gegenüber Substanzen und Situationen mit



Aus Holz gebautes Expositionssystem für Versuchstiere der Ramazzini-Studie<sup>21</sup>, vgl. Bildlegende S. 19. © 2013

umweltbedingtem Krebsrisiko im beruflichen Umfeld und in der Lebensweise (E) zu eliminieren oder zumindest weitgehend zu reduzieren. Unsere Kenntnis dieser Risiken ist leider noch sehr begrenzt. Für die Identifizierung karzinogener Substanzen gibt es heute drei Forschungsmethoden. Sie bieten jeweils unterschiedliche Möglichkeiten und Vorteile, haben aber alle auch ihre Grenzen.

## 1. Kurzzeitstudien und Studien mittlerer Dauer

Sie umfassen die Untersuchung toxischer Wirkungen (akut, subakut und subchronisch), mutagener Wirkungen (in bakteriel-

len und tierischen Zellen), und bio-molekularer Mechanismen, die diesen Wirkungen zugrunde liegen können. Diese Art von Forschung kann in relativ kurzen Zeitspannen durchgeführt werden. Sie liefern jedoch im Hinblick auf die Karzinogenität nur indirekte Daten. Sie können kein spezifisches finales Ereignis, wie die Präsenz oder das Fehlen eines Tumors, offenlegen. Der Nutzen dieser Studien ist also begrenzt, selbst wenn sie in einigen Fällen – über eine Anfangsorientierung hinaus – nützliche Daten zu den mechanistischen Aspekten der Wirkungsweise von Substanzen auf biologische Systeme liefern können (mit oder ohne Bezug zur Karzinogenese).

## 2. Langzeit-Bioassays zur Krebsentstehung an Versuchstieren

Wenn sie gut geplant und an adäquaten Tiermodellen durchgeführt werden (so nahe wie möglich am menschlichen Äquivalent) und weitestgehend menschliche Expositionsszenarien wiedergeben – können Langzeit-Bioassays<sup>2</sup> spezifische Indikationen zur Karzinogenität liefern, die sich sowohl qualitativ als auch quantitativ auf den Menschen übertragen lassen.

Viel wurde von interessierten Kreisen unternommen, um diese Bioassays und die damit arbeitenden WissenschaftlerInnen zu diskreditieren. Es gibt jedoch drei wichtige Gründe, die ihre Verwendung rechtfertigen: 1) **Alle Substanzen, die sich in epidemiologischen Studien als karzinogen für den Menschen erwiesen haben, zeigten sich auch im Tierversuch karzinogen. Bei einem Drittel der Substanzen, die von der Internationalen Krebsforschungsagentur**

<sup>1</sup> Die Inzidenz einer Krankheit wird im einfachsten Fall ausgewiesen als Zahl der Neuerkrankungen, die in einem Jahr pro 100 000 Menschen auftreten.

<sup>2</sup> Bioassay (kurz für engl. biological assay) ist der Fachbegriff für die In-vivo-Untersuchung der Effekte, die bestimmte Substanzen oder Einwirkungen auf lebende Organismen haben.

<sup>3</sup> Die International Agency for Research on Cancer (IARC) ist eine Forschungsagentur der World Health Organization (WHO).

IARC<sup>3</sup> als krebserregend eingestuft werden wurde die Karzinogenität zuerst in Nagetierstudien und erst danach in Studien mit Menschen nachgewiesen. 2) Keine Substanz, die sich bei Tieren als krebserregend erwies, hat sich bei Menschen im Rahmen von adäquaten epidemiologischen Studien als nicht karzinogen erwiesen. 3) Die Beziehung zwischen der Exposition gegenüber einer karzinogenen Substanz und der neoplastischen Reaktion sowie dem Prozess der Krebsentwicklung ist bei Menschen und Tieren vergleichbar.

