



© Parlamentsdirektion/Christian Hikade

5G-Mobilfunk und Gesundheit

Die aktuelle Einschätzung des Evidenzstandes zu möglichen Gesundheitsrisiken von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks durch anerkannte wissenschaftliche Gremien

5G-Mobilfunk und Gesundheit

Die aktuelle Einschätzung des Evidenzstandes
zu möglichen Gesundheitsrisiken von
elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks
durch anerkannte wissenschaftliche Gremien

Endbericht

Institut für Technikfolgen-Abschätzung [ITA]
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften [ÖAW]

Austrian Institute of Technology [AIT]
Center for Innovation Systems and Policy

Projektleitung: Michael Nentwich [ITA]

*Autor*innen:* Karen Kastenhofer [ITA]
Zahra Mesbahi [ITA]
Felix Schaber [ITA]

Studie im Auftrag des Österreichischen Parlaments

Wien, Jänner 2020

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 31/2018)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Apostelgasse 23, A-1030 Wien
www.oeaw.ac.at/ita

Austrian Institute of Technology (AIT)
Giefinggasse 4, A-1210 Wien
www.ait.ac.at/

Die ITA-Projektberichte erscheinen unregelmäßig und dienen der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung.

Die Berichte erscheinen in geringer Auflage im Druck und werden über das Internetportal „epub.oeaw“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:

epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte

Projektbericht Nr.: ITA-AIT-11

ISSN: 1819-1320

ISSN-online: 1818-6556

epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-11.pdf

parlament.gv.at/SERV/STUD/FTA/

© 2020 ITA-AIT – Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

Zusammenfassung	5
Summary	9
1 Einleitung.....	13
1.1 Überblick über den Bericht.....	15
1.2 Technisch-physikalische Grundlagen	16
2 Zu berücksichtigende Kontextfaktoren	23
2.1 Wissenschaftliche Komplexität	25
2.2 Aggregation für die Politikberatung	30
2.3 Aggregation und Politisierung	38
2.4 Evidenz und öffentlicher Dialog	44
2.5 Zwischenresümee: ein Wald mit vielen Bäumen	48
3 Auswertungsmethode und Quellen	51
3.1 Methode.....	51
3.2 Darstellung der Aggregatoren	52
3.3 Berichte der Aggregatoren.....	60
4 Ergebnisse der Aggregatoren-Auswertung.....	89
4.1 Die Aggregation von Evidenz zu Mobilfunkstrahlung und Gesundheit.....	89
4.2 Diskutierte Risikoszenarien und Risikohypothesen	90
4.3 Zusammenfassung der Befunde der Aggregatoren	93
4.4 Gegenüberstellung der Sachstandsdarstellungen	94
4.5 Gegenüberstellung der Befunde zu Forschungsbedarf.....	96
4.6 Begründung der Unterschiede	98
5 Auswertungen in Hinblick auf 5G: Aggregatoren und Reviews.....	103
5.1 Aggregatorenaussagen zu 5G	103
5.2 Reviews und Überblicksarbeiten.....	105
5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Auswertung in Hinblick auf 5G	108
6 Konklusionen	111
6.1 Kontext und Sachstand.....	111
6.2 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Befunde	112
6.3 Schlussfolgerungen aus den Befunden	114
6.4 Optionen für die weitere Vorgangsweise	115
Glossar	117
Abkürzungsverzeichnis	119
Bibliographie	121

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Expert*innen/Aggregatoren-Netzwerk nach Investigate Europe	33
Abbildung 2: Studienfokus, politische Präferenz und Empfehlungstyp.....	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glossar der verwendeten technisch-physikalischen Begriffe	21
Tabelle 2: Die 20 Kontextfaktoren im Überblick	24
Tabelle 3: Fünf Evidenztypen nach Programmgruppe MUT (Wiedemann et al. 2002)	28
Tabelle 4: Vergleich der Aggregatoren in Hinblick auf ihre Aussagen zu Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen.....	32
Tabelle 5: „Weight of Evidence“ nach SCENIHR (2015)	37
Tabelle 6: Effektwahrscheinlichkeit in ANSES (2013)	37
Tabelle 7: Operationalisierung der Effektwahrscheinlichkeit nach ANSES (2013)	38
Tabelle 8: Operationalisierung von Effektwahrscheinlichen nach SSK (2011) speziell für den Endpunkt Krebs	38
Tabelle 9: Liste der Aggregatoren	53
Tabelle 10: Liste der Berichte der Aggregatoren	60
Tabelle 11: Von Expert*innengremien diskutierte biologische und gesundheitliche Effekte.....	92
Tabelle 12: Vergleich der Aggregatoren in Hinblick auf ihre Aussagen zu Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen.....	95
Tabelle 13: Von Aggregatoren eruiertes Forschungsbedarf	97

Zusammenfassung

Von 1. August 2019 bis 15. Februar 2020 war die ARGE „ITA-AIT-Parlament“ durch das österreichische Parlament beauftragt, den Sachstand zu möglichen gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Felder des Mobilfunks mit besonderem Fokus auf die neue Generation des Mobilfunks „5G“ in einer Kurzstudie zu erheben und zusammenzufassen.

Als Methode für diese zeitnahe Sachstandserhebung wurde festgelegt, dass vorhandene einschlägige Stellungnahmen maßgeblicher internationaler wie auch nationaler wissenschaftlicher Gremien in Hinblick auf Evidenzstand, inklusive bestehender Nachweise, Hinweise, Hypothesen und Wissenslücken ausgewertet werden sollten. Eine eigenständige Auswertung der einschlägigen wissenschaftlichen Veröffentlichungen war nicht vorgesehen.

In einem ersten Schritt wurde eine Liste an relevanten Gremien – aufgrund ihrer Funktion in diesem Kontext als „Aggregatoren“ bezeichnet – erhoben. Diese umfasst letztlich drei global wirkende Gremien (WHO, IARC, ICNIRP), zwei Gremien der EU (SCENIHR und EAHC) und neun nationale Gremien (aus Australien, Neuseeland, Kanada, Großbritannien, Schweden, Niederlande, Frankreich und Deutschland). Diese Gremien werden im Bericht jeweils kurz vorgestellt.

In einem zweiten Schritt wurde eine Aufstellung relevanter Veröffentlichungen dieser Gremien erarbeitet (mit Augenmerk auf Bedeutung in der internationalen Governance-Diskussion, wissenschaftliche Nachvollziehbarkeit der Evidenzerhebung und Aktualität). Daraus resultierte eine Liste von 24 Dokumenten, die ebenfalls jeweils im Bericht kurz vorgestellt werden. Zudem werden die Beurteilung der Evidenz zu einzelnen Risikohypothesen (von Schlafstörungen bis zu Krebs) und – wenn vorhanden – die resultierenden Empfehlungen zusammengefasst. Separat dargestellt werden auch Bezugnahmen auf „5G“.

In einem dritten Schritt wurden die Evidenzbeurteilungen unterschiedlicher Gremien einander gegenübergestellt, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zusammengefasst, sowie die teils doch erheblichen Abweichungen diskutiert. In diesem Zusammenhang wurde auch diskutiert, wie das Zustandekommen der ersichtlichen wesentlichen Abweichungen erklärbar ist. Entscheidende Kontextfaktoren wurden analysiert und unterschiedliche Formen des Umgangs mit Evidenz, Unsicherheit, Widersprüchlichkeit und politischen Empfehlungen unterschieden.

In einem vierten Schritt wurde der Diskussionsstand bezüglich 5G im Speziellen auf Ebene der Aggregatoren nochmals zusammengefasst und – wegen der noch spärlichen Berücksichtigung dieses Themas auf dieser Ebene – um eine Zusammenfassung des Diskussionsstandes auf Ebene von wissenschaftlichen Review-Texten aus Fachzeitschriften erweitert. Dazu wurden letztere ebenso gezielt erhoben, ausgewertet und zusammengefasst.

Auftraggeber Parlament

Aufgabe: Auswertung maßgeblicher internationaler und nationaler wissenschaftlicher Gremien

*15 Gremien,
24 Berichte*

Kontextfaktoren tragen zum Verständnis der teils erheblichen Abweichungen bei

5G im Speziellen ist noch wenig untersucht

5G als Sammelbegriff	Der Begriff „5G“ und seine Verwendung bleiben für eine Sicherheitsbewertung allerdings problematisch, da es sich hier um einen Sammelbegriff handelt, der unterschiedliche Aspekte variabel kombiniert. Wesentliche Eckdaten der mittel- bis langfristigen Implementierung von 5G – wie etwa die eingesetzten Frequenzbereiche, Versorgungsinfrastrukturen oder Einsatzgebiete – sind derzeit noch sehr unklar und es können auf dieser Basis auch nur sehr eingeschränkt die zu beurteilenden Expositionssituationen und deren Verbreitungsgrad vorhergesagt werden.
7 zentrale Befunde:	Die vorliegende Untersuchung kommt auf dieser Basis zu folgenden sieben zentralen Befunden:
Unterschiede der Risikobewertung	1. Expert*innengremien kommen zu keiner einheitlichen und eindeutigen Aussage darüber, ob gesundheitliche Auswirkungen nun <i>für Mobilfunk allgemein oder und für 5G im Speziellen</i> zu erwarten sind bzw. mit welcher Plausibilität und Wahrscheinlichkeit sie zu erwarten sind, welches Schadensausmaß damit verbunden sein könnte und wie Gesellschaft und Politik mit dieser Ungewissheit umgehen sollen.
Einigkeit: akute, kurzfristige, individuelle Effekte für 4G unwahrscheinlich	2. Ein gemeinsamer Nenner über alle Expert*innengremien hinweg ist die Einschätzung, dass akute, kurzfristige, individuelle Gesundheitseffekte des <i>etablierten Mobilfunks</i> bei effektiver Einhaltung der bestehenden Grenzwerte in der Durchschnittsbevölkerung unwahrscheinlich sind.
breites Spektrum an Risikohypothesen für Mobilfunk allgemein	3. Die diskutierten Risikohypothesen für <i>Mobilfunk allgemein</i> umfassen ein breites Spektrum von Änderungen auf Ebene von Genetik, Zellbiologie und Physiologie (mit unklarer medizinischer Bedeutung), über Wohlbefinden, Schlafqualität, Neurodegeneration und Fertilitätseinbußen bis hin zu Tumoren in der Kopfreion – all dies in statistisch eher geringem Ausmaß, bei den hier großen exponierten Populationen aber doch mit erheblichem – wenn auch ungewissem – Schadenspotenzial.
Risikohypothesen speziell zu 5G: Augen, Haut und kleine Organismen	4. Risikohypothesen <i>speziell zu 5G</i> fokussieren vor allem auf die neuen, deutlich höheren Mobilfunkfrequenzen nahe dem Millimeterwellenbereich. Auf Basis von Überlegungen zu frequenzspezifischen Absorptionsmustern und Wechselwirkungsmechanismen betreffen sie mögliche Schädigungen im Bereich der Augen und der Haut. Darüber hinaus gibt es begründete Wirkhypothesen in Bezug auf kleine und sehr kleine Organismen (Insekten, Pilze und Bakterien).
Wissenslücken und Unklarheiten und daher Forschungsbedarf...	5. Alle Gremien stimmen darin überein, dass es allgemein zur gesundheitlichen Relevanz hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks noch Wissenslücken und Unklarheiten gibt und daher Forschungsbedarf besteht. Für <i>etablierte Mobilfunkfrequenzen</i> gilt, dass es inadäquate und limitierte Evidenz zu möglichen Risiken gibt, weil eine Vielzahl teils auch sehr anspruchsvoller Studien weder einen eindeutigen Nachweis noch Entwarnung liefern kann. Für die <i>neuen Mobilfunkfrequenzen nahe am Millimeterwellenbereich von 5G</i> gilt hingegen, dass erhebliche Wissenslücken bestehen, weil zu relevanten Risikohypothesen, Frequenzbereichen und Feldstärken noch kaum Studien vorliegen (fehlende Untersuchungen).
...insbesondere zu 5G	

6. Es gibt Übereinstimmung darüber, dass sich die reale Expositionssituation der Bevölkerung durch die zunehmende Allgegenwart elektronischer Geräte (vom *Babyphone* über Kinderspielzeug bis hin zu Mobiltelefonen, *Smart Metern*, selbst-fahrenden Autos und *Internet-of-Things*) mit unterschiedlichsten Strahlungsimmissionen aus einer Vielzahl von Quellen weiter kompliziert und (zumindest in Hinblick auf Allgegenwart und Dauer) verschärft.

*reale Exposition
verkompliziert sich*

7. Soweit überhaupt angesprochen, gibt es auch Übereinstimmungen bezüglich der allgemeinen Notwendigkeit vorsorgender Maßnahmen und verbesserter Risikokommunikation. Bezüglich der Art der empfohlenen vorsorgenden Maßnahmen herrscht jedoch Uneinigkeit.

*vorsorgende
Maßnahmen &
Risikokommunikation
notwendig*

Vor diesen Hintergrund ist keine eindeutige und konsensuale Feststellung des gesundheitlichen Risikopotenzials bezüglich *etablierter Mobilfunkstrahlung* absehbar. In *Bezug auf 5G* im Speziellen scheint der Mangel an tierexperimentellen und *In-vitro*-Studien prinzipiell behebbar. Die Produktion einer robusteren Evidenzsituation ist jedoch nicht absehbar (anspruchsvolle Studiendesigns) bzw. unwahrscheinlich (Fehlen von epidemiologischen Studien).

Konsens nicht absehbar

*5G: robuste Evidenzlage
nicht absehbar bzw.
unwahrscheinlich*

Schließlich empfehlen wir die Berücksichtigung eines möglichst breiten Spektrums an Handlungsoptionen in der evidenzbasierten weiteren *Diskussion* von Governance-Strategien, ohne an diesem Punkt selbst eine Empfehlung in Hinblick auf deren *Anwendung* aussprechen zu wollen. Hierzu zählen – in unsortierter Reihenfolge:

*vielfältiges Spektrum
an Handlungsoptionen*

(A) Schutzprinzipien der „umsichtigen Vermeidung“, wie das ALARA- („as low as reasonably achievable“) und das ALATA-Prinzip („as low as technically achievable“) begleitend zu Grenzwertsetzungen;

umsichtige Vermeidung

(B) Formulierung spezifischer Leitlinien im Kontext von Sendeanlagenbau, technischem Design von Endgeräten, oder der Gestaltung der Grundversorgungsinfrastruktur;

spezifische Leitlinien

(C) Unabhängige, nationale und internationale Forschung in höchster Qualität zur Gewährleistung möglichst robuster Evidenz;

unabhängige Forschung

(D) Größere Klarheit und gezieltere Kommunikation zu technologischen Details aller geplanten Ausbaustufen, tatsächlich erwartbaren Anwendungsbereichen und Expositionssituationen;

*Transparenz für
technische Details und
Anwendungen*

(E) Neue Wege der Unsicherheits- und Risikoinformation vor dem Hintergrund einer nicht endgültig auflösbaren Unsicherheit, Widersprüchlichkeit und Kontroversialität;

*neue Wege der
Unsicherheits- und
Risikokommunikation*

(F) Neue Wege und Orte des Unsicherheits- und Risikodialogs vor dem Hintergrund des hohen Bedarfs an Austausch von Seiten unterschiedlicher Stakeholder und dem Fehlen unabhängiger Institutionen für die Organisation und Moderation eines solchen inter- und transdisziplinären Austausches in Österreich;

*neue Formate und Foren
für Risikodialog*

(G) Evaluierung des Risiko-Governance-Systems, z. B. in Hinblick auf die institutionelle Trennung und Legitimationskriterien von Bewertung, Empfehlung, politischer Entscheidung und Management.

*Evaluierung des Risiko-
Governance-Systems*

Summary

Between 1 August 2019 and 15 February 2020, the Austrian Parliament had commissioned the consortium “ITA-AIT-Parlament” to survey and summarise the state of play on possible health risks of electromagnetic fields of mobile radio communication in a short study, with a special focus on the new generation of mobile networks, i.e. “5G”.

client: Austrian Parliament

It was determined that the method for this prompt assessment of the state of play should consist of an evaluation of the opinions of existing relevant international and national scientific bodies with regard to the state of evidence, including existing evidence, guidelines, hypotheses, and knowledge gaps. There were no plans for an independent analysis of the respective scientific literature.

task: evaluation of relevant opinions provided by international and national scientific bodies

In a first step, a list of relevant bodies – known as “aggregators” because of their function in this context – was compiled. This list included three global bodies (WHO, IARC, ICNIRP), two EU bodies (SCENIHR and EAHC), and nine national bodies (from Australia, New Zealand, Canada, Great Britain, Sweden, the Netherlands, France, and Germany). The report provides a short description of each of these bodies.

15 bodies, 24 reports

In a second step, a list of relevant publications prepared by these bodies was compiled (with a focus on their importance in the international governance debate, scientific traceability of the evidence appraisal, and topicality). This resulted in a list of 24 documents, each of which is also briefly presented in the report. In addition, a summary is provided on the evaluation of the evidence on individual risk hypotheses (ranging from sleep disorders to cancer) and – where available – the resulting recommendations. References to “5G” are also presented separately.

In a third step, the aggregators’ different evidence appraisals and statements were compared, similarities and differences summarised, and the (at times) substantial differences discussed. In this context, it was also discussed how to explain these apparent substantial differences. Crucial contextual factors were defined whilst also differentiating between different ways of dealing with evidence, uncertainty, inconsistency, gaps of knowledge, and policy recommendations were distinguished.

contextual factors contribute to a better understanding of substantial deviations

In a fourth step, the state of debate regarding 5G was summarised at the aggregator level, and – because of ongoing scarce consideration of this topic at this level – supplemented with a summary of the state of debate at the level of scientific reviews in scientific journals. For this purpose, the latter were also specifically collected, evaluated and summarised.

5G in particular is still insufficiently researched

However, the term “5G” proves a problematic topic for safety assessment as it is an umbrella term that combines different technological features in a variable way. Moreover, essential characteristics of the medium- to long-term 5G implementation – such as the frequency ranges used, supply infrastructures or areas of application – are currently still

5G as an umbrella term

unclear. Future exposure levels and their prevalence can thus only be predicted and studied to a very limited extent.

<i>7 key findings:</i>	On this basis, this study arrives at the following seven central findings:
<i>differences in risk assessment</i>	1. Panels of experts do not have an unequivocal and unanimous opinion on the plausibility, probability, and likely extent of health effects of exposure to electromagnetic fields emitted by mobile radio communication in general, or by 5G in particular. They also vary in their recommendations on how society and politics should deal with the prevailing expert dissent and uncertainty.
<i>consensus: acute, short-term, individual effects for 4G unlikely</i>	2. A common denominator across all panels of experts is their shared assessment that the general population is unlikely to face any acute, short-term, individual health effects of electromagnetic fields emitted by established mobile networks if existing limits are maintained effectively.
<i>broad spectrum of risk hypotheses for mobile networks in general</i>	3. The risk hypotheses discussed for mobile radio communication in general cover a wide range of effects on the level of genetics, cell biology and physiology (with unclear medical significance), on well-being, sleep quality, neurodegeneration and fertility losses, and tumours in the area of the head – though on a statistically rather small scale, but with a considerable, albeit uncertain, potential for damage for exposed populations.
<i>risk hypotheses specific to 5G: eyes, skin and small organisms</i>	4. Risk hypotheses specifically addressing 5G focus primarily on the new, significantly higher mobile radio frequencies near the millimetre wave range. Based on considerations of frequency-specific absorption patterns and interaction mechanisms, they relate to possible damage to the eyes and skin. In addition, there are mechanistic hypotheses regarding small and very small organic structures and organisms (insects, fungi and bacteria).
<i>knowledge gaps and uncertainties and therefore need for further high-quality research ...</i>	5. All bodies agree that there is still limited and inadequate evidence regarding the health risks of high frequency electromagnetic fields of mobile radio, therefore necessitating further research. For established mobile radio frequencies, there is inadequate and limited evidence on possible risks despite a large number of studies. This is because of shortcomings in study designs and reporting. For the new mobile radio frequencies close to 5G's millimetre wave range, considerable knowledge gaps exist because hardly any studies on relevant risk hypotheses, frequency ranges, and field strengths are available (lack of studies).
<i>... in particular regarding 5G</i>	
<i>real exposure becomes more complicated</i>	6. There is consensus that the population's real exposure situation is further complicated and (at least in terms of ubiquity and duration) aggravated by the increasing ubiquity of electronic devices (ranging from baby phones and children's toys to mobile phones, smart meters, driverless cars, and the Internet of things) with a wide variety of field qualities from a variety of sources.

<p>7. If addressed at all, there is also consensus on the general need for precautionary measures and improved risk communication. However, there is disagreement on the nature of the recommended precautionary measures.</p>	<p><i>precautionary measures & risk communication necessary</i></p>
<p>In view of the above, there is no foreseeable clear and unanimous determination of the health risk potential regarding electromagnetic fields of established mobile radio communication. With regard to 5G in particular, the lack of animal and <i>in-vitro</i> studies can, in principle, be remedied. However, producing a more robust evidence base is not foreseeable (because of demanding study designs) or unlikely (because of a lack of epidemiological studies).</p>	<p><i>consensus not foreseeable</i></p> <p><i>5G: robust evidence not foreseeable or unlikely</i></p>
<p>Lastly, we recommend that the broadest possible spectrum of options for action be considered in further evidence-based discussions of governance strategies, without making any recommendations regarding their implementation at this point. This includes in no particular order:</p>	<p><i>diverse range of options for action</i></p>
<p>(A) Prudent avoidance principles such as ALARA (“as low as reasonably achievable”) and ALATA (“as low as technically achievable”) alongside setting effective safety limits for exposure.</p>	<p><i>prudent avoidance</i></p>
<p>(B) Formulation of specific guidelines in the context of transmitter construction, technical design of terminal equipment or the design of the universal service infrastructure.</p>	<p><i>specific guidelines</i></p>
<p>(C) Independent, national and international research of the highest quality to ensure the most robust evidence base possible.</p>	<p><i>independent research</i></p>
<p>(D) Greater clarity and more targeted communication on technological details of all planned expansion stages, expected contexts of application, and exposure scenarios.</p>	<p><i>transparency for technical details and applications</i></p>
<p>(E) New approaches to communicating uncertainty and risk against the background of uncertainty, ambiguity, and controversiality that cannot be resolved in full.</p>	<p><i>new ways of communicating uncertainty and risk</i></p>
<p>(F) New ways and places for debating uncertainty and risk given different stakeholders’ great need for discussion and the lack of independent expert bodies organising and facilitating such inter- and transdisciplinary exchange in Austria.</p>	<p><i>new formats and forums for risk dialogue</i></p>
<p>(G) Evaluation of the risk governance system, e.g. with regard to institutional separation and criteria to legitimise evidence assessment, evidence-based advice, political decisions on risk, and risk management.</p>	<p><i>evaluation of the risk governance system</i></p>

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt den Sachstand zu möglichen gesundheitlichen Risiken der elektromagnetischen Felder des Mobilfunks, insbesondere einer neuen Generation an Mobilfunktechnologie, die kurz als „5G“ oder „fünfte Generation“ bezeichnet wird, zusammenfassend dar. Kein Gegenstand dieser durch das österreichische Parlament beauftragten Studie¹ sind hingegen gesundheitliche Risiken, die nicht mit elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks zu tun haben, wie z. B. das Unfallrisiko durch Telefonieren im Straßenverkehr oder Gelenksbeschwerden durch Fehlhaltungen, sowie Umweltauswirkungen, wie z. B. auf Vögel oder Bienen, oder sicherheitspolitische Risiken.

Innerhalb der letzten Jahrzehnte wurden bereits zahllose Einzeluntersuchungen zu Fragen des mit Mobilfunkstrahlung möglicher Weise verbundenen Gesundheitsrisikos in unterschiedlichen Ländern und Wissenschaftsdisziplinen durchgeführt und publiziert. Eine Neuauswertung dieser Einzeluntersuchungen würde den Rahmen der vorliegenden Studie bei Weitem sprengen und erscheint auch nicht notwendig. Stattdessen werden bereits vorhandene Sachstandsdarstellungen und Stellungnahmen anerkannter internationaler und nationaler Aggregatoren vergleichend präsentiert und diskutiert.

Als Aggregatoren fassen wir hier (vorwiegend öffentliche) Einrichtungen zusammen, die den über wissenschaftliche Einzelstudien erarbeiteten Wissensstand zusammenfassen und in einer politik- und gesellschaftsberatenden Rolle Stellungnahmen abgeben. Die Details der Auswahl- und Auswertungsmethode werden in Kapitel 3 dargestellt. In Kapitel 4 findet sich das Ergebnis der vergleichenden Auswertung. Kapitel 5 fasst die auf 5G im Speziellen bezogenen Aussagen zusammen und stellt diesen jenen Aussagen an die Seite, die in einschlägigen Review-Artikeln in wissenschaftlichen Fachzeitschriften getroffen wurden.

Das Augenmerk der vorliegenden Studie liegt darauf, politischen Entscheidungsträger*innen wie auch der interessierten Öffentlichkeit die Qualität und Aussagekraft des derzeitigen wissenschaftlichen Sachstandes möglichst nachvollziehbar darzulegen. Damit verbindet sich die Hoffnung, dass einerseits eine transparente, sachliche Auseinandersetzung und wechselseitiges Vertrauen aller Beteiligten befördert werden und andererseits zwischen wissenschaftlichen Fakten, gesellschaftlichen Werten, partikularen Interessen und den notwendigen, genuin politischen Entscheidungen möglichst klar unterschieden werden kann.

Untersuchungsgegenstands dieses Berichts

keine Neuauswertung von Einzelstudien, sondern vergleichende Analyse der Berichte von Aggregatoren

klare Unterscheidung zwischen Fakten, Interessen und Politik

¹ Dieser Bericht ist das Endergebnis von Arbeitspaket 2 des Auftrags des Österreichischen Parlaments vom Sommer 2019. Er steht unter der Verantwortung des ARGE-Partners ITA. Arbeitspaket 1, in dem die technischen Grundlagen und Anwendungsfelder von 5G skizziert werden, wird vom ARGE-Partner AIT erarbeitet und eigenständig publiziert.

*Kontroverse auch nach
Jahrzehnten ungelöst*

Die Notwendigkeit, diese Unterscheidung überhaupt erst zu erarbeiten, liegt „in der Sache“ selbst begründet. Die Kontroverse um gesundheitliche Risiken des Mobilfunks ist keineswegs neu und muss auch nach Jahrzehnten als ungelöst gelten. Die wissenschaftliche Beantwortung der zugrundeliegenden Fragestellung ist methodisch keineswegs trivial, eine endgültige Beweisführung für die Abwesenheit jeden Risikos *per se* nicht erwartbar.

*Interessens- und
Wertekonflikte,
Politisierung,
Emotionalisierung*

Fachleute sprechen hier von einer „komplizierten“, „komplexen“, „post-normalen“ (Funtowicz/Ravetz 1993) oder neuerdings auch „perplexen“ wissenschaftlichen Ausgangssituation (Meskens 2019). Hinzu kommen starke Interessens- und Wertekonflikte, eine daraus resultierende Politisierung des Themas und Sekundäreffekte wie Emotionalisierung, Vertrauensverluste, Kommunikationsschwierigkeiten und Lagerbildungen, die bis in die Forschungscommunity selbst zurückwirken (Böschen et al. 2010; Kastenhofer 2015).

*„verzwickte
Problemlage“*

Die Frage nach möglichen gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks befindet sich dabei in guter Gesellschaft mit anderen prominenten verzwickten Problemen („*wicked problems*“) aus Vergangenheit und Gegenwart. Diese Vergleichsfälle zeigen ein großes Spektrum an sehr unterschiedlichen Verläufen: Manche gelten bis heute als ungenügend geklärt, andere wurden zu einem bestimmten Zeitpunkt als vernachlässigbares, zu regulierendes oder auch untragbares Risiko bewertet und dementsprechend behandelt. Genannt seien hier in unsortierter Reihenfolge der Zusammenhang von Lungenkrebs und Rauchen, der anthropogen verursachte Klimawandel, ökologische und gesundheitliche Effekte genetischer Modifikation in der Landwirtschaft oder Gesundheitsrisiken durch den Einsatz von Glyphosat. Die Liste an historischen Beispielen von erst zu spät erkannten oder zu spät eingestandenen nicht intendierten Nebenfolgen des Einsatzes neuer Produkte, Präparate und Technologien ist lange (vgl. auch EEA 2001; EEA 2013) und reicht von Krebspromotion durch radioaktive Strahlung und Asbest in Gebäuden über die Ausdünnung des Ozonlochs bis hin zum anthropogenen Klimawandel; die Liste an technologischen Innovationen mit letztlich doch akzeptierten bzw. akzeptablen Risiken freilich ebenso (hier prominent genannt die beschleunigte Fortbewegung mit Zug oder Auto, für die von mancher Seite im 19. Jahrhundert direkte gesundheitliche Risiken vorhergesagt worden waren).

historische Fallbeispiele

*Anerkenntnis von
Kontroversen,
Wissenslücken,
Interessenskonflikten
und Risikokulturen*

Nur mit einem Verständnis dieses speziellen wissenschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Hintergrundes ist es möglich, den bestehenden Sachstand und die mit ihm verknüpften Unzulänglichkeiten und Kontroversen richtig einzuordnen und unter Berücksichtigung aller wissenschaftlich geklärten, kontroversen und ungeklärten Aspekte gesellschaftliche Entscheidungsoptionen auszuhandeln. Das Gleiche gilt für eine sinnvolle Kommunikation mit einzelnen Interessensvertretungen, NGOs oder der breiten Öffentlichkeit – auch hier wird die gute Kenntnis des Sachstandes ebenso wichtig sein, wie die Anerkennung von Kontroversen, Wissenslücken, partikularen Interessen und unterschiedlichen Risikokulturen. Der reine Verweis auf das momentan unwidersprochen Nachge-

wiesene hingegen läuft Gefahr, Misstrauen zu schüren und eine sachliche Diskussion zu erschweren – so paradox dies auf den ersten Blick klingen mag. Aus diesem Grund widmet sich Kapitel 2 der Darstellung von zu berücksichtigenden Kontextfaktoren.

1.1 Überblick über den Bericht

In diesem Sinne ist das folgende Kapitel dieses Berichts einer kurzen Darstellung maßgeblicher Kontextfaktoren gewidmet, ohne die die momentane Beweislage zu 5G und Gesundheit nicht sinnvoll zu interpretieren ist.² Relevante Kontextfaktoren reichen von genuin wissenschaftlichen Problemen über Probleme der Aggregation von Evidenz für die Politik und Politisierung von Wissenschaft bis hin zu Herausforderungen der Risiko- und Ungewissheitskommunikation. Besonders relevant für das Verständnis der aktuellen Debatte sind aus unserer Sicht insbesondere die spezifische wissenschaftliche Komplexität der Fragestellung (Kapitel 2.1), wesentliche Entscheidungen in der Evidenzaggregation (Kapitel 2.2), die Politisierung der Evidenzaggregation (Kapitel 2.3) sowie die Schnittstelle von Evidenz und öffentlichem Dialog (Kapitel 2.4).

In Kapitel 3 wird einerseits die Auswertungsmethode, die diesem Bericht zugrunde liegt, erläutert sowie die verwendeten Sekundärquellen und deren Urheber*innen, also die Aggregatoren und deren Berichte im Detail dargestellt. Kapitel 4 ist der systematischen Auswertung der Befunde der Aggregatoren zu gesundheitlichen Risiken von elektromagnetischen Feldern im Allgemeinen gewidmet, Kapitel 5 fokussiert auf den Wissensstand zu 5G im Besonderen. Das Abschlusskapitel 6 fasst unsere Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zusammen. An dieser Stelle sei auch auf das Glossar und das Abkürzungsverzeichnis sowie die Dokumentation der verwendeten Literatur am Ende des Berichts hingewiesen.

Der Rest dieses Einleitungskapitels ist den physikalisch-technischen Grundlagen des Untersuchungsgegenstandes gewidmet. In diesem Zusammenhang sei auch explizit auf die Ergebnisse von Arbeitspaket 1 dieses Auftragsprojekts, welches getrennt publiziert wird, verwiesen.

*Kontextfaktoren
als Schlüssel zum
Verständnis*

Aufbau des Berichts

*Kapitel 6 fasst
Erkenntnisse und
Schlussfolgerungen
zusammen*

² Die Kenntnis über diese Kontextfaktoren fußt auf einem 2003-2007 an der Universität Augsburg durchgeführten Projekt über den Umgang mit Evidenz und Nichtwissen in der damaligen Mobilfunkkontroverse um gesundheitliche Aspekte des Mobilfunks (vgl. Bösch, et al. (2008); Bösch, et al. (2010); Kastenhofer (2011); Kastenhofer (2015); Wehling/Bösch (2015)). Sie wurde für den vorliegenden Zweck kondensiert und durch aktuelle Befunde ergänzt.

1.2 Technisch-physikalische Grundlagen

Um die gesundheitlichen Auswirkungen von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks untersuchen zu können, ist es notwendig, die Strahlungsquellen und die Qualität der durch diese verursachten elektromagnetischen Exposition näher zu beschreiben. Für Mobiltelefonie sind dies etwa Mobilfunkmasten (ortsfeste Basisstationen) und Mobiltelefone (mobile Endgeräte), die über gepulste oder ungepulste hochfrequente elektromagnetische Felder kommunizieren. Damit die Kommunikation in diesem System funktioniert, muss der Empfang an allen kommunizierenden Endpunkten stark genug sein. Mobiltelefone können die Sendeleistung der Empfangsqualität anpassen und so bei guter Empfangsqualität (und dementsprechend geringer notwendiger Sendeleistung) Energie sparen bzw. die Akkulaufzeit des Gerätes verlängern und die persönliche Strahlenexposition senken.

Charakterisierung der Exposition

Art (Frequenz³, Pulsung, Modulation), Intensität (abgebildet als Feldstärke in V/m, beim Auftreffen auf die organismische Oberfläche auch als Leistungsflussdichte in W/m², bei Energieaufnahme durch organismisches Gewebe als Spezifische Absorptionsrate SAR in W/kg – zu diesen Begriffen und Einheiten siehe auch Tabelle 1, Dauer (einzelner Perioden hoher Exposition und Gesamtperiode) und Verteilung (Kopf, Rumpf, Beine) der gesamten Strahlenexposition sind wesentlich für die Charakterisierung der Expositionssituation(en) und die darauf basierende Beurteilung möglicher gesundheitlicher Wirkungen auf den Menschen.

Mobiltelefone derzeit mehr als Funkmasten für die Exposition verantwortlich

Die Intensität der Exposition resultiert aus den Sendeleistungen (gemessen in W) und den Frequenzbereichen aller imitierenden Geräte und Sendeanlagen sowie den Strecken (Entfernung und Hindernisse) zwischen diesen Emissionsquellen und exponiertem Körper(teil). Tatsächliche Expositionsverteilungen sind nicht linear und nur eingeschränkt theoretisch modellierbar und vorhersagbar.⁴ Verallgemeinern lässt sich aber, dass die Intensität der Exposition mit zunehmendem Abstand stark abnimmt. Im Alltag sind Mobiltelefone daher quantitativ für den weitaus höheren Anteil der individuellen Strahlenexposition verantwortlich als Basisstationen. Sie haben zwar eine deutlich geringere Sendeleistung als Mobilfunkmasten (und senden nicht ununterbrochen mit maximaler Leistung), werden jedoch im Gegensatz zu diesen regelmäßig sehr nahe am Körper getragen (z. B. in der Jacken- oder Hosentasche) oder sogar direkt an den Kopf gehalten (bei Telefonaten ohne Headset).

³ Da Frequenz und Wellenlänge direkt miteinander gekoppelt sind – die Angabe der Frequenz also bei Kenntnis und Konstanz des Mediums (in diesem Fall: der freie Luftraum) die Spezifikation der Wellenlänge ermöglicht und umgekehrt, wird hier nur die Frequenz stellvertretend für Frequenz UND Wellenlänge genannt.

⁴ Eine gute Darstellung zu realistischen Expositionsszenarien findet sich etwa unter [bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektrosmog/fachinformationen/elektrosmog-quellen/mobilfunk-als-elektrosmog-quelle/wie-stark-ist-mobilfunkstrahlung-.html](https://bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/elektromog/fachinformationen/elektrosmog-quellen/mobilfunk-als-elektrosmog-quelle/wie-stark-ist-mobilfunkstrahlung-.html), zuletzt eingesehen am 19.1.2020.

Bei der Abschwächung der Intensität mit der Entfernung muss zwischen Nah- und Fernbereich unterschieden werden. Befindet man sich in der Nähe der Strahlungsquelle (*Nahfeld*) wird elektromagnetische Leistung vorwiegend direkt durch sogenannte induktive oder kapazitive Kopplung ausgetauscht. In diesem Bereich sind daher insbesondere die Induktivität und Kapazität des biologischen Gewebes für die Stärke der Interaktion relevant. Die Abschwächung der Strahlung mit der Entfernung in diesem Bereich hängt von einer Reihe von Faktoren ab und kann oft nur durch Simulation ermittelt werden. Die Grenze des Nahfelds wird typischerweise mit der doppelten Wellenlänge angegeben, welche bei typischen Mobilfunkfrequenzen und Gerätenutzung bis in den Körper hineinreicht. Das Nahfeld ist daher bei der Exposition durch nahe am Körper getragene Mobiltelefone von großer Bedeutung.

Nahfeld

Die Abschwächung der Intensität über größere Distanzen wird hingegen durch das *Fernfeld* beschrieben. Dabei wird abgestrahlte Energiemenge pro Sekunde (Leistung) nicht durch induktive oder magnetische Kopplung zwischen Sender und Empfänger bestimmt, sondern direkt in den freien Raum abgestrahlt. Bei Mobilfunkmasten ist aus baulichen Gründen meist nur eine Annäherung von Privatpersonen an die Strahlungsquelle auf einige Meter möglich. Exposition durch Mobilfunkmasten findet daher praktisch ausschließlich im Fernfeld statt. Für eine idealisierte Punktquelle und bei konstanter Frequenz nimmt die Intensität mit der Entfernung quadratisch ab, eine Verdoppelung des Abstands führt daher zu einer Viertelung der Intensität des Empfangs.

Fernfeld

Die Frequenzhöhe ist expositionsrelevant, weil die Abschwächung elektromagnetischer Wellen bei ihrer Ausbreitung im freien Raum (Freiraumdämpfung) im Allgemeinen mit der Frequenzhöhe quadratisch zunimmt. Bei gleicher Leistung und gleichem Abstand ist bei einer Verzehnfachung der Frequenz üblicherweise nur noch ein Hundertstel des ursprünglichen technischen Empfangs gewährleistet. Die Frequenz hat auch Auswirkungen darauf, wie tief die Strahlung in biologisches Gewebe eindringt. Hohe Frequenzen gehen mit kleineren Eindringtiefen bzw. höhere Absorption im Oberflächengewebe einher. Und letztlich ist die Frequenz mit der Wellenlänge gekoppelt – höhere Frequenz, kleinere Wellenlänge und umgekehrt. Das Größenverhältnis von Wellenlänge zu exponiertem Körper(teil) ist wiederum relevant, wenn es um Wirkhypothesen aufgrund von Resonanz (einem Rückkopplungsphänomen) geht.

Zusammenhang zwischen Frequenzhöhe und Eindringtiefe bzw. Absorption

Um die Bevölkerung vor potentiellen Auswirkungen durch elektromagnetische Strahlung zu schützen, wurden international Grenzwerte für die maximal zulässige Exposition definiert. Die europäischen Grenzwerte orientieren sich dabei an den Empfehlungen der ICNIRP. Ziel dieser Grenzwerte ist es, eine übermäßige Erwärmung des Körpergewebes (über 1°C) durch elektromagnetische Felder zu verhindern. Für die klassischen Mobilfunkfrequenzen unterhalb von 10 GHz ist dabei ein Grenzwert für die sogenannte Spezifische Absorptionsrate (SAR) vorgesehen. Diese kann als Indikator für die Energieaufnahme pro Masse und Zeiteinheit (W/kg) herangezogen werden.

Grenzwerte für die maximal zulässige Exposition [SAR und Leistungsflussdichte]

SAR-Werte	Gemäß der Empfehlung wird der SAR-Grenzwert über sechs Minuten und zehn Gramm Körpergewebe gemittelt. ⁵ Es gibt je unterschiedliche SAR-Grenzwerte für Kopf, Rumpf, Gliedmaßen (vorwiegend relevant für Mobiltelefone) und den ganzen Körper (vorwiegend relevant für Mobilfunkmasten); für die Gesamtbevölkerung und für berufliche Exposition. ICNIRP (1998) empfahl etwa einen SAR-Wert von 0,08 W/kg für den Gesamtkörper, 2 W/kg für Kopf und Rumpf und 4 W/kg für Gliedmaßen in der Gesamtbevölkerung ⁶ .
Leistungsflussdichte	Für Frequenzbereiche über 10 GHz wird allein die Leistungsflussdichte (W/m^2) zur Grenzwertsetzung herangezogen. Als Grenzwert ist eine maximal zulässige Leistungsdichte von $10 W/m^2$ vorgesehen. Im Gegensatz zu Frequenzen unterhalb 10 GHz gibt es hier kein festgelegtes Limit für die Spezifische Absorptionsrate (SAR) ⁷ . Grund hierfür ist, dass oberhalb von 10 GHz vorwiegend die Hautoberfläche erwärmt wird und eine Bezugnahme auf das Volumen somit nicht sinnvoll erscheint.
5G: <ul style="list-style-type: none"> • <i>verschiedene technologische Weiterentwicklungen</i> • <i>teils höherer Frequenzbereiche</i> • <i>neue Anwendungen</i> 	Die fünfte Generation des Mobilfunks (5G) ist ein Sammelbegriff, der auf der vierten Generation (4G) aufbaut und verschiedene technologische Weiterentwicklungen wie „ <i>massive MIMO</i> “, „ <i>Beamforming</i> “ und teils auch den Einsatz höherer Frequenzbereiche und damit verbunden eine andere Sendinfrastruktur umfasst. Darüber hinaus ist abzusehen, dass diese neue Generation der Mobilfunktechnologie ein anderes Anwendungsspektrum haben könnte (etwa in Richtung <i>Internet of Things</i>), als frühere Mobilfunkgenerationen, wodurch neue Expositionssituationen entstehen können. Die Implementierung von 5G erfolgt gestaffelt in unterschiedlichen Ausbaustufen, von denen die erste in Österreich bereits begonnen hat.
massive MIMO	„ <i>Massive MIMO</i> “: Bei „ <i>Multiple Input/multiple Output</i> “ (MIMO) werden von der Basisstation mehrere Antennen gleichzeitig zum Senden und Empfangen verwendet. Damit kann eine größere Zahl an Endgeräten gleichzeitig versorgt und der Datendurchsatz gesteigert werden. „ <i>Massive MIMO</i> “ bezeichnet den Einsatz sehr vieler solcher Kleinantennen innerhalb eines einzelnen Antennen-Panels.

⁵ Allerdings wird in der Stellungnahme der EU-Kommission zu diesem Thema auch empfohlen, die maximale Spitzenleistung zu beschränken. So soll die über die Dauer eines Impulses gemessene Leistungsdichte auf das 1.000-fache der zeitlich gemittelten Leistungsdichte begrenzt werden. Zwar sei eine Beziehung zwischen biologischen Wirkungen und Spitzenwerten der Strahlungsintensität nicht nachgewiesen. Dennoch wird aus Sicherheitsgründen die Begrenzung des Spitzenwerts für Frequenzen über 0.01 GHz vorgeschlagen. Tatsächlich gibt es Anzeichen, dass der zeitlich gemittelte Grenzwert kurzzeitige Temperaturanstiege durch Strahlungsspitzen nicht vollständig verhindern kann. So wurde eine Temperaturerhöhung von mehr als 1°C bei Strahlungsspitzen von 10 GHz unterhalb des Grenzwerts gemessen.

⁶ Respektive 0,4 / 10 / 20 W/kg für Exposition am Arbeitsplatz im Bereich 100 kHz bis 10 GHz.

⁷ Umgekehrt gibt es sehr wohl Grenzwerte für die Leistungsflussdichte unterhalb von 10 GHz. Diese sind $2,4 W/m^2$ bis 100 MHz, $4 W/m^2$ bei 800 MHz, $4,5 W/m^2$ bei 900 MHz und $9 W/m^2$ bei 1.800 MHz.

„*Beamforming*“: Die Mikroantennen, die bei „*Massive MIMO*“ eingesetzt werden, können sich durch ungewollte Wechselwirkungen (Interferenzen) gegenseitig stören. *Beamforming* wirkt solchen Störungen durch gemeinsame Ansteuerung aller Antennen in einem *Array* gezielt entgegen. Zudem ermöglicht *Beamforming*, die Sendeleistung in die Richtung eines aktiven Endgeräts zu fokussieren und somit die Signalqualität zu verbessern, ohne die Sendeleistung erhöhen zu müssen. Im Bereich hoher Frequenzen sind solche Techniken auch deshalb im Einsatz, um eine akzeptable Signalqualität erreichen zu können (zumal hohe Frequenzen mit geringer Reichweite einhergehen, s. o.).

Beamforming

Die erste Ausbaustufe von 5G konzentriert sich vorwiegend auf niedrigere Frequenzbereiche, da hierfür auch auf die bestehende 4G-Infrastruktur zurückgegriffen werden kann. In Österreich ist für spätere Ausbaustufen von 5G derzeit das 26-GHz-Band im sogenannten Millimeterwellen-Bereich⁸ vorgesehen.⁹ Mit Frequenzerhöhung und Verkürzung der Wellenlänge verschiebt sich die Grenze zwischen Nahfeld und Fernfeld¹⁰, Sendeweite¹¹, Eindringtiefe und erforderliche Antennengröße¹² nehmen stark ab.

neue Frequenzbereiche

Mit geringerer Reichweite geht auch die Notwendigkeit eines dichteren Netzes an Basisstationen einher – zumindest dann, wenn auf kabellose Datenübertragung und nicht etwa auf (Teil-)Versorgung über Glasfaserkabel gesetzt wird. Diese Basisstationen werden als kleinere Kästen („*smart cells*“) in bestehende Infrastruktur integriert. Die geringe Reichweite von 5G-Millimeterwellen lässt Sendestationen in diesem Frequenzbereich daher eher in dicht bebauten, städtischen Gebieten oder in industriellen Anlagen geeignet erscheinen. Das engere Netz an Basisstationen bedeutet auch, dass man ihnen im Alltag näherkommt, allerdings nicht unbedingt, dass sich die Exposition erhöht. Mit dem Einsatz von *Beamforming* erreicht die Exposition (von Körperteilen und Gesamtkörper) durch Basisstationen wie auch Endgeräte dann ein Maximum, wenn tatsächlich gerade Daten übertragen werden. Durch optimalen Empfang kann die Strahlungsleistung von Endgeräten dabei reduziert werden.

*dichteres Netz
an Basisstationen*

⁸ Bei 26 GHz beträgt die Wellenlänge nur noch ca. 1,15 cm, während sie bei früheren Mobilfunkfrequenzen bei 2,6 GHz noch 11,5 cm betrug.

⁹ Dieses Frequenzband wird aktuell bereits für direkte Verbindung zwischen zwei fixierten Punkten (Richtfunk) verwendet. Mit 31.12.2020 laufen die entsprechenden Lizenzen aus und das Band wird aufgrund europäischer Vorschriften neu vergeben.

¹⁰ Die Grenze des Nahfelds (welche mit der doppelten Wellenlänge abgeschätzt wird) beträgt ca. 2,3 cm bei 26 GHz und 23 cm bei 2,6 GHz. Direkte, Nahfeldspezifische Interaktionen durch häufige Richtungsänderungen der Moleküle im hochfrequenten elektromagnetischen Feld (dielektrische Erwärmung) sind daher bei 26 GHz nur in unmittelbarer Oberflächennähe des Körpers zu erwarten. Gleichzeitig können Millimeterwellen dickere Wände und Fenster kaum durchdringen.