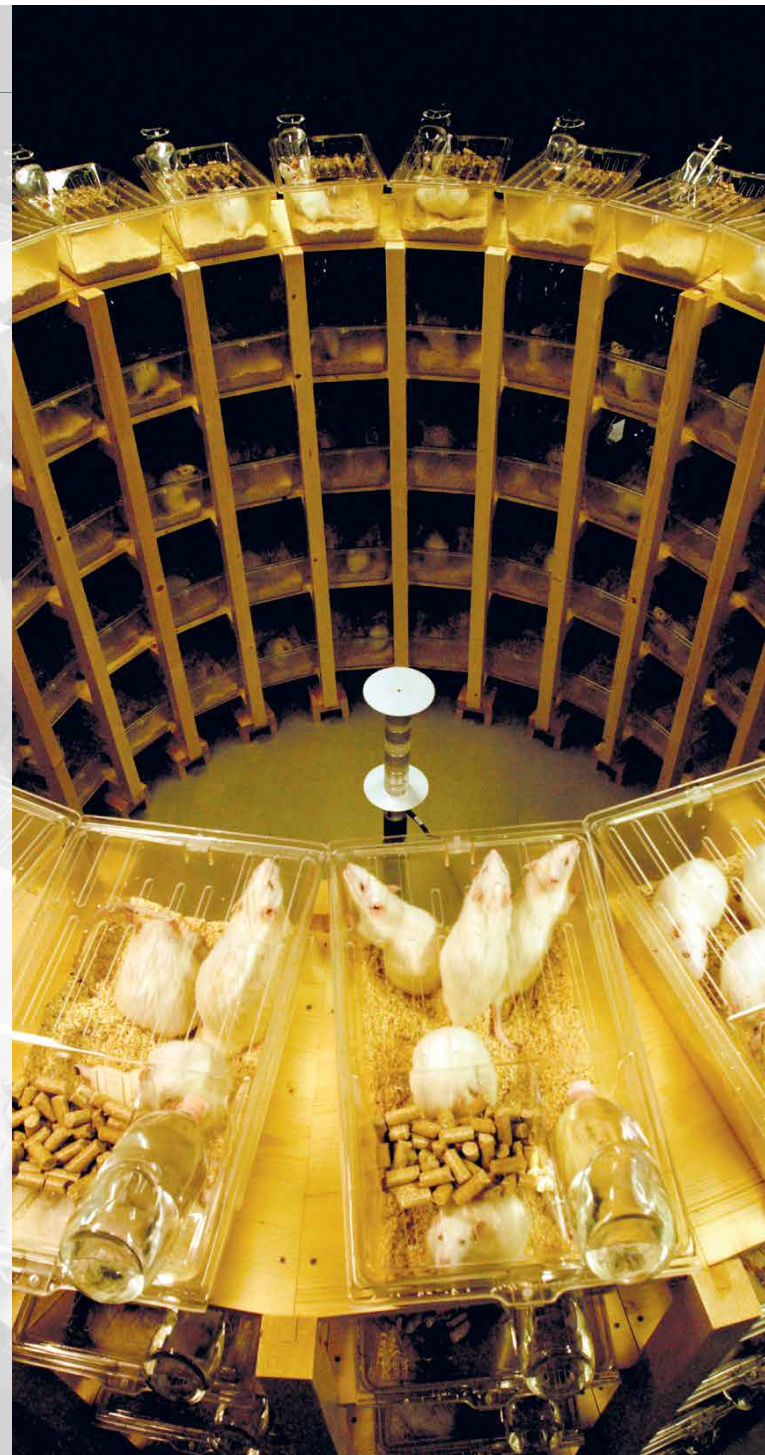
### 3. Onkologische epidemiologische Erhebungen