¹¹ Da bei steigender Frequenz auch die Intensität des empfangenen Signals sinkt, fällt dieses bei 26 GHz bei gleichem Abstand signifikant schwächer aus als bei 2,6 GHz. Dies muss aber nicht unbedingt auch in gleichem Maß für die Wechselwirkung mit Organismen gelten.

¹² Die Antennengröße sinkt einfach proportional zur Wellenlänge. Daher benötigt eine Dipolantenne bei 26 GHz nur ca. 1/10 der Länge einer vergleichbaren Antenne bei 2,6 GHz, was den Platzbedarf einer einzelnen Antenne stark reduziert.

*geändertes
Resonanzverhalten,
relevant etwa bei
Regen ...*

*... menschlichen
Schweißdrüsen ...
... und Insekten*

Eine geringe Wellenlänge führt auch zu einem geänderten Resonanzverhalten. Resonanzen treten typischerweise bei Strukturen (mit homogenen elektrischen Eigenschaften) mit halb oder ganzzahligen Vielfachen der Wellenlänge auf. Bei 26 GHz ist die halbe Wellenlänge (und somit das erste halbzahlige Vielfache) 5.75 mm. Somit kommen recht kleine Strukturen in Oberflächennähe als mögliche Resonanzzentren in Betracht. In der Natur können dies Wassertropfen sein, weshalb eine stärkere Beeinträchtigung der Intensität durch Regen zu erwarten ist. Beim menschlichen Organismus könnten dies Schweißdrüsen sein, bei Insekten Antennen oder Gliedmaßen.¹³

unklar:

- *5G-Frequenzbereiche
in Österreich*
 - *konkrete
Einsatzgebiete*
 - *häufigste
Expositionssituationen
und Betroffene*

Nicht endgültig aufklärbar zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes war,

- welche Frequenzbereiche über 26 GHz hinaus für 5G in Österreich angedacht sind,
- wie bestehende und neue Grundversorgungsinfrastrukturen integriert werden bzw. ob und wie lange 4G-Basisstationen und 5G-Basisstationen parallel im Einsatz sind,
- welche konkreten Einsatzgebiete – von Industrie 4.0 über *Internet-of-Things* und selbstfahrende Autos bis hin zu *Online-Gaming* oder Mobiltelefonie – als Haupteinsatzgebiete eingeplant sind und welche letztlich auch wirklich realisiert werden und dementsprechend
- wie die häufigsten Expositionssituationen im Detail aussehen werden und welche Bevölkerungsgruppen sie betreffen.

Zwar lässt sich das realistische Spektrum von Einsatzgebieten und technischen Lösungen aufgrund der physikalisch-technischen Gegebenheiten etwas eingrenzen; konkrete Antworten, wie sie für die Bewertung möglicher gesundheitlicher Risiken für den Menschen wünschenswert wären, ergeben sich daraus aber nicht.

¹³ Zu den Resonanzfrequenzen der menschlichen Schweißdrüsen siehe Feldman et al. (2008), was aber erst ab rund 90 GHz, also deutlich über den aktuell geplanten 5G-Frequenzen um die 26 GHz relevant werden könnte. Auch bei größeren Wellenlängen wurde bereits die jeweils wahrscheinliche Größe für Resonanzphänomene diskutiert; ob etwa Menschen (bzw. Kinder) unter 130 cm einem anderen Risiko ausgesetzt sind, als jene mit Körpergrößen über 130 cm (vgl. ANSES 2016), oder wie uneingeschränkt Ergebnisse aus tierexperimentellen Studien an Ratten immer auf Menschen (mit relevant größerer Körpergröße) übertragbar sind.

Tabelle 1: Glossar der verwendeten technisch-physikalischen Begriffe

Bezeichnung	Einheit	Beschreibung
Absorption		Aufnahme etwa von Energie [z. B. jener von elektromagnetischen Wellen] durch ein Medium [z. B. menschliches Gewebe]
Eindringtiefe	Meter	Tiefe, in der die Amplitude der elektromagnetischen Welle in einem Medium auf $1/e$ [ca. 37 %] des ursprünglichen Werts abgesunken ist
Empfang		Informelle Bezeichnung für die Stärke des technisch empfangbaren Signals
Feldstärke	Volt/Meter	Stärke des elektrischen Feldes
Fernfeld		Bereich in einem gewissen Abstand zur Strahlungsquelle, ab dem sich elektromagnetischen Wellen spezifisch verhalten
Freiraum		Luftleerer Raum, Vakuum
Freiraumdämpfung		Verhältnis zwischen abgestrahlter Sendeleistung und empfangener Leistung im Freiraum
Frequenz	Hertz	Anzahl der Schwingungen einer Welle pro Sekunde. Ist direkt mit der Wellenlänge verbunden
Intensität	Watt/Quadratmeter	Eintreffende Energiemenge [etwa durch Strahlung] pro Sekunde und Fläche
Leistung	Watt	Energiemenge pro Sekunde
Leistungsflussdichte	Watt/Quadratmeter	Hier synonym mit Intensität verwendet: Über Strahlung eintreffende Energiemenge pro Sekunde und Fläche
Modulation		Beschreibt ein Verfahren, mit dessen Hilfe Information auf einer elektromagnetischen Welle kodiert wird
Nahfeld		Bereich in gewisser Nähe zur Strahlungsquelle, ab der sich elektromagnetischen Wellen spezifisch verhalten
Resonanz		Rückkopplungsphänomen, das zur wechselseitigen Verstärkung oder Abschwächung elektromagnetischer Wellen führen kann
SAR [Spezifische Absorptionsrate]	Watt/Kilogramm	Beschreibt die durch ein Medium pro Zeiteinheit [s] und Masse [kg] absorbierte Energie
Strahlenexposition		Bezeichnet die Exposition von Geräten, Objekten oder Organismen durch Strahlung
Wellenlänge	Meter	Abstand, nachdem sich eine Welle wiederholt. Ist bei gleichem Trägermedium direkt mit der Frequenz verbunden.

2 Zu berücksichtigende Kontextfaktoren

Wie einleitend skizziert, trifft die Frage nach dem möglichen gesundheitlichen Risiko gegenwärtiger und zukünftiger Generationen der Mobiltelefonie auf eine nicht triviale Evidenzsituation – es gibt Grenzen der Modellierbarkeit, Untersuchbarkeit, Reproduzierbarkeit, Validierbarkeit, Erklärbarkeit und (widerspruchsfreien) Interpretierbarkeit. Dies hat unterschiedliche Gründe, die sich teils auch wechselseitig verstärken. Diese komplizierenden Faktoren sollen in Folge als „Kontextfaktoren“ vorgestellt werden. Es muss davon ausgegangen werden, dass es nicht möglich ist, den Evidenzstand zu diesem Themenbereich wissenschaftlich zu diskutieren, sinnvoll an die Öffentlichkeit zu kommunizieren oder in politischen Entscheidungen heranzuziehen, ohne diese Kontextfaktoren zu berücksichtigen. Darauf verweisen Erfahrungen aus vergangenen Debatten um den Mobilfunk, wie auch andere vergleichbare Kontroversen.

Wird allein auf jenen Anteil der Evidenz fokussiert, der als unumschränkt und widerspruchsfrei wissenschaftlich bewiesen gilt, aber alles andere ausgeklammert (inadäquate und limitierte Evidenz, Hinweise, Wirkhypothesen ohne Evidenz, möglicher Bias, etc.), drohen unlösbarer Expert*innen-Dissens, Lagerbildung, Emotionalisierung, Vertrauensverluste, wie auch eine Vermischung von wissenschaftlichen, emotionalen und politischen Dimensionen, die die Debatte jeder nachträglichen Rationalisierung entzieht. Es soll an dieser Stelle auch darauf hingewiesen sein, dass sich sogenannte „verzwickte Problemlagen“ („wicked problems“, Rittel/Webber 1973) und „überfragte Wissenschaft“ („perplex science“, Meskens 2019)¹⁴ wenig für Einbahnkommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit eignen, hingegen wechselseitiges Zuhören und Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit eher erfolgversprechend sind. Ganz wesentlich erscheint es hier, wechselseitiges Vertrauen aufzubauen und zu stärken, sodass individuelle Handlungsspielräume, Bedenken und Werthaltungen gehört und politisch ernst genommen werden. Ähnliches gilt für den Prozess der Politikberatung, der nicht darauf zu reduzieren ist, sichere Fakten von Seiten der (Natur- und Technik-)Wissenschaft an die Politik weiterzuspie-

Grenzen der Modellierbarkeit, Untersuchbarkeit, Reproduzierbarkeit, Validierbarkeit, Erklärbarkeit und [widerspruchsfreien] Interpretierbarkeit

statt Einbahnkommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit sind wechselseitiges Zuhören und Dialog zwischen Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit eher erfolgversprechend

¹⁴ “[S]cience, when asked for advice, will seemingly remain completely ‘perplexed’ for a time to come. [...] In many common situations where science is expected to advise policy, it has difficulties doing so in an unambiguous way, as it has to deal with hypotheses that cannot (yet) be proven. Given that in public science is referred to as policy advice more than ever before, those scientific hypotheses are nowadays granted with a social, political or commercial function. They are prematurely released from the laboratory, without full support from empirical evidence, but with a specific task: to warn the world about dangerous situations or evolutions, or to inform about promising trends and capacities. And, whether in the area of environmental protection, economics, health or technology assessment, in many cases, they are produced as ‘if-then’ hypotheses upon explicit request from politics, civil society or the market. In the absence of evidence that would facilitate straightforward judgement, consensus and consequent action, these hypotheses have themselves become the ‘end products’ of science, and society has no other choice than to deal with them.” (Meskens (2019), S. 83).

len – so sehr dies auch einem Idealmodell wissenschaftlicher Politikberatung entsprechen mag und in anderen Fällen durchaus zweckdienlich ist.

Die 20 Kontextfaktoren wurden zum besseren Verständnis in vier Gruppen eingeteilt, nämlich in jene, die die wissenschaftliche Komplexität des Gegenstandsbereichs (2.1), jene, die die Aggregation für die Politikberatung (2.2), bzw. die eine unvermeidliche „Politisierung“ von Expertise (2.3) betreffen, sowie schließlich jene im Zusammenhang mit der Schnittstelle zur Öffentlichkeit (2.4). Siehe dazu Tabelle 2. Dieses Kapitel abschließend ziehen wir ein Zwischenresümee (2.5).

Besonders hervorzuheben sind die spezifische wissenschaftliche Komplexität der Fragestellung (Kapitel 2.1), wesentliche Entscheidungen in der Evidenzaggregation (Kapitel 2.2), die Politisierung der Evidenzaggregation (Kapitel 2.3) sowie die Schnittstelle von Evidenz und öffentlichem Dialog (Kapitel 2.4).

Tabelle 2: Die 20 Kontextfaktoren im Überblick

Wissenschaftliche Komplexität	<ol style="list-style-type: none"> 1. „5G“ als Sammelbegriff 2. Verfügbare Evidenzqualität 3. Unterschiedliche Evidenzcharakteristiken 4. Die Integration multidisziplinärer Expertise 5. Ergänzende Expertise
Aggregation für die Politikberatung	<ol style="list-style-type: none"> 6. Die Vielfalt von De-facto-Aggregatoren 7. Viele Aggregatoren, eine Handvoll Expert*innen 8. Aggregiertes Wissen vs. Einzelstudie 9. Die Aggregation von Nichtwissen und negativer Evidenz 10. Die Übersetzungsleistungen von Aggregatoren
Aggregation und Politisierung	<ol style="list-style-type: none"> 11. Beweislast und Beweislastumkehr 12. Unterschiedliche Risikokulturen [Vorsorge vs. Innovation] 13. Unterschiedliche Motivationsfaktoren, Finanzierung und Bias 14. Unterschiedliche Stile evidenz-basierter Beratung 15. Vom Risikonachweis zur evidenzbasierten Grenzwertsetzung
Evidenz und öffentlicher Dialog	<ol style="list-style-type: none"> 16. Über Aggregation hinaus: eigene Forschungsleistung und öffentliche Partizipation 17. Emotionalisierung und öffentlicher Diskurs 18. Risiko- und Ungewissheitskommunikation 19. Demokratiepoltischer Prozess 20. „Worum geht es wirklich?“

2.1 Wissenschaftliche Komplexität

Die ersten fünf Kontextfaktoren befassen sich mit jenen Eigenheiten des Evidenzstandes, die mit der wissenschaftlichen Komplexität der Forschungsfrage zu tun haben. Diese Komplexität resultiert aus der unklaren Definition und Abgrenzung von „5G“ als wichtiger Komponente des Forschungsgegenstandes (spezifiziert als „mögliche gesundheitliche Risiken von elektromagnetischen Feldern der fünften Generation des Mobilfunks“), aus allgemeinen Mängeln der verfügbaren Evidenzqualität, aus Unterschieden in der Evidenzcharakteristik unterschiedlicher beteiligter Forschungsansätze, aus der Notwendigkeit, Ergebnisse unterschiedlicher Forschungsansätze bzw. Disziplinen zu integrieren, sowie aus dem Bedarf an ergänzender Expertise über die bereits beteiligten Disziplinen hinaus. Der (umstrittene) Bedarf an ergänzender Expertise weist auch darauf hin, dass die Inklusion oder Exklusion bestimmter Expertisefelder eine wissenschaftliche, wie auch eine politische Dimension hat.

Eigenheiten des Evidenzstands aufgrund wissenschaftlicher Komplexität

Auch wenn diese ersten Kontextfaktoren sozusagen rein epistemischer Natur sind, also den Prozess wissenschaftlicher Wissensproduktion selbst betreffen, verweisen sie doch auch auf den transdisziplinären Aspekt von Sicherheitsforschung. Transdisziplinarität bezeichnet Forschung an der Schnittstelle von Wissenschaft und Gesellschaft. Ohne die zugrundeliegende gesellschaftliche Problemstellung und politische Entscheidungsnotwendigkeit würden sich Wissenschaftler*innen kaum mit Forschungsfragen der Sicherheitsforschung befassen. Diese sind sperrig, schlecht publizierbar und dienen kaum wissenschaftlichen Karrierewegen. Im Gegenteil – wie später noch deutlicher werden wird – stellt die Beschäftigung mit dem vorliegenden Thema ein ernstzunehmendes Karriererisiko für Natur- und Technikwissenschaftler*innen wie auch Mediziner*innen dar, zumal es viel Zeit in Anspruch nimmt und die wissenschaftliche Community in opponierende Lager spaltet.

Transdisziplinarität der Sicherheitsforschung

*Risikoforschung als Karriererisiko für Wissenschaftler*innen*

Kontextfaktor 1: „5G“ als Sammelbegriff

Um mögliche gesundheitliche Effekte einer Technologie experimentell oder epidemiologisch untersuchen zu können, muss zu allererst definiert werden, um welches Expositionsszenario oder welche Expositionsszenarien es sich handelt. Das heißt im konkreten Fall: Welche Frequenzbereiche und Feldstärke(n) treffen über welche Dauer auf welche Körperteile.

Definition der Expositionsszenarien essentiell

Da „5G“ ein Sammelbegriff ist, der unterschiedliche technologische Innovationen (wie den Einsatz höherer Frequenzbereiche, spezieller Datenübertragungstechnik oder von „*Beamforming*“) anspricht, die je unterschiedlich miteinander kombiniert werden, und auch an unterschiedliche Anwendungsgebiete (wie Mobiltelefonie, Industrie 4.0, *Cloud Gaming*, *Internet of Things* oder selbstfahrende Autos) geknüpft sein können, ist „5G“ nicht über ein einziges Expositionsszenario abzubilden.

*je nach
Ausbaustufe oder
Anwendungsbereich
entstehen ganz
unterschiedliche
Expositionsszenarien*

Als noch ungeklärt muss gelten, welche Art des Ausbaus letztendlich – in Österreich und weltweit – angepeilt wird. Soll es tatsächlich um eine „flächendeckende Versorgung“ über Sendestationen gehen oder eher um standort-spezifischen Ausbau im Sinne von Industrie 4.0? Je nach Ausbaustufe oder Anwendungsbereich entstehen ganz unterschiedliche Expositionsszenarien.

In der Fachliteratur zu Gesundheitsrisiken nicht-ionisierender Strahlung wird man den Begriff „5G“ teils vergeblich suchen. Er ist aus den oben genannten Gründen für die Risikoforschung zu unpräzise. Dementsprechend erschwert ist die Stichwortsuche nach 5G-relevanten Studien. In der Fachdiskussion wird „5G“ vorwiegend (und damit verkürzend) mit bestimmten höheren Frequenzbereichen gleichgesetzt, die dann als Millimeterwellen, Sub-THz-Bereich oder Ultrahochfrequenz verschlagwortet sind.

Wird in der Mobilfunkbranche hingegen vom aktuellen „5G-Ausbau“ gesprochen, kann damit auch die Nutzung von 5G bei deutlich niedrigeren (näher an bisher im Mobilfunk genutzten) Frequenzbereichen gemeint sein. Diese niedrigeren Frequenzen haben erheblich günstigere Ausbreitungseigenschaften und eignen sich daher besser für den Aufbau einer flächendeckenden Versorgung. In den höheren Frequenzbereichen ist in Österreich das 26-GHz-Band eine wahrscheinliche Option – es ist allerdings für eine flächendeckende Versorgung wegen der schlechteren Ausbreitungseigenschaften physikalisch weniger geeignet.

In der öffentlichen Debatte um mögliche gesundheitliche Risiken scheint es wiederum vielfach um ungelöste Kontroversen um die bestehende Expositionssituation und deren mutmaßliche Verstärkung zu gehen.

Kontextfaktor 2: Verfügbare Evidenzqualität

*Erhebung
gesundheitlicher Risiken
nur unter
Einschränkungen
möglich, etwa:*

- *Übertragbarkeit auf
den Menschen,*
- *Expositionsdauer*

Für die Erhebung möglicher gesundheitlicher Risiken des Mobilfunks aller Generationen gilt, dass diese experimentell wie epidemiologisch gewissen erschwerenden Einschränkungen unterliegt. Experimentell kann zu potenziell gesundheitsschädigenden Expositionen aus ethischen Gründen, wenn überhaupt, nur an Tieren, isoliertem menschlichen Gewebe oder Zelllinien geforscht werden; die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen bleibt dabei immer bis zu einem gewissen Grad fraglich. Die Expositionsdauer, die realistisch untersucht werden kann, bleibt auf wenige Stunden (isoliertes Gewebe) oder wenige Monate (Tierversuche) beschränkt. Epidemiologische Untersuchungen werfen das Problem ungenügender Datenqualität (etwa zu Nutzungsdauer, Links- oder Rechtsseitigkeit des Telefonierens) oder Datenverfügbarkeit (Expositionsdaten, Nutzung durch Kinder, Langzeitnutzung, Nutzung neuer „5G“-Frequenzen) wie auch ungenügender kausaler Eindeutigkeit auf.¹⁵ Ein gleichzeitiger Anstieg

¹⁵ So fast etwa HCN (2016), S. 21f., zusammen, dass es generell schwierig sei, eine Kausalbeziehung allein auf Basis epidemiologischer Evidenz zu etablieren, wenn die Assoziation zweier Parameterwerte nicht konsistent beobachtet wird und der beobachtete Effekt nicht sehr hoch ist. Es müssten zusätzlich Stärke, Konsistenz, Zeitlichkeit, biologische Gradienten und Plausibilität der Assoziation

etwa von Krebserkrankungen und Mobiltelefonie beweist nicht, dass die zunehmende Mobiltelefonie die Ursache für den Anstieg an Krebserkrankungen darstellt. Eine Vielzahl anderer Faktoren könnte hier maßgeblich sein, die beiden genannten Entwicklungen könnten nur zufällig zugleich auftreten.¹⁶

Zusätzliche Fragen wirft der Nachweis biologischer Effekte auf, die nicht zwingend zu gesundheitlichen Schäden führen müssen, solche aber zumindest andeuten lassen. Für all diese Situationen der Ungewissheit muss jedoch ebenso die epidemiologische Faustregel gelten: „*absence of evidence is not evidence of absence*“ – in anderen Worten: die Abwesenheit eines wissenschaftlichen Risikonachweises beweist noch nicht die Abwesenheit eines Risikos. Geht es um Evidenz und Risiko kommt erschwerend hinzu, dass die Abwesenheit jeden Risikos in komplexen Systemen (und dazu zählen etwa biologische Systeme wie menschliche Organismen) prinzipiell nicht letztgültig bewiesen werden kann. Zu viele Risikohypothesen sind denkbar, zu viele Variablen sind im Spiel, zu wenig verstanden sind alle Details der betroffenen organischen Systeme, Wirkmechanismen und hypothetisch ausgelösten Erkrankungen. Es lässt sich jedoch prinzipiell die Vermutung verstärken, dass es einen bestimmten Effekt nicht gibt, wenn alle Studien mit negativem Ergebnis (kein Effektnachweis) auf ihre Aussagekraft hin beurteilt, gesammelt und mit anderen Wissenssorten (biophysikalische und biomedizinische Plausibilität, nicht publizierte oder publizierte Fallberichte etc.) aggregiert bewertet werden (Kategorie „wahrscheinlich kein Effekt auf den Menschen“, vgl. Tabelle 6).

Abwesenheit eines wissenschaftlichen Risikonachweises beweist noch nicht die Abwesenheit eines Risikos ...

... aber wenn alle Studien systematisch beurteilt, plausibilisiert und aggregiert bewertet werden, sind Aussagen möglich

Kontextfaktor 3: Unterschiedliche Evidenzcharakteristiken

Unser Wissenschaftssystem ist darauf ausgerichtet, Wissen zu produzieren und zu kommunizieren. Innerhalb der Wissenschaft gilt dabei ein Nachweis immer als vorläufig und in den seltensten Fällen ist er allumfassend und frei von jedem internen oder externen Widerspruch. Wird wissenschaftliches Wissen zur Entscheidungsgrundlage (etwa für medizinisches

in komplexen Zusammenhängen werden Wissenslücken besonders relevant

berücksichtigt werden. Die Beobachtung einer Dosis-Wirkungs-Beziehung würde die Herstellung einer kausalen Verbindung zwar erleichtern, allerdings sei es fragwürdig, ob das Konzept der „Dosis“ auf EMF übertragen werden könne. Es sei schlichtweg nicht bekannt, ob durch höhere Expositionsniveaus auch größerer Schaden entstehe und ob es eine Akkumulation von Schaden bei längerer Exposition gäbe. In Kombination mit Schwierigkeiten die tatsächliche Exposition in epidemiologischen Studien festzustellen, verunmögliche dies die Verwendung eines Dosis-Konzeptes und das Komitee schlägt alternativ den Begriff „Expositions-Wirkungs-Beziehung“ vor.

¹⁶ So fasst SCENIHR (2015), S. 12, treffend zusammen, dass das Fehlen klar fokussierter Arbeitshypothesen für die untersuchten biologischen Endpunkte durch die Tatsache erschwert wird, dass es keine etablierten biologischen oder biophysikalischen Wirkmechanismen für alltägliche, relativ geringe Expositionsniveaus gibt. Daher können Untersuchungsleiter*innen nicht definieren, welche Expositionsparameter die relevantesten seien und es würden oft mehrere alternative Expositionsgrößen (wie Feldstärke, Expositionsfrequenz, kumulative Exposition, Zeitpunkt der ersten Exposition, etc.) evaluiert. Auch würden die zu untersuchenden Endpunkte in manchen Studien nicht vorab definiert, was bei ungenügender statistischer Korrektur zu falsch positiven Ergebnissen führen könne.

Handeln), sprechen wir von Evidenz und evidenzbasiertem Handeln. Dabei liegt die Betonung auf Evidenz und nicht auf Wissenslücken oder Widersprüchlichkeiten. In komplexen Zusammenhängen werden allerdings letztere besonders relevant und bedürfen der klareren Ausweisung und Spezifizierung.

*Evidenzpyramide der
evidenzbasierten
Medizin*

Die evidenzbasierte Medizin hat dementsprechend eingeräumt, dass nicht jeder Wissenssorte der gleiche Status zukommen soll, wenn es um die Information von Handlungsentscheidungen geht. Als „Evidenzpyramide“ wird etwa spezifiziert, dass Ergebnisse aus randomisierten, kontrollierten Studien mehr Beachtung finden sollen, als Ergebnisse aus sogenannten Kohortenstudien, und beide wiederum weniger richtungsweisend sind als systematische Gutachten, die alle Studien zu einem Thema übergreifend auswerten (sog. Reviews). Dies ist ein Weg, um mit Widersprüchen zwischen zwei Einzelstudien durch Hierarchisierung bzw. Aggregation umzugehen. Im Zusammenhang mit Mobilfunk entwickelte die Programmgruppe „Mensch-Umwelt-Technik“ in Jülich darüber hinaus ein Schema, das unterschiedliche Evidenzniveaus ausweist (Wiedemann et al. 2002), siehe Tabelle 3. Es reicht von Evidenztyp 5 („Gefahrenbefürchtung“), über „Evidenztypen 4 bis 2“ („hypothetischer Gefahrenverdacht“, „teil-plausibler Gefahrenverdacht“, „wissenschaftlich begründeter Gefahrenverdacht“) bis hin zu „Evidenztyp 1“ („Gefahrennachweis“). Die fünf Abstufungen ergeben sich dabei aus einer Kombination unterschiedlich starken empirischen Nachweises und unterschiedlich starker theoretischer Plausibilität.

*Evidenztypen in der
Sicherheitsforschung
zu EMF*

Tabelle 3: Fünf Evidenztypen nach Programmgruppe MUT (Wiedemann et al. 2002)

Evidenztyp	Empirischer Forschungsstand	Theoretisches Verständnis
Evidenztyp 1: Gefahrennachweis	Zusammenhang zwischen Gesundheitsbeeinträchtigung & Exposition empirisch erwiesen	Wissenschaftliches Gesamtbild eindeutig
Evidenztyp 2: wissenschaftlich begründeter Gefahrenverdacht	Zusammenhang zwischen Gesundheitsbeeinträchtigung & Exposition empirisch erwiesen	Wissenschaftliches Gesamtbild nicht eindeutig
Evidenztyp 3: teil-plausibler Gefahrenverdacht	Zusammenhang zwischen biologischer Wirkung & Exposition empirisch erwiesen	Wissenschaftliches Gesamtbild eindeutig oder nicht eindeutig
Evidenztyp 4: hypothetischer Gefahrenverdacht	Keine empirische Untersuchung	Nicht-empirische, aber plausible Argumente
Evidenztyp 5: Gefahrenbefürchtung	Keine empirische Untersuchung	Keine konkreten Anhaltspunkte

Kontextfaktor 4: Die Integration multidisziplinärer Expertise

Alle einschlägigen Forschungsansätze zu Gesundheit und Mobilfunk sind auf eine Bündelung von Expertisen aus unterschiedlichen Fachbereichen angewiesen. Zentral ist hier die Bündelung von biologischem, medizinischem und physikalischem Wissen, experimentellem, statistischem und dosimetrischem Know-How auf einem so hohen Niveau, dass dies durch Einzelwissenschaftler*innen nicht mehr geleistet werden kann. Die Zusammenarbeit und Verständigung über die Disziplinengrenzen hinweg stellt allerdings eine zusätzliche Herausforderung an den wissenschaftlichen Forschungsprozess dar (vgl. Kastenhofer 2007). Aus vergleichbaren Risikokontroversen ist zudem bekannt, dass Expert*innen aus unterschiedlichen Fachdisziplinen zu unterschiedlichen Risikoeinschätzungen neigen (vgl. Bösch et al. 2010). So vertreten beispielsweise bezüglich möglicher gesundheitlicher und/oder ökologischer Risiken der Agrobiotechnologie Ökolog*innen seit jeher eine Position, die von Risiken ausgeht und vorsorgende Praktiken empfiehlt, während Molekularbiolog*innen eher von der Abwesenheit eines Risikos ausgehen und für eine proaktive Haltung eintreten. Dies lässt sich teils aufgrund unterschiedlicher Evidenzkulturen und gesellschaftlicher Zielsetzungen erklären (vgl. Kastenhofer 2011). Ähnliches ist in Bezug auf Mediziner*innen einerseits und Physiker*innen andererseits für das vorliegende Thema zu vermuten. Zumindest einzelne anerkannte Aggregatoren greifen diese Problematik auf.¹⁷ Auch die von Ständesvertretungen wie der österreichischen Ärztekammer eingenommene Haltung deutet in diese Richtung. Eine fächerübergreifende Zusammenarbeit wird dadurch zusätzlich erschwert, eine stärkere Beteiligung von Mediziner*innen von mancher Seite eingefordert. Durch Lagerbildungen (Kontextfaktoren 8 und 14) wird die Situation nochmals kompliziert.

Zusammenarbeit und Verständigung über Disziplinengrenzen hinweg als Herausforderung

Risikoeinschätzungen in Fachdisziplinen unterschiedlich [Evidenzkulturen, gesellschaftliche Zielsetzungen]

Kontextfaktor 5: Ergänzende Expertise

Notwendig und wünschenswert wäre eine fächerübergreifende Zusammenarbeit allerdings nicht nur, um Risikohypothesen des Mobilfunks per se besser abklären zu können. Von systemorientierten Expert*innen wird auch eingemahnt, dass umweltmedizinisch Synergieeffekte nicht zu unterschätzen sind. Das heißt, dass ein möglicher biologischer Einfluss oder eine gesundheitliche Belastung durch Mobilfunkstrahlung im Lebensalltag nicht isoliert auf einen Organismus wirken. Sie addieren sich zu anderen

Systembetrachtung und Synergieeffekte

¹⁷ RSC (2014), S. 99: "As a case in point, the following discussion considers two studies that reported an effect from low-level (below SC6) exposures and some of the problems with interpreting them. Members of this Panel themselves disagree on the validity of the results of the studies. (...) While they agreed on the inability to use either study in setting exposure limits, different members of this Panel disagreed on their significance. Two experts on the Panel were not convinced about the biological significance of the findings; a third thought that the studies demonstrated a real effect of RF fields on the brain; the remaining Panel members had no comments on the issue. Since the mechanism for the reported effects is presently unknown, there is no way to tell whether they are thermal or non-thermal (in the mechanistic sense)." Ähnliche Hinweise auf unauflösbaren Dissens fanden sich bereits in Expert*innen-Gutachten der Programmgruppe Mensch-Umwelt-Technik (Wiedemann, et al. (2002)).

Umwelteinflüssen wie sonstigen elektrischen oder elektromagnetischen Feldern¹⁸, chemischen Substanzen in Luft, Wasser und Nahrung, Hitze-stress oder psychische Stressbelastung. Daraus könnten theoretisch Synergieeffekte (Kombinationseffekte) resultieren. Die für sich genommen nicht gesundheitsschädlichen Faktoren summieren sich zu einer Gesamtbelastung auf, die vom Organismus schließlich nicht mehr bearbeitet werden kann (vgl. exemplarisch Kühling 2019).

2.2 Aggregation für die Politikberatung

Forschungsfeld und Handlungsfeld fallen auseinander

Wie bereits erwähnt, zählt auch in der evidenzbasierten Medizin die Aggregation von Wissen aus Einzelstudien als die beste Basis für evidenzbasierte Handlungsentscheidung. Einer solchen Aggregation entsprechen einerseits wissenschaftliche Reviews, wie sie in wissenschaftlichen Zeitschriften publiziert werden, und andererseits Berichte und Stellungnahmen, die durch Aggregatoren verfasst und veröffentlicht werden. Im Gegensatz zu rein medizinischen Fragestellungen, fallen beim Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ Forschungsfeld (Gesundheitsforschung) und Handlungsfeld (Technologiepolitik) auseinander.

Aggregatoren produzieren nicht nur wissenschaftliches Wissen, sondern bereiten dieses für unterschiedliche Entscheidungsträger bzw. die Öffentlichkeit auf – teils mit abweichendem Ergebnis

Dementsprechend weniger selbstverständlich ist das Verfassen von thematischen Reviews in Fachzeitschriften und umso wichtiger ist der Beitrag durch externe Aggregatoren. Auch diese externen Aggregatoren sind als wissenschaftliche Gremien zu verstehen oder beauftragen selbst Wissenschaftler*innen. Ihre Funktion geht aber über jene reiner Wissensproduktion hinaus, orientieren sie sich ja nicht primär an der Bereitstellung von Wissen für die Wissenschaft, sondern an der Darstellung bestehender Evidenz für gesellschaftliche Entscheidungsträger. Das mehr oder weniger gleiche Wissen (basierend auf den selben internationalen Studien) wird dabei für unterschiedliche Entscheidungsträger (etwa unterschiedliche nationale Regierungen) oder auch die Öffentlichkeit von unterschiedlichen Aggregatoren parallel (oder zeitversetzt) aggregiert (Kontextfaktor 6) – teils mit erheblich abweichendem Ergebnis (vgl. Tabelle 3).

Trotz der Vielzahl an Aggregatoren im internationalen Raum, ist aber die Anzahl der Expert*innen für die vorliegende Spezialmaterie überschaubar (Kontextfaktor 7). Abweichungen betreffen insbesondere die Beurteilung der methodischen Robustheit und Aussagekraft bestimmter Einzelstudien (Kontextfaktor 8), die Berücksichtigung von Nichtwissen und negativer Evidenz (Kontextfaktor 9), sowie die Übersetzung wissenschaftlichen Wissensstandes in politische Empfehlungen (Kontextfaktor 10, sowie Entschei-

¹⁸ SCENIHR (2015), S. 29-56, bietet eine relative detaillierte Diskussion der aktuellen Exposition durch Sendemasten, Mobiltelefone, aber auch Schnurlostelefone, Radio- und TV-Sendeanlagen, terrestrial trunked radio (TETRA), Bluetooth-Geräte, Babyphone, WLAN, Smart Meter, Mikrowellenofen, elektrische Heizsysteme, Spielzeug, industrielle, medizinischen, Sicherheits- und Energie-Technologien.

dungspfadvergleich in Abschnitt 4.6, Abbildung 2). Dass manchen Aggregatoren Befangenheit vorgeworfen wird, der Prozess selbst als zu intransparent und der Kreis der beteiligten Expert*innen als zu eng beurteilt wird oder deren Unbefangenheit in Frage gestellt wird, ist dann Thema des darauffolgenden Unterkapitels zu Aggregation und Politisierung (Kontextfaktoren 11 bis 16).

Kontextfaktor 6: Die Vielfalt von De-facto-Aggregatoren

In der vorliegenden Studie sind Aggregatoren eher eng definiert. Der Begriff bezieht sich im Wesentlichen auf (stehende oder ad hoc einberufene) wissenschaftliche Gremien, die im Auftrag öffentlicher Behörden den Forschungsstand aggregieren und auf dieser Basis beratend tätig werden. Es gibt allerdings noch andere Formationen, die den Wissensstand beratend aggregieren und interpretieren. Hierzu zählen als bedeutsamste Formationen Einzelexpert*innen bzw. Zusammenschlüsse von Einzelexpert*innen („concerned scientists“), wie auch Ärzt*innen, Zusammenschlüsse von Ärzt*innen (etwa umweltmedizinische Vereine) oder Standesvertretungen von Ärzt*innen (nationale Ärztekammern).

unterschiedliche Typen von Aggregatoren

Die beiden letzteren fallen durch eine andere Stoßrichtung ihrer Expertisen auf, die wesentlich kritischer ausfällt als jene der von Behörden beauftragen bzw. anerkannten Gremien (mehr dazu unter „Interessen“ und „Politisierung“). Paradigmatisches Beispiel im vorliegenden Kontext stellt die BioInitiative Working Group (s. Aggregatordarstellung in Kapitel 3.2) dar, die als Zusammenschluss unterschiedlicher Wissenschaftler*innen und Ärzt*innen 2012 einen ausführlichen Bericht vorlegte (s. Dokumentendarstellung in Kapitel 3.3). Dieser wird teilweise auch von „klassischen Aggregatoren“ zur Kenntnis genommen, allerdings mit Vorbehalten zitiert. Jedenfalls kann er als Reaktion auf eine von einigen einschlägigen Wissenschaftler*innen als zu „konservativ“ empfundene Evidenzbewertung durch bestehende Aggregatoren und Behörden verstanden werden.

zivilgesellschaftliche Aggregatoren sind in der Regel kritischer

Tabelle 4 visualisiert die Bandbreite an Aggregatoren (wobei auch einige außerscientifische Gremien enthalten sind) und gibt einen ersten Einblick in die Vielfältigkeit von deren Ergebnissen (eine aktualisierte Ergebnistabelle findet sich in Tabelle 12).

Tabelle 4: Vergleich der Aggregatoren in Hinblick auf ihre Aussagen zu Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen

	SSK	SCENIHR	ICNIRP	IARC	DKFZ	BioInitiative	WHO	LUBW & LFU	Bfs	KompetenzInitiativ	IZMF	Ecolog	Diagnose Funk	BUND
Organisationstyp*	W	W	W	W	W	W	S	S	S	Z	Z	Z	Z	Z
Krebs	1	1	1	3	2	4	1	2	1	4	2	4	4	3
Kardiovaskuläre Effekte			2				1				1			
Neurodegeneration	2	1								3			4	3
Reproduktion/Entwicklung		1				4			1	4		3	4	
EEG	1	2	1			4	1		1		2			
Kognition	1	1	1			4	1		1		1			
Hormone/Stress			1			4			1		1		2	
Elektrosensibilität/Schlaf	1	1	1			4	1	1	1		1	2	4	3
Blut-Hirn-Schranke						3			1		1		4	3

Quelle: Eigene Darstellung nach Dürrenberger und Höög (2016, S. 5)

Legende: * W ... Wissenschaft, S ... Staatliche Organisation, Z ... Zivilgesellschaft

	Keine Aussage
1	Kein gesundheitlicher Effekt nachgewiesen
2	Effekt ist inadäquat nachgewiesen
3	Effekt ist limitiert nachgewiesen
4	Effekt ist ausreichend nachgewiesen

Kontextfaktor 7: Viele Aggregatoren, eine Handvoll Expert*innen

wenige Expert*innen
teilen sich auf viele
Aggregatoren auf

Lagerspaltung

Zum Thema „Gesundheitliche Risiken des Mobilfunks“ scheint es nur einige wenige Expert*innen zu geben, die umfassende Expertise zu diesem Spezialthema gesammelt haben, bereit sind, diesem Thema eine erhebliches Maß an Zeit, Aufmerksamkeit und persönlichen Einsatz zu widmen, und die auch von öffentlichen Behörden oder NGOs nachgefragt werden. Diese Handvoll Expert*innen wiederum teilt sich praktisch ohne jede personelle Überschneidungen in jene auf, die – als Einzelpersonen, selbstorganisierte Expert*innen (ICNIRP) oder durch öffentliche Institutionen einberufene Gremien – Regulierungsentscheidungen informieren und solche, die als Einzelpersonen oder organisierte Expert*innen (etwa BioInitiative) – bei kritischen NGOs Gehör finden. So zeigt sich, dass wesentliche Aggregatoren die Expertise und Einschätzung von nur einer Handvoll Expert*innen repräsentieren, diese Expert*innen untereinander „teilen“ und über sie als Knotenpunkt miteinander verknüpft sind (Abbildung 1). Ähnliches zeigt sich auch für kritische NGOs, die sich immer wieder auf dieselben prominenten Wissenschaftler*innen (Hardell, Kundi etc.) positiv beru-

fen. Die geringe Anzahl der über diese beiden Wege am Diskurs beteiligten Expert*innen führt in Kombination mit dem Eindruck der interessensgeleiteten „Lagerspaltung“ mitunter zu Vorwürfen fehlender Unbefangenheit bis hin zu Unterstellungen gezielter Absprache. „Lagerbildung“ auf Ebene der Aggregatoren wie auch Expert*innen kann aber ebenso als Effekt der kleinen Zahlen in Kombination mit der Herausbildung unterschiedlichen epistemischen Gemeinschaften gesehen werden.

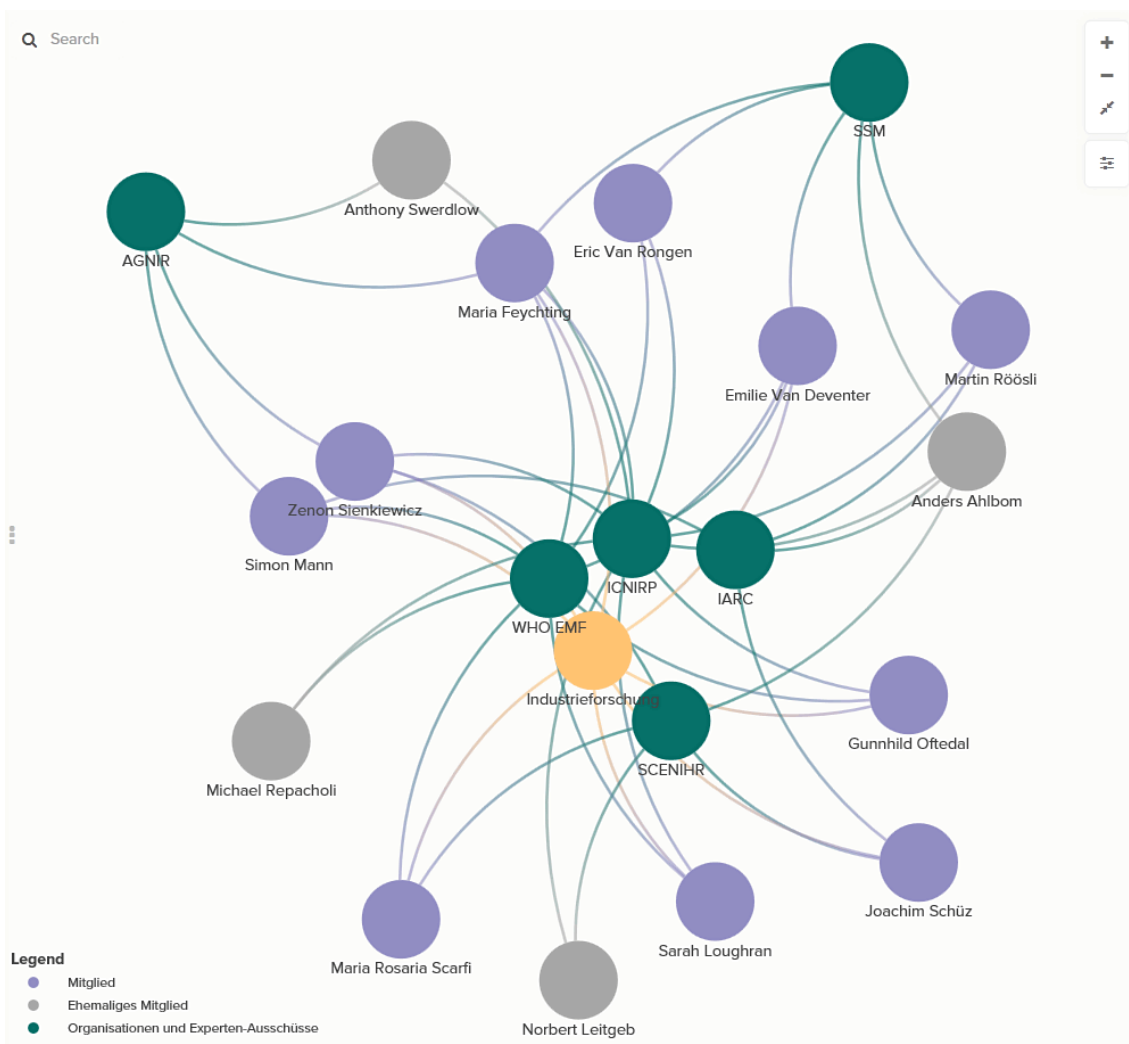


Abbildung 1: Expert*innen/Aggregatoren-Netzwerk nach Investigate Europe

Quelle: Screenshot von: Investigate Europe, kumu.io/-/109236#map-nRBtHxHa

Kontextfaktor 8: Aggregiertes Wissen versus Einzelstudie

*Fokus auf Einzelstudien
und Aggregation haben
je Vor- und Nachteile*

Auffällig ist in diesem Zusammenhang die Diskrepanz zwischen der Bezugnahme auf aggregiertes Wissen auf Seiten der Politikberatung und der Bezugnahme auf Einzelstudien in den Medien und von Seiten besorgter Wissenschaftler*innen. In der Logik der Aggregation wird eine Einzelstudie immer im Kontext des gesamten Wissensstandes beurteilt (vgl. auch Tabelle 3 zu Evidenztypen): Etwaige empirische Befunde werden durch das Fehlen theoretischer Erklärungsmodelle für das Zustandekommen dieser Befunde in ihrer Bedeutung abgeschwächt. Würden etwa – rein theoretisch – Chromosomenstrangbrüche beobachtet, würde das die Frage aufwerfen, wie dies physikalisch bei den tatsächlich auftretenden (oder zumindest vermuteten) geringen Energieniveaus überhaupt denkbar wäre. Gleiches gilt bei der Verfügbarkeit vergleichbarer Studien mit entgegengesetzten Ergebnissen oder auch für das Fehlen von Studien, die dasselbe Ergebnis reproduzieren können. Weiters können Ergebnisse eines methodischen Ansatzes durch (fehlende) Ergebnisse mit komplementärem Ansatz relativiert werden.

*qualitative Erhebung
des Gesamtstandes*

So wird durch einen Aggregator etwa die Frage aufgeworfen, ob eine Untersuchung etwaiger gentoxischer Effekte auf Zellniveau überhaupt gerechtfertigt ist, wenn gleichzeitig bei Tierversuchen keine Erhöhung der Krebsrate zu beobachten sei. Gentoxische Effekte wären ja ausschließlich als Ursache für Krebs relevant, fehle ein Hinweis auf erhöhte Krebsraten aus Tier- bzw. Humanstudien erübrige sich auch eine Untersuchung auf Gentoxizität in Zellstudien (RSC 2014, S. 80). Die Verknüpfung von Zellstudien und Tier- bzw. Humanstudien findet sich an anderer Stelle auch noch mit umgekehrter Bezugnahme: „[I]t has been argued that RF [radio frequency] fields cannot plausibly initiate cancer since they do not damage DNA“ (ICNIRP 2009).¹⁹ Einmal zählt in der Argumentation also das Ergebnis von Tier- bzw. Humanstudien mehr, einmal das Ergebnis der Zellstudien – in beiden Fällen aber das negative Ergebnis.

*quantitative Erhebung
des Gesamtstandes*

Und letztlich werden Studien in der Epidemiologie nicht nur gewichtet (Zuordnung eines „*weight of evidence*“²⁰), sondern auch statistisch aggregiert.

¹⁹ „Es wurde argumentiert, dass die Auslösung von Krebs durch Radiofrequenzfelder [des Mobilfunks] nicht plausibel sei, da diese die DNA nicht schädigen.“ (Übers. d. A.).

²⁰ „Well-conducted studies with few limitations contribute more weight to the overall assessment than studies with poor methodology and major limitations. Studies with severe flaws in the design, analysis, or interpretation may not contribute any weight to an overall assessment. Scientists look for patterns in the overall evaluation to see if various studies with varying weights show similar results and whether they point to the same overall direction. First, studies are evaluated within the three main streams of evidence, and then they are evaluated in combination. Human risk assessments, as a result of their strengths and limitations discussed above, primarily rely on epidemiologic studies and then on laboratory animal studies, with in vitro studies contributing only secondary information related to potential biological mechanisms.“ EXPONENT (2015) „Studien an Menschen sind direkt mit menschlicher Gesundheit verknüpft und werden am stärksten gewichtet. Epidemiologische Forschung untersucht Exposition und Krankheitsaufkommen in einer Population direkt und ist geeignet Langzeiteffekte zu

Die Ambivalenzen, die aus der (nachvollziehbaren und bis zu einem gewissen Grad nicht ersetzbaren) Berücksichtigung von Einzelstudien einerseits und dem Verweis auf den aggregierten Gesamtwissenstand andererseits entstehen, schlagen sich auch in den Stellungnahmen der Aggregatoren, insbesondere in deren Kurzdarstellungen (*Executive Summaries*) nieder. Hier findet sich dann eine interne Widersprüchlichkeit, die oftmals durch die Verwendung von „Allerdings-Formulierungen“ (im Englischen als „However, ...“) gekennzeichnet ist. So schreibt etwa (AGNIR 2012, S. 3):

„Die Evidenz legt nahe, dass Hochfrequenzfeld-Exposition unter den Grenzwertniveaus keine akuten Symptome bei Menschen verursacht (...). Auch gut durchgeführte Studien legen nicht nahe, dass solche Exposition akute kognitive Effekte verursacht. Es gibt *allerdings* etwas Evidenz dafür, dass diese Exposition das EEG und andere Marker für Gehirnfunktion beeinträchtigen könnte. *Allerdings* waren diese Effekte über die einzelnen Studien hinweg nicht konsistent.“²¹

Man könnte hier auch von „orakelhafter“ Ausdrucksweise sprechen (Saracaci/Samet 2010), siehe auch Abschnitt 4.6). Leser*innen können dann den einen oder anderen Satz herausgreifen und darauf basierend zu sehr unterschiedlichen Eindrücken kommen. Nur bei sehr genauem Blick fällt auf, dass bei unterschiedlichen Bewertungen von unterschiedlichen Fragestellungen oder Bewertungsniveaus die Rede ist.

„orakelhafte“
Ausdrucksweise

Kontextfaktor 9: Die Aggregation von Nichtwissen und negativer Evidenz

Im Kontext der Politikberatung zu möglichen Risiken in komplexen Systemzusammenhängen kommt der Bearbeitung von Nichtwissen eine besondere Bedeutung zu. Kontextfaktor 2 enthielt bereits einen Verweis auf die epidemiologische Maxime „*absence of evidence is not evidence of absence*“ und auch die Unmöglichkeit, die Abwesenheit jedes Risikos nachzuweisen, wurde bereits genannt. Dennoch braucht es sinnvoller Weise systematische Umgangsformen mit Nichtwissen. Von wissenschaftlicher Seite sind es Strategien der Verringerung, Eingrenzung, Typisierung oder Spezifizierung denkbar (vgl. hierzu Wehling 2006), von Seiten der Risiko-Governance sind es Governance-Leitlinien, die auf Nichtwissen explizit

systematischer Umgang
mit Nichtwissen
notwendig

untersuchen. Experimentelle Studien am Menschen sind aus ethischen Gründen eingeschränkt und eher geeignet physiologische Kurzeffekte zu untersuchen. Tierstudien sind hilfreich, könnten aber auf die menschliche Gesundheit nicht übertragbar sein, Zellstudien sind geeignet Interaktionsmechanismen genauer zu untersuchen. Alle Studientypen benötigen eine geeignete Expositionsbewertung und Dosimetrie.“ ARPANSA (2017), S. 9, Übers. d. A.

²¹ “The evidence suggests that RF field exposure below guideline levels does not cause acute symptoms in humans, and that people, including those who report being sensitive to RF fields, cannot detect the presence of RF fields. Similarly, well-conducted studies do not suggest that exposure to RF fields gives rise to acute cognitive effects. There is, *however*, some evidence that RF field exposure may affect EEG and other markers of brain function. *However*, these effects have not been consistent across studies. In addition, the size of these reported effects is often small relative to normal physiological changes, and it is unclear whether they have any implications for health.” (Herv. d. A.)

*negative Evidenz:
die Wahrscheinlichkeit
für spezifizierte Risiken
bei spezifizierten
Bedingungen nimmt mit
jedem validen negativen
Befund ab*

Bezug nehmen (vgl. hierzu das Vorsorgeprinzip), und Governance-Instrumente, die für Situationen eingeschränkten Wissens geeignet sind (vgl. hierzu etwa Klinke/Renn 2002).

Verringerung von Nichtwissen erfolgt klassischerweise durch Forschung. Während wir aber gewohnt sind, in „normaler“ wissenschaftlicher Aggregation positive Evidenz dazu zu sammeln, wie die Welt beschaffen ist, gilt es hier insbesondere auch negative Evidenz zu sammeln, um mit immer höherer Verlässlichkeit ausschließen zu können, wie die Welt *nicht* ist. So kann zwar nicht die generelle Abwesenheit jedes Risikos nachgewiesen werden, aber die Wahrscheinlichkeit für spezifizierte Risiken bei spezifizierten Bedingungen nimmt mit jedem verlässlichen und validen negativen Befund ab. Aggregatoren, wie IARC (2013) oder ANSES (2013) arbeiten etwa mit der Kategorie „wahrscheinlich kein Effekt beim Menschen“ (vgl. Tabelle 6): Wenn unterschiedliche Studien bei robusten und validen Studiendesigns wiederholt keine Effekte finden, sinkt die Erwartbarkeit solcher Effekte beim Menschen (proportional zu Datenqualität und Übertragbarkeit der vorhandenen Daten auf den Menschen – beides freilich oft kontrovers diskutierte Aspekte von Sicherheitsforschungsprojekten).

Kontextfaktor 10: Die Übersetzungsleistung von Aggregatoren

*Aggregatoren
aggregieren nicht für die
Wissenschaft, sondern
für die Politik und
Öffentlichkeit*

Im Gegensatz zu rein wissenschaftsinterner Aggregation von Wissensständen leisten Aggregatoren im Kontext gesundheitlicher Risiken des Mobilfunks (oder allgemein im Kontext von wissenschaftlicher Gesellschafts- und Politikberatung) jedenfalls immer mehr, als bloß Einzelergebnisse zusammenzutragen. Der Wissensstand wird nicht „*l'art pour l'art*“ – also für die Wissenschaft selbst – zusammengefasst, sondern in Hinblick auf Handlungsempfehlungen und Regulierungsentscheidungen geprüft. Durch diese andere Zielrichtung wird es wichtig, Entscheidungen zu treffen, wie relevant eine Einzelstudie im Gesamtzusammenhang ist, oder Wege zu finden, Widersprüchlichkeiten und Wissenslücken in wissenschaftsbasierter Beratung zu übersetzen. Der Wissensstand wird daher in einer Gesamtdarstellung zusammengefasst, diese wird in eine Stellungnahme und – zumindest in manchen Fällen – in konkrete Empfehlungen an Endverbraucher*innen, Produzent*innen und Politik übergeführt. Man kann diesen Prozess als mehrfache Übersetzungsleistung betrachten, die weitreichende Entscheidungen abverlangt: Welche Studien und Risikohypothesen werden berücksichtigt, welche von vornherein ausgeschlossen? Wie werden unterschiedliche Forschungsansätze gewichtet? Folgt man einer eher vorsorgenden Logik oder einer Logik, die sich rein an unwidersprochenen Nachweisen orientiert?

*mehrfache
Übersetzungsleistung:
• was wird
berücksichtigt,
• wie wird gewichtet
• welcher Logik wird
gefolgt*

Für diese mehrfache Übersetzungsleistung, die sich in allen Berichten von Aggregatoren findet, scheint es allerdings nur eingeschränkt einheitliche prozedurale Standards zu geben oder diese werden zumindest nicht ausgewiesen. Die in der Übersetzung getroffenen Entscheidungen werden nur mehr oder weniger transparent gemacht (etwa, warum welche Studien ausgeschlossen wurden). Dass oftmals auch peer-reviewte Studien ausgeschlossen werden, zeigt zudem deutlich, dass die wissenschaftsinter-

prozedurale Standards

nen Selektionsverfahren (positive Begutachtung des Forschungsantrags und Publikation durch die Fachgemeinschaft) in diesem Kontext nicht auszureichen scheinen.²²

Tabelle 5: „Weight of Evidence“ nach SCENIHR (2015)

Aussagekraft insgesamt	Evidenzlage
Insgesamt hohe Aussagekraft [„strong overall weight of evidence“]	Kohärente Evidenz von Studien am Menschen und mindestens einer anderen Studiensorte [außer bei Symptomen, für die ausschließlich Studien am Menschen verfügbar sind]; keine wichtigen Datenlücken
Insgesamt moderate Aussagekraft [„moderate overall weight of evidence“]	Gute Evidenz aus einer primären Studiensorte, Evidenz von einigen anderen Studiensorten fehlt aber [wichtige Datenlücken]
Insgesamt schwache Aussagekraft [„weak overall weight of evidence“]	Schwache Evidenz aus solchen primären Studiensorten, starke Datenlücken
Insgesamt uneindeutige Aussagekraft [„discordant overall weight of evidence“]	Widersprüchliche Informationen aus unterschiedlichen Studiensorten
Beurteilung der Aussagekraft unmöglich [„weighing of evidence not possible“]	Keine geeignete Evidenz verfügbar

Legende: nach SCENIHR (2015, S. 27); primäre Studiensorte, engl. „primary line of evidence“ = epidemiologische oder experimentelle Studien am Menschen, Tierstudien und mechanistische Studien mit Exposition)

Tabelle 6: Effektwahrscheinlichkeit in ANSES (2013)

		Evidenz für Effekt aus [Tier-/Zell-]Modell-Studien			
		ausreichend	eingeschränkt	inadäquat	kein Effekt
Evidenz für Effekt aus Studien am Menschen	ausreichend	Effekt beim Menschen nachgewiesen			
	eingeschränkt	Effekt beim Menschen wahrscheinlich	Effekt beim Menschen möglich		
	inadäquat	Effekt beim Menschen möglich	Evidenzsituation nicht geeignet, um Schlüsse über Effekte beim Menschen zu ziehen		
	kein Effekt	Evidenzsituation nicht geeignet, um Schlüsse über Effekte beim Menschen zu ziehen			Wahrscheinlich kein Effekt beim Menschen

Legende: nach ANSES (2013, S. 6); Klassifikation der Wahrscheinlichkeit eines Effektes beim Menschen („nachgewiesener Effekt beim Menschen“, „wahrscheinlicher oder möglicher Effekt beim Menschen“, „Effekt mit inadäquater Evidenzlage“, „wahrscheinlich kein Effekt beim Menschen“) abhängig nach der Evidenzqualität aus Human- und (Tier- oder Zell-)Modell-Studien (jeweils „ausreichend“, „eingeschränkt“, „inadäquat“, „das Fehlen eines Effektes nahelegend“) in Anlehnung an die Klassifikation der IARC.

²² Vergleiche hierzu etwa die Diskussion in SCENIHR (2015), S. 26f., zu Publikations-Bias, der aus einer höheren Publikationswahrscheinlichkeit für Studien besteht, deren Ergebnisse die Ausgangshypothese unterstützen. Von den meisten Aggregatoren wird überdies bemängelt, dass viele Studien (in Durchführung und/oder Berichterstattung) dosimetrisch ungenügend sind, dennoch aber positiv begutachtet und veröffentlicht werden.

Tabelle 7: Operationalisierung der Effektwahrscheinlichkeit nach ANSES (2013)

untersuchter Effekt	Evidenz für einen Effekt aus Tier- und/oder Zell-Studien	Evidenz für einen Effekt aus Humanstudien [klinisch und epidemiologisch]	Klassifikation des Evidenzniveaus für Effekte beim Menschen
Effekt 1	Limitiert in Hinblick auf X [Anzahl Studien] inadäquat in Hinblick auf Y [Anzahl Studien]	Inadäquat [Anzahl Studien]	Inadäquat für einen Schluss
Effekt 2	Keine Daten	Limitiert [Anzahl Studien]	Limitierte Evidenz

Quelle: ANSES (2013)

Tabelle 8: Operationalisierung von Effektwahrscheinlichen nach SSK (2011) speziell für den Endpunkt Krebs

	physikal. Wirkmodell	biolog. Wirkmodell	Dosis-Wirkung	In-vitro-Studien	In-vivo-Studien	epidem. Studien	Gesamtevidenz
Evidenz	E0	D1	E0	D2	E0	E0	E0

Legende: E0: keine bzw. unzureichende Evidenz (begrenzte Anzahl von Studien von ausreichender methodischer Qualität, überwiegend ohne statistischen Zusammenhang, aber unabhängig reproduziert, Ergebnisse erklärbar), D1: unzureichende Datenlage (vorliegende Studien unzureichender Größe, unzureichender methodischer Qualität, unzureichende Anzahl von Endpunkten, wahrscheinlicher Bias und Confounding), D2: widersprüchliche Datenlage (Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen, nicht reproduziert, Bias und Confounding nicht auszuschließen) (vgl. auch Leitgeb 2011)

Quelle: SSK (2011)

2.3 Aggregation und Politisierung

Politisierung aufgrund partikularer Interessenslagen ...

... und Eingehen auf politische Logiken

Die Risikokontroverse um gesundheitliche Wirkungen des Mobilfunks gilt – wie auch einige andere Risikokontroversen, die die Gesundheit betreffen (Rauchen, Glyphosat, Agrobiotechnologie etc.) – als „politisiert“ (Weingart 1983). Was aber ist darunter zu verstehen und wie ist es beim wissenschaftlichen Arbeiten und politischen Entscheiden zu berücksichtigen? Der Befund der Politisierung von Wissenschaft ist eng verknüpft mit dem Befund der Verwissenschaftlichung von Politik. Dementsprechend hat die Politisierung von Wissenschaft zumindest zwei Dimensionen: Wenn Wissenschaft politisch relevant wird, so diffundieren einerseits partikuläre politische Begehrlichkeiten auch in die Wissenschaft. Zum anderen muss Wissenschaft auf politische Notwendigkeiten und Logiken eingehen, um in der Politik sinnvoll aufgegriffen werden zu können. Es geht hier also um *politics* im Sinne von Interessenspolitik ebenso wie um *policy* und *polity* im Sinne von bestimmten Instrumenten und Institutionen (etwa der Regulierung).

Im vorliegenden Kontext kommt etwa der Entscheidung über die Abwesenheit oder das Vorhandensein von Risiko und über die unter diesen Umständen adäquate Reaktionsweise Bedeutung für partikulare Interessenslagen zu (*politics*). Wird die Entscheidung getroffen, die Gestaltung der technologischen Produkte, den Einsatz dieser Produkte oder auch Information bezüglich solcher Produkte oder Anwendungen für Konsument*innen zu regulieren, kann dies die wirtschaftlichen Interessen bestimmter privatwirtschaftlicher Akteure beschneiden (oder, in bestimmten Konstellationen, auch befördern). Ähnliches gilt für das politische Kapital jener politischen Akteure, die sich für (oder gegen) die betreffende technologische Innovation und deren Implementierung einsetzen.

Bedeutung für Partikularinteressen [wirtschaftlich, politisch]

Für 5G muss angenommen werden, dass eine Implementierung und ein stufenweiser Ausbau allgemeine nationale wie auch partikulare politische und wirtschaftliche Interessen tangiert. Damit ist eine wissenschaftliche Frage (nach dem Wissensstand zu gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks) mit einem Interpretationsspielraum (in Hinblick auf diesen Wissensstand und die diesem entsprechende Regulierung und/oder individuelle Umgangsform) versehen und mit wirtschaftlichen wie politischen „Stakes“ von Einzelakteuren und Akteursfeldern verknüpft. Hinzu kommen unterschiedliche Präferenzen im Umgang mit gesundheitlichen Risiken, das Verlangen nach individueller Entscheidungsfreiheit oder Forderungen nach Verteilungsgerechtigkeit (bezüglich Nutzen und Risiko). Die Verquickung partikularer politischer und ökonomischer Interessen mit einem interpretationswürdigen Forschungsstand kann zudem Expert*innenkontroversen befeuern und für öffentliches Misstrauen sorgen (siehe Abschnitt 2.4 zu Evidenz und öffentlicher Dialog).

Verquickung partikularer politischer und ökonomischer Interessen mit interpretationswürdigen Forschungsstand kann zu Kontroversen und Misstrauen führen

Während Kontextfaktoren wie Beweis und Beweislastumkehr, unterschiedliche Risikokulturen, unterschiedliche Motivationsfaktoren, Finanzierung und Bias (Kontextfaktoren 11 bis 13) mit dieser *politics*-Dimension verknüpft sind, manifestieren sich aber auch noch unterschiedliche Stile evidenz-basierter Beratung (Kontextfaktor 14) und Notwendigkeiten, die sich aus dem vorhandenen Repertoire an Steuerungsinstrumenten (Kontextfaktor 15) ergeben. Diese sprechen eher die *polity*- und *policy*-Dimension der Politisierung von Wissenschaft an.

Kontextfaktor 11: Beweislast und Beweislastumkehr

Ein besonderer Aspekt dieser Übersetzungsleistung betrifft die Frage der Beweislast, wie sie exemplarisch in Zusammenhang mit genetisch modifizierten Organismen (GMOs) in den 1990er Jahren diskutiert wurde und letztlich zur Formulierung des Vorsorgeprinzips durch die Europäische Union geführt hat. Im Zentrum steht hier die Frage, was es nachzuweisen gilt, um die Notwendigkeit einer Regulierungsanpassung ausreichend zu begründen – die Abwesenheit oder die Anwesenheit von Risiko? Daran knüpft sich die weitere Frage an, ob stichhaltig bewiesen werden muss oder ein Anfangsverdacht genügt?

Anwendung des Vorsorgeprinzips in der Regulierung abhängig davon, was nachzuweisen ist: die Ab- oder die Anwesenheit von Risiko?

Beispiel GMO

Hier hat sich im vorliegenden Kontext über die Zeit ein gewisser beobachtbarer Kanon verfestigt (der auch der Ausgangssituation im Kontext von GMOs entspricht): Für Regulierung soll es einen widerspruchsfreien empirischen Nachweis geben. So fokussiert etwa RSC (2014) auf „etablierte negative Gesundheitseffekte“ („*established adverse health effects*“) und meint damit „nachteilige Effekte, die in mehreren Studien mit überzeugendem methodologischem Ansatz konsistent berichtet wurden“. Da allerdings viele der berücksichtigten Studien zu widersprüchlichen Ergebnissen kommen, begründet dieses wissenschaftliche Panel seine Stellungnahme auf einer „*balance of evidence*“ und schließt auch auf dieser Basis darauf, dass derzeit negative Gesundheitseffekte nicht ausreichend nachgewiesen seien.²³

reicht bei Empfehlungen
an die BürgerInnen ein
Anfangsverdacht?

Für die Formulierung von Empfehlungen an einzelne Konsument*innen oder Anwender*innen scheint hingegen ein Anfangsverdacht zu genügen: Viele Stellungnahmen von Aggregatoren oder auch zuständigen Behörden enden damit, einen vorsichtigen oder umsichtigen Einsatz der Mobiltelefonie durch Anwender*innen zu empfehlen, solange bestehende Wissenslücken noch nicht geschlossen und/oder Widersprüchlichkeiten noch nicht ausreichend geklärt sind. Diese ungeklärte Diskrepanz zwischen Regulierungsempfehlung und Verhaltensempfehlung mag für die Öffentlichkeit eher verwirrend als aufklärend wirken.

Kontextfaktor 12: Unterschiedliche Risikokulturen [Vorsorge vs. Innovation]

- zwei Risikokulturen:
- *innovationsorientiert*
 - *vorsorgeorientiert*

Wie erwähnt, trifft der Umgang mit Risiko (und technologischer Innovation) auf unterschiedliche Risikokulturen, die teilweise institutionalisiert sind (etwa als geltendes Recht), teilweise in alltäglicher Einschätzung und alltäglichem Verhalten durch einzelne und Kollektive habitualisiert sind. Im Wesentlichen lässt sich hier ein innovationsorientierter Ansatz von einem vorsorgeorientierten Ansatz unterscheiden. Paradigmatisch wurde die Gegenüberstellung von Vorsorge- und Innovationsorientierung, wie bereits erwähnt, im Konflikt um die Regulierung von GMOs realisiert, der letztlich internationale Ausmaße annahm, die Europäische Union über Jahrzehnte maßgeblich beschäftigte und zu der Formulierung des Vorsorgeprinzips und einem Handelsstreit zwischen EU und USA auf WTO-Ebene führte. Er motivierte auch eine Analyse historischer Beispiele unerkannter Risiken, die gegenwärtiges, vorsorgendes Regulationshandeln informieren sollen (EEA 2001; EEA 2013).

²³ Die zentrale Frage lautet hier: „Ausreichend wofür?“ Diese Frage wiederum reicht weit über den wissenschaftlichen Kontext hinaus.

Im Kern des Gegensatzpaares Vorsorge/Innovation steht ein grundsätzliches Dilemma: Soll abgewartet werden, solange es Verdachtsmomente einzelner gibt, oder soll erst bei unbestrittenem Schadensnachweis Regulierung zur Schadensvermeidung Priorität haben? Diese grundsätzliche Entscheidung wird in realpolitischen Situationen durch andere Faktoren erschwert, wie etwa durch die Frage nach jenen Risiken, die durch die Verzögerung einer Innovation entstehen; die Frage nach den Möglichkeiten, als Einzelstaat überhaupt regulierend einzugreifen; die Frage nach einer ungleichen Verteilung des zu erwartenden Nutzens und des denkbaren Schadens; oder die Frage nach individueller Mitsprache- und Entscheidungsmöglichkeit („Opt-out“ Möglichkeit).

*Dilemma:
mit der Anwendung
warten oder nicht?*

*in realpolitischen
Situationen ist
Entscheidungsfindung
schwierig, weil noch
andere Faktoren eine
Rolle spielen*

Kontextfaktor 13: Unterschiedliche Motivationsfaktoren, Finanzierung und Bias

Partikulare politische oder ökonomische Interessen stellen nicht die einzige Motivation oder Ursache dafür dar, Studien in eine bestimmte Richtung zu interpretieren oder eine solche „einseitige Interpretation“ im „gegnerischen Lager“ anzunehmen. Hinzu kommen insbesondere die gefühlte besondere Verantwortlichkeit (innerhalb der Ärzt*innenschaft oder unter Einzelwissenschaftler*innen), unterschiedliche Wissenschaftskulturen inklusive ihrer unterschiedlichen Validierungsstandards (Biomedizin versus technische Physik, siehe Kontextfaktoren 3, 4 und 5) sowie fehlendes Vertrauen in beteiligte Akteure.

Die Fachliteratur kennt auch den Begriff der (einander widersprechenden) „epistemischen Gemeinschaften“, die sich in internationalen, forschungsgestützten Aushandlungsprozessen formieren können (Haas 1994). Diese sind durch innerhalb einer Gemeinschaft geteilte und vom gegnerischen Lager unterschiedene Interessen und Grundüberzeugungen gekennzeichnet. Eine solche Formation findet sich im vorliegenden Fall etwa innerhalb der (gespaltenen) epidemiologischen Fachgemeinschaft oder auch zwischen Biomediziner*innen und technischen Physiker*innen. Jedenfalls sind Lagerspaltungen aufgrund von Interessen und Grundüberzeugungen ein deutliches Zeichen für Politisierung innerhalb der Wissenschaft.

*Spaltungen innerhalb
der Epidemiologie oder
zwischen Physik und
Biomedizin*

Und auch wenn methodisch robust durchgeführte Forschung als immun gegen Bias (also partikulare Interessen und subjektive Interpretationsweisen) gilt – statistische Auswertungen des Publikationsverhaltens deuten darauf hin, dass dies nicht in jeder Hinsicht der Fall ist. Allgemein ist der *publication bias* bekannt, dass nämlich solche Studien mit größerer Wahrscheinlichkeit publiziert werden, die „etwas gefunden haben“²². Dies führt dann in der Gesamtstudienlage zu einer Verzerrung in Richtung von positiven Befunden (hier: von Risikohinweisen auf Kosten von Hinweisen auf fehlende Zusammenhänge) und ist dem wissenschaftlichen System immanent.

Insbesondere in der Medizin wurde aber auch jener *Bias* untersucht, der auf den Einfluss finanzieller Interessen zurückgeht. Ergebnisse solcher Untersuchungen sprechen eine relativ deutliche Sprache: finanzieren etwa

*Bias durch
Finanzierung?*

Pharmaunternehmen Medikamententests, so werden eher jene Studien publiziert, die hohe Effektivität und/oder Kosteneffizienz nachweisen können. Aus diesem Grund haben viele medizinische Fachzeitschriften die Auflage eingeführt, dass definierte Auslöser von Interessenskonflikten (Förderquellen oder auch Gewinnbeteiligung an Pharmaunternehmen) angegeben und mit der Studie publiziert werden müssen. Huss et al. (2007) untersuchten die Assoziation zwischen Studienergebnissen zu Mobiltelefonie und Gesundheitseffekten mit der Förderquelle und fanden, dass zur Gänze durch die Industrie finanzierte Studien substanziell seltener von statistisch signifikanten Effekten auf unterschiedliche gesundheitliche Parameter berichteten. Außerdem waren die bestehenden Interessenskonflikte in keiner Publikation angegeben worden, obwohl zumindest die Hälfte der Zeitschriften eine diesbezügliche Auflage hat.²⁴

Unklar bleibt, ob durch die öffentliche Hand finanzierte Studien nicht ebenso einem Bias unterliegen. Und beinahe unlösbar bleibt das Problem, dass manche Studien eben sehr teuer sind und die Kosten für die Risikobewertung eines marktfähigen Produktes wohl nicht ausnahmslos der öffentlichen Hand aufgebürdet werden sollten.

Kontextfaktor 14: Unterschiedliche Stile evidenz-basierter Beratung

Während ein Aggregator allein auf jene Anteile des Wissenstandes fokussiert, die nicht widersprüchlich und unwidersprochen sind, berichtet ein anderer von Interpretationsschwierigkeiten und unaufgelöstem Dissens. In der Stellungnahme ICNIRP (2019) fungiert der Aggregator selbst als Autor, die beteiligten Expert*innen werden nur in einer Fußnote erwähnt; in anderen Stellungnahmen sind Expert*innen nicht nur selbst Autor*innen, es wird auch etwaiger Dissens namentlich offengelegt. IARC (2013) differenziert explizit eine Mehrheitsmeinung von einer Minderheitenmeinung. RSC gibt ebenfalls Expert*innendissens an (RSC 2014, S. 98ff.; 112) und lässt zusätzlich externe Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit zu. Zusätzlich wird auf das Vorsorgeprinzip und damit auf Risikomanagement jenseits der rein evidenz-basierten Risikobewertung Bezug genommen.

Sind wir somit im „post-faktischen Zeitalter“ angekommen?²⁵ Nein, nahe liegender scheint es, dass hier unterschiedliche Vorstellungen von „guter Expertise“ und damit auch von „guter Beratung“ als Arbeit an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik zu Grunde liegen. Das eine Modell

- Unterschiede:*
- *Wie werden die Autor*innen genannt?*
 - *Wird Dissens offengelegt?*

unterschiedliche Vorstellungen von „guter Beratung“ und „guter Expertise“

²⁴ Leach, et al. (2018) kommt zu den praktisch gleichen Ergebnissen.

²⁵ RSC (2014), S. 111, zitiert eine Warnung der WHO (2002): „If regulatory authorities react to public pressure by introducing precautionary limits in addition to the already existing science-based limits, they should be aware that this undermines the credibility of the science and the exposure limits.“ Eine ähnliche „mixed message“ könnte aus einem Beharren auf fehlenden Risikonachweis in Bezug auf Grenzwertänderungen einerseits und einer gleichzeitigen Empfehlung expositionsreduzierender Maßnahmen an Anwender*innen andererseits resultieren, wenn nur zwischen fehlendem und vorhandenem Nachweis und nicht einer größeren Anzahl unterschiedlicher Evidenzsituationen und -typen unterschieden wird.

sieht vor, dass Expert*innen nur über jene Evidenz sprechen, die eindeutig vorliegt; das andere Modell sieht vor, dass möglichst viel – auch Expert*innendissens – offengelegt und in einer öffentlichen Debatte berücksichtigt werden soll. Ein drittes Modell basiert auf der Annahme, dass beinahe alles durch Expert*innen qua Evidenz entschieden werden könnte.²⁶

Reflexionen über unterschiedliche Rollendefinitionen in der Politikberatung legen nahe, dass sich unterschiedliche Modelle für unterschiedliche Risikosituationen eignen. Pielke Jr. (2007) vergleicht etwa „*abortion politics*“ und „*tornado politics*“: Da geht es um die adäquaten Rahmenbedingungen für einen ethischen Diskurs um Abtreibungsgesetzgebung im Vergleich mit jenen eines Risikomanagements von Wirbelstürmen und wie diese mit unterschiedlichen Verständnissen von Wissenschaft und Demokratie verknüpft sind. Empirische Erhebungen wiederum zeigen, dass nationale politische Kulturen und Institutionen darin divergieren, wie Evidenz, Beteiligung und Politik miteinander produktiv in Beziehung gesetzt werden (können).

Kontextfaktor 15: Vom Risikonachweis zur evidenzbasierten Grenzwertsetzung

Geht es darum, nicht nur den Forschungsstand bezüglich gesundheitlicher Risiken in Hinblick auf vorhandene, fehlende, mangelhafte oder widersprüchliche Evidenz zusammenzufassen, sondern auch Grenzwertsetzung zu beraten, ergibt sich eine zusätzliche Herausforderung: Grenzwerte lassen sich nur dann numerisch auf Evidenz stützen, wenn die Dosis-Wirkungsbeziehung als etabliert gilt.²⁷ Das heißt, es reicht nicht in einem beliebigen Expositionsmodell einen gesundheitsrelevanten Effekt beobachtet zu haben; es bedarf zusätzlich einer mathematischen Darstellung, wie Expositionsstärke und Höhe des Effektes miteinander verknüpft sind. Nur so kann auf Basis einer gesellschaftlichen Entscheidung über den zu akzeptierenden Schaden bzw. das zu akzeptierende Risiko ein dementsprechender Expositionsgrenzwert errechnet werden. Im vorliegenden Themenbereich fehlen solche Dosis-Wirkungsbeziehung für praktisch jede nicht-thermische Wirkhypothese und es ist zumindest zum Teil von nicht-

Grenzwerte lassen sich nur dann numerisch auf Evidenz stützen, wenn die Dosis-Wirkungsbeziehung als etabliert gilt

für nicht-thermische Effekte fehlen Dosis-Wirkungsbeziehungen

²⁶ Einer solchen Position widersetzt sich RSC (2014, S. 110) explizit: Das Panel stimmt darin überein, dass die Entscheidung bezüglich der Anwendung des Vorsorgeprinzips in den Bereich des Risikomanagements und nicht der Risikobewertung fallen. Daher sei eine solche Entscheidung genuin politisch und durch Organisationen mit rechtlichem Mandat für die Schaffung von Policies, Regulierungen und/oder Leitlinien zu treffen. „It is not a decision to be made by an Expert Panel with a mandate to provide scientific advice.“

²⁷ ICNIRP (1998): „Overall, the literature on athermal effects of [amplitude modulated] electromagnetic fields is so complex, the validity of reported effects so poorly established, and the relevance of the effects to human health is so uncertain, that it is impossible to use this body of information as a basis for setting limits on human exposure to these fields.“ ICNIRP beschließt also wegen bestehender Unsicherheiten in Bezug auf athermische Effekte *nicht* zu regulieren; dies ist rein technisch betrachtet wohl ein konsistentes Vorgehen, dem Vorsorgegedanken widerspricht es hingegen diametral.

stetigen Wirkungszusammenhängen (Stichwort „Fenster effekt“²⁸) auszugehen. Komplizierend kommt hinzu, dass sich die Dosis nicht nur aus der Feldstärke, sondern auch aus anderen Feldqualitäten und der Expositionsdauer ergibt.

2.4 Evidenz und öffentlicher Dialog

*teilweise Austragung
von Expert*innen-
Kontroversen in der
Öffentlichkeit ist
demokratiepolitisch
begrüßenswert ...*

*... hat aber auch
Nebenfolgen*

Die Diskussion um mögliche Risiken der Implementierung neuer technologischer Entwicklungen wird meist nicht nur unter Expert*innen, sondern auch in der organisierten Zivilgesellschaft und der medialen Öffentlichkeit geführt. Jede prominente Kontroverse unter Expert*innen hat hier auch einen öffentlich-medialen Schauplatz und spiegelt sich in Kontroversen zwischen unterschiedlichen Stakeholdern (NGOs, Industrievertretungen, Behörden) wider. Dieser Umstand ist jedenfalls begrüßenswert – betreffen die kontrovers diskutierten Risiken bei Innovationen wie jenen des Mobilfunks doch auch potenziell praktisch die gesamte Bevölkerung.²⁹ Er fügt der Expert*innendiskussion aber auch ein erhebliches Maß an Dynamik, Sprengkraft und politischer Bedeutung hinzu, mit denen nicht immer leicht umzugehen ist (Kontextfaktor 17). Auch sind nicht in allen gesellschaftlichen Kontexten geeignete Institutionen, Formate, Expertise und Einigkeit zu angemessener und konstruktiver Risiko- bzw. Ungewissheitskommunikation voraussetzbar (Kontextfaktor 18). Demokratiepolitisch wäre eine breite Beteiligung aller potenziell Betroffenen jedenfalls wünschenswert (Kontextfaktor 19), auch wenn zu klären geht, worum es Bürger*innen wirklich geht – und das muss nicht immer ausschließlich die Angst vor dem möglichen gesundheitlichen Risiko sein (Kontextfaktor 20).

*manche Aggregatoren
stellen nicht nur Wissen
bereit, sondern
organisieren auch
öffentliche
Konsultationsverfahren*

Im vorliegenden Kontext verstehen sich manche Aggregatoren nicht nur als Bereitsteller von Information an die Öffentlichkeit; einige organisieren vor Abschluss ihrer Stellungnahmen auch öffentliche Konsultationsverfahren zu Vorversionen ihrer Stellungnahmen. Aufgrund des hohen Anspruchs der Texte nehmen vorwiegend von Expert*innen und NGOs mit einschlägiger Expertise in Anspruch teil. Einige wenige Aggregatoren stellen ihrerseits auch offene Frage an eine breite Öffentlichkeit oder organisieren Forschung zu öffentlicher Wahrnehmung und gesellschaftlichen Präferenzen (siehe Kontextfaktor 16).

²⁸ So stellt schon ICNIRP (1998, S. 507) fest, dass die Interpretation einiger beobachteter biologischer Effekte von amplituden-modulierten EMF dadurch weiter kompliziert wird, dass es offensichtlich Wirkungs-„Fenster“ bezüglich Stromdichte wie auch Frequenzbereichen gäbe. Es gäbe hingegen keine adäquaten Modelle, die das Auftreten dieses Phänomens zufriedenstellend erklären könnten.

²⁹ Freilich sind sowohl der Kreis jener, die neue Expositionssituationen erwarten können, als auch die dann eintretenden genauen Expositionssituationen, noch relativ unklar.

Kontextfaktor 16: Über Aggregation hinaus: eigene Forschungsleistung und öffentliche Partizipation

Manche Aggregatoren gehen in ihrer Tätigkeit über aggregierende (und interpretierende, siehe Kontextfaktor 10) Aufgaben hinaus. Sie formulieren wichtige weiterführende Forschungsfragen, entwickeln unzureichende Forschungsansätze weiter und betreiben in manchen Fällen sogar eigene Forschung. Hinzu kommt, dass Aggregatoren in bestimmten Fällen auch die Beteiligung unterschiedlicher Öffentlichkeiten am Meinungsbildungsprozess organisieren können. So hat das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) im Rahmen des von ihm organisierten Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm (DMF) Forschung zu unterschiedlichen Fragen finanziert, koordiniert und dabei auch interessierte Bürger*innen aufgerufen, selbst mitzubestimmen, welche Risikohypothesen weiter untersucht werden sollen.³⁰ Andere Aggregatoren, wie etwa die RSC (2014), haben die Meinung der Öffentlichkeit zu Mobilfunk in eigenen Partizipationsverfahren angehört.

*manche Aggregatoren
forschen selbst
und beziehen
Bürger*innen ein*

Kontextfaktor 17: Emotionalisierung und öffentlicher Diskurs

Der Verbund von fehlendem Konsens bezüglich Interessen und Grundüberzeugungen, wechselseitigem Misstrauen, fehlender Möglichkeit, die gesamte Fachliteratur als Einzelperson zu verstehen und zu interpretieren, fehlender moderierter Aushandlung, großem politischem Druck, nur punktueller, aber umso reißerischer medialer Berichterstattung, dem subjektiven Gefühl, nicht gehört zu werden und nicht selbst entscheiden zu können, und dem Gedanken an die mögliche Schädigung der eigenen Gesundheit oder jener von Kindern – all dies befeuert eine Emotionalisierung von Betroffenen und Beteiligten und damit des gesamten Diskurses.

*viele Umstände
befeuern
Emotionalisierung*

Der wechselseitige (medial inszenierte) Vorwurf lautet dann im Extremfall, entweder „von der Industrie eingekauft“ oder der „Esoterik verfallen“ zu sein. Vertrauen in Institutionen wird auch wiederholt in Studien als Faktor in der Risikowahrnehmung oder allgemeiner der Einstellung zu neuen Technologien nachgewiesen. So berichten Marques und Kollegen (2014) über den Zusammenhang zwischen Vertrauen in beteiligte Organisationen (Regulatoren, Wissenschaft, „Watchdogs“), Medienberichterstattung und Meinungen zu genetisch modifizierten Organismen.

*Vertrauen in
Institutionen
als Faktor in der
Risikowahrnehmung
und bei Einstellungen zu
neuen Technologien*

Dennoch muss konstatiert werden, dass das vorliegende Thema derzeit in Österreich – etwa im Vergleich zur Schweiz – nur stark umgrenzte Teile der Öffentlichkeit in überschaubarer Weise mobilisiert und damit vorwiegend eine (noch) auf Expert*innen-Ebene bestehende Kontroverse darstellt. Behörden und Industrievertretung scheinen zudem recht stark auf einzelne Fälle von Mobilisierung zu reagieren.

*in Österreich
bislang noch geringe
Mobilisierung*

³⁰ „Das Programm wurde auf Grundlage zweier Fachgespräche und unter Einbeziehung der öffentlichen Kommentare im Hinblick auf ergänzende Forschungsvorhaben ausgearbeitet“, emf-forschungsprogramm.de/forschung, zuletzt eingesehen am 25.11.2019.

*Eurobarometer 2010:
Österreicher*innen
skeptisch bzgl.
Handymasten als bzgl.
Handys
[trotz höherer Exposition
durch Handys als durch
Masten]*

In einer Eurobarometer-Umfrage (TNS Opinion & Social 2010) befand sich Österreich 2010 immerhin an sechster Stelle bezüglich gesundheitlicher Bedenken zu Sendemasten und damit deutlich über dem EU-Durchschnitt; an dreizehnter Stelle fand sich Österreich bezüglich gesundheitlicher Bedenken zu Mobiltelefonen (und damit unterhalb des EU-Durchschnitts). Dies verweist nicht nur auf relativ starke Bedenken (die nicht immer zu Mobilisierung oder aktiver Diskussionsteilnahme führen müssen), sondern auch auf ungenügende Informiertheit (darüber, dass etwa die Exposition durch Endgeräte wesentlich höher ist als durch Sendestationen) oder andere Kontextfaktoren (wie etwa den Wunsch nach höherer Eigenkontrolle, der bei Endgeräten erfüllbarer scheint als bei Masten). Die kritischere Einstellung gegenüber Sendestationen könnte auch im Kontext von 5G relevant sein/werden, da diese Technologiegeneration bei höheren Frequenzbereichen ein dichteres Netz an Sendestationen notwendig macht, um eine flächendeckende Versorgung zu ermöglichen.

Kontextfaktor 18: Risiko- und Ungewissheitskommunikation

Beobachtete Emotionalisierung wie auch unterschiedliche Grade von wissenschaftlicher Kompetenz und damit der Möglichkeit, den aktuellen Wissensstand auch sinnvoll in Hinblick auf dessen Bedeutung im Alltag interpretieren zu können, führen in manchen Situationen zu der politischen Entscheidung, erste Risikohinweise oder (noch) widersprüchliche Risikoevidenz erst gar nicht an eine breitere Öffentlichkeit zu kommunizieren. Die Maxime lautet dann: „Zu Tode gefürchtet ist auch gestorben.“

*Risiko durch
Kommunikation
vs.
Risiko durch
Nichtkommunikation*

Auch im Kontext von EMF und Gesundheit gibt es Akteure, die davon ausgehen, dass der sichere Schaden durch unbegründete Ängste jedenfalls größer sei als jedes anzunehmende objektive Risiko (vgl. auch Gray/Ropeik 2002). Es wird also in der Risikokommunikation eine Relation hergestellt zwischen Risiko durch Kommunikation und Risiko durch Nichtkommunikation (und damit meist auch Nichtberücksichtigung) von Studienergebnissen. Im ungünstigsten Fall führt dies zu einer Strategie der Nichtkommunikation und in Folge zu massivem Vertrauensverlust der Öffentlichkeit in ihre Regierung, wie etwa im Kontext der BSE-Krise Ende der 1980er-Jahre in Großbritannien.³¹

*Aufklärung der
Öffentlichkeit
vs.
öffentlicher Dialog*

Beim Thema der Risikokommunikation in der Öffentlichkeit finden sich auch Parallelen zu unterschiedlichen Stilen evidenzbasierter Politikberatung und Entscheidung (Kontextfaktor 14). Je nachdem, ob die Stile der Politikberatung eher technokratisch oder eher dezisionistisch bzw. eher Evidenz- oder eher Nichtwissens-orientiert sind, lässt sich ein lineares, unidirektionales Modell (Aufklärung der Öffentlichkeit) von einem diskursiven und ko-produktivem Modell unterscheiden (öffentlicher Dialog) – je nachdem, wie sehr betroffene Öffentlichkeiten an der Aushandlung, Ausgestaltung und Ausübung vorsorgender Politik beteiligt werden.

³¹ Offene Fragen zur Gestaltung von Kommunikation betreffen aber auch die Aushandlung zwischen Expert*innen. Auch hier sind fehlende Verständnisbemühungen und Vertrauensverluste beobachtbar, die bis hin zu Lagerbildungen führen.

Da es im Kontext von 5G und Gesundheit vielfach um Ungewissheit bezüglich möglicher Risiken und nicht um unwidersprochen nachgewiesene Risiken geht, ist auch die Kommunikation von Ungewissheit im Speziellen ein zentrales Thema. Expert*innen der Risikokommunikation gehen etwa davon aus, dass Ungewissheit selbst Angst auslöst (Gray/Ropeik 2002) – eventuell sogar in einem stärkeren Ausmaß als spezifizierte Risiken.

Kommunikation von Ungewissheit bei 5G zentral

Kontextfaktor 19: Demokratiepolitischer Prozess

In der Wahrnehmung der medialen, wie auch organisierten Öffentlichkeit spielen die Reihenfolge unterschiedlicher Aktivitäten und die Möglichkeit der aktiven Mitsprache auch eine Rolle in der subjektiven Risikowahrnehmung und Risikoakzeptanz: Wird zum Wissensstand bezüglich Gesundheit und Mobiltelefonie geforscht, aggregiert und berichtet, *bevor* oder *nachdem* politische Entscheidungen über einen Ausbau gefallen sind? Wurde die Öffentlichkeit angehört oder nicht? Die *Royal Society of Canada* etwa organisierte parallel zur Neudiskussion der bestehenden gesetzlichen Grenzwerte auch ein Beteiligungsverfahren, innerhalb dessen prinzipiell alle interessierten Bürger*innen, NGOs und Stakeholder ihre Sicht der Dinge präsentieren und Stellungnahmen abgeben konnten (RSC 2014, S. 102ff.). So war sichergestellt, dass eine Berücksichtigung der eingebrachten Perspektiven vor der Entscheidung über die Regulierung zumindest prinzipiell möglich war.

Reihenfolge unterschiedlicher Aktivitäten und Möglichkeit aktiver Mitsprache spielen eine Rolle

Kontextfaktor 20: „Worum geht es wirklich?“

Das Konsultationsverfahren der *Royal Society of Canada* brachte nicht nur Bedenken bezüglich der menschlichen Gesundheit zu Tage (RSC 2014, S. 103). Es zeigte sich, dass die Öffentlichkeit auch an genaueren Informationen über die tatsächliche Exposition interessiert war, dass sie Transparenz in Bezug auf die Arbeit des Expert*innen-Panels einforderte, eine Implementierung des Vorsorgeprinzips befürwortete und generell mehr Informationsarbeit und auch Produktkennzeichnung durch die Hersteller wünschte. Weiters ging es darum, besonders exponierte oder sensitive Gruppen besser zu schützen; auch wurde *Health Canada* vorgeworfen, sich zu sehr in den Begutachtungsprozess einzumischen und Datensätze zu manipulieren. Mit letzterem Vorwurf verknüpft fiel auch das Argument, Regierung und Industrie würden sich wechselseitig absprechen.

in einem Konsultationsverfahren wird transparent, was die Öffentlichkeit braucht und welche Bedenken sie hat

Allgemein gilt für stark Expertise-orientierte Kontroversen jedoch, dass nicht alle Bedenken und Argumente wirklich zur Sprache kommen. Um stärkere Regulierung oder generell Markteingriffe zu bewirken und zu legitimieren, gilt der Verweis auf wissenschaftlich fundierte Gesundheitsrisiken wohl als besonders effektiv und ist auch gesetzlich stark verankert. Unter den Risikohypothesen sind es wiederum jene zur menschlichen Gesundheit, denen eine relativ hohe Wirkmächtigkeit individuell/emotional wie auch kollektiv/rechtlich zukommt. Dementsprechend wahrscheinlich ist es, dass spontanes, unspezifisches Unbehagen bezüglich einer Innovation in eine solche Risikohypothese übersetzt wird, auch wenn hinter diesem Unbehagen andere Auslöser stecken.

Risiken für menschliche Gesundheit sind emotional und politisch wirkmächtig

*Gesundheit oft im
Vordergrund,
möglicherweise anderes
im Hintergrund*

Mit wissenschaftlichen Hinweisen auf gesundheitliche Risiken wird man jedenfalls gehört werden, ohne dass diese immer abbilden müssen, worum es wirklich geht. Letzteres kann auch politisches Misstrauen, wirtschaftliche Interessen, gefühlte Bevormundung, Unbehagen mit raschen Veränderungen, Unbehagen gegenüber einer unsichtbaren Energie und unkontrollierbaren Lebensumwelt oder schlichtweg ästhetischer Bedenken sein. Wird diese Position allerdings so extrem ausgeführt, dass Gesundheitsrisiken ausschließlich als vorgeschützte Argumente verstanden werden, muss vor einer „Psychologisierung“ der Kontroverse gewarnt werden, die die Teilnehmer*innen an der Kontroverse nicht mehr ernst nimmt, sondern als „hysterische“ oder „esoterische“ Charaktere diffamiert.

*es gibt nicht nur
Gesundheitsrisiken*

Hinzu kommt, dass von Expert*innen-Seite andere – teils plausible, teils sogar nachgewiesene – Risiken genannt werden. Entwicklungspsychologische Risiken des Mobiltelefonie-Einsatzes bei Neugeborenen und Kindern, Risiken der Klimaerwärmung durch erhöhten Energieverbrauch und CO₂-Ausstoß bei erhöhtem Datenvolumen und -transfer, Verkehrsrisiken beim Einsatz des Mobiltelefons durch Verkehrsteilnehmer*innen oder Probleme bzgl. der nationalen Sicherheit – all dies wohl gemerkt ohne jeden Rekurs auf elektromagnetische Felder. Letztere spielen hingegen eine Rolle bei angekündigten Problemen satellitengestützter Wettervorhersage – und auch hier wird gerne mit Verweis auf resultierende Gesundheitsrisiken argumentiert (Witze 2019).