Auf der Grundlage adäquater Informationen über die Expositionsszenarien und mit der korrekten Methode durchgeführt, führen epidemiologische Erhebungen zu klaren Ergebnissen und sind somit der unmittelbarste Beweis für die Karzinogenität einer Substanz, eines Faktors oder einer Situation für den Menschen. Jedoch haben diese Erhebungen präzise Grenzen: 1) Ihre Machbarkeit ist begrenzt, wenn die exponierte oder die Nachfolge-Population zu klein ist und/oder wenn die Daten zum Expositionslevel begrenzt sind. Es ist schwierig, die gesamte Gruppe der exponierten Personen oder der repräsentativen Stichprobe nachzuvollziehen. 2) Es kann ein Mangel an klaren Ergebnissen bestehen aufgrund verzerrender Faktoren oder – im Fall von niedriger oder mittel bis niedriger Exposition – wegen der Schwierigkeit, eine ausreichend grosse Stichprobe exponierter Personen und eine adäquate Kontrollgruppe zu finden. Auch methodische Unzulänglichkeiten

können klare Ergebnisse verhindern. 3) Die inhärente Verzögerung bei epidemiologischen Ergebnissen wegen der langen Tumortalenzzeit bei Menschen (durchschnittlich 10–30 Jahre) bedeutet, dass die Substanzen in dieser Zeit weiterhin ihre schädigende Wirkung ausüben können. 4) Die Exposition gegenüber karzinogenen Substanzen ist verbreitet (nicht klar abgegrenzt), als Folge davon besteht die Schwierigkeit, eine nicht exponierte, ausreichend grosse Kontrollgruppe zu finden.

### Bioassays sind schnell und zuverlässig

Da sich die Latenzzeit proportional zur durchschnittlichen Lebenszeit eines Organismus verhält, ist sie bei den üblicherweise für Langzeit-Bioassays in Labors eingesetzt Nagern im Vergleich zum Menschen deutlich kürzer. Ein Beispiel dafür sind die in unserem Labor am Cesare-Maltoni-Krebsforschungszentrum des Ramazzini-Instituts eingesetzten Sprague-Dawley-Ratten. Unser Rattenstamm hat eine Lebenszeit von 160 Wochen. Dies entspricht 95–100 menschlichen Lebensjahren. Eine Latenzzeit von einem Jahr bei Ratten entspricht damit etwas mehr als 30 Jahren Latenzzeit beim Menschen. Langzeit-Bioassays liefern also sehr schnelle stellvertretende Ergebnisse, und sie vermeiden, dass Menschen unbekanntem Substanzen mit karzinogenem Risiko ausgesetzt sind. Adäquat durchgeführte Karzinogenese-Bioassays sind bezüglich der Wirkung auf Menschen also relativ schnell und haben eine hohen Vorhersagewert. Allerdings gilt auch, dass Studien dieser Art, die nicht korrekt geplant und durchgeführt



Aus Holz gebautes Expositionssystem für Versuchstiere der Ramazzini-Studie<sup>5</sup>. Es reproduziert die menschliche Situation in einer Eigentumswohnung. Die Exposition der Tiere dauerte vom 12. Schwangerschaftstag ihrer Mutter bis zum spontanen Tod.

© zvg

werden, eher zu Verwirrung führen.

Die IARC hat über 1000 Substanzen im Hinblick auf ihre Karzinogenität für Menschen anhand von Tierversuchsdaten sowie mit epidemiologischen und mechanistischen Studien bewertet und eine spezifische Klassifizierung zur Verfügung gestellt (vgl. Kasten).<sup>4</sup> Die Präambel<sup>5</sup> zu den IARC-Monographien beschreibt die den Bewertungen zugrunde liegenden Kriterien: Ziel und Umfang des Programms, wissenschaftliche Grundsätze und Verfahren bei der Entwicklung einer Monographie, einbezogene Beweisarten und wissenschaftliche Kriterien.