2.5 Zwischenresümee: ein Wald mit vielen Bäumen

*Kontextfaktoren
erschweren eindeutige
Risikobewertung*

Es ist die zentrale Herausforderung in der Diskussion um Gesundheitsrisiken elektromagnetischer Felder der Mobiltelefonie gleichzeitig um die Vielfalt sehr unterschiedlicher Kontextfaktoren zu wissen, die eine einfache, eindeutige und unwidersprochene wissenschaftliche Risikobewertung erschweren, *und* die Fragen, um die es letztlich im gesellschaftlichen Umgang mit dieser Technologie gehen soll, im Blick zu behalten.

*nicht nur
wissenschaftliche und
technologische, sondern
auch politische, soziale,
mediale, kulturelle und
psychologische Aspekte
im Spiel*

Aus der vorangegangenen Darstellung an komplizierenden Kontextfaktoren wurde klar, dass hier nicht nur wissenschaftliche und technologische, sondern auch politische, soziale, mediale, kulturelle und psychologische Aspekte im Spiel sind und miteinander in Wechselwirkung stehen. Dennoch ist es immer möglich, diese Ebenen zu benennen und voneinander zu unterscheiden. Es geht hier also um eine komplizierte, komplexe, eventuell teils auch perplex Situation, nicht aber um eine „post-faktische“³². Es können sehr wohl für jeden Teilaspekt jeweils wissenschaftliche oder auch demokratiepolitische Qualitätskriterien angelegt werden.

³² Zur Referenz auf das Post-Faktische vgl. etwa Jack Stilgoe in: *The Guardian* am 17. August 2016 zu: "How to think about the risks of mobile phones and Wi-Fi", [theguardian.com/science/political-science/2016/aug/17/how-to-think-about-the-risks-of-mobile-phones-and-wi-fi](https://www.theguardian.com/science/political-science/2016/aug/17/how-to-think-about-the-risks-of-mobile-phones-and-wi-fi), zuletzt eingesehen am 19.1.2020.

In den folgenden Kapiteln wird es nun darum gehen, was wir in dieser komplexen Situation mit welcher Verlässlichkeit wissen können, welche Risiken wir mit welcher Verlässlichkeit ausschließen können. Dazu werden Gutachten unterschiedlicher internationaler und nationaler, aber durchwegs international anerkannter wissenschaftlicher Gremien zusammengefasst und gegenübergestellt. Wo es Abweichungen in den Stellungnahmen dieser Gremien gibt, werden diese diskutiert. Auf Basis der Vielschichtigkeit der vorliegenden Fragestellungen wird davon ausgegangen, dass vorhandene Widersprüche nicht auf Verschwörungen, Interessenskonflikte oder fehlende Expertise zu reduzieren sind; vielmehr scheinen diese primär mit unterschiedlichen Paradigmen an den Schnittstellen von wissenschaftlicher Evidenzproduktion, Politikberatung und Risikomanagement in Zusammenhang zu stehen (vgl. auch Dürrenberger/Högg 2016).

weitere Vorgangsweise

*vorhandene
Widersprüche
werden nicht auf
Verschwörungen oder
Interessenskonflikte
reduziert*

Mängel der Risiko-Governance (etwa mangelnde Öffentlichkeitsbeteiligung), Verkürzungen des politischen Diskurses (etwa das Ignorieren tatsächlich bestehender Interessenskonflikte) und Versäumnisse in der Risikokommunikation (etwa die Nichtkorrektur medialer Fehlinformationen) können vor diesem Hintergrund allerdings zu wechselseitig verstärkendem Vertrauensverlust, Diskussionsabbruch und Lagerbildungen führen, was wiederum wissenschaftliche wie demokratiepolitische Qualitätsverluste nach sich zieht.

Es soll dennoch nicht aus dem Blick geraten, dass im Großen und Ganzen die Gemeinsamkeiten der Einzelexpert*innen- und Gremienmeinungen überwiegen³³ – sowohl betreffend der wissenschaftlichen Einschätzung des Risikopotenzials, als auch betreffend der formulierten Empfehlungen für eine vorsorgende Umgangsweise³⁴ mit dieser Technologie.

*Gemeinsamkeiten
überwiegen*

³³ Es darf in der Gegenüberstellung der einzelnen Expertenberichte auch nicht übersehen werden, dass jedes Gremium mit jedem neuen Auftrag auch unter Druck steht, etwas Neues zu produzieren, auch wenn es nichts wesentlich Neues, Abweichendes zu berichten hat. Eine Stellungnahme, der man sich gerne vollinhaltlich anschließen würde, einfach abzuschreiben, wäre zwar sachdienlich, aber verstößt gegen die gute wissenschaftliche Praxis und den Auftrag der eigenständigen Arbeit. So variieren Zwischenüberschriften, Formulierungen und Zusatztexte, erzeugen scheinbare Varianz und erschweren mitunter den Vergleich. Nur innerhalb einer Publikationsserie ein und desselben Aggregators ist es möglich, einfach die vormalige Stellungnahme zu aktualisieren. Umgekehrt gibt es so leider kein übergeordnetes Dokument, das die Vorzüge (Zusätze) aller Einzeldokumente kombiniert, die Widersprüche ausweist und zur Diskussion stellt. Auch in diesem Rahmen kann dies nicht geleistet werden.

³⁴ Die USA weichen bekanntermaßen in Positionierung und Implementierung eines vorsorgende Regulierungsansatz von der europäischen oder auch kanadischen Linie ab; im vorliegenden Kontext der Beratung des Österreichischen Parlaments wird diese Abweichung aber nicht weiter analysiert.

3 Auswertungsmethode und Quellen

Für diese vergleichende Analyse der Befunde zu Gesundheitsaspekten von 5G wurden Aggregatoren ausgewählt (siehe 3.2) und deren Berichte erhoben (siehe 3.3). Da sich in den Berichten der Aggregatoren nur sehr wenige Hinweise auf 5G finden, wurde weiters vertiefend nach aktuellen Reviews und Überblicksarbeiten gesucht, die sich bereits spezifisch mit 5G auseinandersetzen (siehe 5.2).

3.1 Methode

In einem ersten Schritt wurde eine Liste an fach einschlägigen Aggregatoren erstellt. Dabei wurde außerhalb Österreichs nach nationalen oder internationalen wissenschaftlichen Gremien gesucht, die den wissenschaftlichen Evidenzstand zu gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks – insbesondere auch der neuen Generation der Mobilfunktechnologie, die als 5G zusammengefasst wird – in politik- bzw. gesellschaftsberatender Rolle zusammenfassen. Solche Aggregatoren lassen sich in mehrere Typen zusammenfassen:

- Aggregatoren, deren Stellungnahmen für die ursprüngliche Grenzwertsetzung herangezogen wurden (z. B. IEEE, ICNIRP), die allerdings keinen öffentlichen Behörden angehören oder von diesen einberufen wurden;
- Aggregatoren, die von öffentlichen Behörden einberufen oder beauftragt wurden oder selbst öffentliche Behörden sind (z. B. BfS, SSM, RSC);
- Aggregatoren, die sich aus namhaften einschlägigen Wissenschaftler*innen zusammensetzen, aber weder für die ursprüngliche Grenzwertsetzung herangezogen wurden noch von öffentlichen Behörden einberufen oder beauftragt wurden (BioInitiative).

Daraus resultierte eine Liste, die unterschiedliche Arten einschlägiger Aggregatoren umfasst und einen relativ breiten geographischen Horizont abdeckt (siehe Tabelle 9). Es gibt keine Garantie, dass diese Liste „vollständig“ ist; allerdings besteht Grund zur Annahme, dass wesentliche Perspektiven – insbesondere des europäischen Raumes – abgedeckt sind.

Nicht inkludiert wurden – im Einklang mit dem beauftragten Studienfokus auf den wissenschaftlichen Evidenzstand – Stellungnahmen privatwirtschaftlicher Interessensvertretungen oder kritischer Nichtregierungsorganisationen.

Aus den Veröffentlichungen der ausgewählten Aggregatoren wurden die ausführlichsten Berichte ausgewählt; im Zweifelsfall wurde den aktuellsten Versionen der Vorzug gegeben. Die in diese Untersuchung eingegangenen Berichte sind in Tabelle 10 im Überblick dargestellt.

Liste fach einschlägiger Aggregatoren

drei Typen von Aggregatoren

Liste deckt alle wesentlichen Perspektiven ab

was nicht einbezogen wurde ...

ausführlichste und aktuellste Berichte ausgewählt

*inhaltliche Auswertung
der Berichte*

In einem nächsten Schritt wurden diese Berichte inhaltlich ausgewertet:

- Einerseits wurde die Logik der Studienaggregation (Selektionskriterien, Bewertungskriterien, Aggregation über unterschiedliche Studienarten hinweg und – wenn vorhanden – Extrapolation von gesellschaftlichen und/oder politischen Empfehlungen) analysiert, was sich in Kapitel 2 wie auch Abschnitt 3.3 niederschlägt.
- Andererseits wurden die inhaltlichen Aussagen zusammengefasst (siehe 4.2 und 4.3) und verglichen (4.4), wie dies auch zwei andere Autorengruppen bereits unternommen haben (Dürrenberger/Högg 2016; Dürrenberger et al. 2019).

*zusätzlich:
Einbeziehung von
Reviews in
Fachzeitschriften zu 5G*

Damit war der Evidenzstand auf Ebene der Aggregatoren dargestellt. Da innerhalb der gefundenen Berichte allerdings nur in einigen, wenigen Ausnahmen und da nur cursorisch von gesundheitlichen Risiken und in Hinblick auf 5G im Speziellen die Rede ist (siehe 5.1), entschlossen wir uns in der Produktionslinie wissenschaftlicher Evidenz noch einen Schritt aufwärts zu gehen und auch wissenschaftliche Reviews aus Fachzeitschriften – speziell zu 5G – zu recherchieren. Wir suchten nach Reviews zu 5G im millimeterwellen Bereich in den Datenbanken PubMed und EMF-Portal³⁵ im Dezember 2019 in Englisch und Deutsch. In den Datenbanken wurde nach Reviews mit den Schlüsselworten „5G“ AND „Health“ gesucht. So ergibt die Suche in EMF-Portal (16.1.2020) 30 Treffer³⁶, davon sind sechs als (englischsprachige) Review-Artikel klassifiziert. Diese wurden in Hinblick auf ihre wissenschaftliche Aussagekraft, ihre thematische Passung und ihre inhaltliche Aussage analysiert und sind in Abschnitt 5.2 dargestellt.

3.2 Darstellung der Aggregatoren

In der Folge werden die in vorliegende Studie einbezogenen Aggregatoren im Detail beschrieben (siehe die nachfolgende Tabelle 9).

*auftragsgemäß keine
österreichischen
Aggregatoren*

Der Auftrag des Parlaments zielte darauf ab, die Ergebnisse und Schlussfolgerungen von Aggregatoren von außerhalb Österreichs für die österreichische Debatte fruchtbar zu machen. Nichtsdestotrotz sei an dieser Stelle kurz der österreichische Wissenschaftliche Beirat Funk (WBF) erwähnt, der beim BMVIT angesiedelt ist.³⁷ Dieses neunköpfige Expert*innengremium publiziert jährlich einen etwa vierseitige Konsensus (konsensuelle Stellungnahme), zuletzt im November 2019 (WBF 2019a), unterlegt von einer 50-seitigen Tabelle mit Literaturangaben (WBF 2019b). Der WBF kommt regelmäßig zum Schluss, dass „[e]ine Gefährdung der Gesundheit durch Mobilfunk [...] nicht wahrscheinlich“ sei, es jedoch „[w]eiterhin [...] offene Fragen“ gäbe (WBF 2019a, S. 4).

³⁵ emf-portal.org/de, zuletzt eingesehen am 16.1.2020.

³⁶ Die Suche in PubMed ergab keine weiteren relevanten Treffer.

³⁷ bmvit.gv.at/themen/telekommunikation/wbf.html.

Wie in den nachfolgenden Darstellungen der internationalen Aggregatoren und ihrer Berichte ersichtlich, sind einzelne österreichische Wissenschaftler*innen auch in internationalen Gremien vertreten (siehe Fettdruck in den Fußnoten).

Tabelle 9: Liste der Aggregatoren

Aggregator		Land
IARC	International Agency for Research on Cancer [WHO]	GLOBAL
WHO	World Health Organisation	GLOBAL
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection	GLOBAL
BioInitiative	BioInitiative Working Group	GLOBAL
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks	EU
EAHC	Executive Agency for Health and Consumers [2008-2014]	EU
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency	AU
MoH NZ	Ministry of Health [Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Field for the Ministry of Health], New Zealand	NZ
RSC/HC	Royal Society of Canada for Health Canada	CA
AGNIR	Advisory Group on Non-Ionising Radiation [bis Mai 2017]	UK
SSM	Swedish Radiation Safety Authority	SE
HCN	Health Council der Niederlande	NL
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [französische Agentur für die Sicherheit von Ernährung, Umwelt und Arbeit]	FR
BfS	Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz	DE
SSK	Deutsche Strahlenschutzkommission	DE

Die IARC ist die internationale Agentur für Krebsforschung der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Sie unterstützt die internationale Zusammenarbeit in diesem Gebiet und versteht sich primär als Forschungsorganisation. IARC geht auf eine Initiative führender französischer Persönlichkeiten zurück, die die Einrichtung eines Krebsforschungsinstituts bewirkte. Dieses wurde 1965 Teil der WHO und hat heute 25 Mitgliedsländer und ca. 300 Mitarbeiter aus rund 50 Ländern im Hauptquartier in Lyon. IARC bietet als unabhängige wissenschaftliche Institution auch evidenzbasierte Bewertungen an. Hierzu gehört die Publikation von Monographien zur Klassifikation von (wahrscheinlich nicht, möglicherweise, wahrscheinlich oder bekannter Maßen) krebserregenden Gefahrenquellen (Substanzen oder auch Strahlung). Diese Bewertungen werden durch international besetzte Arbeitsgruppen aus unabhängigen Wissenschaftler*innen unternommen und sind qualitativer Natur. Es werden keine Empfehlungen für nationale Regulierung oder Gesetzgebung formuliert. Die enge Beziehung zu ihrer Mutterorganisation, der WHO, ermöglicht jedoch eine Übersetzung in zeitgemäße Strategien zur Krebs Eindämmung.

IARC: International Agency for Research on Cancer

WHO:
Weltgesundheitsorganisation

Die Weltgesundheitsorganisation hat 194 Mitgliedsstaaten und arbeitet eng mit Dienststellen der Vereinten Nationen, Stiftungen, der Wissenschaft, NGOs und dem privatwirtschaftlichen Sektor, wie auch mit nationalen Regierungen zusammen. Sie finanziert sich aus Mitgliedsbeiträgen und freiwilligen Spenden (wobei weniger als 1 % aus der Privatwirtschaft kommt). Ihr Ziel, weltweit für bessere Gesundheit in allen Bevölkerungsgruppen zu sorgen, wird über lokale Büros in mehr als 150 Ländern unterstützt. Evidenz-basierte Richtlinien reagieren auf offene Fragen bezüglich möglicher Gesundheitsrisiken. In Reaktion auf Bedenken von Öffentlichkeiten und Regierungen gründete die WHO 1996 das „*International Electromagnetic Fields Project*“, um die wissenschaftliche Evidenz möglicher Gesundheitseffekte elektromagnetischer Felder des Mobilfunks zu untersuchen. Für 2016 kündigte sie eine formale Risikobewertung auf Basis aller Studien zu diesem Thema an. Allerdings ist eine diesbezügliche Publikation noch ausständig, weshalb hier auf eine Veröffentlichung aus dem Jahr 2010 näher eingegangen wird.

ICNIRP:
International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

Die Internationale Kommission für den Schutz vor Nicht-Ionisierender Strahlung (ICNIRP) versteht sich als institutionell unabhängige Organisation³⁸, die multidisziplinäre, wissenschaftliche Expertise zu Gesundheits- und Umwelteffekten nicht-ionisierender Strahlung und Empfehlungen zu Expositionseinschränkung anbietet. Laut eigener Darstellung (ICNIRP 1998) entwickelte sich ICNIRP 1992 aus einer 1974 gegründeten Arbeitsgruppe zu nicht-ionisierender Strahlung (zuerst als Arbeitsgruppe NIR, später als *International Non-Ionizing Radiation Committee*, INIRC) der *International Radiation Protection Association* (IRPA), die eng mit der WHO und UNEP verknüpft war. Die von ICNIRP publizierten Leitlinien, Stellungnahmen und Gutachten werden von nationalen und internationalen Stellen berücksichtigt³⁹. So waren Publikationen von ICNIRP (1998 und 2009), teils zusammen mit Publikationen des *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 2005 maßgeblich für die Setzung der bestehenden Grenzwerte für Mobiltelefoniestrahlung (IEEE 2006). Die Unabhängigkeit der Mitglieder ihrer thematischen Untergruppen wird dadurch begründet, dass diese kein Arbeitsverhältnis oder andere Befangenheiten aufweisen dürfen, die deren wissenschaftliche Unabhängigkeit gefährden könnten. Diesbezügliche Informationen zu Mitgliedern sind auf der Internetseite einsehbar. Die Unabhängigkeit der Organisation begründet sich durch die Finanzierung über Gelder nationaler oder internationaler öffentlicher Institutionen. Dennoch wird die Unbefangenheit der Stellungnahmen von Kritikern mitunter in Frage gestellt.

BioInitiative Working Group

Die BioInitiative Working Group umfasst eine Gruppe an Wissenschaftler*innen und Ärzt*innen, die sich ad hoc einer unabhängigen Analyse von Ge-

³⁸ ICNIRP (1998) gibt Förderungen von IRPA, WHO, UNEP, ILO, Europäischer Kommission und deutscher Regierung an.

³⁹ Formal anerkannt ist ICNIRP nach eigener Darstellung (1998, S. 294) als NGO für den Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung von WHO, International Labour Organization und Europäischer Union, sie bezeichnet sich auch als „wissenschaftlicher Arm der WHO für Aktivitäten bezüglich nicht-ionisierender Strahlung (ibid., S. 298).

sundheitsrisiken der EMF widmete. Die Gruppe wurde weder durch eine staatliche Organisation noch durch eine Fachgesellschaft oder eine international anerkannte Risikobewertungsinstitution einberufen. Personelle Nähe zur Bioelectromagnetics Society besteht allerdings und die Gründung geht auf ein Mini-Symposium bei deren jährlicher Konferenz 2006 zurück. Teile des ersten Reports 2007 wurden in der peer-reviewten Fachzeitschrift *Pathophysiology* publiziert. Der zweite Report wurde 2012 über das Internet veröffentlicht. Kritiker*innen der beiden Reports wie das *Health Council of the Netherlands* (HCN) betonten die fehlende Objektivität und Ausgewogenheit der Sachstanddarstellung.

2008 wurde ein wissenschaftlicher Ausschuss für Gesundheitsrisiken durch einen Beschluss der Europäischen Kommission zur „Errichtung einer Beratungsstruktur der Wissenschaftlichen Ausschüsse und Sachverständigen im Bereich Verbrauchersicherheit, öffentliche Gesundheit und Umwelt“ als Wissenschaftlicher Ausschuss „Neu auftretende und neuidentifizierte Gesundheitsrisiken“ begründet und begann 2013 mit seiner Arbeit. SCENIHR konnte auf Aufforderung der Kommission oder auf eigene Initiative in Absprache mit der Kommission tätig werden. Der Ausschuss konnte Berichte, Standpunkte oder Schlussfolgerungen erarbeiten und die Kommission auch auf Eigeninitiative durch Mitteilungen auf spezifische, neu auftretende Probleme aufmerksam machen. Maximal 17 Mitglieder wurden von der Kommission in Bezug auf ihr Fachwissen und geographische Streuung für drei Jahre ernannt und maximal zweimal wiederbestellt⁴⁰. Bis zu fünf wissenschaftliche Berater*innen konnten durch den Ausschuss für fünf Jahre selbst bestimmt werden. Mitglieder, wissenschaftliche Berater*innen und externe Sachverständige, die an Arbeitsgruppen teilnahmen, gaben jährlich eine Verpflichtungserklärung ab, im öffentlichen Interesse zu handeln, sowie eine Interessensoffenlegung, „aus der entweder hervorgeht, dass keinerlei direkte oder indirekte Interessen bestehen, die als ihre Unabhängigkeit beeinträchtigend angesehen werden könnten, oder aber dass solche Interessen vorhanden sind“⁴¹. SCENIHR hatte eine eigene Arbeits-

SCENIHR:
*Scientific Committee
on Emerging and Newly
Identified Health Risks*

⁴⁰ Mitglieder von SCENIHR waren Igor Emri (University of Ljubljana, Ljubljana, Slowenien), **Michelle Epstein (Medical University of Vienna, Österreich)**, Philippe Hartemann (Chair of the Committee Université Nancy Lorraine, Nancy, Frankreich), Peter Hoet (Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgien), **Norbert Leitgeb (Graz University of Technology, Graz, Österreich)**, Theodorus Vermeire (National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Niederlande), Luis Martinez Martinez (University Hospital of Cantabria, Santander, Spanien), Ana Proykova (Vice-Chair of the Committee University of Sofia, Sofia, Bulgarien), Luigi Rizzo (University of Salerno, Fisciano, Italien), Eduardo Rodríguez-Farré (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC, Madrid, Spanien), Lesley Rushton (Imperial College London, London, Großbritannien), Konrad Rydzynski (Nofer Institute of Occupational Medicine, Lodz, Polen), Theodoros Samaras (Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Griechenland), und Emanuela Testai (Vice-Chair of the Committee Istituto Superiore di Sanità, Rom, Italien).

⁴¹ Zitiert aus: “Commission Decision of 5 August 2008 setting up an advisory structure of Scientific Committees and experts in the field of consumer safety, public health and the environment and repealing Decision 2004/210/EC”, eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:241:0021:0030:EN:PDF, zuletzt eingesehen am 5.12.2019.

<p>EAHC: <i>Executive Agency for Health and Consumers</i></p>	<p>gruppe „EMF“⁴². 2016 wurde SCENIHR durch SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks) abgelöst, das bislang keine thematisch vergleichbare Arbeitsgruppe gegründet hat⁴³.</p> <p>EAHC steht von 2008 bis 2014 für die <i>Executive Agency for Health and Consumers</i> (ab 2005 als <i>Public Health Executive Agency</i>, PHEA, aktuell als <i>Consumers, Health, Agriculture and Food Executive Agency</i>, CHAFEA) der Europäischen Kommission. Sie implementiert das Gesundheits- und das Konsument*innenprogramm der EU, führt von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene Aktivitäten durch und arbeitet eng mit dem <i>Health and Consumers Directorate General</i> der EU zusammen. EAHC hatte ca. 40 Mitarbeiter*innen und ist in Luxemburg stationiert. 2009 startete sie das Projekt EFHRAN (<i>European Health Risk of Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure</i>) mit dem Ziel, ein Netzwerk zu etablieren, das die Bewertung von Gesundheitsrisiken elektromagnetischer Felder vornimmt.</p>
<p>ARPANSA: <i>Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency</i></p>	<p>Die <i>Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency</i> (ARPANSA) ist das Amt für Strahlenschutz der australischen Regierung. Sie reguliert den Einsatz von Strahlung zum Schutz der öffentlichen Gesundheit und Umwelt vor schädlichen Effekten, führt Forschung durch, bietet Services an, unterstützt nationale Harmonisierung und die Implementierung internationaler guter Praxis über alle Kompetenzbereiche hinweg.</p>
<p>Ministry of Health, Neuseeland</p>	<p>Das Gesundheitsministerium Neuseelands berief ein <i>Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Fields</i> als fachliches Beratungsgremium ein. Es hat den Auftrag, Forschung zu Gesundheitseffekten elektromagnetischer Felder zu beobachten und zu begutachten. Das Komitee berichtet direkt an den Generaldirektor für Gesundheit und bereitet in bestimmten Abständen Berichte für die Minister*innen für Gesundheit, Umwelt und Wirtschaft, wie auch Innovation und Beschäftigung vor. Der aktuellste Bericht wurde 2018 publiziert, 2019 gab es einen Zusatz speziell zu 5G.</p>
<p>RSC und HC: <i>Royal Society of Canada und Health Council Canada</i></p>	<p><i>Health Canada</i> (HC) ist das Gesundheitsministerium Kanadas, das sich dem Vorsorgeprinzip verpflichtet sieht. Es formulierte 1991 den <i>Safety Code 6</i> (SC6), der Grenzwerte für die Hochfrequenz-Exposition durch Mobiltelefone, Wi-Fi, Mobiltelefonsender, Radar oder Radio- und TV-Sender festlegt. Health Canada überprüft diesen SC6 regelmäßig um sicherzustellen, dass dieser dem neuesten wissenschaftlichen Sachstand entspricht. 2013 schlug es dementsprechend mehrere Anpassungen von SC6 (2009) vor⁴⁴</p>

⁴² Zur Arbeitsgruppe „EMF“ gehörten Samaras Theodoros von SCENIHR und als externe Expert*innen Anssi Auvinen, Heidi Danker-Hopfe, Kjell Hansson Mild, Mats-Olof Mattsson, Hannu Norppa, James Rubin, Maria Rosaria Scarfi, Joachim Schütz, Zenon Sienkiewicz und Olga Zeni.

⁴³ Allerdings gibt es eine Arbeitsgruppe zum Thema „Weight of Evidence“.

⁴⁴ “For frequencies from 65 to 100 MHz, the proposed reference levels in SC6 (2013) deviate from 1998 ICNIRP levels by decreasing with increasing frequency to accommodate dosimetry data from studies on children. (...) The proposed limits for power density in SC6 (2013) include a note, which limits the temporal peak power density for pulsed RF energy (in the 10 MHz – 300 GHz frequency range) to no more than 1000 times the reference level for power density.”

und unterzog diese Vorschläge einer Überprüfung durch ein Experten-Panel, das durch die *Royal Society of Canada* eingesetzt wurde. 2015 wurde der SC6 für Frequenzen um 100 MHz dann tatsächlich deutlich nach unten gesetzt (vgl. den Überblick in MoH NZ 2018, S. 29).

Die *Royal Society of Canada* (RSC) ist die nationale Akademie der Wissenschaften Kanadas, die 1660 nach dem Vorbild der Londoner *Royal Society* gegründet wurde.

AGNIR bestand von 1990 bis 2017 als unabhängiges wissenschaftliches Beratungsgremium von *Public Health England* (PHE) und seinen Vorgängerinstitutionen (*National Radiological Protection Board* 1990-2005 und *Health Protection Agency* 2005-2013, alle mit der Aufgabe, die britische Regierung zu Gesundheitsaspekten nicht-ionisierender Strahlung zu beraten). AGNIR begutachtete wissenschaftliche Literatur und beriet in Hinblick auf Forschungsprioritäten. Berichte von AGNIR werden von der britischen Regierung zitiert und in der Entwicklung von Expositions-Grenzwerten berücksichtigt. Die Schließung von AGNIR wurde mit dem Auslaufen von Forschungsprojekten und dem Abschluss umfassender Reviews begründet. Auch wird auf das *Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment* (COMARE) des Gesundheitsministeriums, das einen Beobachtungsauftrag in Hinblick auf nicht-ionisierender Strahlung hat, verwiesen.

AGNIR:
Advisory Group on Non-Ionising Radiation

SSM ist die schwedische Strahlenschutzbehörde. Sie ging 2008 aus der nunmehr aufgelösten *Statens kärnkraftinspektion* (*Swedish Radiation Protection Authority*, SSI) hervor und ist dem dem Umweltministerium unterstellt. Geleitet wird sie von einer oder einem durch die schwedische Regierung bestellte*n Generaldirektor*in und hat Mandate für nukleare Sicherheit, Strahlenschutz und nukleare Abrüstung. SSM arbeitet proaktiv und vorbeugend. Mit etwa 300 Angestellten hat sie ihren Sitz in Stockholm. Das zugehörige internationale wissenschaftliche Gremium für EMF besteht seit 2002. Es erstellt jährlich Gutachten zu relevanten neuen Daten über gesundheitliche Risiken unterschiedlicher EMF, darunter auch hochfrequenter EMF.

SSM:
Swedish Radiation Safety Authority

HCN ist ein unabhängiges wissenschaftliches Beratungsgremium für die niederländische Regierung und das Parlament zu öffentlicher Gesundheit und zu Gesundheitsforschung, gegründet 1902. Ministerien können Beratung beauftragen, der *Health Council* kann aber auch in Eigeninitiative auf Probleme aufmerksam machen. Es unterhält unter anderem ein permanentes Komitee zu elektromagnetischen Feldern (*Committee on Electromagnetic Fields*, EMV). Dessen Aufgabe ist es wissenschaftliche Entwicklungen genau zu beobachten, periodisch über diese zu berichten und auf Anfragen zu antworten. HCN arbeitet zu diesem Thema auch eng mit der *Knowledge Platform on Electromagnetic Fields and Health* zusammen (die allerdings nur auf Niederländisch publiziert).

HCN:
Health Council der Niederlande

<p>ANSES: <i>Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail</i></p>	<p>ANSES ist das französische Amt für die Sicherheit von Ernährung, Umwelt und Arbeit (<i>Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail</i>). ANSES stellt eine Fusion 2011 aus der vormaligen <i>Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail</i> (Afsset) und der <i>Agence française de sécurité sanitaire des aliments</i> (Afssa) dar. Das Amt bewertet Risiken in dem ausgezeichneten Themenfeld und informiert politische Entscheidungen. ANSES ist den französischen Ministerien für Gesundheit, Landwirtschaft, Umwelt, Arbeit und Konsument*innenangelegenheiten rechenschaftspflichtig. In Bezug auf EMF des Mobilfunks unternimmt ANSES unterschiedliche Aktivitäten: Es beauftragt regelmäßig einschlägige wissenschaftliche Expert*innengutachten, unterzieht diese einer öffentlichen Konsultation (diese richtet sich an „Mitglieder der Wissenschaftsgemeinde und interessierte Stakeholder“) und veröffentlicht auf dieser Basis Stellungnahmen. Darüber hinaus lanciert ANSES einschlägige Forschungsförderprogramme und organisiert Stakeholderseminare zu Hochfrequenzregulierung.</p>
<p>BfS: <i>Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz</i></p>	<p>BfS ist das seit 1989 bestehende deutsche Bundesamt für Strahlenschutz, eine organisatorisch selbstständige Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Zu seinen Aufgaben zählt der Schutz von Mensch und Umwelt vor Schäden durch ionisierende und nicht-ionisierende Strahlung. Das BfS hat über 500 Mitarbeiter mit Hauptsitz in Salzgitter. Zu seinen EMF-bezogenen Aktivitäten zählen Vollzugsaufgaben nach Strahlenschutzgesetz und Strahlenschutzverordnung, die Ermittlung und Fortentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik auf dem Gebiet der ionisierenden und nichtionisierenden Strahlung, der medizinische und berufliche Strahlenschutz einschließlich Inkorporationsüberwachung, die Planung und Durchführung epidemiologischer Studien, die Entwicklung und Abwicklung von thematischen Forschungsförderprogrammen und die Beratung des Bundesumweltministeriums. Das BfS arbeitet auf internationaler und nationaler Ebene mit fachlich einschlägigen Organisationen und Gremien zusammen, vertritt die Bundesrepublik Deutschland in nationalen und internationalen Fachgesellschaften und Gremien und kommuniziert und kooperiert in Fachfragen mit öffentlichen Einrichtungen und der Bevölkerung.</p> <p>Von 2002 bis 2008 initiierte das BfS gemeinsam mit dem Bundesumweltministerium (BMU) das Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF), das zu gleichen Teilen vom Bundesumweltministerium und Mobilfunkbetreibern mit insgesamt 17 Millionen Euro gefördert wurde und 54 Forschungsvorhaben aus den Bereichen „Biologie“, „Dosimetrie“, „Epidemiologie“ und „Risikokommunikation“ durchführte. Das BfS organisiert auch den „Runden Tisch Elektromagnetische Felder“ (RTEMF) als „unabhängiges Beratungs- und Diskussionsgremium“ mit Mitgliedern aus Wissenschaft, Behörden, Interessenverbänden und der Wirtschaft.</p>
<p>SSK: <i>Deutsche Strahlenschutzkommission</i></p>	<p>Die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) wurde 1974 als Beratungsgremium des Bundesministeriums des Innern gegründet. Es hat den Auftrag, das zuständige Bundesministerium (zurzeit das Bundesumweltministerium, BMU) in den Angelegenheiten des Schutzes vor den Gefahren ioni-</p>

sierender und nichtionisierender Strahlen zu beraten (Satzung 2009). Die gegenwärtig sieben Ausschüssen befassen sich u. a. mit nichtionisierenden Strahlen. „Die SSK erhält ihre Beratungsaufträge in der Regel vom zuständigen Bundesministerium; sie kann aber auch von sich aus Beratungsthemen aufgreifen. Die Beratungen münden in Empfehlungen und Stellungnahmen, die jeweils in den Ausschüssen und Unterausschüssen vorbereitet werden. Durch Veröffentlichung im Bundesanzeiger werden sie in das kerntechnische Regelwerk aufgenommen und mit Rundschreiben des BMUB zur Anwendung empfohlen. (...) Die Mitglieder werden vom zuständigen Bundesministerium gewöhnlich für zwei Jahre berufen. (...) Die Mitgliedschaft ist ein persönliches Ehrenamt. Die Mitglieder sind unabhängig und nicht an Weisungen gebunden. In der Regel besteht die Strahlenschutzkommission aus 14 Experten, die besondere Erfahrungen auf einem der sieben oben genannten Fachgebiete besitzen.“⁴⁵ Der Ausschuss zu nichtionisierenden Strahlen⁴⁶ hat folgende Aufgaben: (1) die Bewertung der gesundheitlichen Risiken und Relevanz nichtionisierender Strahlung (optische Strahlung (einschließlich UV, IR), elektrische und magnetische Felder, elektromagnetische Felder), (2) die Bearbeitung von Fragen der Risikokommunikation im Bereich der nichtionisierenden Strahlung (NIR), (3) die Bewertung der Exposition der Bevölkerung, (4) die Bewertung der Anwendung nichtionisierender Strahlung am Menschen außerhalb der Medizin, (5) die Bewertung neuer Technologien im Hinblick auf deren gesundheitliche Relevanz (laufende Verfolgung der Entwicklung) und (6) die Erarbeitung und Veröffentlichung von Stellungnahmen zur Umsetzung internationaler Empfehlungen (ICNIRP, WHO usw.)⁴⁷.

⁴⁵ de.wikipedia.org/wiki/Strahlenschutzkommission, eingesehen am 18.12.2019.

⁴⁶ Achim Enders (Vorsitzender, Technische Universität Braunschweig), Markus Fischer (Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse, Köln), Rüdiger Greinert (Elbe Kliniken Stade-Buxtehude), Rüdiger Matthes (Bundesamt für Strahlenschutz, Neuherberg, i. R.), Hiltrud Merzenich (Universitätsmedizin Mainz), Mirjana Moser (Zollikofen, Schweiz), Hans-Peter Peters (Forschungszentrum Jülich GmbH), Hans-Dieter Reidenbach (Technische Hochschule Köln), Martin Rössli (Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut, Basel), Gernot Schmid (Seibersdorf Laboratories), Ljiljana Udovicic (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund), Matthias Wuschek (Technische Hochschule Deggendorf), Friedo Zölzer (University of South Bohemia in České Budějovice, sowie als Sachverständiger gemäß §7 der Satzung der SSK), Hauke Brüggemeyer (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Hildesheim), Caroline Herr (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, München).

⁴⁷ Vgl. ssk.de/DE/Ausschuesse/Nichtionisierende_Strahlen/nichtionisierendeStrahlen_node.html, eingesehen am 18.12.2019.

3.3 Berichte der Aggregatoren

In der Folge werden die in diese Untersuchung einbezogenen Berichte der im vorigen Abschnitt vorgestellten Aggregatoren im Detail beschrieben (siehe für einen Überblick Tabelle 10).

Tabelle 10: Liste der Berichte der Aggregatoren

Aggregator/Bericht	Seitenanzahl	5G-erwähnt	Wissensstand bis ca. zum Jahr														
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019				
IARC: Non-ionizing radiation part 2: radiofrequency electromagnetic fields, 2013	481	nein															
WHO research agenda for radiofrequency fields, 2010	42	nein															
ICNIRP Note: Critical evaluation of two radio-frequency EMF animal carcinogenicity studies published in 2018, 2019	8	nein															
ICNIRP: Mobile phones, brain tumours & the Interphone Study: where are we now? 2011	23	nein															
ICNIRP: Epidemiological evidence on mobile phones and tumour risk: a review, 2009	39	nein															
ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic electromagnetic fields (up to 300 GHz), 1998	38	nein															
BioInitiative report, 2012	1.557	nein															
SCENIHR: Opinion on health effects of exposure to electromagnetic fields, 2015	288	ja															
EAHC/EFHRAN: Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields [revised], 2012	63	nein															
ARPANSA: Radiofrequency electromagnetic energy and health: research needs, 2017	21	ja															
ARPANSA: Report of the radiofrequency expert panel, 2014	76	nein															
Ministry of Health, NZ: Interagency committee on the health effects of non-ionising fields, report to ministers 2018, 2018	87	ja															
Ministry of Health, NZ: 5G Radiofrequency fields and health [Addendum zu 2018], 2019	11	ja															
RSC/HC: A review of Safety Code 6 (2013): Health Canada's safety limits for exposure to radio-frequency fields, 2014	165	nein															
AGNIR: Health effects from radiofrequency electromagnetic fields, 2012	348	nein															
SSM: Recent research on EMF and health risk, 2019	104	ja															
SSM: Recent research on EMF and health risk, 2018	124	nein															
HCN: Mobile phones and cancer Part 3. Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies, 2016	98	nein															
ANSES: Opinion on the possible effects associated with high specific absorption rate values from mobile telephones carried close to the body, 2019	16	nein															
ANSES: Opinion regarding the expert appraisal on „Electromagnetic hypersensitivity or idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields,“ 2018	15	nein															

Aggregator/Bericht	Seitenanzahl	5G-erwähnt	Wissensstand bis ca. zum Jahr															
			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019					
ANSES: Opinion on the expert appraisal of „Exposure to radiofrequencies and child health“, 2016	17	ja																
ANSES: Opinion concerning the update of the „Radiofrequency electromagnetic fields and health“ expert appraisal, 2013	28	nein																
BfS: Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms [DMF]: Bewertung der gesundh. Risiken des Mobilfunks, 2008	118	nein																
SSK: Biologische Auswirkungen des Mobilfunks-Gesamtschau-Stellungnahme, 2011	64	nein																

IARC [2013]

Die 2013 veröffentlichte Monographie wurde durch ein internationales Team erstellt⁴⁸. Arbeitsgruppenmitglieder wurden auf Basis von Erfahrung und Wissen, wie auch der Abwesenheit realer oder scheinbarer Interessenskonflikte ausgewählt. Darüber hinaus wurde demographische Diversität und Ausgewogenheit wissenschaftlicher Befunde und Perspektiven angestrebt (IARC 2013, S. 12). Der Bericht umfasst knapp 500 Seiten.

Ergebnisse: Als Grundlage der Einstufung galt das Vorhandensein „eingeschränkter Evidenz“ („limited evidence“) aus epidemiologischen Studien zur Assoziation von Exposition durch Mobiltelefonie mit erhöhtem Auftreten von Gliomen (Hirntumoren) und Akustikusneurome (Gehörnervtumoren) ebenso wie aus tierexperimentellen Studien. Wesentlich für diese Einstufung waren Ergebnisse der Interphone-Studie, einer schwedischen Studie und einer japanischen Studie.

Ergebnisse

⁴⁸ Bruce Armstrong (Univ. Sidney), Igor Y. Belyaev (Slovak Academy of Science), Carl F. Blackman (Raleigh, NC, USA), Maria Blettner (Univ. Mainz), Elisabeth Cardis (CREAL, Barcelona), Clemens Dasenbrock (Fraunhofer Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin, Hannover), Etienne Degraeve (Belgisches Verteidigungsministerium), René de Seze (INERIS, Verneuil-en-Halatte, France), Jean-Francois Doré (INSERIM, Lyon), Lennart Hardell (University Hospital Örebro, Schweden), Peter D. Inskip (National Cancer Institute, Bethesda, MD, USA), Jukka Juutilainen (Univ. of Eastern Finland), Nam Kim (School of Electrical and Computer Engineering, Republic of Korea), Dariusz Leszczynski (Radiation and Nuclear Safety Authority, Finland), Simon Mann (Health Protection Agency, England), David L. McCormick (IIT Research Institute, Chicago, IL, USA), James McNamee (Consumer & Clinical Radiation Protection Bureau, Health Canada), Ronald Melnick (Ron Melnick Consulting, Chapel Hill, NC, USA), Meike Mevisen (Univ. Bern, Schweiz), Junji Miyakoshi (Kyoto Univ., Japan), Christopher J. Portier (Centers for Diseases Control and Prevention, Atlanta, GA, USA), David B. Richardson (Univ. of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA), Martin Rössli (Swiss Tropical and Public Health Institute), Jonathan M. Samet (Univ. of Southern California, Los Angeles, CA, USA), Tomoyuki Shirai (Nagoya City Univ., Japan), Jack Siemiatycki (Univ. of Montreal, QC, Kanada), Malcolm Sim (Monash Univ., Melbourne, Australia), Luc Verschaeve (scientific Institute of Public Health, Belgium), Vijayalaxmi (Univ. of Texas, San Antonio, TX, USA) erstellt. Zusätzlich eingeladen wurden Anders Ahlbom (Karolinska Institute, Schweden, zurückgezogen) und Niels Kuster (IT'IS, Schweiz).

Einstufung *Einstufung:* Insgesamt wurden die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks als „möglicher Weise karzinogen für den Menschen“ („possibly carcinogenic to humans“), Kategorie 2B, eingestuft. Eine Minderheit an Expert*innen widersprach dieser Einstufung und befand die vorliegende Evidenz als unzureichend für eine solche Einstufung (ibid.: S. 419).

WHO [2010]

Die 2010 publizierte Forschungsagenda der WHO von Radiofrequenzfeldern im Bereich 100 kHz bis 300 GHz – insbesondere von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks – bezieht sich auf natur- und technikwissenschaftliche Grundlagenforschung zu gesundheitlichen Aspekten wie auch auf sozialwissenschaftliche Forschung zu öffentlichen Bedenken und Risikokommunikation. Sie stellt ein Update einer Forschungsagenda aus dem Jahr 2006 dar und basiert auf einer durch die WHO (über deren Abteilung für Öffentliche Gesundheit) organisierten Expert*innenkonsultation.⁴⁹ Ausgangsbasis waren entsprechende Hinweise in ICNIRP (2009), AFSSET (2009), NRC (2008), EMF-NET (2009) und SCENHIR (2009). Kriterien zur Prioritätensetzung waren die jeweilige Relevanz für die öffentliche Gesundheit, das Potenzial Wissenslücken zu füllen, die wissenschaftliche Eignung in Studiendesign und -methode und die Machbarkeit (ökonomisch, ethisch, zeitlich).

Ergebnisse *Ergebnisse:* WHO (2010) sieht demnach hohen Forschungsbedarf (1) für prospektive epidemiologische Kohortenstudien bei Kindern und Jugendlichen und Endpunkten wie neurologische Erkrankungen und Krebs, (2) für epidemiologische Studien bezüglich Hirntumoren und Inzidenz-Trends in Krebsregistern mit Expositionsdaten, (3) für weitere Provokationsstudien

⁴⁹ Die Einladung der Expert*innen folgte Zielsetzungen der Diversität, Komplementarität der wissenschaftlichen Expertise und Ausgewogenheit von Gender und geographischen Regionen. Vorhergehende Erfahrung in nationalen und internationalen Gremien war ebenfalls vorteilhaft. Die Expert*innen waren Richard Saunders (Health Protection Agency, United Kingdom), Eric van Rongen (Health Council of the Netherlands) und Emilie van Deventer (WHO) editiert. Mitgewirkt haben auch: Robert Terry, Maria Neira, Roderik Viergever und Marie-Charlotte Bouésseau (WHO), sowie David McCormick (IIT Research Institute, Chicago, Illinois, USA), Julie Barnett (Department of Psychology, University of Surrey, United Kingdom) und James McNamee (Health Canada, Ottawa, Canada). Als externe Expert*innen fungierten weiters Anssi Auvinen (University of Tampere, Finnland), Rodney Croft (University of Wollongong, Australien), Patrick Haggard (University College London), Heike Hämäläinen (University of Turku, Finnland), Niels Kuster (IT'IS, Zürich), Isabelle Lagroye (Laboratoire IMS-UMR, Frankreich), Alexander Lerchl (Jacobs Universität Bremen), Simon Mann (Health Protection Agency, Großbritannien), Carmela Marino (Ente per le Nuove tecnologie, l'Energie e l'ambiente, ENEA, Rom), **Georg Neubauer (AIT, Seibersdorf)**, Jorn Olsen (UCLA, Los Angeles), Martin Rööslü (Universität Basel), Linda Sonnerby (Stockholm Centre for Organizational Research) und Danielle Timmermans (VU University Medical Center, Amsterdam). Weiters genannt werden Zhengping Xu (Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou), Holger Schütz (Forschungszentrum Jülich) und Gunde Ziegelberger (The Federal Office for Radiation Protection, Deutschland). In einem Fall werden Interessenskonflikte genannt (Kuster mit finanziellen Interessen einiger Wirtschaftsunternehmen, wie Near-Field Technology AG, SPEAG AG, ZMT AG, Imricor Inc. USA, MaxWave AG und Apple, mit denen er in einer nicht spezifizierten Weise in Verbindung steht), so dass dieser Experte an der Abschlussitzung nicht beteiligt wurde.

an Kindern unterschiedlichen Alters, (4) für Provokationsstudien zur Aufklärung von neurobiologischen Mechanismen in Hinblick auf Gehirnfunktion (inklusive Schlaf und Ruhe-EEG), (5) für Tierstudien zu Entwicklungs- und Verhaltenseffekten am Lebensbeginn und pränatal, (6) für Tierstudien zu Altern und neurodegenerativen Erkrankungen, (7) für dosimetrische Studien zur Charakterisierung von EMF Emissionen/Expositionsszenarien und -niveaus/Änderungen im Nutzungsverhalten, und (8) für dosimetrische Studien zur Quantifizierung individueller Exposition durch unterschiedliche Quellen hochfrequenter Strahlung und zu Determinanten der Expositionsniveaus der allgemeinen Bevölkerung. Auch empfohlen werden (9) Fall-Kontroll-Studien zu neurologischen Erkrankungen (bei ausreichender Datenlage und -qualität), (10) Tierstudien zu Effekten auf Fortpflanzungsorgane, (11) Zellstudien zu optimalen Testung von Zellreaktionen bei Exposition und Ko-Exposition, (12) Zellstudien zu Einfluss von Genetik und Zelltyp auf Zellreaktionen mit verbesserten Methoden und (13) ein Monitoring der individuellen Exposition von Personen, die mit hochfrequenter Strahlung arbeiten. Sozialwissenschaftliche Studien werden (14) zu Determinanten und Dynamiken von gesundheitlichen Bedenken und Risikowahrnehmung empfohlen, (15) zur Effektivität unterschiedlicher Formate der Kommunikation wissenschaftlicher Evidenz zu möglichen Gesundheitseffekten, (16) zu einem Zusammenhang zwischen Risikowahrnehmung und Wohlbefinden, und (17) zur Handhabung von hochfrequenten EMF-Technologien im breiteren gesellschaftlichen Kontext.

ICNIRP [1998]

Den ICNIRP Leitlinien (ICNIRP 1998) kommt eine besondere Stellung zu, nicht nur weil ICNIRP (ähnlich wie *BioInitiative*) institutionell gänzlich unabhängig ist, sondern auch, weil sie von Beginn der EMF-Risikoregulierung an als Basis für rechtliche Grenzwertsetzungen herangezogen wurden. Anders als andere Aggregatorenberichte, wurden die Leitlinien in einem wissenschaftlichen Journal, *Health Physics*, publiziert. Als Autor fungierte ICNIRP, als korrespondierender Autor der damalige wissenschaftliche Geschäftsführer, Rüdiger Matthes (Bundesamt für Strahlenschutz)⁵⁰. Sie lösen 1988 und 1990 von IRPA/INIRC veröffentlichte Leitlinien zu Hochfrequenzfeldern und 50/60 Hz EMF ab und beziehen Frequenzen bis 300 GHz ein. ICNIRP erkennt auch schon 1998 die Notwendigkeit an eine Anzahl von divergierenden Expertenmeinungen zu integrieren, die Validität von Studien zu überprüfen und von Tierstudien auf Effekte auf den Menschen zu extrapolieren.

⁵⁰ Während der Vorbereitung der Leitlinien bestand ICNIRP aus A. Ahlbohm (Schweden), U. Bergqvist (Schweden), J. H. Bernhardt (Deutschland, Vorsitzender), J. P. Césarini (Frankreich), L. A. Court (Frankreich), M. Gandolfo (Italien), M. Hietanen (Finnland), A. F. McKinlay (Großbritannien, Vize-Vorsitzender), M. H. Rapacholi (Australien, vorm. Vorsitzender), D. H. Sliney (USA), J. A. J. Stolwijk (USA), M. L. Swicord (USA), L. D. Szabo (Ungarn), M. Taki (Japan), T. S. Tenforde (USA), R. Matthes (Deutschland, wissenschaftlicher Geschäftsführer).

Ergebnisse *Ergebnisse:* Im Abschnitt zu biologischen Grundlagen für Grenzwertsetzungen für 100 kHz – 300 GHz Felde beurteilt ICNIRP die Literatur zu athermischen Effekten als zu komplex, zu wenig valide und zu unklar in Bezug auf die Bedeutung für die menschliche Gesundheit, um sie als Basis für eine Grenzwertsetzung heranzuziehen. In Folge wurden Studien zu thermischen Effekten und thermoregulatorischen Fähigkeiten unterschiedlicher Gewebe herangezogen, um von einem 30-Minuten Ganzkörper-SAR-Wert von 4 W kg^{-1} auszugehen und etwa in Hinblick auf Kombinationseffekte in Arbeitskontexten einen Sicherheitsfaktor 10 und für die allgemeine Öffentlichkeit mit anderen Alters- und Gesundheitsverteilungen einen zusätzlichen Faktor 5 hinzuzufügen.

ICNIRP [2009]

2009 publizierte ICNIRP ein Gutachten bezüglich epidemiologischer Evidenz zu Mobiltelefonen und Tumorrisiko in der Fachzeitschrift *Epidemiology*.⁵¹ Um neuere Literatur (etwa Studien von Hardell oder die große Interphone-Studie) mit Daten zu längeren Expositionszeiträumen und weiterentwickelten Studiendesigns auszuwerten.

Ergebnisse *Ergebnisse:* Eine Kausalbeziehung zwischen Mobiltelefonie und Gliomen wird hier nicht unterstützt, Inkonsistenzen zwischen den Studien ließen aber Fragen offen; eine Kausalbeziehung zwischen Mobiltelefonie und Meningiomen könne weniger sicher ausgeschlossen werden. Bezüglich Langzeitnutzung über 10 Jahre hinweg und für Kinder und Jugendliche verblieben jedoch Unsicherheiten in Bezug auf Gliome, Meningiome und Akustikusneurome.

ICNIRP [2011]

2011 publizierte ICNIRP⁵² eine Review speziell zur INTERPHONE-Studie in *Environmental Health Perspectives (ICNIRP 2011)*.

Ergebnisse *Ergebnisse:* Die Kommission fasst zusammen, „dass zwar einige Unsicherheit verbliebe, aber der Trend der sich akkumulierenden Evidenz zunehmend gegen die Hypothese spräche, dass Mobiltelefongebrauch bei Erwachsenen Gehirntumore auslösen könne“ (Übers. d. A.). Es wird aber auch angemerkt, dass es aufgrund methodischer Mängel unwahrscheinlich ist, dass diese Studie kleine Effekte hätte nachweisen können, auch wenn es diese gäbe.

⁵¹ Als Ersteller*innen werden angegeben: Anders Ahlbom, Maria Feychting, Adele C. Green, Leeka Kheifets, David A. Savitz und Anthony J. Swerdlow.

⁵² Als Autor*innen firmieren: Anthony J. Swidley, Maria Feychting, Adele C. Green, Leeka Kheifets, David A. Savitz (International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection Standing Committee on Epidemiology). Der Erstautor gibt an Anteile an zwei Telekom-Unternehmen zu haben (Cable and Wireless Worldwide und Cable and Wireless Communications), für seine Frau gibt er Anteile bei einem Telekommunikationsdienstleistungsunternehmen an (BT group). Indirekt flossen Gelder aus der Privatwirtschaft (u. a. Mobile Manufacturers' Forum, GSM association, Mobile Telecommunications Health and Research Programme, TeliaSonera, EricssonAB und Telenor) in die Studienfinanzierung.

ICNIRP [2019]

ICNIRP (2019) stellt ein Gutachten⁵³ zu den zwei aufsehenerregenden experimentellen Tierstudien zu Mobilfunkfeldern und Krebs dar: einmal die sogenannte NTP-Studie aus den USA, einmal die sogenannte „Ramazzini-Studie“ aus Italien. ICNIRP firmiert als Studienautor.⁵⁴

Ergebnisse: ICNIRP schließt nach einer detaillierten Analyse von Stärken und Schwächen dieser Studien, dass „substanzielle Einschränkungen [der Aussagekraft] dieser Studien einen Schluss auf einen Zusammenhang zwischen EMFs des Mobilfunks und Krebsentstehung nicht zulassen“.

Ergebnisse

BiolInitiative [2012]

Der *BiolInitiative Report* wurde 2007 erstmals veröffentlicht und 2012 aktualisiert (BiolInitiative 2012). Die Herausgeber betonen als Alleinstellungsmerkmal des Berichtes, dass er unabhängig von Regierungen, Behörden und industriellen Verbänden entstanden sei, die an alten Standards festhielten. Jedes Kapitel hat eigene Autor*innen, die allein dafür verantwortlich zeichnen. Einleitend wird die entscheidende Rolle des jeweils gewählten Evidenzstandards in der wissenschaftlichen Beurteilung und politischen Regulierungsentscheidung betont.⁵⁵ Und weiter wird angemerkt, dass andere wissenschaftliche Gremien und Behörden zu anderen Schlüssen gekommen seien als sie selbst, weil diese Gremien Evidenzstandards eingesetzt hätten, die so unangemessen hoch waren, dass jedes Fazit, das zu neuen öffentlichen Grenzwerten hätte führen können, von vornherein ausgeschlossen war.⁵⁶

Damit ist zweifellos ein zentrales Interpretations-Problem an der Schnittstelle von Wissenschaft und Politik angesprochen: Ab wann bzw. bei Erfüllung welcher Kriterien zählt eine Einzelstudie oder eine Summe an Studien als politisch ernstzunehmende Evidenz? Zweifellos braucht es hier

⁵³ Publiziert in Health Physics mit ICNIRP als Autor; korrespondierender Autor ist Gundel Ziegelberger (ICNIRP c/o BfS, Deutschland).

⁵⁴ Als Kommissionsmitglieder von ICNIRP angeführt werden: Rodney Croft, Maria Feychting, Adèle C. Green, Akimasa Hirata, Guglielmo d'Inzeo, Carmela Marino, Sharon Miller, Gunnhild Ofedal, Tsutomu Okuno, Eric van Rongen, Martin Rössli, Zenon Sienkiewicz und Soichi Watanabe (Australian Centre for Electromagnetic Bioeffects Research, Illawarra Health and Medical Research Institute, University of Wollongong, Australien; Karolinska Institute, Schweden; QIMR Berghofer Medical Research Institute, Brisbane, Australien, and Australian Centre for International Tropical Health and Nutrition, University of Queensland; Nagoya Institute of Technology, Japan; La Sapienza University, Rom, Italien; Agency for New Technologies, Energy, and Sustainable Economic Development (ENEA), Italien; US Food and Drug Administration; Norwegian University of Technology (NTNU); National Institute of Occupational Safety and Health, Japan; Health Council, Netherlands; Swiss Tropical and Public Health Institute, Basel, Schweiz; Public Health England, Großbritannien; und National Institute of Information and Communications Technology (NICT), Japan).

⁵⁵ Ibid., S. 2: „Whatever 'standard of evidence' is selected to assess the strength of the science will deeply influence the outcome of decisions on public policy.“

⁵⁶ Ibid., S. 5: „Other scientific review bodies and agencies have reached different conclusions than we have by adopting standards of evidence so unreasonably high as to exclude any conclusions likely to lead to new public safety limits.“

konsistente Standards um verlässliches Vorgehen zu ermöglichen, aber welche könnten das sein? Die Autor*innen sehen hier große Diskrepanzen zwischen industrienahen technischen Fachgesellschaften einerseits und Expert*innen des Gesundheitswesens. Ihre Position ist, dass der Evidenzstandard für die Beurteilung, welche wissenschaftliche Evidenz ein Einschreiten erfordere, proportional zu dem (zu vermutenden) Ausmaß der Auswirkung auf Gesundheit und Wohlergehen sein solle (ibid., S. 21⁵⁷). Im Bericht selbst wird kein kapitelübergreifender formaler Standard in Hinblick auf Evidenzklassifikationen entwickelt und eingesetzt, Das Hauptgewicht der Analyse bleibt mehr oder weniger stark bei den begutachteten Einzelstudien, wird allerdings teilweise auch durch detaillierten tabellarischen Überblick und detaillierte theoretische Überlegungen ergänzt.

Bezüglich der Zusammensetzung der Expert*innen wird spezifiziert, dass die 29 Autor*innen und Gutachter*innen⁵⁸ aus zehn Ländern kämen und

⁵⁷ „The standard of evidence for judging the emerging scientific evidence necessary to take action should be proportionate to the impacts on health and well-being.”

⁵⁸ Herausgeber*innen: Cindy Sage (Sage Associates, Santa Barbara, CA USA, Bioelectromagnetics Society), David O. Carpenter (Director, Institute for Health and the Environment, University at Albany, Rensselaer, New York USA), Autor*innen/Gutachter*innen: Jitendra Behari (Bioelectromagnetics Laboratory, School of Environmental Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, Indien), Carlo V. Bellieni (Neonatal Intensive Care Unit, University of Siena, Siena, Italien), Igor Belyaev (Cancer Research Institute, Slovak Academy of Science, Bratislava, Slowakei), Carl F. Blackman (Raleigh, North Carolina USA, Former President and Full Member, Bioelectromagnetics Society, also employed at US Environmental Protection Agency), Martin Blank (Dept. of Physiology, College of Physicians and Surgeons, Columbia University, New York USA, Former President and Full Member, Bioelectromagnetics Society), Michael Carlberg (Department of Oncology, Orebro University Hospital, Orebro, Schweden), Zoreh Davanipour (Friends Research Institute, Los Angeles, CA USA), David Gee (Science, Policy, Emerging Issues, Integrated Environmental Assessment, European Environmental Agency, Copenhagen, Dänemark), Adamantia F. Fragopoulou (Department of Cell Biology and Biophysics, Faculty of Biology, University of Athens, Athen, Griechenland), Yury Grigoriev (Chairman, Russian National Committee, on Non-ionizing Radiation Protection, Moscow, Russia), Kjell Hansson Mild (Umeå University, Dept of Radiation Sciences, Umeå, Schweden, Former President and Full Member, Bioelectromagnetics Society), Lennart Hardell (Department of Oncology, Orebro University Hospital, Orebro, Schweden), Martha Herbert (Pediatric Neurology, TRANSCEND Research Program, Massachusetts General Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA USA), Paul Héroux (Department of Epidemiology, Biostatistics and Occupational Health, McGill University Faculty of Medicine, and Department of Surgery, InVitroPlus Laboratory, Montreal, Quebec, Kanada), **Michael Kundi (Institute of Environmental Health, Medical University of Vienna, Wien, Österreich, Full Member, Bioelectromagnetics Society)**, Henry Lai (Department of Bioengineering, University of Washington, Seattle, Washington USA), Abraham R Liboff (Department of Physics, Oakland University, Rochester Hills, Michigan, Full Member Emeritus, Bioelectromagnetics Society), Ying Li (McGill University Health Center, Department of Surgery, InVitroPlus Laboratory, Montreal, Quebec, Kanada), Lukas H. Margaritis (Department of Cell Biology and Biophysics, Faculty of Biology, University of Athens, Athen, Griechenland), Henrietta Nittby (Department of Neurosurgery, Lund University Hospital, Lund, Schweden), Bertil R. Persson (Department of Neurosurgery, Lund University Hospital, Lund, Schweden), **Gerd Oberfeld (Public Health Department, Regional Government Office Land Salzburg, Salzburg, Österreich)**, Iole Pinto (Director, Physical Agents Laboratory, Tuscany Health and Safety Service, Siena, Italien), Paulraj Rajamani (School of Environmental Sciences, Jawaharlal Nehru University, New Delhi, Indien), Leif Salford (Professor and Chairman, Department of Neurosurger, Lund University Hospital, Lund, Schweden),

allesamt hochqualifizierte Expert*innen seien: insgesamt 10 Ärzt*innen, 21 mit wissenschaftlichem Doktorat (PhD) und drei mit Diplom- oder Master-Abschluss. Außerdem seien drei frühere Präsidenten der *Bioelectromagnetics Society* und fünf Vollmitglieder dieser Gesellschaft, ein Autor ist Vorsitzender des russischen *National Committee on Non-Ionizing Radiation*, ein anderer *Senior Advisor* für die *European Environmental Agency*.

Ergebnisse: In den jeweiligen Kapiteln wird Mobiltelefonie länger als zehn Jahre mit malignen Hirntumoren und Akustikusneuromen in Zusammenhang gebracht; mit wenig Zweifel auch mit Veränderungen der elektrischen Aktivität des Gehirns. Daten zu neurologischen Langzeiteffekten und Effekten bei Kindern würden überhaupt fehlen. Hochfrequente EMF-Exposition könnten unter bestimmten Expositionsbedingungen als genotoxisch betrachtet werden. Bereits sehr geringe Exposition könne Stressproteinproduktion hervorrufen. Es gäbe substanzielle Evidenz für entzündliche, allergische und immunologische Reaktionen unterhalb der Grenzwerte. Oxidativer Stress könne über freie Radikale DNA schädigen und gelte als plausibler Mechanismus für Karzinogenität und Erkrankungen des Zentralnervensystems. Auch seien EMF erfolgreich in der Therapie angewendet worden und durch die FDA als medizinische Therapiemittel anerkannt, was ein weiterer Hinweis auf ihre biologische Wirksamkeit sei.⁵⁹

Ergebnisse

Empfehlungen: Auf dieser Basis (und in Bezugnahme auf ihre Forderung bezüglich eines proportionalen Evidenzstandards) schließt die Expert*innengruppe, dass die wissenschaftliche Evidenz ausreiche um vorsorgende Maßnahmen in Hinblick auf hochfrequenten, gepulste EMF zu rechtfertigen. Es wird ein vorsorgender Ganzkörper-Grenzwert von $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ für den Außenbereich und $0.01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ für den Innenbereich vorgeschlagen. In Anlehnung an das Vorsorgeprinzip sollten Stakeholder in der Rahmung der Fragestellung für die Risikobeurteilung, in der Wahl geeigneter Beweisebenen und der Maßnahmen zur Expositionsreduktion beteiligt werden. Darüber hinaus werden Informationsoffensiven, technische Anpassung (nur Lautsprech- und SMS-Funktion für Endgeräte), die Erhaltung von Festnetztelefonie, Werbebeschränkungen und Verkaufseinschränkungen (bis 18 Jahre), Warnhinweise auf Produkten, die Ausweisung von Sendestationsstandorten und die Einrichtung sendefreier Zonen gefordert.

Empfehlungen

SCENIHR [2015]

Das Dokument von SCENIHR (2015)⁶⁰ hat das Ziel die Stellungnahmen von SCENIHR im Jahr 2009 zu Gesundheitseffekten der EMF-Exposition und zu Forschungsbedarf und Methodologie bezüglich der Bearbeitung verbleibender Wissenslücken in Hinblick auf mögliche Gesundheitseffekte von EMF im Lichte neuer Informationen zu aktualisieren (SCENIHR 2009).

Eugene Sobel (Friends Research Institute, Los Angeles, CA USA), Amy Thomsen (Research Associate, Pinole, CA USA).

⁵⁹ Evidenz bezüglich „wahrscheinlich nicht vorhandenen Effekten beim Menschen“ (vgl. Kontextfaktor 9) wird nicht systematisch dargestellt.

⁶⁰ Die Mitglieder des Komitees sind in der Beschreibung von SCENIHR aufgelistet.

Zusätzlich sollen biophysikalische Wechselwirkungsmechanismen und die mögliche Rolle von Ko-Exposition mit anderen Umweltstressoren diskutiert werden. SCENIHR folgt einem eigenen „Memorandum über den Gebrauch wissenschaftlicher Literatur für die Bewertung menschlicher Gesundheitsrisiken zur Gewichtung von Evidenz und Anzeige von Ungewissheit“ (SCENIHR 2012).

SCENIHR organisierte auch einen öffentlichen Konsultationsprozess und ein öffentliches Hearing zu der vorbereiteten Stellungnahme, woraufhin sich 57 Organisationen und Individuen mit 186 Kommentaren einbrachten. Kommentare und Antwortschreiben von SCENIHR sind online abrufbar, teils – laut SCENIHR – in einer Überarbeitung aufgegriffen, aber in der Stellungnahme nicht weiter dargestellt. Das Dokument sieht neben einer Mehrheitsmeinung auch eine Minderheitenmeinung vor, diese ist als nicht bestehend („Minority Opinion: None“) ausgewiesen.

Ergebnisse *Ergebnisse:* In der Stellungnahme zu Hochfrequenzfeldern wird für Krebs nur die Frage bezüglich Akustikusneuromen offengelassen, Effekte auf Hirnaktivitäten seien inzwischen besser untermauert, ohne dass daraus Schlüsse auf gesundheitliche Risiken gezogen werden könnten. Effekte auf Lebensqualität stünden nun sicherer nicht mit EMF in Verbindung, insbesondere bei Kurzzeitexposition. Neurologische Humanstudien seien immer noch widersprüchlich und selten. Effekte auf Reproduktion bei nicht-thermischen Expositionsniveaus gelten weiterhin als nicht nachgewiesen; Studien zu kindlicher Entwicklung und Verhalten sind widersprüchlich und methodisch unverlässlich; Effekte auf Föten wegen der geringen Exposition nicht plausibel.

Spezifisch zu 5G *Spezifisch zu 5G:* SCENIHR (2015, S. 30) erwähnt auch 5G, allerdings nur cursorisch: „gemäß der Tradition der Mobiltelefonie alle 10 Jahre eine neue Generation einzuleiten, ist zu erwarten, dass 2020 5G-Systeme entwickelt werden und der Nachfrage nach schnellerer Kommunikation und höheren Datentransferraten nachkommen.“ Aus diesem Anlass sei von der EU bereits ein Flaggschiffprojekt (METIS, 7. Forschungsförderungs-Rahmenprogramm) finanziert worden, das oberhalb von 6 GHz vor allem Frequenzbereiche zwischen 40 und 90 GHz priorisiert.

EAHC/EFHRAN [2012]

EFHRAN (*European Health Risk of Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure*) war ein 2009 bis 2012 durchgeführtes Projekt⁶¹ der

⁶¹ Koordinator war Paolo Ravazzani (Institute of Biomedical Engineering – National Research Council, Italien); assoziierte Mitglieder waren Joachim Schüz (Kraeftens Bekaempelse Institute of Cancer Epidemiology, DCS, Dänemark), Bernard Veyret (Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS, Frankreich), György Thuroczy (National “Frederic Joliot-Curie” Research Institute for Radiobiology and Radiohygiene, NRIRR, Ungarn), Guglielmo D’Inzeo (Università degli Studi di Genova, UNIGE, Italien), Peter Gajsek (Institute of Nonionizing Radiation, INIS, Slowenien), Elisabeth Cardis (Fundacio Centre de Recerca en Epidemiologia Ambiental, CREAL, Spanien), Zenon Sienkiewicz (Health Protection Agency, HPA, UK), kollaborierende Partner waren **Georg Neubauer (Seibersdorf Labor GmbH, Österreich)**, Dina Simunic (University of Zagreb Faculty

ehemaligen Agentur für Gesundheit und Konsumenten (*Executive Agency for Health and Consumers*, EAHC, 2008-2014) der Europäischen Kommission mit dem Ziel ein Netzwerk zu etablieren, das die Bewertung von Gesundheitsrisiken elektromagnetischer Felder vornimmt. Es baute auf ein früheres Europäisches Projekt (EMF-NET, *coordination action* im sechsten EU-Rahmenprogramm) auf und nimmt auf Expertisen von SCENIHR, WHO und ICNIRP, sowie auf die Evidenz-Klassifikation von IARC Bezug (s. auch Tabelle 3). 2012 wurde ein Bericht zur Risikoanalyse bezüglich der menschlichen Exposition in elektromagnetischen Felder publiziert (EFHRAN 2012).⁶²

Ergebnisse: Zusammenfassend bewertet das Autor*innenteam des Berichts Evidenz bezüglich Gehirntumoren bei Erwachsenen als limitiert vorhanden, für Leukämie, Gehirntumoren bei Kindern, Brustkrebs und andere Krebsarten als inadäquat. Zu Alzheimer, amyotrophe Lateralsklerose und andere neurodegenerative Krankheiten, zu Reproduktionseffekten, kardiovaskulären Erkrankungen sei die Evidenz ebenfalls inadäquat. Zu Befindlichkeitsstörungen sei die Evidenz inadäquat, während zu elektrischer Hypersensitivität die Abwesenheit eines Effektes als nachgewiesen gelten könne.

Ergebnisse

ARPANSA [2017]

Den technischen Bericht 178 widmet ARPANSA⁶³ dem Thema „Hochfrequente elektromagnetischer Energie und Gesundheit: Forschungsbedarf“.

Ergebnisse: Einleitend wird erklärt, dass es keine etablierte Evidenz zu Exposition in hochfrequenter elektromagnetischer Energie bei Niveaus unterhalb des australischen Standards und Gesundheitseffekten gibt.

Ergebnisse

Empfehlungen: Allerdings gäbe es Wissenslücken, die weitere Forschung erforderlich machten. Hierzu zählten prospektive Kohortenstudien zu Langzeiteffekten bei Erwachsenen, zu unterschiedlichen Effekten (inklusive

Empfehlungen

of Electrical Engineering and Computing, FER.HR, Koratien, Maila Hietanen (Finnish Institute of Occupational Health, FIOH, Finnland), Olivier Merckel (French agency for food, environmental and occupational health safety, Anses, Frankreich), Joe Wiart (France Telecom RD Access Network, FT RD, Frankreich), Rüdiger Matthes (Bundesamt fuer Strahlenschutz, BfS, Deutschland), Theodoros Samaras (Aristotle University of Thessaloniki, AUTG, Griechenland), Carlos del Pozo (EC, Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection, JRC, Italien), Paolo Vecchia (Istituto Superiore della Sanita', ISS, Italien), Alicja Bortkiewicz (Nofer Institute of Occupational Medicine, NIOM, Polen), Maria Feychting (Karolinska Institutet Institute of Environmental Medicine, KI, Schweden), Niels Kuster (Information Technologies in Society, IT IS, Schweiz), Suleyman Dasdag (Department of Biophysics, Medical School of Dicle, Türkei), Joseph Bowman (The National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH, USA) und Emilie van Deventer (World Health Organization, WHO). Zudem wurden Verbände integriert: European consumer voice in standardisation (ANEC), Network Operators' Association AISBL (ETNO), GSM Association (GSMA).

⁶² Deliverable Report D2, erstellt durch Zenon Sienkiewicz (HPA, UK), Joachim Schüz und Aslak Habo Poulsen (DCS, Dänemark) und Elizabeth Cardis (CREAL, Spanien).

⁶³ ARPANSA firmiert als Autor; das Vorwort ist von Carl-Magnus Larsson als CEO von ARPANSA verfasst.

Krebs, Verhalten und Neurologie) bei Kindern und Jugendlichen und laufende Zeitreihenstudien zu Mobiltelefonverwendung und unterschiedlichen Gehirntumorarten (auch bezüglich Latenzperioden über 10 Jahren); Provokationsstudien am Menschen zu neurophysiologischen Effekten mit verbesserter Methodik; Tierstudien zu Krebspromotion, Entwicklung und Verhalten, Neurodegeneration und männlicher Fertilität; Replikationen von Zellstudien zu Zellfunktion und DNA-Schäden; laufende dosimetrische Erhebungen zu Gesamtexpositionen von Personen und Umwelten, zur Charakterisierung der Exposition in epidemiologischen und experimentellen Studien, und zu angemessenen Grenzwertsetzungen gemäß neuer dosimetrischer Methoden. Hinzu kommen Spezialforschungsthemen, wie Studien zu elektromagnetischer Hypersensitivität, zu Millimeterwellen und zu Risikowahrnehmung und -kommunikation in Anbetracht der Notwendigkeiten, die die WHO (2010) identifizierte. ARPANSA (2017) bezieht sich darüber hinaus auf AGNIR (2012), IARC (2013), RSC (2014), ARPANSA (2014), SSM (2014; 2015), SCENIHR (2015) und HCN (2016).

ARPANSA [2014]

2012 setzte ARPANSA ein RF-Expert*innen-Panel mit der Aufgabe ein zu beurteilen, ob die (neuere) wissenschaftliche Literatur signifikante Sachstandsänderungen im Vergleich zu jenem Sachstand liefere, der den 2002 gesetzten australischen Standard begründete. Das ExpertInnen-Panel bestand aus drei Australischen Akademiker*innen aus den Fachgebieten Biophysik, experimentelle Forschung und Epidemiologie, sowie ARPANSA Mitarbeiter*innen. Die Panelmitglieder untersuchten zentrale Reviews und Schlüsselartikel in ihrem Expertisebereich um neue Themen zu identifizieren.⁶⁴

Ergebnisse und Empfehlungen

Ergebnisse und Empfehlungen: Das Expert*innenpanel schließt, dass der aktuelle Evidenzstand die von ARPANSA gesetzten Grenzwerte weiterhin unterstützt und dass diese Grenzwerte weiterhin ein hohes Maß an Schutz vor bekannten Gesundheitseffekten hochfrequenter elektromagnetischer Felder bieten. Allerdings befinden diese Expert*innen, dass der Sicherheitsspielraum zwischen Grenzwerten und schädlichen Expositionsniveaus unter manchen Umständen geringer ist, als ursprünglich vorgesehen war (ARPANSA 2014, S. ii). Unsicherheiten bezüglich der absoluten Sicherheit von Exposition unter den gegenwärtigen RPS3-Grenzwerten bestünden weiterhin und es solle überlegt werden, ob die momentanen vorsorgenden Minimierungsanforderungen von RPS3 auf diese Unsicherheiten ausreichend reagieren. (ibid., S. 6, alles: Übers. d. A.).

⁶⁴ Geza Benke (Centre for Occupational and Environmental, Health Monash University, Vic) widmete sich der Epidemiologie, Rodney Croft (School of Psychology University of Wollongong, NSW) Untersuchungen am Menschen und Andrew Wood (Brain and Psychological Sciences Research Centre, Swinburne University of Technology, Vic) der Biophysik.

Ministry of Health [2018]

Der 2018 publizierte Bericht (MoH NZ 2018) zu Gesundheitseffekten nicht-ionisierender Strahlung ist ein Update des letzten Berichtes aus dem Jahr 2015. Als Autor firmiert das neuseeländische Gesundheitsministerium, erstellt ist der Bericht in wesentlichen Teilen durch ein *Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Fields*. Der Bericht hebt zentrale Befunde von umfassenden Gutachten hervor, die in den letzten Jahren durch nationale und internationale Gesundheitsbehörden und wissenschaftliche Gremien erstellt worden waren und bezieht sich illustrativ auch auf Einzelstudien. Es werden sowohl ELF, als auch Hochfrequenzstrahlung abgedeckt.

Ergebnisse: Das Endergebnis deckt sich mit jenem aus 2015. Studien zu Gehirntumoren hätten gewisse Assoziation zwischen starken Mobiltelefonnutzer*innen mit erhöhtem Erkrankungsrisiko gefunden; es bleibe aber unklar, ob diese Assoziation aus der ungenügenden Datenlage oder einer tatsächlichen Wirkbeziehung basiere (falsch positiv). Der Hinweis, dass es ein Risiko geben könne, führte zu der Neuklassifikation durch IARC im Jahr 2011. Tierstudien wiesen nicht auf eine solche Wirkung hin. Die Auswertung von Krebsregistern und Mobiltelefonanmeldungen zeigen keine Verknüpfung, was aber wiederum mit anderen Faktoren zu tun haben könne (falsch negativ). Neuere Forschung zeigen keinen Hinweis auf Wirkzusammenhänge, möglicher Weise auch weil neuere Endgeräte geringere Exposition erzeugten. Studienergebnisse zu anderen Gesundheitseffekten hätten keine deutliche oder überzeugende Evidenz gebracht.

Ergebnisse

Empfehlungen: Auf dieser Basis unterstützen das Komitee und das Gesundheitsministerium auch weiterhin die in Neuseeland gültigen Grenzwerte, die auf den Empfehlungen von ICNIRP (1998) basieren.

Empfehlungen

Speziell zu 5G: Der Bericht widmet auch eineinhalb Seiten dem Thema 5G. Eingangs werden erwartbare Frequenzbereiche von 5G diskutiert (zuerst um 3,5 GHz, später um 26 GHz, langfristig eventuell auch um 1,4 GHz oder 600 MHz, bei mit 4G vergleichbarer Modulation). All diese Frequenzbereiche seien bereits beforscht. Zwar seien die resultierenden Expositionsniveaus noch nicht im Detail bekannt, allerdings wird hier keine wesentliche Erhöhung erwartet. Da bei 26 GHz beinahe alle Energie bereits in den Oberflächenschichten (Haut) absorbiert wird, ist die Exposition in Leistungsflussdichte anstelle von SAR-Werten anzugeben, was Anpassungen der Teststandards für die Expositionsquantifizierung von mobilen Endgeräten, wie auch der Grenzwertsetzungen erfordert. IEEE und ICNIRP hatten hierzu bereits Entwürfe vorgelegt.

Speziell zu 5G

Ministry of Health [2019]

Speziell zu 5G

Speziell zu 5G: Das 2019 publizierte Addendum zu *Ministry of Health* (MoH NZ 2018) enthält keine Daten zu Evidenz bezüglich Gesundheitsrisiken (MoH NZ 2019). Gleichwohl wird festgestellt, dass bestehende Evidenz bezüglich Gesundheitsrisiken von Hochfrequenzfeldern auch 5G abdecke und dass es keine guten Gründe gäbe zu glauben, dass 5G-Exposition, die den gegenwärtigen Grenzwerten entspricht, negative Effekte auf die Gesundheit haben könne.

RSC/HC [2014]

Auf Anfrage von *Health Canada* stellte die *Royal Society of Canada* 2013 ein Experten-Panel⁶⁵ zusammen und beauftragte es mit der Begutachtung der Angemessenheit des kanadischen *Safety Code 6* (SC6) aus dem Jahr 2009 in Bezug auf gesundheitliche Risiken von Hochfrequenzfeldern der Mobiltelefonie vor dem Hintergrund der aktuellen Studienlage. Die Neueinstufung dieser Felder durch die IARC als Risikotypus 2B im Jahr 2012 mag wesentlicher Auslöser für diesen Auftrag gewesen sein. Das Panel sollte dementsprechend feststellen, ob SC6 (2009) ausreichenden Schutz vor bekannten möglichen Gesundheitseffekten bot, ob weitere mögliche Gesundheitseffekte berücksichtigt werden sollten und ob zusätzliche Vorsorgemaßnahmen zu empfehlen wären. Zusätzliche identifizierte das Panel Lücken im aktuellen Wissensstand und notwendige weitere Forschungsanstrengungen.

Einen „bekannten möglichen Gesundheitseffekt“ („*established adverse health effect*“) definierte das Panel als negativen Effekt, der in mehreren Studien mit robuster Methode konsistent beobachtet wurde („an adverse effect that is observed consistently in several studies with strong methodology“) und begutachtete mit diesem Analyserahmen Literatur („*authoritative reviews*“, also anerkannte Gutachten durch andere Aggregatoren oder auch Reviews in Fachzeitschriften, und – wenn nötig – neuere, durch diese noch nicht berücksichtigte Studien) zu den Endpunkten Krebs, kognitive und neurologische Effekte, Reproduktionseffekte, Entwicklungseffekte

⁶⁵ Paul Demers (Panel Chair, Dalla Lana School of Public Health, University of Toronto, ON, Canada und Direktor des Occupational Cancer Research Centre, Cancer Care Ontario), Richard Findlay (Computational Physicist bei EMFcomp, Wantage, Oxfordshire, UK), Kenneth R. Foster (Department of Bioengineering, University of Pennsylvania, Philadelphia, PA, USA), Bryan Kolb (Department of Neuroscience, University of Lethbridge, Calgary, AB, Kanada), John Moulder (Department of Radiation Oncology, Medical College of Wisconsin, USA), Anne-Marie Nicol (Faculty of Health Sciences, Simon Fraser University, BC, Kanada), Frank Prato (wissenschaftlicher Direktor des Lawson Health Research Institute, und Departments of Medical Imaging and Medical Biophysics, University of Western Ontario, Kanada) und Rianne Stam (Centre for Sustainability, Environment and Health, National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, Niederlande). Als Gutachter fungierten Joseph Arvai (Department of Geography, University of Calgary), Martin Blank (Department of Physiology and Cellular Biology, Columbia University Medical Center), Rodney Croft (Australian Centre for Electromagnetic Bioeffects Research, Illawarra Health & Medical Research Institute, University of Wollongong) und Anthony Miller (Dalla Lana School of Public Health, University of Toronto).

te bei Männern und Frauen, Herzfunktion und Herzfrequenzänderungen, elektromagnetische Hypersensitivität und Augenerkrankungen. Studien mit widersprüchlichen Ergebnissen fielen aus diesem Analyserahmen und wurden in der Bestimmung der Evidenz („*balance of evidence*“) nicht maßgeblich berücksichtigt. Studienergebnisse ohne theoretisches Erklärungsmodell und paradigmatische Neuentwicklungen (wie die Entdeckung der relativ hohen Plastizität des Gehirns) wurden hingegen schon beachtet. Auch wurde eine öffentliche Konsultation durchgeführt und ausgewertet und die Anwendung des Vorsorgeprinzips auf die vorliegende Situation diskutiert.

Ergebnisse: RSC (2014, S. 82f.) sieht eine kausale Verknüpfung zwischen Krebs und EMF Exposition als möglich an und stimmt darin IARC (2013) zu. Die zu diesem Zeitpunkt verfügbare Evidenz dafür sei allerdings schwach, beschränke sich auf epidemiologische Langzeitstudien mit schwacher Assoziation und widersprüchlichen Studienergebnissen. Tierstudien brächten keinen konsistenten Nachweis und es könnten keine biophysikalischen Mechanismen für Wirkungsbeziehungen unterhalb der Grenzwerte vorgeschlagen werden, die durch experimentelle Ergebnisse gestützt sind. Sollte es aus noch laufenden Studien stärkere Nachweise geben, bräuchte es noch detailliertere Untersuchungen der Dosis-Wirkungs-Beziehung um die risikoreichsten Expositionsniveaus festzustellen. Es wäre dann auch eine Erhöhung der Sicherheitsstufe der bestehenden kanadischen Grenzwerte angesagt. In vitro Studien brächten inkonsistente Ergebnisse für genotoxische oder epigenetische Wirkungen. Bezüglich Stressproteinen sei die Evidenzlage gänzlich unübersichtlich, es gäbe aber bislang keinen überzeugenden Nachweis nicht-thermischer Effekte unterhalb des Grenzwertes.

Ergebnisse

Das neue Paradigma der Plastizität des Gehirns als einflussreicher Faktor, eröffne eine Palette neuer Analyseniveaus von Verhalten über bildgebende Verfahren, Physiologie, Morphologie bis hin zu Genetik, Epigenetik, Proteinen und anderen Molekülen; es würden kleine, vorübergehende Effekte auf kognitive und neurologische Funktionen berichtet, die Studienlage sei allerdings inkonsistent und die Variabilität zwischen den untersuchten Individuen hoch und es gäbe relevante Forschungslücken. Bezüglich Entwicklungseffekte (neuronales Wachstum, Konnektivität) sieht RSC (2014) keine Risikonachweise. Da es aber sehr wenige systematische Untersuchungen gäbe, stimmt das Gremium der Meinung der WHO zu, dass dies ein hochprioritäres Forschungsthema sein sollte. Das Panel schließt sich der Meinung anderer Aggregatoren an, dass es keinen klaren Risikonachweis für Herz- oder Gefäßerkrankungen gäbe; dort wo Einzelstudien einen Nachweis berichten, sei dieser wegen methodischer Fehler anzuzweifeln oder zumindest nicht offensichtlich gesundheitsrelevant. Dies gelte auch für neuere Studien.

Bezüglich Effekten auf Reproduktion weise die *balance of evidence* derzeit auf keine negativen Effekte hin; die Studienqualität und -verfügbarkeit sei allerdings mangelhaft und es solle höchste Priorität sein, manche der durch Studien aufgeworfenen Fragen durch weitere Forschung zu bear-

beiten. In Bezug auf Hypersensitivität sieht RSC (2014) keinen konsistenten Nachweis, es gäbe aber bestehende Forschungslücken in Bezug auf Subgruppen mit spezifischer Sensitivität und Kombinationseffekte.

Empfehlungen

Empfehlungen: Das Panel schloss, dass die Evidenz zu diesem Zeitpunkt keine schädlichen Effekte unterhalb der gesetzten Grenzwerte des SC6 anzeige. Es schloss allerdings nicht aus, dass sich das mit zukünftigen Studienergebnissen ändern könne und empfahl eine weitere Beobachtung der Literatur wie auch gezielte weitere Forschung. Dies insbesondere in Hinblick auf Krebs und elektromagnetische Überempfindlichkeit. Biologische Effekte würden in Studien teils inkonsistent nachgewiesen, teils bliebe ihre gesundheitliche Relevanz unklar. Auch sollte die durch SC6 erwirkte tatsächliche Exposition insbesondere von Kindern, Schwangeren und Neugeborenen neu untersucht werden.

AGNIR [2012]

Der 2012 von AGNIR⁶⁶ publizierte Bericht ist ein Update einer früheren Expertise 2003. Wie andere Berichte in diesem Zeitraum ist er durch eine wesentliche Zunahme der Exposition der Bevölkerung, wie auch den Abschluss wesentlicher nationaler⁶⁷ und internationaler Forschungsprogramme und Studien motiviert.⁶⁸ Mit einem allgemeinen Fokus auf hochfrequente Elektromagnetische Felder, diesbezügliche Expositionswerte und Gesundheitsbedenken widmet er sich einem Frequenzspektrum von 100 kHz bis 300 GHz. Der Bericht wertet Studien in Hinblick auf Aussagekraft und Aussageinhalt aus, integriert unterschiedliche Studiensorten (in vitro, im Tiermodell, Humanstudien) allerdings nicht in Bezug auf eine übergreifende Aussage zu den einzelnen Risikohypothesen (wie etwa AGNIR). Es wird jede einzelne Studie (Zellstudie, Tierstudie, Studien zu neurokognitiven Effekten beim Menschen, zu Befindlichkeitsstörungen beim Menschen, andere „non-cancer“ Humanstudien und Krebsstudien am Menschen) aufgelistet und deren Hauptergebnis angeführt und im Kontext ähnlicher Studien diskutiert.

Ergebnisse

Ergebnisse: Bezüglich Zellstudien fasst AGNIR (2012, S. 318) zusammen, dass es keine robuste Evidenz für einen Effekt gäbe und berichtete (geringe) Effekte (auf Stressproteine, Zellmembran oder isolierte Proteine) nicht unabhängig repliziert werden konnten. Gegenwärtig gäbe es keine bekannten Expositionsbedingungen unter den Grenzwerten, für die konsistent Effekte gezeigt werden konnten.

⁶⁶ Mitglieder zum Berichtszeitpunkt waren: A. J. Swerdlow (Institute of Cancer Research, London, Vorsitzender), L. A. Coulton (University of Sheffield), F. A. Duck (Royal United Hospital, Bath), M. Feychting (Karolinska Institutet, Stockholm), P. Haggard (University College London), D. J. Lomas (Addenbrooke's Hospital, Cambridge), D. Noble (University of Oxford), G. J. Rubin (King's College, London), S. M. Mann (HPA, CCHilton, Secretariat), S. W. Conney (Department of Health, London), M. P. Maslanyj, J. R. Meara, Z. J. Sienkiewicz (alle HPA-Präsident*innen), A. Peyman (HPA Consultant).

⁶⁷ Auch Großbritannien hatte ein solches: das UK Mobile Telecommunications and Health Research Programme (MTHR) endete 2007.

⁶⁸ Die Neuklassifikation durch IARC wird in diesem Bericht nicht als Mitgrund angeführt.

Bezüglich Tierstudien schließt AGNIR (2012), dass es keine klare Evidenz gesundheitsschädlicher Effekte bei niedrigen Expositionsniveaus gäbe, auch wenn manche Studien immer wieder von subtilen biologischen Veränderungen (oft nach einzelner, akuter Exposition) berichten. Studien zu Krebs und Gehörfunktion seien verlässlich negativ aufgefallen. Inkonsistente Evidenz gibt es zu schwacher Exposition und Effekten auf Gehirn und Nervensystem, negative Evidenz zu Genexpression und Blut-Hirn-Schranke, schwache Evidenz zu positiven Effekten auf Lernen und Gedächtnis.

Studien zu kognitiver Funktion und Leistung beim Menschen weisen nicht auf akute Effekte hin. Neurophysiologische Studien zu Hirnfunktion seien inkonsistent und auch EEG-Studien zeigten gemischte Ergebnisse. Studien zu Kindern weisen nicht auf ein größeres Risiko hin, sind aber von nicht ausreichender Qualität um verlässliche Schlüsse zuzulassen.

Experimentelle Studien zu Befindlichkeitsstörungen beim Menschen weisen nicht auf einen kurzfristigen Zusammenhang mit EMF. Bezüglich langfristiger Exposition und Befindlichkeitsstörungen bzw. auch Verhaltensänderungen bei Kindern ist die Evidenz limitiert. Die Evidenz zu Spermienqualität sei schwach, zu männlicher und weiblicher Fruchtbarkeit, spontanen Aborten und kongenitalen Fehlbildungen sowie zu kardiovaskulärer Funktion limitiert.

Bezüglich Krebs betont der Bericht, dass nun viel mehr Evidenz verfügbar sei, als noch 2003. Allerdings gäbe es immer noch ganze Studienlinien mit unzureichender Methodik (Expositionsbewertung). Insgesamt zeigten epidemiologische Studien nicht, dass Mobiltelefonie irgendeine Art von Krebs auslösen oder dass eine Kausalbeziehung wahrscheinlich sei. Es gäbe Evidenz gegen eine Kausalbeziehung für Exposition kürzer als 10 Jahre, weniger für Exposition bis 15 Jahre und viel weniger Daten zu längeren Expositionszeiträumen. Limitierte Evidenz gäbe es für Tumore in der Kindheit. Wegen der methodisch schwierigen Studiensituation, solle man verstärkt auf Zeit-Trend-Studien zu nationalen Tumorraten zurückgreifen. Bisher zeigten diese keinen Hinweis auf Risiken.

Insgesamt schließt AGNIR (2012, S. 4), dass es zwar Einschränkungen der Aussagekraft des Forschungsstandes gäbe, aber die Evidenz generell betrachtet unterhalb der international akzeptierten Grenzwerte insgesamt keine gesundheitsschädigenden Effekte irgendwelcher Art zeige. Es gäbe keinen überzeugenden Nachweis, dass Mobilfunk-EMF-Exposition unterhalb der Grenzwerte Gesundheitseffekte bei Erwachsenen oder Kindern auslöse.

SSM [2018]

2018 publizierte das Gremium (Council) der SSM zu elektromagnetischen Feldern⁶⁹ den zwölften und bis jetzt vorletzten Bericht, der neue Studienergebnisse zu Gesundheitsrisiken von EMF zusammenfasst (SSM 2018). Er bezieht sich auf den Zeitraum Oktober 2015 bis März 2017. Neben statischen Feldern, extrem niedrigfrequenten Feldern und mittelfrequenten Feldern werden auch hochfrequente elektromagnetische Felder (10 MHz – 300 GHz) in einem eigenen Kapitel berücksichtigt. Studien sind nicht nach Risikohypothesen (Endpunkten) zusammengefasst, sondern nach Studientyp (Zellstudie, Tierstudie, Humanstudie und epidemiologische Studie).

Eine generelle Anmerkung gilt den teils erheblichen Mängeln thematisch relevanter Publikationen. Insbesondere habe das Fehlen dosimetrischer Angaben und/oder das Fehlen einer Blindkontrollgruppe zum Ausschluss etlicher (positiv peer-reviewter) Zeitschriftenpublikationen geführt. Zudem wurden – ähnlich wie in anderen Gutachten – nur englischsprachige, peer-reviewte Zeitschriftenartikel berücksichtigt. Es wird betont, dass es das Gremium als wesentliche Aufgabe ansieht die Aussagekraft (*weight of evidence*) jeder einzelnen Studie graduell zu bestimmen und im Anschluss für jeden Studientypus die allgemeine Aussagekraft zu einem bestimmten Ergebnis, die sich aus den einzelnen Aussagestärken und den jeweiligen Höhen der beobachteten Effekte ergibt.

In einem dritten Schritt würde dann alle Evidenz zu einem bestimmten Endpunkt zusammengefasst. Hier fließe auch die theoretische Plausibilität eines Wirkzusammenhanges ein und unterschiedlichen Studientypen komme unterschiedliches Gewicht zu. Epidemiologische Studien fielen hier am stärksten ins Gewicht, bräuchten aber unterstützende Ergebnisse aus experimentellen Studien um einen kausalen Zusammenhang zwischen Exposition und Gesundheit zu etablieren. Dieser dritte Schritt ist allerdings im Bericht (SSM 2018) nicht vollzogen und ein zusammenfassendes Urteil des Gremiums über den Forschungsstand zu bestimmten Risikohypothesen bzw. Endpunkten bleibt dementsprechend aus. Es bleibt damit bei der Selektion, Beschreibung und Diskussion einzelner Publikationen, geordnet nach Studientyp und weiter sortiert nach Endpunkten.

Ergebnisse

Ergebnisse: Zusammenfassend ergeben sich in Bezug auf Zellstudien neue Hinweise auf die zelltypabhängige Auslösung oxidativen Stresses und eine Schutzeffekt gegen chemisch oder physikalisch induzierte Schäden; in Bezug auf Tierstudien zu Gehirn Hinweise auf Veränderungen der Genexpression von Gehirngewebe bei SAR-Werten über dem Grenzwert (thermische Ursache daher nicht auszuschließen), nicht interpretierbare Ergebnisse zur Blut-Hirn-Schranke (mit unterschiedlichen Ergebnissen für

⁶⁹ Mitglieder des Councils für diesen Bericht: Heidi Danker-Hopfe (Charité Berlin), Clemens Dasenbrock (Fraunhofer Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin, Hannover), Emilie van Deventer (WHO, Observer), Anke Huss (Universität Utrecht), Lars Klæboe (Norwegische Cancer Society, Oslo), Leif Moberg (Schweden, Vorsitzender), Eric van Rongen (Health Council, Niederlande), Martin Rööslü (Institut für Tropenmedizin und Public Health, Basel), Maria Rosaria Scarfi (National Research Council, Neapel) und Lars Mjones (Schweden, Sekretariat).