### Übertragbarkeit auf den Menschen nachgewiesen

Die IARC-Bewertungskriterien zeigen klar die Bedeutung der experimentellen Bioassays für die Identifizierung von Risiken für den Menschen. Ein Fakt ist offensichtlich: Jedes bekannte menschliche Karzinogen, das adäquat an Versuchstieren getestet wurde, zeigte hier übereinstimmende Ergebnisse hinsichtlich der Karzinogenität [1, 2, 3]<sup>6</sup>. Am Cesare-Maltoni-Krebsforschungszentrum des Ramazzini-Instituts (CMCRC-RI) in Bologna (I) haben wir im Laufe von 40 Jahren Forschung über 200 Zusammensetzungen untersucht. Eine Zusammenstellung von Beispielen für die Übertragbarkeit auf den Menschen findet sich online.<sup>7</sup>

### Langzeitstudien zu Mobilfunkstrahlung dringend

Langzeit-Karzinogenese-Versuche sind von grundlegender Bedeutung für die Identifizierung karzinogener Substanzen, sowohl für bereits auf dem Markt befindliche Erzeugnisse als auch für die noch nicht kommerzialisierten. Die Versuche werden wegen ihrer Verlässlichkeit immer häufiger eingesetzt, insbesondere für die Bewertung von Wirksamkeit und Verträglichkeit von Arzneimitteln/Wirkstoffen, einschliesslich derer, die möglicherweise bei der Chemoprävention von Tumoren zum Einsatz kom-

men. Sie sind auch bei der Identifizierung und Validierung von biologischen Markern und Medizinprodukten wichtig.

Unter diesem Aspekt scheint es unverständlich, dass die Regulierungsbehörden von den Herstellern von Telekommunikationsgeräten (wie Mobiltelefonen und auf mehreren Frequenzen sendenden Basisstationen), weltweit keine Langzeitstudien zum Ausschluss schädlicher Auswirkungen fordern. Dies im Gegensatz zur allgemeinen europäischen Vorgehensweise bei der Zulassung von chemischen und pharmazeutischen Zusammensetzungen. Frühzeitige Warnungen bezüglich der potentiellen Krebsrisiken von Hochfrequenzstrahlung des Mobilfunks (RFR) gab es bereits Anfang der 2000er-Jahre. Damals wurde erstmals veröffentlicht, dass Nutzer von Mobiltelefonen ein deutlich erhöhtes Risiko der Entwicklung von Akustikusneurinomen und Gehirntumoren haben.

2011 klassifizierte die IARC Hochfrequenzstrahlung als mögliches menschliches Karzinogen (Gruppe 2B, vgl. Kasten) auf der Grundlage begrenzter Beweise sowohl bei Menschen als auch bei Versuchstieren [5].

### Vorläufige Resultate zeigen Kausalität

2018 veröffentlichte das Ramazzini-Institut (RI) erste Ergebnisse seiner experimentellen Studie [6]. Die Kommunikation vorläufiger Resultate war aufgrund verschiedener Faktoren dringend geboten: 1) Selbst eine kleine Erhöhung der Inzidenz von durch RFR induzierten Tumoren kann aufgrund der Milliarden exponierter Personen erhebliche Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit haben. 2) Die RI-Ergebnisse zur RFR-Fernfeldexposition<sup>8</sup> stimmen mit den Ergebnissen der NTP-Studie [7, 8] zur RFR-

<sup>4</sup> <https://monographs.iarc.fr/monographs-available/#24>

<sup>5</sup> <https://monographs.iarc.fr/iarc-monographs-preamble-preamble-to-the-iarc-monographs/>

<sup>6</sup> Eckige Klammern = Literaturangabe, online unter: [www.aefu.ch/oekoskop/belpoggi\\_referenzen](http://www.aefu.ch/oekoskop/belpoggi_referenzen)

<sup>7</sup> [www.aefu.ch/oekoskop/belpoggi\\_tabelle](http://www.aefu.ch/oekoskop/belpoggi_tabelle)

### Durch IARC-Monographien klassifizierte Substanzen Band 1-125

<b>Gruppe 1</b>	Krebserregend für Menschen	120 Substanzen
<b>Gruppe 2A</b>	Wahrscheinlich krebserregend für Menschen	83 Substanzen
<b>Gruppe 2B</b>	Möglicherweise krebserregend für Menschen	314 Substanzen
<b>Gruppe 3</b>	Nicht klassifizierbar hinsichtlich Krebsrisiko für Menschen	500 Substanzen