Männer und Frauen), einen Hinweis auf Gewebeschaden und verringertem Langzeitgedächtnis (allerdings nur nach 15-minütiger Exposition, nicht nach 45-minütiger Exposition) und Hinweise auf verbesserte Objekterkennung; in Bezug auf Tierstudien (Nager) zu oxidativem Stress Befunde zu erhöhten Werten in Hirngewebe und anderem Gewebe, auch bei sehr geringen SAR-Werten, und mit einem Abfall bei langer Expositionsdauer, Hinweise auf negative Effekte auf weibliche und männliche Reproduktionssysteme bei geringer Expositionshöhe. Bei Fruchtfliegen zeigten sich Veränderungen in der Genexpression von 168 Genen in Oozyten, bei Eidechsen Immunreaktionen. In Bezug auf Humanstudien mit EEG zeigten sich inkonsistente Ergebnisse und zu Schlafphasen (REM) Effekte nur auf individueller Analyseebene. In Bezug auf epidemiologische Studien und Hirntumore werden die Resultate als nicht konsistent eingestuft, aber eher in Richtung einer fehlenden Assoziation (und methodologischer Probleme) weisend gewertet. Epidemiologische Studien zu Samenqualität, oder auch Verhalten und Lebensqualität von Mobiltelefonanwendern weisen wiederholt auf einen Qualitätsverlust hin, der allerdings auch andere, assoziierte Ursachen (Bewegungsmangel, Stress) haben könnte. Nur für Befunde zu veränderter Gedächtnisleistung konnten solche anderen Ursachen ausgeschlossen werden, allerdings ohne diese in anderen Studien reproduzieren zu können.

Mit dieser illustrativen Auflistung der Studienlage und einer Kurzdarstellung zweier anderer Berichte (ANSES 2013; HCN 2016) endet das Dokument.

SSM [2019]

Speziell zu 5G: Der Bericht SSM (2019)⁷⁰ verweist erstmals explizit auf 5G und berücksichtigt auch diesbezügliche Reviews.

Speziell zu 5G

Ergebnisse: Die beiden neuen, in den Zeitraum dieser Erhebung fallenden großen Studien, die US-amerikanische NTP-Studie (NTP 2018a; NTP 2018b) und die italienische Studie von Falcioni und Kolleg*innen (Falcioni et al. 2018) werden kritisch gesehen. Es gäbe einige Widersprüchlichkeiten. Der einzige signifikant beeinflusste Endpunkt – Schwannoma des Herzens bei männlichen Ratten – träte in den beiden Studien bei unterschiedlichen Expositionsniveaus auf und sei zudem beim Menschen äußerst selten. So schließen die Autor*innen, dass die beiden Studien nicht als klarer Hinweis dafür gewertet werden könnten, dass EMF Exposition beim Menschen krebserregend sei.

Ergebnisse

Darüber hinaus wird von einer Studie berichtet, die einen Einfluss von 40 Hz modulierten Signalen auf das EEG unterstreicht; von Studien, die Verhaltens- und Kognitionseffekte zeigten (allerdings mit unklarer Dosis-Wirkungsbeziehung); von neueren Untersuchungen, die mögliche Effekte niedriger Exposition auf oxidativen Stress anzeigten; von einer Studie mit

⁷⁰ Statt Lars Klæboe (Norwegische Cancer Society, Oslo) war Aslak Harbo Poulsen (Danish Cancer Society, Kopenhagen) Mitglied des Councils; alle anderen Besetzungen blieben gleich.

positiven Ergebnissen zu Purkinje-Zellen im Cerebellum; und neuere Zellstudien zeigten, dass EMF-Exposition den Effekt von chemischen und physikalischen Substanzen verändern könne (Executive Summary, S. 7f.).

Speziell zu 5G

Speziell zu 5G: „Trotz eines Mangels an bekannten Mechanismen über die die menschliche Gesundheit durch schwache EMF Exposition beeinflusst werden könnte, gibt es einen Bedarf an zusätzlicher Forschung, die die neuen Frequenzbereiche abdeckt.“ (ibid.: Vorwort ohne Seitenangaben). Das Gremium ruft Wissenschaftler*innen zudem auf, zukunftsorientierte epidemiologischen Studien, wie etwa Kohortenstudien, in diesem Themenbereich zu starten.

HCN [2016]

2016 publizierte der *Health Council* der Niederlande ein Update und zusammenfassendes Gutachten zu epidemiologischen Studien und Tierstudien bezüglich Mobiltelefone und Krebs, erstellt durch sein *Electromagnetic Fields Committee*⁷¹ und begutachtet durch sein Standing Committee zu öffentlicher Gesundheit (HCN 2016). Dieser „Teil 3“ folgte auf einen ersten Teil allein zu epidemiologischen Studien (HCN 2013) und einen zweiten Teil allein zu Tierexperimenten (HCN 2014); beide in zeitlicher Folge auf die Neuklassifikation von Hochfrequenzfeldern als möglicherweise karzinogen durch die IARC.

Thematisch einschlägige epidemiologische Publikationen wurden über einen bestimmten Suchalgorithmus im Online-Archiv PubMed gesucht, auf inhaltliche Passung selektiert, qualitativ mit einer Note von 0 bis 10 bewertet (Aussagekraft) und in Hinblick auf ihre Aussage (Aussageinhalt) in Gruppen von Studientypen (Kohorten-, Fall-Kontroll- und Fall-Fall-Studien, Korrelations-Studien) ausgewertet und den Tumorinzidenz-Daten in den Niederlanden gegenübergestellt. Tierexperimentelle Studien wurden gleich erhoben, aber nach interner und externer Validität qualitativ beurteilt. Für den Zeitraum nach Abschluss von Teil 1 und Teil 2 wurden so 10 neue epidemiologische Studien und eine neue tierexperimentelle Studie selektiert und ausgewertet.

⁷¹ G. C. van Roon (Erasmus University Medical Centre Rotterdam, Vorsitzender), A. Aleman (University of Groningen), S. Le Cessie (Leiden University Medical Center), J. J. G. Geurts (VU University Medical Centre, Amsterdam), A. Huss (University of Utrecht), H. Kromhout (University of Utrecht), F. E. van Leeuwen (Free University of Amsterdam und Netherlands Cancer Institute, Amsterdam), H. F. J. Savelkoul (Wageningen University), R. van Strien (Municipal Health Services, Amsterdam), W. J. Wadman (University of Amsterdam), D. H. J. van de Weerd (Central Gelderland Municipal Health Services, Arnhem), A. P. M. Zwamborn (Eindhoven University of Technology, TNO, The Hague), G. Kelfkens (National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, angefragter Experte), E. Lebret (Utrecht University, Knowledge Platform Electromagnetic Fields, Bilthoven, Beobachter), M. J. M. Pruppers (Knowledge Platform Electromagnetic Fields, Bilthoven, Observer), J. Robijns (Ministry of Economic Affairs, The Hague, Beobachter), R. P. R. Schutte (Ministry of Infrastructure and the Environment, The Hague, Beobachter), H. F. G. van Dijk (Health Council of the Netherlands, The Hague, scientific secretary), E. van Rongen (Health Council of the Netherlands, The Hague, scientific secretary). Mögliche individuelle Befangenheiten (*conflicts of interest*) werden erhoben und in der Arbeit berücksichtigt, aber nicht veröffentlicht.

Ergebnisse: Laut einleitender Kurzfassung schließt das Komitee, dass es auf Grundlage der vorliegenden Evidenz keine etablierten Zusammenhänge zwischen häufigem Mobiltelefongebrauch über lange Zeit und einem erhöhten Risiko für Hirn-, Kopf- oder Nackentumoren gibt. Ein solcher Zusammenhang könne allerdings auch nicht ausgeschlossen werden. Das Komitee erachtet es als unwahrscheinlich, dass die Exposition in EMFs von Mobiltelefonen Krebs verursacht.⁷² Genauer gesagt, gäbe es schwache Hinweise für einen Zusammenhang zwischen Langzeitnutzung und Hirntumoren wie auch Akustikusneuromen (aber für keine anderen Krebsarten); in manchen Fällen fehle aber die biologische Plausibilität der Befunde (erhöhte Inzidenz zu kurz nach Anwendungsbeginn; erhöhte Inzidenz nur bei niedrigen, nicht bei höchsten Expositionsniveaus) und die Daten reichten nicht für den Nachweis eines kausalen Zusammenhanges. Tierstudien wiederum lieferten keinen Hinweis zu Krebsauslösung, schwache Hinweise zu Krebspromotion lägen ausschließlich für ein, sehr spezifisches Tiermodell vor. Das Komitee kommt damit auch zu einer etwas anderen Einschätzung als IARC, da es Krebspromotion für unwahrscheinlich hält.

Ergebnisse

Empfehlungen: Das Komitee bestärkt – wohl vor dem Gesamthintergrund (Langzeitwirkung epidemiologisch nicht auszuschließen, schwacher tierexperimenteller Hinweis auf Krebspromotion) – die Anwendung des ALARA-Prinzips, also Exposition so niedrig wie auf vernünftige Weise erreichbar zu halten (*As Low As Reasonably Achievable*) und sieht das gänzlich in Passung zu einer „*prudent precaution*“, wie durch ein Gutachten des Health Council (HCN 2008) vorgeschlagen (vgl. auch RSC 2014). Wegen der hohen Latenzzeiten vieler Krebsarten, Datenmängeln vergangener Studien und der Veränderlichkeit von Expositionsmustern wird die Fortsetzung epidemiologischer Studien mit möglichst verlässlichen und genauen Daten zu tatsächlicher EMF-Exposition als wichtig eingestuft (S. 16f.)

Empfehlungen

ANSES [2013]

2013 veröffentlichte ANSES ein Update der Stellungnahme zu hochfrequenten elektromagnetischen Feldern und Gesundheit. Damit setzt es die 2009 formulierte Empfehlung kontinuierlicher Beobachtung neuer Studien zu diesem Themas um und die 2011 formulierte Anfrage eine permanente Arbeitsgruppe⁷³ innerhalb des Expertenkomitees „zu physikalischen Agentien, neuen Technologien und Entwicklungsgebieten“ (CES⁷⁴, Aufgaben-

⁷² Übersetzung aus dem vorangestellten Brief des amtierenden Präsidenten des *Health Council*, W. A. van Gool, an das Staatssekretariat für Infrastruktur und Umwelt, am 1. Juni 2014.

⁷³ Die Arbeitsgruppe wurde nach einer öffentlichen Ausschreibung aus 16 Expert*innen aus Metrologie, Dosimetrie, Epidemiologie, Medizin, Biologie und Sozialwissenschaften zusammengesetzt. Die Liste der Namen ist nicht veröffentlicht. Mögliche Interessenskonflikte wurden laut ANSES erhoben und berücksichtigt.

⁷⁴ Aktuelle Zusammensetzung: Vorsitzende Anne Pereira de Vasconcelos, Mitglieder: Thomas Claudepierre, Brigitte Debuire, Jean-François Dore, Thierry Douki, Jack Falcon, Emmanuel Flahaut, François Gaudaire, Irina Guseva-Canu, Martine Hours, Mohamed-Chaker Larabi, Joël Lelong, Frédérique Moati, Catherine

bereich regelmäßiges Update der Experteneinschätzung, Beantwortung von neuen Fragen bei technologischer Weiterentwicklung, jährliche Empfehlungen für Forschungspfade und Information von Stakeholdern) einzurichten. Diese Arbeitsgruppe informierte in regelmäßigen Abständen ein „Dialog-Komitee“, 2011 ebenfalls durch ANSES eingerichtet, als Diskussions-, Reflexions- und Informationsforum zu wissenschaftlichen Aspekten dieses mit Repräsentanten von Verbänden, Gewerkschaften, Mobilfunkbetreibern, Lokalbehörden und gewählten Abgeordneten. Mit der Beauftragung der Studie reagierte ANSES auch auf den Abschluss der großen Interphone-Studie 2010 und die Klassifikation der Felder des Mobilfunks als „möglicherweise karzinogen“ durch die IARC 2011. In der Klassifikation von Evidenzqualität und Risikoniveau hält sich ANSES (2013) an das Klassifikationsschema von IARC (vgl. auch Tabelle 3).

Die Arbeitsgruppe suchte methodisch nach Publikationen nach April 2009 und bis Ende 2012 in Online-Archiven (PubMed, Scopus) und ergänzte die Liste durch Zitate anderer Stellungnahmen und Nennungen von Seiten des Dialog-Komitees, woraus über 1000 Studien resultierten. Laut eigenen Angaben wurde jede Studie zumindest durch ein*e Physiker*in und zwei Biolog*innen (oder eine Biolog*in und eine Ärztin/einen Arzt), jede epidemiologische Studie durch zwei Epidemiolog*innen analysiert. Studien zu gesellschaftlichen Überlegungen wurden durch ein*e Soziolog*in und eine Person mit psychosozialer Expertise beurteilt und ausgewertet. Qualitätsbewertungen wurden in untergruppen diskutiert.

Ergebnisse

Ergebnisse: In einer sehr übersichtlichen Darstellung listet die Stellungnahme die Ergebnisse für die einzelnen Risikohypothesen tabellarisch auf. Für kognitive Funktionen sei die Evidenz inadäquat für Schlussfolgerungen, für kurzfristige pathologische Effekte auf Schlaf inadäquat, für Langzeiteffekte fehlend, für Circadianen Rhythmus inadäquat, für kurzfristige pathologische Kurzzeiteffekte auf die Gehörfunktion inadäquat, für Langzeiteffekte fehlend, für neurologische Erkrankungen (Multiple Sklerose, amyotrophe Lateralsklerose, Epilepsie und Alzheimer) inadäquat, auf Genexpression in nicht relevanten Effektniveaus, oxidativen Stress und Zellschutzmechanismen inadäquat, für männliche und weibliche Fruchtbarkeit inadäquat, für Sexualverhalten fehlend, für Größe/Gewicht/Lebensfähigkeit von Nachkommen inadäquat, für Fehlbildungen und Entwicklung der Föten inadäquat, für das Immunsystem inadäquat, endokrines System inadäquat, für hämatologische Parameter fehlend, für Vasomotorik der Blutgefäße, Herzrate und Blutdruck inadäquat, für Wohlbefinden und berichtete Gesundheit inadäquat um auf einen Effekt auf die allgemeine Population zu schließen, für die gesamte Gesundheit (Sterblichkeit) inadäquat für Schlüsse auf einen Effekt. Es könne nicht ausgeschlossen werden, dass unter bestimmten Bedingungen DNA-Oxidation gefördert wird und DNA-Brüche ausgelöst werden, es wären aber keine permanenten Effekte (Mutagenität, Ko-Mutagenität, Aneuploidie, Ko-Karzinogenität) beobachtet wor-

Mouneyrac, Fabien Ndagijimana, Anne-Lise Paradis, Marie-Pierre Rols, Valérie Simonneaux, Alain Soyoz, Esko Toppila, Alicia Torriglia, Françoise Vienot, Catherine Yardin.

den. Für Gliome inadäquate Evidenz für Umweltexposition, mögliche Effekte für „intensive Nutzer*innen“, inadäquat für Meningiome und eine Latenzperiode < 15 Jahre, eingeschränkte Evidenz für Akustikusneurome, inadäquat für Speicheldrüsenkrebs, für Leukämie, Hautmelanome, Augenmelanome und Krebshäufigkeit und Krebssterblichkeit inadäquate Evidenz für Schlussfolgerungen.

Kurz gesagt gibt es aus Tiermodellen Hinweise („eingeschränkte Evidenz“) zu Schlaf, männlicher Fruchtbarkeit und kognitiver Leistung und aus Humanstudien zu Gliomen bei intensiver Nutzung und zu Akustikusneuromen; es gibt außerdem ausreichende Evidenz für kurzfristige physiologische Veränderungen der Gehirnaktivität beim Menschen während des Schlafes.

Empfehlungen: Aus der sozialwissenschaftlichen Begutachtung des Themas schließt die Arbeitsgruppe, dass es empfehlenswert sei Nutzer*innen darin zu unterstützen ihre individuelle Exposition richtig einzuschätzen. Außerdem riefen alle sozialwissenschaftlichen Untersuchungen nach stärkeren Partizipationsmöglichkeiten der Öffentlichkeit in Risikobewertung und Entscheidungsfindung, oft mit einem Fokus auf das Vorsorgeprinzip, aber ein Fokus auf Transparenz, Aufmerksamkeit, demokratische Aushandlung und Konsistenz öffentlicher Maßnahmen sei ebenso wichtig.

Empfehlungen

Neben Empfehlungen bezüglich weiterer Forschung, empfiehlt das Komitee in Hinblick auf absehbare weitere Erhöhung der Expositionsniveaus, des Wunsches eines Teiles der Bevölkerung Expositionsniveaus zu senken, der technischen Möglichkeit das zu tun, dem Plan einiger Städte niedrigere Expositionswerte zu testen, dass Nutzer*innen mit Informationen über SAR-Werte versorgt werden sollen (wie bereits rechtlich vorgeschrieben), dass einfache Maßnahmen zur Expositionsreduktion für Nutzer*innen bereitgestellt werden sollen, und dass die Veränderung der Expositionssituation durch ein wachsende Anzahl an Sendeantennen untersucht werden soll.

ANSES selbst fügt die Empfehlungen hinzu, die Expositionsniveaus von Kindern zu verringern, indem nur moderate Nutzung, idealer Weise mit Freisprech-Sets mit geringsten SAR-Werten, angeregt wird, für starke Nutzer*innen soll dieselbe technische Lösung angeregt werden; neue Netzwerkinfrastrukturen sollen auf ihre Auswirkung auf die Exposition überprüft und jene Installationen, die die höchsten Expositionswerte erzeugen, auf Reduktionsmöglichkeiten in Bezug auf diese Werte untersuchen werden.

ANSES [2016]

2016 veröffentlichte ANSES eine Stellungnahme zu Hochfrequenzexposition und Gesundheit von Kindern unter sechs Jahren einer formalen Anfrage der französischen *Direction Générale de la Prévention des Risques* (DGPR) sowie der französischen *Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes* (DGCCRF) im Jahr 2011 folgend (ANSES 2016). Kinder gelten als besonders gefährdete Be-

völkerungsgruppe, hauptsächlich weil Organe und physiologische Funktionen noch in Entwicklung sind und frühe Exposition bei Mobiltelefonen meist auch lebenslange Exposition bedeutet. Hinzu kommt die Exposition durch EMF von elektronischem Spielzeug.

Dementsprechend wurde versucht, die tatsächliche Expositionssituation möglichst genau darzustellen. Literatur aus ANSES (2013) zu Kindern von *in utero* bis 16 Jahren (aus Mangel an Studien zu Kindern unter 6 Jahren) wurde um weitere Studien ergänzt. Es gab eine öffentliche Konsultation zum Entwurf der Stellungnahme (ohne Schlüsse und Empfehlungen, wie für ANSES-Dokumente allgemein üblich), die Kommentare wurden eingearbeitet und sind als Annex Tabelle abrufbar. Die Vorgangsweise entspricht auch sonst anderen ANSES Stellungnahmen.

Es zeigte sich eine stark steigende Exposition durch eine Vielzahl an Geräten und im Tagesablauf in sehr unterschiedlicher Art. Es zeigten sich manchmal sehr hohe Expositionswerte. Bei 89 % der 95 untersuchten Mobiltelefone lag die Körper-Exposition bei über 2 W/kg, bei 25 % sogar über 4 W/kg. Nach numerischen Modellen ist auch eine relativ höhere Exposition des Kopfes bei Kindern anzunehmen. Auch sind im Frequenzbereich um 100 MHz und zwischen 1 und 4 GHz höhere Ganzkörper-SAR-Werte für Personen kleiner 130 cm anzunehmen (um 40 % bei Grenzwert-Niveaus).

Ergebnisse *Ergebnisse:* Unter Berücksichtigung aller Schwierigkeiten der Evidenzproduktion und -interpretation in diesem spezifischen Themenbereich schloss das Expertengremium, dass ein Effekt auf kognitive Funktionen und Wohlbefinden zumindest möglich sind. Kein Schluss sei bei gegebener Datelage auf Verhalten, Gehörfunktion, teratogene Effekte und Entwicklung, männliche und weibliche Reproduktion, Krebs, Immunsystem und systemische Toxizität möglich.

Empfehlungen *Empfehlungen:* Das Expert*innenkomitee empfiehlt im Sinne einer Expositionsreduktion die Grenzwerte anzupassen⁷⁵, SAR-Werte auch von Spielzeugen in realistischen Einsatzsituationen zu überprüfen und entsprechende Grenzwerte einzuführen, die Regelung zu limitierter Bewerbung von Mobiltelefonen bei Kindern auch auf andere Kommunikationsgeräte, die sich an Kinder richten, zu erweitern. Eltern empfiehlt CES den Einsatz von emittierenden elektronischen Geräten (Tablets, Mobiltelefone, etc.) bei ihren Kindern zu minimieren und das Mobiltelefon während des Telefonierens nicht in Körperkontakt zu belassen. Auch wird Eltern empfohlen einen vernünftigen Einsatz von Mobiltelefonen (weniger, kürzere Anrufe, keine nächtliche Kommunikation) bei ihren Kindern zu fördern, um die psychische Gesundheit ihrer Kinder zu schützen.

⁷⁵ ANSES ergänzt, dass dies etwa in Kanada mit der Überarbeitung des SC6 bereits geschehen sei. Grenzwerte wären insbesondere für Sendeanlagen anzupassen und die Eignung bestehender SAR-Grenzwerte für den Schutz vor lokalen thermischen Effekten durch Endgeräte zu überprüfen.

Speziell zu 5G: In Bezug auf Forschungsempfehlungen betont das Expert*innenkomitee die Dringlichkeit der Untersuchung tatsächlicher Expositions-niveaus bei Kindern, insbesondere auch weil vorhandene Daten sich auf Frequenzbereiche von 2G- und 3G-Mobilfunk bezögen, eine Studie (zu Veränderungen von EEG-Parametern) bei Jugendlichen sehr unterschiedliche Ergebnisse für 2G- versus 3G-Felder zeigte und die nächste Generation des Mobilfunks (5G) bereits im Anrollen sei.

Speziell zu 5G

ANSES [2018]

2018 veröffentlichte ANSES eine Stellungnahme zu elektromagnetischer Hypersensibilität (EHS) oder idiopathischer umweltbezogener Unverträglichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern (IEI-EMF) „inmitten vieler Kontroversen, sowohl in der wissenschaftlichen Community als auch in der Öffentlichkeit“ (ANSES 2018, S. 1) aus eigener Motivation. Das aus 16 unabhängigen Expert*Innen bestehende Gremium (s. o. Darstellung ANSES 2013) wurde neu aufgesetzt und mit einer Begutachtung beauftragt⁷⁶. Zusätzlich wurde eine öffentliche Konsultation durchgeführt, Ärzt*innen und Soziolog*innen wurden befragt, neue Studien beauftragt, Erfahrungsberichte von Spitalsärzt*innen und praktischen Ärzt*innen und anderen Praxisexpert*innen angehört. Die öffentliche Konsultation brachte 500 Kommentare, davon führten 150 zu punktuellen Anpassungen des Expertenberichts. In Folge wurde der Bericht durch die Arbeitsgruppe von ANSES validiert.

Ergebnisse: Die Erstellung und Beurteilung wissenschaftlicher Evidenz zu diesem Thema sei mit mehreren Schwierigkeiten konfrontiert. So fehlten etwa validierte Diagnosekriterien für EHS, so dass EHS nur über Betroffenenberichte definiert sei. Da einerseits in Studien keine Nachweise für einen Zusammenhang oder die Abwesenheit eines Zusammenhangs zwischen EMF-Exposition und körperlichen Befindlichkeitsstörungen aus dem Diagnosekreis von EHS gefunden werden könnten, zumindest die Symptome aber feststellbar seien und andererseits in Frankreich atypisch stark befeldete Orte zu managen und reduzieren seien („Abeille Verordnung“), empfiehlt das Komitee ...

Ergebnisse

ANSES empfiehlt, Forschungen zu EHS fortzuführen, die Schaffung entsprechender Forschungsinfrastruktur zu fördern, Expositions-niveaus für die allgemeine Öffentlichkeit durch Sendestationen zu reduzieren. Darüber hinaus wird empfohlen Ärzt*innen über die EHS-Symptomatik aufzuklären, Praxisleitlinien zum Umgang mit EHS-Personen am Arbeitsplatz und Pflegeleitlinien für EHS-Personen anzudenken und Zusammenarbeit zwischen Praktiker*innen in der Betreuung von EHS-Personen voranzutreiben.

Empfehlungen

⁷⁶ Personenliste fehlt, Details der „Neuaufsetzung“ bleiben unklar.

ANSES [2019]

2019 veröffentlichte ANSES nach einer formalen Anfrage der französischen *Direction Générale de la Prévention des Risques* (DGPR) eine Stellungnahme zu den gesundheitlichen Risiken besonders hoher Absorptionsraten bei am Körper getragenen Mobiltelefonen. Diese Stellungnahme besticht durch ihre knappen, aber sehr nachvollziehbare Darstellung der Problemlage. Überprüfungen tatsächlicher Absorptionsraten hatten nämlich ergeben, dass diese mitunter auch deutlich über den festgelegten Grenzwerten liegen, da die Mobiltelefone näher am Körper positioniert werden, als von den Herstellern angedacht. Auch wurde die anzuwendende Europäische Richtlinie 2014 angepasst und verlangt nun, dass bei der Überprüfung von SAR-Werten eine „vernunftmäßig vorhersehbar“ eintretender Abstand herangezogen wird (und nicht ein vom Hersteller vorgesehener Abstand), konkret 5mm anstatt 0 bis 25 mm. ANSES (2019) fasst zusammen, wie viele Endgeräte dem resultierenden neuen Standard (Rumpf-SAR unter 2 W/kg bei max. 5 mm Abstand) in jedem Jahr nicht entsprechen und daher zurückgerufen oder adaptiert werden mussten.

Den Kern der Stellungnahme bildet die Zusammenfassung der Evidenzlage zu gesundheitlichen Folgen jenseits der gesetzten Grenzwerte, um die Frage zu beantworten, ob es denn Hinweise darauf gäbe, dass gewisse Überschreitungen des SAR-Wertes tatsächlich gesundheitsrelevant sein könnten. Nachvollziehbarer Weise gibt es zu Expositionen über dem Grenzwert keine Humanstudien, insbesondere keine epidemiologischen Studien oder Interventionsstudien.

Ergebnisse *Ergebnisse:* Aus den vorhandenen *In-vivo*-, *Ex-vivo*- und *In-vitro*-Studien an Tieren, Organen, Geweben, Neuronen und Zellen folgert das Expert*innenkomitee, bestehend aus externen Berichterstatlern (jeweils ein*e Physiker*in und ein*e Biolog*in, die konkrete Personenliste war nicht zugänglich), dass viele Studien keine Wirkung nachweise, während einige *In-vivo*-Studien von SAR-abhängigen Werten berichten und Effekte, die besonders jenseits von 2 W/kg auftreten, hervorheben. Dies war besonders der Fall für Entzündungen des Nervengewebes des Gehirns, Gedächtnis, Genexpression und Proteinabundanz. Allerdings waren die Expositionsniveaus teils unrealistisch hoch. Auch sei die Übertragbarkeit von Tieren auf Menschen (insbesondere auch wegen der unterschiedlichen Körpergrößen) immer fraglich. Weiters berichtet das Komitee von limitierter Evidenz für Synapsenaktivität, Gehirnplastizität, elektrische Hirnaktivität und Autophagie-Prozesse im Gehirn.

Empfehlungen *Empfehlungen:* Auf dieser Basis empfiehlt das Komitee die Einhaltung von Rumpf-SAR-Werten von 2 W/kg bei 0mm Abstand für Mobiltelefone, wie auch andere Quellen hochfrequenter EMF, wie Tablets oder Spielzeug, die in Kontakt mit dem Körper kommen können. ANSES schließt sich dieser Meinung an.

SSK [2011]

Von Seiten der SSK wird der aktuelle Evidenzstand zwar beobachtet und auch Updates dazu auf der Internetseite publiziert; es gibt aber keine umfangreichen Sachstandsberichte, wie von anderen Aggregatoren. Nach Abschluss des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF)⁷⁷ publizierte die deutsche Strahlenschutzkommission jedoch 2011 eine Expertenstellungnahme, die den Stand des Wissens zu biologischen Auswirkungen des Mobilfunks unter besonderer Bezugnahme auf die neuen Ergebnisse der 54 DMF-Projekte zusammenfasste und diskutierte (SSK 2011). Die Forschungsberichte der einzelnen DMF-Projekte wurden nach eigenen Angaben durch wenigstens zwei unabhängige Expert*innen der SSK sowie externe Gutachter (allesamt weder direkt noch indirekt an den jeweiligen Projekten beteiligt) analysiert und bewertet und anschließend im Kontext des allgemeinen Forschungsstandes diskutiert.

Ergebnisse: SSK schließt (ibid., S. 37) bezüglich des allgemeinen Evidenzstandes zu biologischen Auswirkungen des Mobilfunks, dass sich insgesamt „eine unzureichende Evidenz für eine potenzielle Kanzerogenität von Mobilfunkexpositionen“ ergibt und stellt sich damit gegen das Urteil der IARC im Jahr 2011. Dieses gilt auch für Einflüsse auf die Blut-Hirn-Schranke bei Exposition unterhalb der Grenzwerte. Weitgehend ausgeschlossen sieht sie eine Beeinflussung von Hör- und Sehvermögen. Ergebnisse zu Gehirnaktivitätsveränderungen seien inkonsistent. Eine abschließende Bewertung in Bezug auf Schlaf- und Ruhe-EEG sei noch nicht möglich und es wird eine diesbezügliche Studie mit unterschiedlichen Altersgruppen angeregt. Elektrosensibilität existiere mit großer Wahrscheinlichkeit nicht. Es sei möglich zu schließen, dass es keinen Einfluss auf das Immunsystem gebe, und Effekte auf Blutparameter seien spekulativ. Effekte auf Reproduktion und Entwicklung seien unterhalb der Grenzwerte sehr unwahrscheinlich.

Ergebnisse

Empfehlungen: Die SSK weist auf die auch von ANSES beschriebene Problematik der anderen Expositionssituation von Kindern bei Frequenzbereichen um 100 MHz und 1-4 GHz hin, „so dass nicht mehr angenommen werden kann, dass bei Einhaltung des Referenzwertes auch der Basisgrenzwert eingehalten wird.“ Eine Untersuchung der gesundheitlichen Relevanz der Ergebnisse stünde noch aus. (ibid., S. 38 und 39). Keinen Hinweis sieht die SSK bezüglich einer postulierten höheren Empfindlichkeit von Kindern und Jugendlichen.

Empfehlungen

Bezüglich effektiver Formen der Risikokommunikation sei das Wissen eher gering. Befürchtungen der Bevölkerung hingen aber nicht vom Umfang des Netzausbaus und nur lose mit medialer Berichterstattung zusammen.

⁷⁷ DMF wurde je zur Hälfte von Mobilfunknetzbetreibern und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert und durch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) mit inhaltlicher Beratung durch die SSK durchgeführt. Es lief von 2002 bis 2008; bis 2011 waren alle Projekte abgeschlossen.

BfS [2008]

Ähnlich wie SSK beobachtet das das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz zwar den aktuellen Evidenzstand und publiziert auch Updates dazu auf der Internetseite, gibt aber keine umfangreichen Sachstandsberichte heraus.⁷⁸ Als Koordinator des DMF stellte es aber 2008 – mit offiziellem Ende des Forschungsförderungsprogrammes – Ergebnisse aus bereits abgeschlossenen Projekten des DMF dar (BfS 2008).

Ergebnisse *Ergebnisse:* Diese erste Überblicksdarstellung fasst zusammen (ibid., S. 5), dass „nur bei der Nutzung körpernaher Quellen, wie z. B. Mobiltelefone[n], Expositionswerte erreicht [werden], die den Grenzwert zu einem großen Teil ausschöpfen können.“

In-vitro-Untersuchungen zeigten keinen biologisch relevanten Einfluss in Bezug auf das Immunsystem, die Netzhaut des Auges, Hörsinneszellen, den Melatoninspiegel. Veränderungen der Genexpression wurden in einem Einzelfall in einem Zellkulturmodell der Blut-Hirn-Schranke beobachtet. BfS schließt daraus: „Insgesamt haben sich [so] die zu Beginn des DMF diskutierten Hinweise auf mögliche ‘athermische’ Wirkungen nicht verdichtet. [Beobachtungen aus dem Einzelfall] stellen diese Gesamtbeurteilung nicht in Frage. Sie geben aber Anlass, in diesem Punkt eine weitere Abklärung zu empfehlen.“ Wirkungen auf Schlaf, Schlaf, kognitive Leistungsfähigkeit, Gedächtnis oder die Verarbeitung von visuellen und akustischen Reizen seien weder in Interventionsstudien noch in epidemiologischen Studien nachgewiesen worden. Tierexperimentelle Langzeitstudien zu Blut-Hirn-Schranke, Tinnitus, verschiedenen Krebserkrankungen sowie Fortpflanzung und Entwicklung hätten sich keine Hinweise auf einen Einfluss ergeben. Tierexperimentelle Mehr-Generationen-Studien wiesen nicht auf eine besondere Empfindlichkeit früher Entwicklungsstadien hin, allerdings sei diese Frage damit noch nicht abschließend beantwortet. Epidemiologische Studien zu einem Zusammenhang zwischen längerfristiger Handynutzung und Hirntumoren, Akustikusneurinomen oder Augentumoren bzw. zwischen längerfristiger Exposition durch Sendeanlagen und Kinderleukämie gäbe fanden für Erwachsenen bei einer Nutzungsdauer von weniger als 10 Jahren oder für schnurlose Telefone und DECT-Basisstationen kein erhöhtes Risiko. Hier blieben Fragen wegen der teils langen Latenzzeiten über 10 Jahren noch Fragen offen. Hinsichtlich Elektrosensibilität werde immer wahrscheinlicher, dass es keinen ursächlichen Zusammenhang zwischen Exposition und unspezifischen Symptomen (Schlafstörungen, Konzentrationsstörungen oder Kopfschmerzen) gäbe.

Empfehlungen *Empfehlungen:* BfS (2008) schließt aus diesem Sachstand: „Die Ergebnisse des DMF geben insgesamt keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte in Zweifel zu ziehen. Die in einigen Studien gefundenen geringfügigen physiologischen Reaktionen, die Hinweise, dass Kinder eventuell stärker exponiert sein könnten als Erwachsene, die nicht abschließend geklärte Frage nach gesundheitlichen Risiken bei einer lang-

⁷⁸ Mitarbeiter*innen des BfS wirken aber bei ICNIRP und EFHRAN mit.

fristigen Handyexposition sowohl für Erwachsene, besonders aber für Kinder, legen auch weiterhin einen vorsichtigen Umgang mit drahtlosen Kommunikationstechniken nahe. Die Beibehaltung der vom BfS und auch von der deutschen Strahlenschutzkommission (SSK 2006) formulierten einschlägigen Vorsorgeempfehlungen vor allem für Kinder und Jugendliche wird weiterhin empfohlen.

Beim Betrieb der bestehenden und der Entwicklung neuer drahtloser Kommunikationstechnologien ist weiterhin auf eine vorsorgliche Minimierung der Exposition der Nutzer*innen und der Bevölkerung zu achten. Die bestehenden Unsicherheiten in der Risikobewertung müssen durch gezielte Forschung weiter eingegrenzt werden. Zukünftige Informationsmaßnahmen für die allgemeine Bevölkerung sollten klares Orientierungswissen bieten und mögliche Handlungsspielräume für den Einzelnen aufzeigen. Aussagen über wissenschaftliche Erkenntnisse und die Grenzen des Wissens müssen dabei in Sprache und Komplexität so einfach und konkret wie möglich formuliert werden.“

4 Ergebnisse der Aggregatoren-Auswertung

4.1 Die Aggregation von Evidenz zu Mobilfunkstrahlung und Gesundheit

Die Frage nach möglichen gesundheitlichen Effekten bei hochfrequenter EMF-Exposition, wie durch Mobiltelefone und Mobilfunksendeanlagen verursacht, ist keinesfalls neu. Die ersten wegweisenden Empfehlungen bezüglich Grenzwertsetzungen zur Vermeidung von durch Gewebserhitzung verursachten Schäden gehen auf ICNIRP (1998) zurück. Es folgte eine erste Phase der Erhebung und Diskussion, ob es auch sogenannte athermische Effekte, die nicht auf Erhitzung zurückzuführen sind, geben könne. Um die Jahrtausendwende publizierten mehr und mehr beauftragte wissenschaftliche Gremien Stellungnahmen zu diesem Thema. Gleichzeitig wurden nationale Forschungsprogramme (wie das Deutsche Mobilfunk-Forschungsprogramm oder das britische *Mobile Telecommunications and Health Research Programme*) und internationale große Forschungsprojekte (prominentes Beispiel ist die Interphone-Studie) gestartet, um bessere Evidenzgrundlagen zu erzeugen.

bislang zwei Phasen der Aggregation von Evidenz ...

Mit Abschluss dieser Forschungsprogramme und Forschungsprojekte und der dadurch geschaffenen neuen Evidenzlage, aber auch mit der aufsehenerregenden Neueinstufung des Krebsrisikos durch IARC im Jahr 2011 setzt eine zweite Phase von neuen Begutachtungen der Fragestellung – im Wesentlichen durch dieselben Aggregatoren – ein. Diese zweite Phase ist zudem durch das Bewusstsein geprägt, dass mittlerweile eine bevölkerungsweite Exposition durch Sendeanlagen wie auch Endgeräte anzunehmen war und damit auch kleine Effekte in Summe großen Schaden anrichten könnten.

Eine dritte Phase der Evidenz-Aggregation ist wohl mit dem Ausbau von 5G-Mobilfunk zu erwarten und läuft dementsprechend bereits an. Diese Phase ist einerseits durch wesentliche, noch offene Fragen zu gängigen Generationen des Mobilfunks (etwa in Bezug auf Langzeiteffekte bei Schäden mit langen Latenzphasen), durch neue Fragen, die sich aus geändertem Nutzer*innen-Verhalten ergeben (insbesondere das körpernahe Transportieren von Endgeräten und die dadurch vorkommende Überschreitung der empfohlenen Rumpf-Grenzwerte) und durch neue Fragen, die sich aus der neuen technologischen Charakteristik (andere Frequenzbereiche, *Beamforming*, höhere Dichte an Sendeanlagen etc.) und eventuell auch aus neuen Einsatzgebieten von 5G ergeben.

... dritte Phase mit dem Ausbau von 5G-Mobilfunk zu erwarten

Alle drei Phasen der Aggregation von Evidenz zu möglichen gesundheitlichen Effekten hochfrequenter EMF des Mobilfunks sind in der vorliegenden Sammlung von Expertisen repräsentiert. Diese Expertisen bzw. Aggregatorenberichte unterscheiden sich aber nicht nur in ihrer historischen Zuordnung. Sie repräsentieren darüber hinaus unterschiedliche Typen der Politikberatung, was wiederum mit der Unterschiedlichkeit der Aggregato-

Berichte der Aggregatoren repräsentieren verschiedene Typen der Politikberatung

ren zu tun hat, durch die sie veröffentlicht wurden (vgl. Kontextfaktoren 6 und 7). So belassen es manche Berichte bei einer Zusammenfassung der Evidenz nach Studientyp und Risikohypothese. Damit bleibt es im Wesentlichen bei einer rein wissenschaftlichen Bewertung und Zusammenfassung. Es finden nur Disziplinen-interne Qualitätskriterien Eingang in Bewertung und Interpretation der Einzelstudien (SSM 2018; SSM 2019). Andere Berichte gehen einen Schritt weiter und fassen bezüglich einer Risikohypothese alle Studiensorten zusammen, was eine Einigung auf eine bestimmte relative Gewichtung der unterschiedlichen Studiensorten (*in vitro*, *in vivo*, epidemiologisch, ...) und Gewissheitsquellen (theoretisches Wissen über bestimmte Wirkmechanismen, empirische Befunde) notwendig macht. Für Politik und Gesellschaft ist dies sicherlich die aufschlussreichere Art der Aggregation, wenn man auch beachten muss, dass sie voraussetzungsreicher ist und bestimmte Evidenzstandards voraussetzt (SSK 2011; ANSES 2013; IARC 2013). Manche Berichte fügen dieser Form der Aggregation noch gesellschaftliche und politische Handlungsempfehlungen hinzu, teils in Berufung auf ein allgemeines, normatives Prinzip, wie das Vorsorgenprinzip, in Erfüllung von Prinzipien, wie jenem der öffentlichen Beteiligung (RSC 2014), oder gar in einer Rolle der Vertretung von Betroffeneninteressen gegenüber privatwirtschaftlichen Interessen und „technokratischem Dünkel“ (BioInitiative 2012).⁷⁹

4.2 Diskutierte Risikoszenarien und Risikohypothesen

*in Hinblick auf
gesundheitliche Effekte
werden unterschiedliche
Risikoszenarien
diskutiert*

*gesundheitliche Effekte
und biologische Effekte
ohne etablierte
Gesundheitsrelevanz*

Im Wesentlichen werden für mögliche gesundheitliche Effekte der Exposition in EMF des Mobilfunks folgende Risikoszenarien bearbeitet (Details dazu sehr gut dargestellt in ANSES 2019): die Exposition bei Nutzung von Mobiltelefonen (lokale Exposition des Kopfes unterhalb des entsprechenden SAR-Grenzwertes), Exposition beim Tragen des Mobiltelefons am Körper (lokale Exposition des Rumpfes, der Arme oder der Beine unterhalb der entsprechenden SAR-Grenzwerte), Exposition durch Mobilfunksendeanlagen (Exposition des gesamten Körpers unterhalb des entsprechenden SAR-Grenzwertes) sowie Exposition im Arbeitskontext (unterschiedliche Expositionssituationen).

Für diese Expositionssituationen lassen sich unterschiedliche Effekte diskutieren. Grob gesagt kann (1) nach gesundheitlichen Effekten und (2) nach biologischen Effekten ohne eindeutige oder in sich bestehende gesundheitliche Relevanz gefragt werden. Die Frage nach biologischen Effekten kann interessant sein, weil man sich entweder – bei vorhandenen Hypo-

⁷⁹ Unschwer lassen sich hier die vier Beratungsmodelle wieder erkennen, die Pielke Jr. (2007) diskutiert: der „reine Wissenschaftler“/„pure scientist“, der „wissenschaftliche Schiedsrichter“/„science arbiter“, der „ehrliche Vermittler“/„honest broker“ und der „Sachwalter“/„issue advocate“. Jedes dieser Modelle kombiniert wohl-gemerkt Vorteile und Nachteile an der Schnittstelle von Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit.

thesen zu einer Verknüpfung von biologischen Effekten und gesundheitlichen Schäden – daraus einen Hinweis auf mögliche gesundheitliche Effekte, die selbst schwieriger zu untersuchen oder noch nicht spezifiziert sind, erhofft (Indikatorfunktion) oder weil man sich daraus – bei fehlenden Hypothesen zu der Entstehung von gesundheitlichen Schäden im Organismus – Hinweise auf Wirkmechanismen hinter gesundheitlichen Effekten erhofft (Aufklärungsfunktion).

Zu interessierenden biologischen Effekten im vorliegenden Kontext zählen etwa Effekte auf Zellniveau, wie DNA-Brüche, genetische oder epigenetische Veränderungen oder oxidativer Stress. Es handelt sich hier im Wesentlichen um Häufigkeitsverschiebungen für Ereignisse, die jedenfalls auch ohne Exposition auftreten, allerdings in einem Ausmaß, in dem sie durch zelleigene Reparaturmechanismen aufgearbeitet werden können. Die Zelle bleibt dann über die Zeit intakt. Übersteigt die Rate der Schädigung die Rate der Reparatur, häufen sich jedoch Schäden an und die Zelle funktioniert nicht mehr so, wie das für die Gesunderhaltung des Organismus notwendig wäre. Ähnliches gilt auch für Parameter, die sich nicht direkt auf die Zelle beziehen, wie etwa elektronische Ströme im menschlichen Gehirn. Für genotoxische Effekte kommt hinzu, dass es hier bekannte Wirkbezüge zu Krebs gibt. Für andere Effekte können Ideen zu pathologischen Bedeutungen auch fehlen. Nicht alle Aggregatoren diskutieren biologische Effekte, insbesondere dort, wo die pathologische Relevanz nicht bekannt ist.

*unterschiedliche
biologische Effekte
werden diskutiert*

Weitaus länger als die Liste der diskutierten biologischen Effekte ist jene der diskutierten gesundheitlichen Effekte. Da Wirkmechanismen im vorliegenden Kontext schwer zu definieren sind, aber prinzipiell Effekte überall dort vorstellbar sind, wo Energie durch Gewebe absorbiert wird, wurde von Beginn an „breit“ gesucht. Im Wesentlichen entsprechen die jeweils durch die Aggregatoren diskutierten möglichen gesundheitlichen Endpunkte einander, teilweise sind die Kategorien aber auch unterschiedlich gewählt. Auch fassen nicht alle Aggregatoren alle Ergebnisse aller Studientypen zu einem Endpunkt zusammen, sondern sortieren die Ergebnisse nach Studientypen oder auch nach Expositionskontext wie „Allgemeine Bevölkerung“ oder „Arbeitsplatz“ – dies wohl in Hinblick auf das unterschiedliche Gewicht von Befunden unterschiedlicher Studientypen, wie auch in Hinblick auf unterschiedliche Regulierungskontexte. Es ist daher nicht möglich, ein bestes Kategoriensystem für Risikohypothesen zu erstellen und alle Expert*innenmeinungen eineindeutig zuzuordnen. Im Folgenden soll dennoch aufgezählt und erklärt werden, welche Risikohypothesen zur Sprache kommen. Die Liste in Tabelle 11 fußt dabei auf der überzeugenden Kategorisierung in ANSES (2013).

*gesundheitliche
Effekte*

Tabelle 11: Von Expert*innengremien diskutierte biologische und gesundheitliche Effekte

Effekt auf	Untersuchte Endpunkte	
Zentralnervensystem (ohne Krebs)	kognitive Funktion	Kognitive Leistung, Gedächtnis, Angststörung, lokomotorische Aktivität
	Schlaf	REM-Phasen, elektrische Parameter, subjektive Änderungen, Unterbrechung kognitiver Arbeiten
	Tag-Nacht-Rhythmus [Zirkadianer Rhythmus]	Tag-Nacht-Rhythmus [Zirkadianer Rhythmus]
	Gehörfunktionen	evozierte Potenziale, Tinnitus
	Neurologische Erkrankungen	Multiple Sklerose, amyotrophe Lateralsklerose, Epilepsie, Alzheimer
biologische Effekte (ohne Krebs)	Zellfunktion	Geneexpression, Proteinkonzentrationen, oxidativer Stress, Zellschutzsysteme
Reproduktion und Entwicklung	Fruchtbarkeit	männliche F., weibliche F.
	Sexualverhalten	Sexualverhalten
	Auswirkung auf Embryos	Fehlbildung und <i>In-utero</i> -Entwicklung
	Auswirkung auf Nachkommen	Größe, Gewicht, Lebensfähigkeit
andere, nicht karzinogene Erkrankungen, Wohlbefinden und Sterblichkeit	Immunsystem	
	Endokrines System	
	Kardiovaskuläres System	Blutparameter, Vasomotorik der Blutgefäße, Herzrate, Blutdruck
	Wohlbefinden	Erhobenes Wohlbefinden und berichtete Gesundheit
	Sterblichkeit	Sterblichkeit insgesamt
Aufklärung karzinogener Mechanismen	Effekte auf DNA und Effekte durch beobachtete DNA-Veränderungen	DNA-Oxidation, DNA-Bruch, DNA-Integrität [Mutagenität, Ko-Mutagenität, Aneuploidie]
		Zellzyklus, ko-karzinogene Effekte, Krebsverstärkung
Krebs (Auslösung neuer Tumore und Verstärkung bestehender Tumore)	Gehirntumore	Gliome, Meningiome, Akustikusneurome
	Speicheldrüsenkrebs	
	Leukämie	
	Melanome	Melanome der Haut und der Augen
	Krebshäufigkeit und Krebssterblichkeit gesamt	

**nicht zu allen
möglichen Effekten
gibt es auch Studien**

Nicht zu allen der von Expert*innengremien untersuchten möglichen Effekte gibt es auch Studien. Im Falle des Fehlens von Daten notiert etwa ANSES (2019), dass es unmöglich ist, Wahrscheinlichkeit und Ausmaß dieses Effektes zu bewerten. Alternativ könnte in einem solchen Fall auch auf Basis vergleichbarer Studien und/oder bekannter oder vorstellbarer Mechanismen extrapoliert werden.

In allen anderen Fällen werde die vorhandenen Studien gesammelt, bewertet und selektiert, aggregiert und bezüglich der Wahrscheinlichkeit und der zu erwartenden Höhe eines Effektes ausgewertet (s. zum Auswertungsschema auch die Kategoriensysteme Tabellen 2 und 4 bis 7).

4.3 Zusammenfassung der Befunde der Aggregatoren

Die Übereinstimmung ist im Wesentlichen, dass

- (1) es keine widerspruchsfrei etablierten Nachweise für ein Gesundheitsrisiko gibt, hingegen schon etablierte Nachweise für biologische Effekte⁸⁰,
- (2) sich Risiken – wenn vorhanden – für das durchschnittliche Individuum in einem gewissen Rahmen halten,
- (3) die vorhandenen Studien wesentliche Fragen bezüglich möglicher Risiken aufwerfen, die bislang noch nicht befriedend beantwortet werden konnten,
- (4) sich die Expositionssituation der Bevölkerung durch die zunehmende Allgegenwart elektronischer Geräte (vom *Babyphone* über Kinderspielzeug bis hin zu Mobiltelefonen, *Smart Metern*, selbstfahrenden Autos und *Internet-of-Things*) mit unterschiedlichsten Strahlungsmissionen weiter kompliziert und verstärkt und es daher
- (5) Maßnahmen in Richtung eines vorsorgenden Umganges geben sollte. In absteigender Häufigkeit empfohlen werden Maßnahmen wie weitere Beobachtung, Weiterentwicklung dosimetrischer Modelle und Studiendesigns, weiterer Forschung, individuelle Vorsorgemaßnahmen, Anwendung des ALARA/ALATA Prinzips, Anpassung der Grenzwerte und technische Produktweiterentwicklung.

Übereinstimmungen ...

Diskrepanzen gibt es in Hinblick auf die Fragen,

- (H) ein wie widerspruchsfreier Nachweis in dermaßen komplexen Studiensettings und bei zu erwartenden niedrigen durchschnittlichen individuellen Effektniveaus überhaupt zu erwarten ist,
- (I) wie stark die Widersprüche bzw. das Evidenzgewicht jeweils genau sind,
- (J) ob die Schwere eines Risikos individuell oder akkumuliert für die ganze betroffene Population bewertet werden soll, und –
- (K) wenn Empfehlungen implizit oder explizit formuliert werden – welche Maßnahmen durch wen ergriffen werden sollen.

... und Diskrepanzen

⁸⁰ Mit Ausnahme der Wissenschaftler*innen von BioInitiative.

4.4 Gegenüberstellung der Sachstandsdarstellungen

<p><i>Vergleich zeigt große Bandbreite</i></p>	<p>Da es inzwischen bereits aktuellere kursorische Gegenüberstellungen zu wesentlichen, nationalen und internationalen Aggregatoren gibt, können diese hier kurz zur Illustration der aktuellen Situation herangezogen werden. Dürrenberger und Höög (2016) verglichen unterschiedliche wissenschaftliche, staatliche und zivilgesellschaftliche Aggregatoren in Hinblick auf ihre Stellungnahmen zu einzelnen Risikohypothesen (s. Tabelle 4). Hier fällt auch für den wissenschaftlichen Akteursbereich, der uns hier interessiert, eine gewisse Bandbreite auf. Nur die <i>BioInitiative</i> sieht Effekte als ausreichend nachgewiesen an, und zwar für beinahe alle diskutierten Risikohypothesen. IARC und das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) sehen Karzinogenität als inadäquat oder limitiert nachgewiesen an, während SSK, SCENIHR und ICNIRP schlichtweg keine karzinogenen⁸¹ Effekte nachgewiesen sehen. Kleinere Divergenzen gibt es noch zwischen SSK und SCENIHR in Bezug auf die Interpretation der Studienlage zu Neurodegeneration und EEG. Staatliche Akteure (WHO oder BfS) stimmen deutlich mit der Meinung von SSK, SCENIHR und ICNIRP überein, während zivilgesellschaftliche Organisationen in Richtung der Einschätzung der <i>BioInitiative</i> tendieren.</p>
<p><i>nur BioInitiative sieht Effekte für beinahe alle Risikohypothesen als ausreichend nachgewiesen an</i></p>	
<p><i>staatliche Akteure vs. zivilgesellschaftliche Organisationen</i></p>	
<p><i>relativ homogenes Bild unter den wissenschaftlichen Gremien [ohne BioInitiative]</i></p>	<p>In einer neueren Studie (Dürrenberger et al. 2019) wird eine erweiterte Gruppe wissenschaftlicher Gremien (EFHRAN, ANSES, SCENIHR, ICNIRP, SSM und das eigene Ergebnis) zu einem späteren Zeitpunkt nach ähnlicher Methode verglichen. Zu diesem späteren Zeitpunkt und bei engerer Auswahl der Aggregatoren fällt das Gesamtbild deutlich homogener aus – Risikohypothesen, für die konstatiert wird, dass es keinen Effektnachweis gäbe, ebenso gibt es seltener Verweise auf sicheren Nachweis. Es dominieren Befunde zu inadäquaten und limitierten Nachweissituationen.</p>
<p><i>am widersprüchlichsten: Studienlage zu Krebs im Kopfbereich</i></p>	<p>Um die größtmögliche Deckung mit den hier besprochenen Aggregatoren zu erreichen, werden in Tabelle 12 Auswertungen von Dürrenberger und Höög (2016) zu BioInitiative, IARC, DKFZ, SSK und BfS um Auswertungen von Dürrenberger et al. (2019) zu ANSES, SSM, SCENIHR und ICNIRP ergänzt und durch die Eigendarstellung von EAHC/EFHRAN (2012) komplettiert. Als Gesamtbild ergibt sich eine doch recht diverse Befundlage. So wird die Evidenz für Krebs im Kopfbereich durch unterschiedliche Aggregatoren als nicht vorhanden, inadäquat vorhanden, limitiert vorhanden oder ausreichend vorhanden beurteilt. BioInitiative (2012) fällt wieder deutlich als jener Bericht auf, der für die meisten Risikohypothesen einen ausreichenden Nachweis annimmt. Demgegenüber fällt die beinahe für alle Risikohypothesen konstatierte Abwesenheit von Hinweisen durch SSK und BfS auf (zumindest nach Stand 2016). Zwischen diesen beiden Polen finden sich wiederum zwei Gruppen – EAHC/EFHRAN, ANSES, SSM, IARC, DKFZ und SCENIHR mit einem Überhang an Verweisen auf vorhandene, aber inadäquate Evidenz (nebst Verweisen auf ausreichenden</p>

⁸¹ Die für die Zusammenfassung der Studienlage wichtige Differenzierung von krebsauslösend und krebsfördernd wurde hier nicht abgebildet.

Nachweis, limitierte Evidenz und fehlenden Hinweis) und ICNIRP mit einem Überhang an Verweisen auf fehlende Hinweise (insbesondere auch für die zentrale Risikohypothese bezüglich Tumoren im Kopfbereich). Allein in Bezug auf Neurodegeneration scheint ein Effekt konsensuell als inadäquat nachgewiesen zu gelten.

Tabelle 12: Vergleich der Aggregatoren in Hinblick auf ihre Aussagen zu Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen

	BioInitiative	EAHC/EFHRAN	ANSES	SSM	IARC	DKFZ	SCENIHR	ICNIRP	SSK	BfS
Krebs [Kopf]	4	3	2	2	3	2	2	1	1	1
Herz-Kreislauf-System		2	2					1		
Neurodegeneration		2	2				2	2	2	
Reproduktion/Entwicklung/Fertilität	4	2	2	2			2	2		1
EEG	4		4	3			4	4	1	1
Kognition	4		2	2			1	1	1	1
Hormone/Stress	4							1		1
Elektrosensibilität/Wohlbefinden/Schlaf	4	1	2	1			1	1	1	1
unspezifische Symptome [Nozebo]		2	3	4			3	4		
Blut-Hirn-Schranke	3		1					1		1

Quelle: Eigene Darstellung nach Dürrenberger und Höög (2016, S. 5): BioInitiative, IARC, DKFZ, SSK, BfS), Dürrenberger et al. (2019, S. 9: ANSES, SCENIHR, ICNIRP, SSM) und EAHC/EFHRAN (2012); grau markiert sind Auswertungen, die sich auf ältere Quellen stützen (2015 und älter)

	Keine Aussage
1	Kein gesundheitlicher Effekt nachgewiesen
2	Effekt ist inadäquat nachgewiesen
3	Effekt ist limitiert nachgewiesen
4	Effekt ist ausreichend nachgewiesen

Als Einschränkungen der Aussagekraft dieser vergleichenden Auswertung muss freilich angeführt werden, dass die einzelnen Aggregatoren nicht auf ein einheitliches Kategoriensystem von Risikohypothesen fokussieren und dass nicht immer eine Bewertung der Studienlage über alle Studientypen hinweg zu den einzelnen Risikohypothesen geleistet wird. So verbleibt einiges an Interpretationsarbeit bei den Auswertenden. Hinzu kommt, dass die der Auswertung zugrundeliegenden Berichte unterschiedlichen Datums sind, auf dementsprechend unterschiedlichen Evidenzlagen beruhen und daher nur eingeschränkt vergleichbar sind. Auch sind in der Auswertung nicht alle von allen Aggregatoren als relevant befundenen Endpunkte berücksichtigt (so fehlen etwa oxidativer Stress und Genotoxizität auf Zellebene oder die Differenzierung in Risikohypothesen für Erwachsene und Kinder). Dennoch scheint diese Art der Auswertung geeignet, um den Rah-

Caveat:
diese vergleichende Auswertung hat eingeschränkte Aussagekraft

men möglicher Evidenzstandseinschätzungen, das Ausmaß an interpretativen Unterschieden und die jeweils mehrheitliche Einschätzung zu einzelnen Risikohypothesen in einer gut überblickbaren Abbildung darzustellen.

4.5 Gegenüberstellung der Befunde zu Forschungsbedarf

für manche Risikohypothesen gibt es noch keine oder wissenschaftlich ungenügende Studien oder widersprüchliche Ergebnisse

Interessant sind auch jene Aussagen in Aggregatorenberichten, die sich auf (noch) bestehenden Forschungsbedarf beziehen. Forschungsbedarf entsteht allgemein dort, wo eine Risikohypothese zumindest im Raum steht, aber noch keine oder qualitativ ungenügende Studien und/oder zu widersprüchliche Studienergebnisse vorliegen. Wie oben bereits angemerkt, ist der Verweis auf Forschungsbedarf in den Berichten gängig, auch wenn die Begründungen dafür je unterschiedlich ausfallen können und die Dringlichkeit unterschiedlich bemessen wird. WHO (2010) widmet sogar das ganze Dokument der Frage nach weiterem Forschungsbedarf. Zu diesem Zeitpunkt war die erste Welle großer internationaler Studien und nationaler Förderprogramme abgeschlossen und die Frage nach den noch immer offenen Forschungsfragen war dementsprechend naheliegend.

Sortiert man jene Aggregatorenberichte, die offene Forschungsfragen formulieren (WHO 2010, AGNIR 2012, EFHRAN 2012, RSC 2014, SCENIHR 2015, ANSES 2016, ARPANSA 2017), nach ihrer zeitlichen Abfolge (vgl. Tabelle 13) und wertet die jeweiligen Aussagen aus, so lässt sich daraus auch (mit Vorbehalt) ersehen, welcher Forschungsbedarf seit 2010 aufgrund neuer Ergebnisse und Erkenntnisse weggefallen ist und welcher hinzukam. Welche Forschungsfragen konnten zwischen 2010 und 2018 befriedigend bearbeitet werden? Wurden mehr Fragen erfolgreich bearbeitet oder kamen mehr neue Fragen hinzu?

- Bezüglich der prominentesten Risikohypothese – Krebs bei Kindern und Erwachsenen – fällt auf, dass hier zwischen 2010 und 2017 durchwegs bestehender Forschungsbedarf festgestellt wird. Dies hängt freilich auch mit dem nur langfristig auflösbaren Nichtwissen bezüglich Langzeitwirkungen bei hohen Latenzzeiten zusammen. Es geht hier um die Frage, ob bei langfristiger, starker Nutzung von Mobiltelefonen Krebsarten ausgelöst oder verstärkt werden können, die sich erst nach langer Zeit (über zehn Jahren) bemerkbar machen. Diese Frage ist nur durch epidemiologische Forschung stichhaltig beantwortbar, die Daten auswertet, die einen Zeitraum deutlich über 20 Jahren nach der breiten Etablierung der Mobiltelefonie abdeckt.
- Ein ähnliches, aber weniger durchgängiges Muster ergibt sich in Bezug auf die mögliche Schädigung von Fortpflanzungsorganen, neurodegenerative Erkrankungen, Änderungen der neuronalen oder kognitiven Funktion, des Verhaltens und der Gehirnaktivität – auch diese werden zwischen 2010 und 2017 unverändert als notwendiger Forschungsgegenstand genannt, allerdings nicht in allen Berichten.

- Nicht wiederholt wurde in diesem Sample die Empfehlung der WHO (2010), Forschung in Bezug auf Blutbildung und Immunsystem durchzuführen, oder die Empfehlung von AGNIR (2012) Ko-Exposition und Veränderungen von Zellmembran und Zellstruktur zu untersuchen.
- Zwischen 2010 und 2017 wurde die Feststellung von Forschungsbedarf zu Wohlbefinden oder EHS, zu Zellfunktion oder DNA-Schädigung hingegen häufiger.
- Forschung zu oxidativem Stress, Schlaf bei Kindern, epileptischen Anfällen und Gehörfunktion bei Kindern wird jeweils nur einmal gefordert (insbesondere ANSES 2016).
- Mit dem Verweis auf 5G kommen Empfehlungen zu Forschung in Bezug auf mögliche Schäden an Augen und Haut hinzu (ARPANSA 2017).

Insgesamt ergibt sich daraus das Bild, dass der Forschungsbedarf zu einigen zentralen Risikohypothesen in den letzten zehn Jahren nicht abgenommen hat, dass so manche zwischenzeitlich weniger beachtete Risikohypothese nach einiger Zeit wieder mehr Beachtung findet und dass mit 5G neue Risikohypothesen hinzukommen – all dies freilich auf Basis einer vergleichenden Auswertung von nur eingeschränkt vergleichbaren Stellungnahmen.

Tabelle 13: Von Aggregatoren eruiertes Forschungsbedarf

Aggregatorenbericht →	WHO (2010)	AGNIR (2012)	EFHRAN (2012)	RSC (2014)	SCENIHR (2015)	ANSES (2016)	ARPANSA (2017)
Risikohypothese/Endpunkt ↓							
Krebs [Kinder & Erwachsene]							
Neurodegenerative Erkrankungen							
Pränatale/frühkindliche Entwicklung							
Blutbildung, Immunsystem							
Fortpflanzungsorgane							
Gehörfunktion Kinder							
Verhalten [Kinder oder Erwachsene]							
Neuronale Funktion							
Kognitive Funktion							
Epileptische Anfälle							
Gehirnaktivität [v. a. Kinder]							
Schlaf Kinder							
Wohlbefinden/EHS							
Ko-Exposition							
Zellmembran, Zellstruktur							
Zellfunktion, DNA-Schädigung							
Oxidativer Stress							
Auge							
Haut							

4.6 Begründung der Unterschiede

Fokus auf unterschiedliche Aufgaben

Dürrenberger und Högg (2016) diskutieren, was die möglichen Erklärungsfaktoren für Divergenzen in den Interpretationen der Aggregatoren seien. Diese Autoren sehen die Ursache darin, dass die Aggregatoren auf jeweils unterschiedliche Aufgaben fokussierten: „entweder (ausschließlich) auf eine evidenzbasierte Risikoeinschätzung“, „eine politische Vorsorge-sicht“ oder „eine sehr starke und konsequente Vorsorge im Sinne eines Unbedenklichkeitsbeweises“ (ibid., S. 4).

grundlegende Entscheidungen bzw. Prioritätensetzungen

Unter „Kontextfaktoren“ (siehe Kapitel 2) wurde bereits grob umrissen, dass im vorliegenden Kontext zwischen den epistemischen, kulturellen und politischen Dimensionen unterschieden werden kann, diese aber sehr eng ineinandergreifen. Zur Erklärung der Unterschiedlichkeit der Befunde und Stellungnahmen unterschiedlicher Akteure sind auf wissenschaftlicher Ebene folgende grundlegende Entscheidungen oder Prioritätensetzungen maßgeblich, die sich auch als unterschiedliche wissenschaftliche „Denkstile“ verstehen lassen:

- die relative Priorisierung empirischer Ergebnisse (in der Biomedizin) einerseits oder theoretischer Erklärungen (in der Physik) andererseits;
- die relative Priorisierung von auffälligen Einzelergebnissen (in der Biomedizin), quantitativ-statistisch aggregierenden Metastudien (in der Epidemiologie) oder qualitativ aggregierenden Metaanalysen (in der Biophysik);
- der Vorsorge-orientierte Fokus auf Wissenslücken, Widersprüchlichkeiten und Widersprüche einerseits und der Innovations-orientierte Fokus auf nicht widersprüchlichen und unwidersprochenen Nachweis andererseits.

In Abbildung 2 wird der Zusammenhang zwischen den – durch disziplinäre Gewohnheiten mitbestimmten – unterschiedlichen Priorisierung und den – durch politische Präferenzen in der Regulierung möglicher Risiken mitbestimmten – unterschiedlichen Stoßrichtungen evidenzberücksichtigender Empfehlungen schematisch vereinfacht dargestellt.

zwei Entscheidungsschritte

Es werden in der obigen Abbildung daher (von oben nach unten gelesen) bewusst oder unbewusst, explizit oder implizit, zeitlich hintereinander zwei Entscheidungsschritte durchlaufen:

1. Übersetzung wissenschaftliche Reviews in politikberatende Studien
2. Übersetzung der Schlüsse in mögliche Empfehlungen

Schritt 1: Übersetzung von wissenschaftsinternem Review in politikberatende Studie

Der erste Schritt besteht in der Übersetzung einer wissenschaftsinternen Review in eine politikberatende Studie. Während im wissenschaftlichen Kontext Komplexität, Wissenslücken oder Unabgeschlossenheit als alltägliche Qualitäten wissenschaftlichen Arbeitens gesehen und gut toleriert werden (nach dem Motto: „Jede Studie beantwortet maximal eine Frage, eröffnet aber zugleich unzählige neue Fragen.“), stellen sie für evidenzbasierte gesellschaftliche Entscheidungsprozesse ein genuines Problem dar.

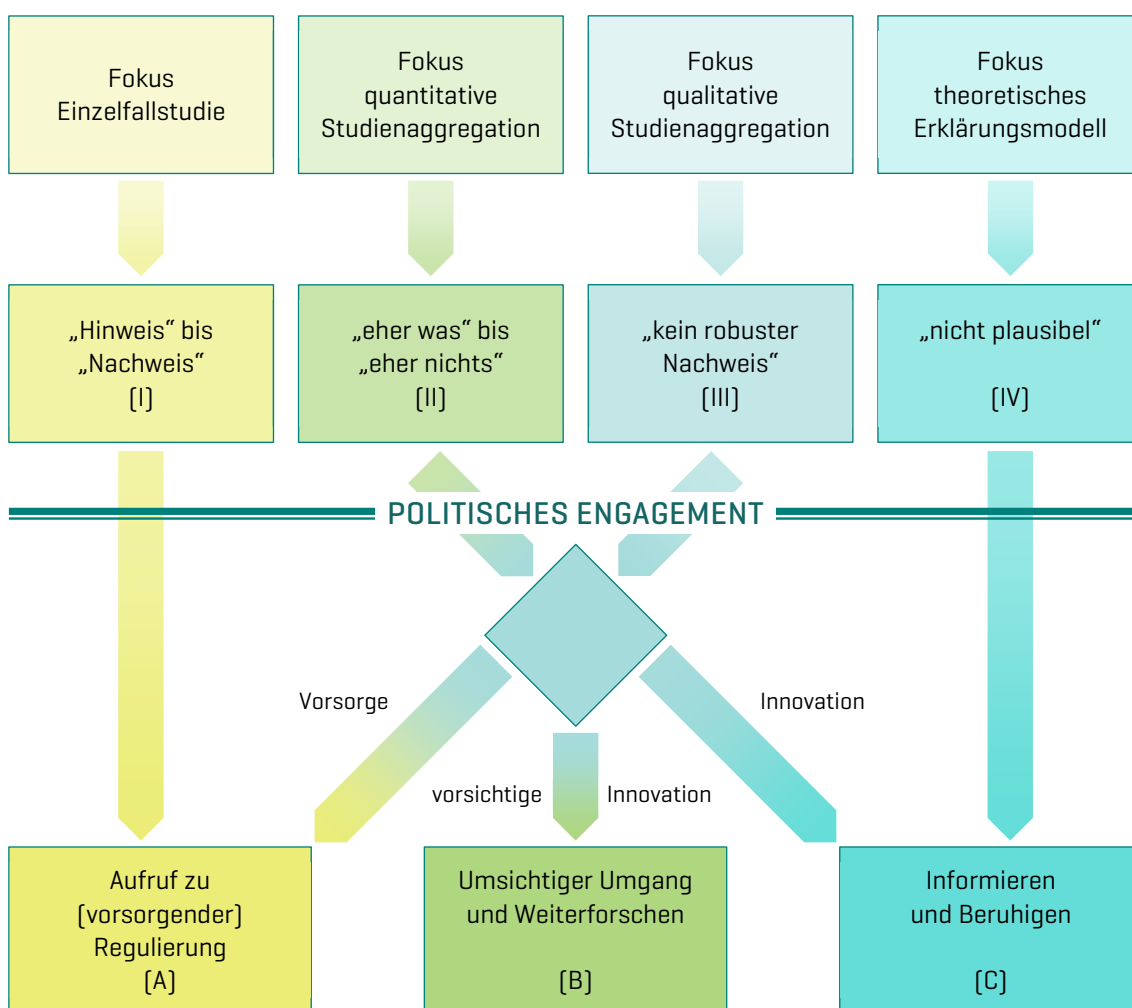


Abbildung 2: Studienfokus, politische Präferenz und Empfehlungstyp

Quelle: Eigene Darstellung

Legende: Ein unterschiedlicher Fokus (auf Einzelstudien, auf quantitativ aggregierte Einzelstudien, auf qualitativ aggregierte Studien oder auf theoretische Erklärungsmodelle) ist mit unterschiedlichen Interpretationen des Evidenzstandes verknüpft und führt zu unterschiedlichen politischen Empfehlungen.

Die Forderung nach leicht kommunizierbaren, eindeutig und langfristig gültigen Sachstandsdarstellungen ist hier nachvollziehbar und sicherlich gerechtfertigt. Expert*innen müssen daher aus einem Gemenge von Wissensinseln, Wissenslücken, Unwägbarkeiten und unabgeschlossenen Forschungsprozessen jene Elemente herausfiltern, die den spezifischen Erfordernissen der Politikberatung entsprechen. Dies zieht im vorliegenden Kontext eine beobachtbare Priorisierung bestimmter Evidenztypen mit sich und führt zu einer Auffächerung der Sachstandsdarstellungen:

1. *Den Fingerzeig auf den Hinweis auf oder Nachweis von etwas in einer konkreten Einzelstudie verknüpft mit der Diskussion der mit diesen Ergebnissen assoziierten Risikohypothese:* Diese Vorgehensweise verknüpft sich mit einer hohen Motivation, die sprichwörtliche „Nadel im Heuhaufen“ zu finden. Dies kann auch bedeuten, dass einer Risikohypothese auf ganz unterschiedlichen Analyseebenen nachgegan-

Priorisierung bestimmter Evidenztypen für die Politikberatung ...

... führt zu vier Bewertungstypen

Fokus auf Einzelstudien

- gen wird; etwa berücksichtigt die Expertengruppe der RSC (2014, S. 87) für die Risikohypothese „kognitive oder neurologische Effekte“ dem neuen Paradigma einer relativ hohen Plastizität des Gehirns folgend Studien zu kurzfristigen oder langfristigen Veränderungen des Verhaltens, funktionellen Veränderungen (bildgebende Verfahren), Veränderungen der Physiologie, Morphologie, Genetik, Epigenetik, von Proteinen oder anderen Molekülen.
- quantitative Aggregation des Evidenzstandes*
- II. *Den Ausweis einer Metastatistik über alle (halbwegs) vergleichbaren Studien hinweg*, etwa in der Form „Zu Risikohypothese X zeigen 85 % der Studien einen Effekt und 15 % der Studien keinen Effekt.“ oder in der Form „Der in Studien durchschnittliche gemessene Effekt hat die Höhe Y.“ (entweder als Meta-Analyse oder gepoolte Analyse). Die Gesamtbotschaft lautet dann vereinfacht „es wurde eher etwas“ oder „es wurde eher nichts“ beobachtet. Problematisch ist bei dieser Form der Aggregation die stark eingeschränkte Vergleichbarkeit der vorhandenen Studien (vielfach abweichende Studiendesigns in Bezug auf Exposition, exponiertem Objekt, gemessenen Parametern etc. und ungeklärte Fragen bezüglich der Vergleichbarkeit z. B. von Subpopulationen oder Frequenzbereichen).
- qualitative Aggregation des Evidenzstandes*
- III. *Den qualitativen Ausweis der Gesamtstudienlage*, etwa in der Form, dass Ergebnisse oder Notwendigkeit einer Studiensorte durch Befunde aus einer anderen Studiensorte relativiert werden (im Sinne einer Hierarchie unterschiedlicher Studiensorten, wie in der medizinischen Evidenzpyramide ausgewiesen). So wird in einem Bericht die Notwendigkeit relativiert, genotoxische Effekte auf Zellebene zu untersuchen, wenn das Eintreten des wesentlichsten Endpunktes solch genotoxischer Effekte, nämlich Krebs, epidemiologisch und in tierexperimentellen Studien nicht nachweisbar wäre.⁸² Ebenso wird die Qualität der Studien und die Reliabilität und Validität ihrer Aussagen in Bezugnahme auf Studiendesign, Wirkhypothesen und gelingende Reproduktion relativiert. Die Botschaft tendiert hier in die Richtung: Es gibt keinen robusten – im Sinne von widerspruchsfreien und abgesicherten – Nachweis.
- Bewertung der theoretischen Plausibilität*
- IV. Ähnlich wird mitunter die Notwendigkeit komplizierter, methodisch unscharfer und teurer empirischer Studien angezweifelt, solange es keine theoretischen Erklärungsmodelle für Wirkungszusammenhänge gäbe („Die Energie reicht schlichtweg nicht aus, um Chromosomenstrangbrüche herbeizuführen; deshalb muss man nach diesen auch nicht experimentell suchen.“). Hier lautet das häufige (aber nicht einzig mögliche und nicht für alle Expositionsszenarien und Endpunkte gleichermaßen betonte) Resümee, dass eine nicht-thermische Wirkung physikalisch schlichtweg nicht plausibel sei. Die Expert*innengruppe der RSC (2014, S. 82) weist als kritischsten Aspekt ihrer Analysearbeit aus festzustellen, ob es Evidenz für gesundheitsschädliche Wirkungen gibt, *egal ob die dafür verantwortlichen Mechanismen bekannt sind oder nicht*. Nimmt man hingegen – wie diesem Entscheidungspfad zu-

⁸² Umgekehrt wird aber auch argumentiert, dass EMF nicht plausibel Krebs auslösen können, da sie die DNA nicht schädigen, siehe ICNIRP (2009).

grunde gelegt – die Bekanntheit verantwortlicher Wirkmechanismen als Voraussetzung für eine weitere wissenschaftliche Befassung mit der Risikofrage, vereinfacht sich die Arbeit dementsprechend massiv.

Alle vier Darstellungen fassen den Evidenzstand – wenn auch mit unterschiedlicher Priorisierung von Evidenztypen – zusammen. Damit wären sie ein üblicher Abschluss der wissenschaftlichen Praxis. In Beratungskontexten interpretieren Wissenschaftler*innen und wissenschaftliche Beratungsgremien ihre Beratungsaufgabe aber oftmals weiter, als bloß den Evidenzstand zusammenzufassen, und gehen damit einen zweiten Schritt: Sie legen in Bezugnahme auf den Evidenzstand bestimmte gesellschaftliche Umgangsformen und politische Regulierungsentscheidungen nahe. Eine solche Art transdisziplinären Handelns ist unterschiedlich motiviert: Es kann aus einer gefühlten Verantwortungsstellung und aus der Einschätzung, dass in der Politik zu wenig getan wird, resultieren. Dies wäre die typische Rolle des „concerned scientist“ oder wissenschaftlichen „Watchdog“. Es kann aber auch einfach ein Auftrag von Seiten der Politik an eigens dafür geschaffene hybride Gremien oder Einzelexpert*innen ergehen, solche politischen Empfehlungen zu formulieren.

im Beratungskontext folgt auf Zusammenfassung des Evidenzstandes ...

... Schritt 2: Übersetzung des Evidenzstandes in mögliche Empfehlungen

Die vier möglichen Herangehensweisen werden dann in der Regel (so auch in Hinblick auf die Gesundheitsrisiken von Mobilfunk) in einem zweiten Schritt in drei mögliche Empfehlungen übersetzt. In diese zweite Übersetzung gehen Präferenzen in Hinblick auf Risikoregulierung ein – entweder in Richtung möglichst weitgehender Vorsorge oder in Hinblick auf möglichst intensive Innovationsförderung und Deregulierung⁸³.

drei Präferenzen in Hinblick auf Risikoregulierung

(L) Die Betonung eines Hinweises oder Nachweises durch Einzelstudien wird zu einem Aufruf, vorsorgend zu regulieren – eine Übersetzung, die mit der Rolle als „concerned scientist“ bzw. „Watchdog“ einhergeht.

vorsorgende Regulierung

(M) Der Ausweis, dass „eher etwas“ oder „eher nichts“ gefunden wurde, wie auch der Ausweis, dass es „keinen robusten Nachweis“ gäbe, kann je nach Risikokultur unterschiedlich übersetzt werden: Er kann (theoretisch) in einen Aufruf zu vorsorgender Regulierung münden, in eine Empfehlung, vorerst (mit regulierendem Eingriff) abzuwarten, eventuell individuelle Vorsichtsmaßnahmen auf Seiten der Nutzer*innen anzudenken und weitere Forschungsergebnisse abzuwarten, oder in Bemühungen, Öffentlichkeit wie Politik zu beruhigen. Diese Position ist die von politisch beauftragten bzw. berücksichtigten Aggregatoren am häufigsten eingenommene. In entsprechenden Berichten und Stellungnahmen findet sich mitunter ein schillerndes Potpourri zu allen drei Stoßrichtungen (A, B und C)⁸⁴, was dementsprechend unterschiedliche Lesarten zulässt.

Weiterforschen und Abwarten

⁸³ Bezüglich der Varianz von Expert*innenmeinungen im Kontext vorsorgender Politik, vgl. etwa RSC (2014): „There are many definitions of the Precautionary Principle and many more interpretations. Within the Panel, there was a range of opinions regarding the level of evidence needed before precautionary actions should be taken.”

⁸⁴ In einem rhetorisch zugespitzten Kommentar in der Fachzeitschrift *International Journal of Epidemiology* bezeichnen Rodolfo Saracci, früheres IARC-Mitglied,

<i>Informieren und Beruhigen</i>	(N) Der Fokus auf (fehlende) theoretische Plausibilität gesundheitsschädigender athermischer Effekte wiederum verknüpft sich meist mit der Feststellung, dass es keinen wissenschaftlich fundierten Grund gibt, sich zu beunruhigen oder gar zu regulieren. Diese Position wird häufig auch von (physikalisch geschulten) Einzelexpert*innen eingenommen, die nicht wegen fehlender Regulierung beunruhigt sind, sondern wegen uninformativer, unbedachter oder gezielter Desinformation von Politik und Öffentlichkeit durch (medial verbreitete) „Pseudowissenschaft“.
<i>Extrempole neigen zu Lagerbildung</i>	Besonders die beiden extremen Pole (Hinweis/Nachweis und Regulierungsaufwurf versus fehlende Plausibilität und Beruhigung) neigen stark zu Lagerbildung. In diesem Zusammenhang soll noch eine Positionierung genannt werden, die wegen des Versuchs auffällt, eine Stellungnahme über bestehende Fronten hinweg zu formulieren: Dariusz Leszczynski, vormals Mitglied der 2011 IARC Working Group ⁸⁵ , problematisiert für beide (!) Lager (Leszczynski 2019):
<i>Kritik an beiden Lagern durch Leszczynski [2019]</i>	<ul style="list-style-type: none"> • die Selektivität, mit der Studien gesammelt und als verlässliche Evidenzquelle berücksichtigt werden (etwa durch ICNIRP wie auch BioInitiative); • dass oftmals Einzelwissenschaftler*innen Stellungnahmen formulierten (BioInitiative, wie auch SCENIHR); und • dass die Proponent*innen beider Lager nicht miteinander in Dialog treten wollen⁸⁶.

und Jonathan Samet, der frühere Vorsitzende der 2011 IARC Working Group, solche Formen der Stellungnahmen als „ebenso elegant, wie orakelhaft“: „Similar to any oracle it tolerates diametrically opposite readings. If more weight is given to the first sentence, a conclusion is reached in favour of an increased risk, albeit not definitively manifest yet, from intensive use of mobile phones. Giving more weight to the second sentence leads to the conclusion that there are enough sources of errors in the study to dismiss the apparent elevated risks as not real. With equal weight to the two sentences, any conclusion hangs in the balance.“ (Saracci/Samet (2010), S. 695).

Der konkrete Anlass für diesen Kommentar war folgende Aussage aus einer Publikation der INTERPHONE-Studie: “There were suggestions of an increased risk of glioma (...) at the highest exposure levels, for ipsilateral exposures and (...) for tumours in the temporal lobe. However, biases and errors limit the strength of the conclusion we can draw from these analyses and prevent a causal interpretation” (zitiert ebendort).

⁸⁵ Leszczynski fasst den Evidenzstand so zusammen, dass die wissenschaftliche Information ungenügend, uneindeutig und unsicher sei, was sich in der Klassifikation als möglicher Weise karzinogen (2B) durch die IARC niederschläge; dass es aber darüber hinaus Hinweise zur potenziellen Gefährlichkeit für die menschliche Gesundheit gäbe und dass daher die Sicherheitsstufe weiter (auf wahrscheinlich karzinogen, 2A) zu erhöhen wäre. Bemerkenswert ist hier, dass die Aussagekraft der Studien weder besonders auf- noch abgewertet wurde, um diese Empfehlung zu formulieren. Allerdings ist zu vermuten, dass eine breite mediale Öffentlichkeit weder die Unterscheidung zwischen „möglicher Weise karzinogen“ und „wahrscheinlich karzinogen“ nachvollziehen kann, noch den Zusammenhang zwischen einer ungenügenden Studienlage und der Forderung nach einer Erhöhung der Sicherheitsstufe.

⁸⁶ ICNIRP, BioInitiative und Unternehmensvertretungen hätten eine Einladung zu einem Runden Tisch schlichtweg abgelehnt, so Dariusz Leszczynski.

5 Auswertungen in Hinblick auf 5G: Aggregatoren und Reviews

Die dokumentierte Evidenzlage in Hinblick auf 5G ist Ende 2019 noch ausgesprochen dürftig. In Abschnitt 5.1 wird kurz dargestellt, was die ausgewählten Aggregatoren zu 5G schreiben, in Abschnitt 5.2 werden darüber hinaus die aktuellsten Überblicksarbeiten und Reviews ausgewertet, die sich explizit mit 5G beschäftigen.

Evidenz zu 5G ist Ende 2019 noch sehr dürftig

5.1 Aggregatorenaussagen zu 5G

Obwohl 5G bereits in einem Bericht aus 2015 (SCENIHR 2015) in Bezug auf ein Entwicklungsprojekt zu 5G angesprochen wurde (METIS, Laufzeit 2012-2015⁸⁷) und also bereits vor vier bis acht Jahren als absehbarer Innovationsschritt galt, kommt ein Verweis auf 5G in überhaupt nur vier weiteren Aggregatorenberichten (ANSES 2016; ARPANSA 2017; MoH NZ 2018; SSM 2019) und einem Addendum (MoH NZ 2019) vor. In fünf Berichten, die nach 2015 publiziert wurden (HCN 2016; ANSES 2018; SSM 2018; ANSES 2019; ICNIRP 2019) wird 5G hingegen nicht einmal kursorisch erwähnt.

5G kommt nur in fünf Berichten von Aggregatoren explizit vor ...

... nur sehr kursorisch und ohne tiefgreifende Auseinandersetzung

Die 5G-bezogenen Passagen der Aggregatoren beinhalten – in zeitlicher Reihenfolge – folgende Aussagen:

- SCENIHR (2015, S. 30) erwähnt 5G kursorisch: „[G]emäß der Tradition der Mobiltelefonie alle 10 Jahre eine neue Generation einzuleiten, ist zu erwarten, dass 2020 5G-Systeme entwickelt werden und der Nachfrage nach schnellerer Kommunikation und höheren Datentransferraten nachkommen.“ (Übers. d. A.) Aus diesem Anlass sei von der EU bereits das Flaggschiffprojekt METIS finanziert worden, das oberhalb von 6 GHz vor allem Frequenzbereiche zwischen 40 und 90 GHz priorisiert.
- ANSES (2016, S. 12) empfiehlt dringend eine bessere Charakterisierung der Exposition in Hinblick auf andere Signaltypen, als jene von 2G und 3G, zumal eine Studie sehr unterschiedliche Effektniveaus (für das EEG Jugendlicher) abhängig vom eingesetzten Signal (2G oder 3G) gezeigt habe und 5G sowie eine große Bandbreite neuer Anwendungen bereits im Anrollen sei.
- ARPANSA (2017) empfiehlt Forschung zu Millimeterwellen als zusätzliches Spezialforschungsthema, ohne 5G explizit zu nennen.

SCENIHR [2015]

ANSES [2016]

ARPANSA [2017]

⁸⁷ „Mobile and wireless communications Enablers for Twenty-twenty Information Society“, 7. EU-Forschungsförderungsrahmenprogramm, metis2020.com, zuletzt eingesehen am 16.1.2020.

- MoH NZ [2018]*
- Das neuseeländische Gesundheitsministerium widmet in seinem Bericht 2018 eineinhalb Seiten dem Thema 5G und möglichen Gesundheitsrisiken (MoH NZ 2018). Es werden erwartbare Frequenzbereiche von 5G diskutiert (vorerst um 3,5 GHz, später um 26 GHz, langfristig eventuell auch um 1,4 GHz oder 600 MHz, bei mit 4G vergleichbarer Modulierung). Die resultierenden Expositionsniveaus seien zwar noch nicht im Detail bekannt, allerdings wird hier keine wesentliche Erhöhung erwartet. Da bei 26 GHz beinahe alle Energie in den Oberflächenschichten (Haut) absorbiert wird, sei die Exposition in Leistungsflussdichte anstelle von SAR-Werten anzugeben, was Anpassungen der Teststandards für die Expositionsquantifizierung von mobilen Endgeräten wie auch der Grenzwertsetzungen erfordere. IEEE und ICNIRP hätten hierzu bereits Entwürfe vorgelegt. Alle erwartbaren neuen Frequenzbereiche seien bereits (ausreichend) auf gesundheitliche Effekte befohrt und reguliert: „Existing health effects research already covers all these frequency bands, and they are also covered in the New Zealand Standard for RF field exposure.“ (MoH NZ 2018, S. 33f.) Auch aus anderen technischen Aspekten von 5G erwartet dieses Expert*innenkomitee kein neues Gesundheitsrisiko.
- MoH NZ [2019]*
- Auch das 2019 dazu publizierte Addendum (MoH NZ 2019) stellt fest, dass bestehende Evidenz bezüglich Gesundheitsrisiken von Hochfrequenzfeldern auch 5G abdecke und dass es keine guten Gründe gäbe zu glauben, dass 5G-Exposition, die den gegenwärtigen Grenzwerten entspricht, negative Effekte auf die Gesundheit haben könne.
- SSM [2019]*
- Die schwedische Strahlenschutzbehörde verweist in ihrem jährlichen Sachstandsbericht 2019 (SSM 2019) erstmals explizit auf 5G und berücksichtigt auch erste diesbezügliche Reviews. Sie schließt (anders als MoH NZ 2018; MoH NZ 2019), dass es „[t]rotz eines Mangels an bekannten Mechanismen, über die die menschliche Gesundheit durch schwache EMF-Exposition beeinflusst werden könnte, (...) einen Bedarf an zusätzlicher Forschung, die die neuen Frequenzbereiche abdeckt“ gäbe (SSM 2019, Vorwort ohne S.; Übers. d. A.). Das Gremium ruft dazu auf, zukunftsorientierte epidemiologische Studien, wie etwa Kohortenstudien, in diesem Themenbereich zu starten.
- 5G durch Aggregatoren noch kaum abgedeckt*
- Insgesamt lässt sich aus dieser Berichtslage schließen, dass es zu einer gewissen Verzögerung in der Bearbeitung aktueller Themen durch Aggregatoren kommt und dass die erste Einschätzung bezüglich Gesundheitsrisiken durch die Aggregatoren weniger vorsichtig ausfällt, als durch die ersten wissenschaftlichen Reviews in Fachzeitschriften. In Folge soll diesen Reviews besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

5.2 Reviews und Überblicksarbeiten

In diesem Abschnitt werden einzelne Überblicksarbeiten, die in Fachzeitschriften publiziert wurden, vorgestellt und in Hinblick auf gesundheitliche Risikohypothesen, Wissenslücken und anzunehmende Abwesenheit von Risiko ausgewertet. Die systematische Suche nach Reviews zu 5G im millimeterwellen Bereich (zur Vorgangsweise siehe Abschnitt 3.1) ergab sechs als (englischsprachige) Review-Artikel klassifizierte Publikationen:

- „5G Wireless Communication and Health Effects – A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz” (Simkó/Mattsson 2019)
- „Risk to pollinators from anthropogenic electro-magnetic radiation (EMR): Evidence and knowledge gaps” (Vanbergen et al. 2019)
- „Electrohypersensitivity (EHS) is an Environmentally-Induced Disability that Requires Immediate Attention” (Havas 2019)
- „Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review” (Chiaramello et al. 2019)
- „5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications” (Russel 2018)
- „Towards 5G communication systems: Are there health implications? (Di Ciaula 2018)

bislang nur sieben Reviews bzw. Zusammenfassungen des Sachstands in Hinblick auf Gesundheit und 5G in Fachzeitschriften ...

Weiters findet sich eine Zusammenfassung des Sachstands zu einem zentralen Wirkungsbereich (Haut) in

- „The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not? (Betzael et al. 2018)

Aus dieser Liste wiederum beziehen sich nur Simkó und Mattsson (2019), Russel (2018), Di Ciaula (2018) und Betzael et al. (2018) direkt auf 5G-spezifische Frequenzbereiche und die menschliche Gesundheit und werden in Folge detailliert ausgewertet. Dabei werden einerseits die Aussagekraft der Reviews (transparente Studienauswahl, systematischer Vergleich und Gegenüberstellung von Risikohypothesen, Spezifikation von Expositionsbedingungen) und andererseits die inhaltliche Aussage einbezogen.

... von denen sich nur vier auf die 5G-spezifischen Frequenzbereiche beziehen ...

Besonders sticht jedenfalls die Review von Simkó und Mattsson (2019) hervor, die sich mit möglichen gesundheitlichen Auswirkungen von 5G-Mobilfunk im Frequenzbereich von 6 bis 100 GHz beschäftigt. Sie bezieht laut eigenen Angaben die publizierte einschlägige englischsprachige Literatur bis Ende 2018 ein. Die vorhandenen Studien werden systematisch nach Studientyp⁸⁸, Expositionsbedingungen, Ergebnis und Studienqualität verglichen. Für den Frequenzbereich zwischen 6 und 30 GHz können die Autor*innen allerdings nur auf zwei Studien verweisen: Die erste *In-vivo*-

... wobei Simkó/Mattsson [2019] am systematischsten vorgehen und Literatur bis Ende 2018 einbeziehen

⁸⁸ Da Millimeterwellen derzeit nur für Richtfunk breiter im Einsatz sind und es daher keine wesentliche Exposition der Gesamtbevölkerung gibt, fehlen hier epidemiologische Daten und Studien gänzlich.

Studie untersucht die Reaktion von Bakterien und Hefe auf 18-GHz-Strahlung in hoher Intensität (Nguyen et al. 2016) und berichtet von erhöhter Durchlässigkeit der Zellwand, allerdings erst unter sehr hohen SAR-Werten von 5.000 W/kg im Kontext der Entwicklung neuer Therapien. Die zweite *In-vitro*-Studie (Franchini et al. 2018) untersuchte Fibroblasten von menschlichen Föten und Erwachsenen bei 25-GHz-Exposition und berichtet von beobachtbaren Effekten ab einem SAR-Wert von 20 W/kg (Anstieg der Gesamtzahl von Mikronuklei und zentromer-positiven Mikronuklei als Indikator für Aneuploidie-Induktion durch Chromosomenverlust). Für den Frequenzbereich zwischen 30 und 40 GHz, also noch recht nahe am 26-GHz-Bereich, fassen Simkó und Mattsson weitere 18 Studien zusammen. Hier seien in 95 % der Studien Effekte (entzündliche Reaktionen, morphologische Veränderungen, Änderungen der Hauttemperatur, des Blutdrucks, der Herzrate, der Körpertemperatur, der neuronalen elektrischen Aktivität und des EEG, Proteinexpression, oxidativer Stress, Histologie und Zelltod) berichtet worden. Allerdings wurden nur die entzündlichen Reaktionen bei niedrigen Expositionsniveaus gemessen.

*Fazit von
Simkó/Mattsson (2019):*

- zu wenige Studien
- keine klare Evidenz
- zu wenige Studien erfüllen die minimalen Qualitätskriterien
- sinnvolle Sicherheitsbewertung nicht möglich
- Empfehlung: Konzentration auf obere Hautschichten und Augen

Simkó und Mattsson fassen zusammen, dass der überwiegende Anteil der Studien in Hinblick auf medizinische Anwendungen (bei starker bzw. extrem starker Exposition) und nicht in Hinblick auf Gesundheitsrisiken (bei geringer Exposition) durchgeführt wurde. Aufgrund der Diversität der Studien und der jeweils geringen vergleichbaren Studienzahlen könnten keine quantitativen Metaanalysen durchgeführt werden. Es gebe aus den Studien keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Frequenz, Expositionsdauer oder Leistungsflussdichte und Effekthäufigkeit. Insgesamt erwachse aus der Studienlage insgesamt wegen widersprüchlicher Ergebnisse aus *In-vivo*- und *In-vitro*-Untersuchungen keine klare Evidenz. Die Studien lieferten keine guten Erklärungen für „nicht-thermische“ Effekte und zu wenige Studien erfüllten die minimalen Qualitätskriterien, um Schlüsse zuzulassen. So gäbe es keine adäquaten und ausreichenden Informationen, um eine sinnvolle Sicherheitsbewertung durchzuführen oder die Existenz nicht-thermischer Effekte zu beurteilen. Aufgrund der geringen Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung im Millimeterwellen-Bereich wird empfohlen, die Suche nach möglichen biologischen Auswirkungen auf den Menschen auf die oberen Hautschichten und Augen zu konzentrieren, da dort die stärksten Wechselwirkungen zu erwarten sind (Simkó/Mattsson 2019, S. 15). Die Suche sollte dabei nicht auf mögliche akute Auswirkungen (wie z. B. Verbrennungen) beschränkt sein, sondern auch mögliche chronischen Effekte (wie z. B. Entzündungen oder Krebsentwicklung) miteinbeziehen. Auch sehr kurze, intensive Strahlungsspitzen sollten dabei untersucht werden. Für zukünftige Studien sollten Frequenzbereich, Expositionsbedingungen und Intensität der Strahlung genau festgelegt sein, um die Studienergebnisse systematisch einordnen und vergleichen zu können. Studiendesign und -durchführung müssten dafür wesentlich verbessert werden. Es brauche auch Forschung zu lokaler Hitzeentwicklung auf kleinen Oberflächen (etwa Haut oder Auge).

Neben Auswirkungen auf den Menschen sollte auch nach Auswirkungen von 5G-Millimeterwellen auf Flora und Fauna (mit indirekten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit) gesucht werden. Insbesondere die Auswirkungen auf sehr kleine Organismen (ein Zentimeter bis wenige Millimeter), wie z. B. Insekten, Pflanzen oder Pilze, sei eine relevante Frage, da die Eindringtiefe von Millimeterwellen-Strahlung hier ausreichen könne, um den gesamten Organismus zu erwärmen. Dabei sollten auch Frequenzen nahe einer Resonanzfrequenz des Organismus berücksichtigt werden, da hier die stärksten Wechselwirkungen zu erwarten sind.

Die anderen gefundenen Reviews führen keinen systematischen Vergleich der Studienqualität und der Studienergebnisse durch. Di Ciaula (2018)⁸⁹ schließt, dass erste Beobachtungen zu Millimeterwellen eine Erhöhung der Hauttemperatur, veränderte Genexpression, verstärkte Zellproliferation und Synthese von Stress-Proteinen, entzündlicher und metabolischer Prozesse erhöhten, Augenschäden erzeugen und neuro-muskuläre Dynamiken beeinflussen könnten. Es brauche zwar weitere Studien, um die Gesundheitseffekte besser und unabhängig zu untersuchen, aber die verfügbaren Befunde scheinen diesem Autor auszureichen, um die Existenz biomedizinischer Effekte zu demonstrieren und das Vorsorgeprinzip anzuwenden, exponierte Personen als möglicher Weise gefährdet einzustufen und die geltenden Grenzwerte zu überarbeiten. Allerdings bezieht er die jeweiligen Frequenzbereiche und Expositionsniveaus, wie auch die Frage der Reproduktion der Studienergebnisse durch andere Forscher*innengruppen nicht systematisch in seine Analyse mit ein.

Auch Russel (2018) analysiert Studien nicht systematisch bezüglich Studienqualität und Aussagekraft (Reliabilität, interne und externe Validität etc.). Untersuchungsmethode und untersuchte Expositionsszenarien und damit verbunden die Verlässlichkeit, Verallgemeinerbarkeit und/oder Übertragbarkeit der Funde werden nicht durchgängig spezifiziert. Auch werden die Studien nicht meta-statistisch ausgewertet. Bezüglich vieler Studien werden aber zumindest Frequenzbereiche und auch Leistungsflussdichten und Expositionszeit angegeben.

Diese Autorin listet insbesondere Studien und die durch diese beschriebenen Effekte auf Haut (mit speziellem Verweis auf Schweißdrüsen) und Augen (mit speziellem Verweis auf Linsen-Trübung bzw. Star) auf und betont, dass diesbezüglich Fragen noch offen seien. Therapeutischen und militärischen Einsatz von Millimeterwellen nimmt sie als Hinweis auf deren Wirkkraft, auch wenn die zugrundeliegenden Mechanismen nicht aufgeklärt seien. Jedenfalls deuteten Erfahrungen aus diesen Anwendungen auf frequenz-, modulations-, leistungsflussdichte-, polarisierungs- und zeitabhängige Wirkungsqualitäten hin. Studien deuteten in Bezug auf Augen auch auf Akkumulationseffekte hin (bei geringer Exposition über lange Zeiträume). Aus einer Review aus dem Jahr 1998 bezüglich biologischer Effekte von Millimeterwellen extrahiert sie zudem Studien, die die höheren 5G-

- *auch Flora und Fauna einbeziehen, insb. sehr kleine Organismen*

Di Ciaula [2018]:

- *Notwendigkeit weiterer Studien, aber:*
- *verfügbare Befunde reichen für Anwendung des Vorsorgeprinzips*

Russel [2018]:

- *nach Fragen offen*
- *Akkumulationseffekte*
- *Verweis auf Hinweise zu verschiedenen Risikohypothesen*

⁸⁹ SSM (2019) schließt Di Ciaula (2018) wie auch Russel (2018) aus der Analyse aus, da es sich hier um „narrative Reviews“ handle.

<p><i>Empfehlungen von Russel [2018]:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Datenlücken schließen</i> • <i>unabhängige Gremien befassen</i> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Moratorium</i> 	<p>Frequenzbereiche abdecken. Neuere Studien zu Millimeterwellen und Immunsystem, Tumorsuppression, Genexpression und bakterielle Antibiotikaresistenz werden ebenfalls vorgestellt.</p> <p>Russel schließt aus dem zusammengefassten Evidenzstand, dass Datenlücken (in Bezug auf biologische Effekte, Langzeitexposition und besonders gefährdete Populationsgruppen, Millimeterwellen und gemischte Frequenzbereiche) durch unabhängige Studien gefüllt werden sollten und es unabhängige beratende Gremien in Bezug auf Gesundheit und Umwelt brauche, bevor 5G-Millimeterwellen zum Einsatz kommen (Moratorium). Auch sollten wir unsere Exposition bezüglich hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung minimieren, wo immer technisch möglich (ALARA-Prinzip).</p>
<p><i>Betzalel et al. [2018]:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Antennen-Wirkung von Schweißdrüsen legt nicht-thermische biologische Effekte nahe</i> • <i>Warnung vor 5G-Einsatz in hohen Frequenzbereichen</i> 	<p>Betzalel et al. (2018) diskutieren im Detail mögliche Wirkmechanismen von Frequenzbereichen über 24 GHz bei Absorption durch die Haut. Insbesondere heben sie die morphologische Besonderheit von Schweißdrüsen hervor, die für solche Wirkmechanismen zentrale Bedeutung haben könnte („Antennen-Wirkung“). Auf dieser Basis entwickelte die Forscher*innengruppe ein verbessertes Hautmodell für Simulationsversuche, die wiederum unerwartet hohe und ansteigende SAR-Werte in den hohen Frequenzbereichen (75 bis 110 GHz) zeigten. Sie schließen, dass es ausreichend Evidenz gäbe um nahezulegen, dass die helikale Struktur von Schweißdrüsen in Kombination mit einer Annäherung von Wellenlängen an die Dimensionen von Hautschichten zu nicht-thermischen biologischen Effekten führen könne. Diese Autor*innen warnen dementsprechend vor einem unbeschränkten Einsatz von hohen Frequenzbereichen (insbesondere im sogenannten Sub-THz-Bereich).</p>

5.3 Zusammenfassung der Ergebnisse der Auswertung in Hinblick auf 5G

<p><i>verzögerte Bezugnahme auf 5G durch Aggregatoren</i></p>	<p>Allgemein kann eine verzögerte Bezugnahme auf 5G in Aggregatorenberichten beobachtet werden. Je weniger in diesen Berichten auf konkrete Studien Bezug genommen wird, umso pauschaler scheint dabei das Urteil auszufallen, dass erstens ausreichend Studien vorhanden seien, um die Sicherheit von 5G beurteilen zu können, und dass es zweitens keinen Anlass gäbe, ein Risiko zu erwarten. In den Worten des neuseeländischen Gesundheitsministeriums: „5G is just another application of radio technology. There is nothing unique to 5G that would make it interact differently with the body than other radiofrequency fields (radio signals). For this reason all the previous research on radiofrequency (RF) fields and health also tells us about the effects and safe levels of 5G.“ Der Bericht der schwedischen Strahlenschutzbehörde (SSM 2019) ist hier vorsichtiger und bleibt näher an der vorhandenen Studienlage. Er fordert zu zusätzlicher Forschung auf, die die neuen Frequenzbereiche abdeckt, insbesondere zu zukunftsorientierten epidemiologischen Studien, wie etwa Kohortenstudien.</p>
<p><i>keine einheitliche Einschätzungen, etwa zwischen Neuseeland und Schweden</i></p>	

Erste, momentan schon verfügbare Reviews aus Fachzeitschriften lassen erkennen, dass sich auch hier wieder zwei unterschiedliche Ansätze etablieren (bzw. fortsetzen) könnten: auf der einen Seite methodisch strenge Reviews mit hoher Selektionsrate, der Zielsetzung statistischer Metaanalyse und der Forderung nach qualitativ hochwertigeren Studien und auf der anderen Seite eher inklusive Reviews, die Studien einzeln vorstellen, auf einzelne beobachtete Effekte fokussieren und auf dieser Basis vorsorgende Politik einfordern.

Die sicherlich aufgrund der robusten und nachvollziehbaren Methode zentrale, momentan verfügbare Review in einer Fachzeitschrift ist jene von Simkó und Mattsson (2019). Ganz anders als MoH NZ (2018 und 2019) kommen die Autor*innen zu dem Schluss, dass die Evidenzlage äußerst lückenhaft, nicht statistisch auswertbar und aus einer Vielzahl von Gründen auch kaum qualitativ interpretierbar sei. Aufgrund theoretischer Überlegungen empfehlen sie Studien zu akuten wie auch chronischen Auswirkungen von Exposition (und insbesondere auch intensiven Strahlungsspitzen) auf Haut und Augen (wie auch auf Insekten, Pflanzen und Pilze). Reviews des „inklusive Typs“ (Russel 2018, Di Ciaula 2018) erwarten Effekte auch in oberflächenfernen Körperregionen und sehen die Existenz biomedizinischer Effekte als ausreichend demonstriert an, um das Vorsorgeprinzip anzuwenden und unabhängige Forschung und Beratung zu institutionalisieren. Betzalel et al. (2018) zeigen letztlich überzeugend, dass für Millimeterwellenbereiche besondere nicht-thermische Wirkmechanismen tatsächlich theoretisch plausibel sind.

So ist sowohl auf Ebene der Aggregatoren, der Reviews, wie auch der Einzelstudien noch wenig zu möglichen Gesundheitseffekten von 5G gesagt. In den allermeisten Fällen wird allein auf die mit 5G absehbar im Mobilfunk eingesetzten höheren Frequenzbereiche Bezug genommen oder auf die daraus weiter verstärkte Mischexpositionen durch unterschiedlich charakterisierte elektromagnetische Felder. Die wissenschaftliche Diskussion verdichtet sich hier in Richtung spezifischer Wirkorte und Wirkmechanismen und in Richtung einer gegenwärtig äußerst unzulänglichen Studienlage.

2 Typen Reviews:
A: methodisch streng
vs.
B: inklusiv

Typ A:
„Evidenzlage äußerst
lückenhaft“

Typ B:
„Effekte ausreichend
demonstriert“

Fazit: Studienlage
derzeit äußerst
unzulänglich

6 Konklusionen

Wir ziehen abschließend Konklusionen in vier Schritten: zunächst zum Kontext und zur Vorgangsweise (6.1); dann fassen wir die wissenschaftlichen Befunde zusammen (6.2), ziehen aus diesen Befunde Schlüsse (6.3) und listen am Ende Optionen für die weitere Vorgangsweise auf (6.4).

6.1 Kontext und Sachstand

Die Beurteilung der wissenschaftlichen Evidenz zu möglichen gesundheitlichen Risiken elektromagnetischer Felder der nächsten Generation des Mobilfunks ist ein vielschichtiges Thema. Zum einen ist es durch definitive Unklarheiten, noch bestehende Wissenslücken, Grenzen der Aussagekraft verfügbarer Studien und einen verbleibenden Spielraum in der Interpretation der Gesamtevidenz in Hinblick auf Gesundheitseffekte geprägt. Zum anderen steht die Evidenzbeurteilung in Wechselwirkung mit unterschiedlichen Modellen der Politikberatung und gesellschaftlichen Entscheidungsfindung, mit Vorgaben aus politischen Steuerungs- und technischen Gestaltungsoptionen, Anforderungen und Möglichkeiten guter Risiko- und Unsicherheitskommunikation und Optionen der Öffentlichkeitsbeteiligung. Diese Wechselwirkungen wurden entlang 20 relevanter Kontextfaktoren dargestellt (s. Kapitel 2). Sie umfassen nicht nur wissenschaftliche und technologische, sondern auch politische, soziale, mediale, kulturelle und psychologische Aspekte.

Vor diesem Hintergrund wurden Stellungnahmen einschlägiger und anerkannter wissenschaftlicher Aggregatoren zu gesundheitlichen Aspekten von Mobilfunk ausgewählt und zusammengefasst, die auf einer systematischen Analyse der jeweiligen Gesamtstudienlage beruhen. Die ausgewählten Stellungnahmen decken auf globaler Ebene die Expertise der *World Health Organisation (WHO)*, der *International Agency for Research on Cancer (IARC)*, der *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)* und – als Verbund kritischer Wissenschaftler*innen ohne offizielle Beratungsfunktion – der *BioInitiative Working Group* ab. Auf europäischer Ebene kommen das *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR)* und die ehemalige *Executive Agency for Health and Consumers (EAHC)* hinzu. Auf nationaler Ebene sind Australien durch die *Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA)*, Neuseeland durch das *Ministry of Health (MoH)*, Kanada durch *Health Canada (HC)* bzw. die *Royal Society of Canada (RSC)*, Großbritannien durch die ehemalige *Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR)*, Schweden durch die *Swedish Radiation Safety Authority (SSM)*, die Niederlande durch das *Health Council Netherlands (HCN)*, Frankreich durch die *Agence nationale de sécurité sanitaire*

vielschichtiges Thema

derzeit unauflösbarer Spielraum in der Interpretation der Gesamtevidenz

viele wissenschaftliche, technologische, politische, soziale, mediale, kulturelle und psychologische Wechselwirkungen

Auswertung der Stellungnahmen einschlägiger, anerkannter wissenschaftlicher Aggregatoren

- global
- EU
- Australien
- Neuseeland
- Kanada
- Großbritannien
- Schweden
- Niederlande
- Frankreich
- Deutschland

de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) und Deutschland durch das Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) vertreten.

zusätzlich Reviews und
Überblicksarbeiten

In Hinblick auf die nächste Generation des Mobilfunks (5G) wurden die in den momentan vorliegenden Stellungnahmen dieser Aggregatoren noch wenig substantielle Aussagen um Sachstandsdarstellungen und Analysen in den wenigen, schon verfügbaren Überblicksarbeiten wissenschaftlicher Zeitschriften zu diesem Thema ergänzt.

6.2 Zusammenfassung der wissenschaftlichen Befunde

Daraus ergibt sich ein nicht ganz einheitliches Bild zur Beurteilung gesundheitlicher Risikopotenziale elektromagnetischer Felder des Mobilfunks allgemein und ein noch eher cursorisches Bild, was 5G im Speziellen betrifft.

keine einheitliche und
eindeutige Aussage
zu Gesundheits-
auswirkungen von
Mobilfunk bzw.
speziell 5G

keine akuten,
kurzfristigen,
individuellen
Gesundheitseffekte
für 4G

- Insbesondere kommen die Expert*innengremien zu keiner einheitlichen und eindeutigen Aussage darüber, ob gesundheitliche Auswirkungen nun *für Mobilfunk allgemein und auch für 5G im Speziellen* zu erwarten sind bzw. mit welcher Plausibilität und Wahrscheinlichkeit sie zu erwarten sind, welches Schadensausmaß damit verbunden sein könnte und wie Gesellschaft und Politik mit dieser Ungewissheit umgehen sollen.
- Ein gemeinsamer Nenner über alle Expert*innengremien hinweg ist die Einschätzung, dass akute, kurzfristige, individuelle Gesundheitseffekte des *etablierten Mobilfunks* bei effektiver Einhaltung der bestehenden Grenzwerte in der Durchschnittsbevölkerung unwahrscheinlich sind. (Dabei erscheint allerdings bereits die Definition von „extrem“ aufgrund ihres normativen Gehaltes als diskussionspflichtig.)
- Darüber hinaus umfassen die weiterhin diskutierten Risikohypothesen für *Mobilfunk allgemein* ein breites Spektrum von Änderungen auf Ebene von Genetik, Zellbiologie und Physiologie (mit unklarer medizinischer Bedeutung), über Neurodegeneration und Fertilitätseinbußen bis hin zu einem Risikoanstieg für bestimmte Tumorarten der Kopfregion. All dies in statistisch eher geringem Ausmaß und mit teils limitierter Aussagekraft für Exposition unterhalb der bestehenden Grenzwerte, bei den hier großen exponierten Populationen aber doch mit erheblichem – wenn auch ungewissem – Schadenspotenzial.
- Risikohypothesen *speziell zu 5G* fokussieren auf Basis von Überlegungen zu frequenzspezifischen Absorptionsmustern und Wechselwirkungsmechanismen auf Schädigungen im Bereich der Augen und der Haut bei Menschen, mit einer konkreten Wirkhypothese in Bezug auf menschliche Schweißdrüsen. Darüber hinaus gibt es Wirkhypothesen in Bezug auf kleine und sehr kleine Organismen, wie etwa Insekten, Pilze und Bakterien, ohne etablierte gesundheitliche Relevanz für den Menschen.

verschiedene weitere
Risikohypothesen mit
breitem Spektrum

Wirkhypothesen
zu 5G im Speziellen:
vor allem Augen und
Haut sowie kleine
Organismen

- Alle Gremien stimmen auch darin überein, dass es allgemein zur gesundheitlichen Relevanz hochfrequenter elektromagnetischer Felder des Mobilfunks noch Wissenslücken und Unklarheiten gibt und daher Forschungsbedarf besteht. Für *etablierte Mobilfunkfrequenzen* gilt, dass es inadäquate und limitierte Evidenz zu möglichen Risiken gibt, weil eine Vielzahl teils auch sehr anspruchsvoller Studien weder einen eindeutigen Nachweis noch Entwarnung liefern kann; für die *neuen hohen Mobilfunkfrequenzen von 5G* gilt hingegen, dass erhebliche Wissenslücken bestehen, weil zu relevanten Risikohypothesen, Frequenzbereichen und Feldstärken noch kaum Studien vorliegen (fehlende Untersuchungen).
- Soweit dargestellt, gibt es Übereinstimmung darüber, dass sich die reale Expositionssituation der Bevölkerung durch die zunehmende Allgegenwart elektronischer Geräte (vom *Babyphone* über Kinderspielzeug bis hin zu Mobiltelefonen, *Smart Metern*, selbstfahrenden Autos und *Internet-of-Things*) mit unterschiedlichsten Strahlungsimmissionen aus einer Vielzahl von Quellen *durch 5G* weiter kompliziert und (zumindest in Hinblick auf deren Allgegenwärtigkeit und Dauer) verschärft.
- Soweit überhaupt angesprochen, gibt es auch Übereinstimmungen bezüglich der allgemeinen Notwendigkeit vorsorgender Maßnahmen und verbesserter Risikokommunikation. Bezüglich der Art der empfohlenen vorsorgenden Maßnahmen herrscht jedoch Uneinigkeit.

*Wissenslücken,
Unklarheiten,
Forschungsbedarf,
insb. zu 5G*

*reale Exposition wird
durch Allgegenwart
elektronischer Geräte
weiter kompliziert
und verschärft*

*vorsorgende
Maßnahmen und
bessere
Risikokommunikation*

Zusätzlich lässt sich in der Gesamtheit der Berichte eine Zunahme an Expertise und eine Professionalisierung im Umgang mit diesem komplexen Thema beobachten (allerdings mit Limitierungen in der Herstellung von Vergleichbarkeit der Expertisen untereinander³³).

*Professionalisierung
des Feldes ...*

Für die Gesamtheit der Studien hingegen wird die fehlende Etablierung methodischer Qualitätsstandards bemängelt, auch wenn prinzipielle Schwierigkeiten in der Produktion verlässlicher Evidenz anerkannt werden und sich einzelnen Untersuchungsmethoden und -modelle wesentlich weiterentwickelt haben.

*Bedarf für methodische
Qualitätsstandards*

Der Begriff „5G“ und seine Verwendung bleiben für eine Sicherheitsbewertung allerdings problematisch, da es sich hier um einen Sammelbegriff handelt, der unterschiedliche Aspekte variabel kombiniert. Wesentliche Eckdaten der mittel- bis langfristigen Implementierung von 5G – wie etwa die eingesetzten Frequenzbereiche, Versorgungsinfrastrukturen oder Einsatzgebiete – sind derzeit noch sehr unklar und es können auf dieser Basis auch nur sehr eingeschränkt die zu beurteilenden Expositionssituationen und deren Verbreitungsgrad vorhergesagt werden.

*5G-Implementierung
und
Expositionsszenarien
unklar ...*

*... die Möglichkeit der
Sicherheitsbewertung
daher eingeschränkt*

6.3 Schlussfolgerungen aus den Befunden

Auf Basis der genannten Befunde kommt die vorliegende Studie zu folgenden Schlussfolgerungen:

*mittelfristige eindeutige
und konsensuale
Feststellung des
Risikopotenzials
nicht absehbar*

*5G im Speziellen:
Tierversuche und
In-Vitro-Studien
werden folgen,
epidemiologische
[Langzeit-]Studien noch
nicht möglich*

*Aggregatoren neigen zu
weniger vorsichtigen
Einschätzungen als
wissenschaftliche
Einzelgutachter*innen*

- Aufgrund der lang andauernden Unsicherheiten bezüglich der gesundheitlichen Relevanz *etablierter Mobilfunkstrahlung* und der inzwischen erfahrenen Schwierigkeiten in der Produktion verlässlicher Aussagen in diesem Gebiet ist eine mittelfristige, eindeutige und konsensuale Feststellung des Risikopotenzials nicht absehbar. Ausgeschöpft werden können hier zum Beispiel noch bessere methodische Ansätze, Modelle und Dokumentationen in Bezug insbesondere auf die Erhebung effektiver Expositionscharakteristik und lokaler Absorptionsniveaus und andere studientypspezifische methodische Aspekte, wie etwa die Auswahl der Teilnehmer*innen, Kontrollgruppen, statistische Genauigkeit und Methoden der Effektbeobachtung.
- In *Bezug auf 5G* im Speziellen scheint der Mangel an tierexperimentellen und *In-vitro*-Studien bei gegebener Finanzierung und gutem Studiendesign prinzipiell behebbar. Die mittelfristige Produktion einer robusteren Evidenzsituation bezüglich der etablierten Mobilfunkstrahlung ist jedoch nicht absehbar (anspruchsvolle Studiendesigns) bzw. unwahrscheinlich (Fehlen von epidemiologischen Studien). Der Mangel an epidemiologischen Studien ist erst nach breiterem Einsatz von 5G-Mobilfunk behebbar; der Mangel an epidemiologischen Langzeitstudien, wie sie für die Überprüfung von Karzinogenität beim Menschen zentral sind, ist prinzipiell erst zehn bis 40 Jahre nach Beginn des Einsatzes behebbar.
- Aggregatorenberichte neigen dazu, Wissenslücken und Unwägbarkeiten als geringer und weniger bedeutsam einzuschätzen als wissenschaftliche Reviews in Fachzeitschriften – insbesondere dann, wenn zum Zeitpunkt der Stellungnahme noch wenige einschlägige Studien vorliegen (Frühwarnsituation) und wenn sich die Aggregatoren an eine breite Öffentlichkeit wenden.

6.4 Optionen für die weitere Vorgangsweise

Da es nicht Aufgabe dieser Studie ist und sein soll, konkrete Handlungsempfehlungen zu machen, soll hier nur kurz und exemplarisch aufgelistet werden, welche Möglichkeiten in Berichten, Reviews und Diskussionspapieren genannt werden; dies insbesondere um hervorzuheben, dass Moratorien und Grenzwertsetzungen⁹⁰ einerseits bzw. individuelle Verhaltensanpassungen andererseits nicht das gesamte Spektrum an Möglichkeiten abdecken. Zusätzliche Steuerungsmöglichkeiten umfassen tatsächlich ein weites Spektrum Grenzwert-ergänzender Schutzstrategien:⁹¹

- *Schutzprinzipien der „umsichtigen Vermeidung“* begleitend zu Grenzwertsetzungen: eine Umlegung des STOP-Prinzips (1. Substitution, 2. Technik, 3. Organisation, 4. Personenbezogen) aus dem Arbeitnehmer*innenschutz, Anwendung von (Strahlenschutz-)Prinzipien wie ALATA (so gering, wie technisch möglich, bzw. „As Low As Technically Achievable“) bzw. ALARA (Belastung so gering, wie realistisch erreichbar, bzw. „As Low As Reasonably Achievable“), oder auch allgemeiner „umsichtige Vermeidung“ („prudent avoidance“, RSC 2014).
- *Formulierung spezifischer Leitlinien*, etwa für Sendeanlagenbau, technisches Design von Endgeräten (in Hinblick auf passive und aktive Immissionsreduktionsmöglichkeiten) oder Grundversorgungsinfrastruktur („nationales Roaming“ als expositionssenkende Maßnahme, Vortreiben des Glasfaserausbaus etc.).
- *Unabhängige, internationale Forschung in höchster Qualität*: In kontroversen Themengebieten ist gerade auch die nachvollziehbare Unabhängigkeit von Forschung gefragt sowie Transparenz bezüglich bestehenden Interessenskonflikten, unabhängige Reproduktion von Ergebnissen in unterschiedlichen Forschungsgruppen und Forschung mit einer nationalen wie internationalen Basis.⁹²
- *Mehr Klarheit und gezieltere Kommunikation* zu den technologischen Details aller geplanten Ausbaustufen, über die tatsächlich erwartbaren Anwendungsbereiche und die damit verbundenen erwartbaren Expositionssituationen wären für eine bessere Einschätzung der Relevanz einzelner Risikoaspekte hilfreich.

aus den Berichten der Aggregatoren, Reviews und Diskussionspapieren extrahierte konkrete Handlungsempfehlungen

Schutzprinzipien der „umsichtigen Vermeidung“

spezifische Leitlinien

unabhängige, internationale Forschung

Transparenz für technische Details und geplante Anwendungen

⁹⁰ Expert*innengremien und Einzelexpert*innen beziehen sich in Hinblick auf Risiko-Governance nicht nur auf das Instrument der Grenzwertsetzung; insbesondere auch, weil eine (quantitative) Grenzwertsetzung bei fehlenden Daten und Extrapolationsmöglichkeiten zu Expositions- oder Absorptions-Wirkungsbeziehungen immer mangelhaft bleibt.

⁹¹ All diese Möglichkeiten und Herausforderungen im Detail zu erheben und zu diskutieren lag jedoch nicht im Aufgabenbereich dieser Studie und so bleibt es bei dieser kursorischen Aufzählung.

⁹² Bezüglich einzelner Risikohypothesen ist zu bemerken, dass immer mehr Forschung aus einzelnen Ländern wie China, dem Iran oder der Türkei stammt, wobei etwa Dürrenberger, et al. (2019) sehr viele dieser Arbeiten mangels entsprechender Qualität für seine Aggregation aussortieren. Manche Risikohypothesen werden auch nur von einem einzigen Forschungsteam mit einer bestimmten Methode untersucht.

<p>Information zu persönlicher aktueller Feldexposition</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Neue Wege der Unsicherheits- und Risikoinformation:</i> Vor dem Hintergrund immer komplexerer und allgegenwärtiger Expositionssituationen, scheint eine Schwelle erreicht, ab der eine prinzipielle Information zu elektr(omagnet)ischer Feldexposition und möglichen Umgangsformen damit anzudenken ist.
<p>neue Formate und Foren für Risikodialog</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Neue Wege und Orte des Unsicherheits- und Risikodialogs in Österreich:</i> Der Austausch von Expert*innen, Behörden, NGOs und breiter Bevölkerung zu diesem Thema braucht die Entwicklung neuer Formate und unabhängiger Institutionen, die den interdisziplinären Evidenzstand, Unsicherheiten, Nichtwissen, Ambivalenzen, Dissens und Interessenskonflikte konstruktiv und partizipativ bearbeiten können (wie teilweise ermöglicht durch das BfS in Deutschland oder die <i>Royal Society</i> in Kanada).
<p>Evaluierung des Risiko- Governance-Systems</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Evaluierung des bestehenden nationalen Risiko-Governance-Systems:</i> z. B. in Hinblick auf die institutionelle Trennung und Legitimationskriterien von Bewertung, Empfehlung, politischer Entscheidung und Management.
<p>Funktion von Öffentlichkeits- beteiligung geht weit über Beruhigung hinaus</p>	<p>Zu bedenken ist hier jedenfalls, dass die möglichen positiven Effekte von Öffentlichkeitsbeteiligung in diesem Kontext weit über wechselseitigen Vertrauensaufbau und Beruhigung hinausgehen; sie ermöglichen auch eine Diskussion von Laieneinschätzungen als intuitiven Befunden mit gewissem Wert für die Risikobeurteilung (etwa Einbezug zunehmender und multipler Expositionssituationen); sie können als Korrektiv für vorhandene Vereinnahmungen dienen (Transparenz, Balance partikularer Interessen); und sie ermöglichen es, unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich des Umgangs mit potenziellen Risiken einzubeziehen sowie Bewusstsein und Expertise zu diesem Thema unter den Betroffenen zu erhöhen.</p>
<p>essentiell:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Risiko-Governance,</i> • <i>Berücksichtigung von Interessenskonflikten,</i> • <i>Risiko-Kommunikation</i> 	<p>Mängel der Risiko-Governance (etwa mangelnde Öffentlichkeitsbeteiligung oder mangelnde Trennung von Risikobewertung und Risikomanagement), Verkürzungen des politischen Diskurses (etwa das Ignorieren tatsächlich bestehender Interessenskonflikte) und Versäumnisse in der Risikokommunikation (etwa die Nichtkorrektur medialer Fehlinformationen) können zu wechselseitig verstärkendem Vertrauensverlust, Diskussionsabbruch und Lagerbildungen führen, was wiederum wissenschaftliche wie demokratiepolitische Qualitätsverluste mit sich zieht.</p>

Glossar

5G

Die sogenannte „fünfte Generation des Mobilfunks“ umfasst ein Bündel an technologischen Neuerungen (Einsatz höherer Frequenzbereiche, spezieller Datenübertragungstechnik oder von „*Beamforming*“), und wird in unterschiedlichen Ausbaustufen und Qualitäten implementiert.

Aggregator

Hier verwendet als (meist öffentliche) Einrichtung, die den über wissenschaftliche Einzelstudien erarbeiteten Wissensstand zusammenfasst und in einer politik- und gesellschaftsberatenden Rolle darauf basierende Stellungnahmen abgibt.

Beamforming

Bei 5G einsetzbare Sendetechnik, die es anders als bei früheren Mobilfunkgenerationen ermöglicht Sendeleistung in eine bestimmte Richtung zu bündeln – nämlich zu jenem Endgerät, das sie zu einem bestimmten Zeitpunkt benötigt. Diese Bündelung von Strahlungsleistung wurde in anderen Kontexten (WLAN) bereits eingesetzt.

Endpunkt

Siehe Risikohypothese.

Evidenz

Das in wissenschaftlichen Studien erarbeitete Wissen zu einer bestimmten Fragestellung.

Evidenzsituation

Beschreibt Ausmaß und Qualität von verfügbarem, sicheren Wissens, wie auch Ausmaß und Qualität von Unsicherheiten, Uneindeutigkeiten oder Kontroversialität betreffend einer Fragestellung. Eine Evidenzsituation kann sich dementsprechend als einfach und abgeklärt oder komplex und widersprüchlich, eventuell sogar prinzipiell nicht abschließbar darstellen.

Evidenzstand

Summe des in einschlägigen Studien erarbeiteten Wissens, inklusive der daraus resultierenden Hinweise auf unsicheres Wissen, Wissenslücken oder Uneindeutigkeiten.

Exposition

Ein Organismus ist einem bestimmten Umwelteinfluss (in diesem Fall einem hochfrequenten, gepulsten oder ungepulsten elektromagnetischen Feld) ausgesetzt.

Expositionsszenario

Beschreibt das Szenario, in dem ein Organismus einem Umwelteinfluss ausgesetzt ist; im konkreten Fall: Wer, wann und wie mit welchen elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks in Kontakt kommt. So ist etwa das Expositionsszenario für Endgeräte anders als für Masten. Für Ersteres ist mit höherer Exposition über kürzere Zeiträume (Telefongespräch, „Einwählen“, Sendersuche) und mittlerer Exposition über längere Zeiträume (eingeschaltetes Endgerät wird in der Tasche nahe am Körper herumgetragen) zu rechnen, für Letzteres eine geringe Dauerexposition. Bei „*Beamforming*“ als spezieller Technologie der neuen Mobilfunkgeneration sieht das Expositionsszenario wiederum etwas anders aus.

In-vitro-Studien

Untersuchungen im Reagenzglas, also etwa an Zellsuspension.

In-vivo-Studien

Untersuchungen an lebenden Organismen.

Reproduzierbarkeit von Studien

Bezieht sich darauf, dass eine Einzelstudie mit gleichem Ergebnis wiederholt werden konnte. Dadurch steigt die Verlässlichkeit des Zusammenhanges zwischen Exposition und Ergebnis und damit die Validität der Messung.

RF

Radio Frequency bzw. Radiofrequenz, synonym mit deutsch „Hochfrequenz“, der Frequenzbereich von 9 kHz bis zur Frequenz langwelligen Lichts im THz-Bereich.

Risikohypothese

Hypothetische Annahme, dass durch Strahlenexposition gesundheitliche Schäden beim Menschen hervorgerufen werden können. Konkrete Risikohypothesen werden in Zell-, Tier- und/oder Humanstudien untersucht; der jeweils untersuchte biologische und/oder gesundheitliche Effekt wird auch als Endpunkt bezeichnet.

Validierung von Studienergebnissen:

Erhärtung der These, dass Studienergebnisse tatsächlich die Wirkung der Exposition auf das Studienobjekt (Zellsuspension, Gewebe oder Organismus) und letztlich auf den exponierten Menschen messen und Aussagen über biologische bzw. gesundheitliche Effekte elektromagnetischer Felder des Mobilfunks zulassen.

Wirkhypothese:

Annahme darüber, wie der einem Effekt zugrunde liegende Wirkmechanismus aussehen könnte.

Abkürzungsverzeichnis

AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail
AGNIR	Advisory Group on Non-Ionising Radiation
AIT	Austrian Institute of Technology
ALARA	as low as reasonably achievable
ALATA	as low as technically achievable
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARPANSA	Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BMU	Bundesumweltministerium
CHAFEA	Consumers, Health, Agriculture and Food Executive Agency
COMARE	Committee on Medical Aspects of Radiation in the Environment
DKFZ	Deutsche Krebsforschungszentrum
DMF	Deutschen Mobilfunkforschungsprogramm
DNA	deoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure)
EAHC	Executive Agency for Health and Consumers
EEA	European Environmental Agency
EEG	Electroencephalogram
EFHRAN	European Health Risk of Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure
ELF	Extremely Low Frequency
EM	Elektromagnetisch
EMF	Elektromagnetische Felder
EMF-NET	Effects of the exposure to electromagnetic fields: from science to public health
EMV	Committee on Electromagnetic Fields (Niederlande)
EU	Europäische Union
GHz	Gigahertz
GMO	genetisch modifizierten Organismen
HC	Health Canada
HCN	Health Council of the Netherlands
Hz	Hertz (Frequenz)
IARC	International Agency for Research on Cancer
ibid	ibidem (am selben Fundort)
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ILO	International Labour Organization
INTERPHONE	Epidemiologische Studie im Auftrag des IARC
IR	Infrarot

IRPA/INIRC	International Radiation Protection Association/International Non-Ionizing Radiation Committee
ITA.....	Institut für Technikfolgen-Abschätzung (der ÖAW)
IZMF	Informationszentrum Mobilfunk
LTE.....	Long-Term Evolution (Telefonstandard)
LUBW-LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg/Bayerisches Landesamt für Umwelt
METIS	EU-Studie zur technischen Entwicklung von 5G
MIMO	multiple Input/multiple Output
mmWave	Millimeterwellen
MUT	Programmgruppe Mensch–Umwelt–Technik
NGO	non-governmental organisations (Nicht-Regierungsorganisationen)
NIR	nichtionisierende Strahlung
NTP	National Toxicology Program (USA)
ÖAW.....	Österreichische Akademie der Wissenschaften
PHE.....	Public Health England
PHEA	Public Health Executive Agency
REM	(Schlafphasen)
RF	radio frequency
RPS3.....	Ribosomales Protein S3
RSC.....	Royal Society of Canada for Health Canada
RTEMF	Runder Tisch Elektromagnetische Felder (Deutschland)
SAR.....	Spezifische Absorbtiionsrate
SC6	Safety Code 6
SCENIHR	Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks
SCHEER	Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks
SSI	Statens kärnkraftinspektion (Swedish Radiation Protection Authority)
SSK.....	Deutsche Strahlenschutzkommission
SSM	Swedish Radiation Safety Authority
TETRA	terrestrial trunked radio
THz.....	Tera-Hertz
TV.....	Television
UNEP	United Nations Environmental Program
USA.....	Vereinigte Staaten von Amerika
UV	Ultraviolet
WBF	Wissenschaftliche Beirat Funk (Österreich)
WHO	World Health Organisation
WLAN.....	wireless local area network
WTO.....	World Trade Organisation

Bibliographie

- AFSSET (Agence Française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail), 2009, *Opinion concerning the update of the expert appraisal relating to radiofrequencies (Original: Avis concernant la mise à jour de l'expertise relative aux radiofréquences*, Maisons-Alfort: ANSES https://web.archive.org/web/20091122144447/http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/403036549994877357223432245780/09_10_ED_Radiofrequencies_Avis.pdf.
- AGNIR, 2012, *Health Effects from Radiofrequency Electromagnetic Fields*, Nr. RCE-20, 1 April 2012: Public Health England https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/333080/RCE-20_Health_Effects_RF_Electromagnetic_fields.pdf.
- ANSES (Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety), 2013, *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety concerning the update of the „Radiofrequency electromagnetic fields and health” expert appraisal*; ANSES Opinion Request, Nr. 2011-SA-0150, Maisons-Alfort.
- ANSES (Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety), 2016, *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the expert appraisal of „Exposure to radiofrequencies and child health“*, Maisons-Alfort <https://www.anses.fr/en/content/radiofrequency-radiation-mobile-telephones-and-wireless-technologies>.
- ANSES (Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety), 2018, *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety regarding the expert appraisal on „electromagnetic hypersensitivity (EHS) or idiopathic environmental intolerance attributed to electromagnetic fields (IEI-EMF)“*, Maisons-Alfort <https://www.anses.fr/en/content/electromagnetic-fields-comprehensive-expert-appraisal-system>.
- ANSES (Agency for Food Environmental and Occupational Health & Safety), 2019, *Opinion of the French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety on the possible health effects associated with high specific absorption rate values from mobile telephones carried close to the body*, Maisons-Alfort <https://www.anses.fr/en/content/electromagnetic-fields-comprehensive-expert-appraisal-system>.
- ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency), 2014, *Report by the ARPANSA Radiofrequency Expert Panel on Review of Radiofrequency Health effects Research – Scientific Literature 2000-2012*, Yallambie: ARPANSA <https://www.arpansa.gov.au/research-and-expertise/technical-reports>.
- ARPANSA (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency), 2017, *Radiofrequency Electromagnetic Energy and Health: Research Needs.*, Yallambie: ARPANSA <https://www.arpansa.gov.au/research-and-expertise/technical-reports/radiofrequency-electromagnetic-energy-and-health-research>.
- Betzalel, N., Ben Ishai, P. und Feldman, Y., 2018, The human skin as a sub-THz receiver – Does 5G pose a danger to it or not?, *Environ Res* 163, 208-216.
- BfS (Bundesamt für Strahlenschutz – Fachbereich Strahlenschutz und Gesundheit), 2008, *Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms/German Mobile Telecommunication Research Programme (DMF). Bewertung der gesundheitlichen Risiken des Mobilfunks/Health Risk Assessment of Mobile Communications*, Nr. BfS-SG-10/08, Juni, Salzgitter: BfS <https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-201108036032>.

- BioInitiative (Working Group, Cindy Sage and David O. Carpenter (eds) et al.: Behari, J., Rajamani, P., Bellieni, C. V., Belyaev, I., Blackman, C. F., Blank, M., Carlberg, M., Carpenter, D., Davanipour, Z., Fragopoulou, A. F., Gee, D., Grigoriev, Y., Mild, K. H., Hardell, L., Herbert, M., Heroux, P., Kundi, M., Lai, H., Li, Y., Liboff, A. R., Margaritis, L. H., Nittby, H., Oberfeld, G., Persson, B. R., Pinto, I., Sage, C., Salford, L., Sobel, E. und Thomsen, A.), 2012, *A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation*, July: Sage.
- Böschchen, S., Kastenhofer, K., Rust, I., Soentgen, J. und Wehling, P., 2008, Entscheidungen unter Bedingungen pluraler Nichtwissenskulturen, in: Mayntz, R., Neidhardt, F., Weingart, P. und Wengenroth, U. (Hg.): *Wissensproduktion und Wissenstransfer. Wissen im Spannungsfeld von Wissenschaft, Politik und Öffentlichkeit*, Bielefeld: transcript Verlag, 197-220.
- Böschchen, S., Kastenhofer, K., Rust, I., Soentgen, J. und Wehling, P., 2010, Scientific Nonknowledge and Its Political Dynamics: The Cases of Agri-Biotechnology and Mobile Phoning, *Science, Technology, and Human Values* 35(6), 783-811.
- Chiaromello, E., Bonato, M., Fiocchi, S., Tognola, G., Parazzini, M., Ravazzani, P. und Wiart, J., 2019, Radio Frequency Electromagnetic Fields Exposure Assessment in Indoor Environments: A Review, *Int J Environ Res Public Health* 16(6), E955 <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/6/955/pdf>.
- Di Ciaula, A., 2018, Towards 5G communication systems: Are there health implications?, *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 221(3), 367-375 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1438463917308143?via%3Dihub>.
- Dürrenberger, G., Fröhlich, J. und Kastenholz, H., 2019, *Mobilfunk – ein Risiko? Zum Stand des Wissens über mögliche gesundheitliche Wirkungen von Mobilfunkexpositionen*; Broschüre, November, Zürich: FSM – Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation, <https://www.emf.ethz.ch/de/angebot/veroeffentlichungen/mobilfunk-ein-risiko/?text=490>.
- Dürrenberger, G. und Högg, R. (Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM)), 2016, *Divergierende Risikobewertungen im Bereich Mobilfunk*; Schlussbericht, Nr. FKZ BFS AG-F 3 – 03776/FM 8865, Dezember, St. Gallen: Stiftung Risiko-Dialog https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_fm_8865_mobilfunk_risikobewertung_bf.pdf.
- EEA (European Environment Agency, Harremoës, P., Gee, D., MacGarvin, M., Stirling, A., Keys, J., Wynne, B. und Vaz, S. G.), 2001, *Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896–2000*; Environmental issue report, Nr. 22, Copenhagen: Office for Official Publications of the European Communities,.
- EEA (European Environment Agency), 2013, *Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation*; EEA Report, Nr. 1/2013: Publications Office of the European Union.
- EFHRAN (European Health Risk Assessment Network on Electromagnetic Fields Exposure, Sienkiewicz, Z., Schüz, J., Poulsen, A. H. und Cardis, E.), 2012, *Risk analysis of human exposure to electromagnetic fields (revised)*, im Auftrag von: Executive Agency for Health and Consumers Framework of the Programme of Community Action in The Field of Health, December: EFHRAN.
- EMF-NET (coordinated action under FP5), 2009, *Report on health effects of RF with recommendations for non-ionizing radiation protection and research needs*, Lyon: European Commission (URL nicht mehr verfügbar, Download am 20.05.2010).
- EXPONENT, 2015, *Overview of Scientific Assessments of Research on ELF EMF and Health, and Epidemiologic Studies, 2007-2015*, im Auftrag von: EirGrid plc, 8 September, Menlo Park <http://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/Review-of-Scientific-Literature-ELF-EMF.pdf>.

- Falcioni, L., Bua, L., Tibaldi, E., Lauriola, M., Angelis, L. D., Gnudi, F., Mandrioli, D., Manservigi, M., Manservigi, F., Manzoli, I., Menghetti, I., Montella, R., Panzacchi, S., Sgargi, D., Stollo, V., Vornoli, A. und Belpoggi, F., 2018, Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission, *Environmental Research* 165, 496–503 <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.037>.
- Feldman, Y., Puzenko, A., Ishai, P.B., Caduff, A., and Agranat, A.J., 2008, Human Skin as Arrays of Helical Antennas in the Millimeter and Submillimeter Wave Range, *Phys Rev Lett* 100, 128102 (27 March).
- Franchini, V., Franchini, V., Regalbuto, E., De Amicis, A., De Sanctis, S., Di Cristofaro, S., Coluzzi, E., Marinaccio, J., Sgura, A., Ceccuzzi, S. und et al., 2018, Genotoxic Effects in Human Fibroblasts Exposed to Microwave Radiation, *Health Phys.* 115, 126–139.
- Funtowicz, S. O. und Ravetz, J. R., 1993, The emergence of Post-Normal Science, in: Schomberg, R. v. (Hg.): *Science, politics and morality. Scientific uncertainty and decision making*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 85-123.
- Gray, G. M. und Ropeik, D. P., 2002, Dealing With The Dangers Of Fear: The Role Of Risk Communication, *Health Affairs* 21(6), 106-116 <https://www.healthaffairs.org/doi/abs/10.1377/hlthaff.21.6.106>.
- Haas, P. M., 1994, Do regimes matter? Epistemic communities and Mediterranean pollution control, in: Jasanoff, S. (Hg.): *Comparative science and technology policy*, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Ltd., 537-563.
- Havas, M., 2019, Electrohypersensitivity (EHS) is an Environmentally-Induced Disability that Requires Immediate Attention, *J Sci Discov* 3(1), 1-20 <http://www.e-discoverypublication.com/wp-content/uploads/2019/03/JSD18020-final.pdf>.
- HCN (Health Council of the Netherlands), 2008, *Prudent precaution*, Nr. 2008/18E, The Hague.
- HCN (Health Council of the Netherlands), 2013, *Mobile phones and cancer Part 1: Epidemiology of tumours in the head*, Nr. 2013/11, The Hague: Gezondheidsraad <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2013/06/03/mobile-phones-and-cancer-part-1-epidemiology-of-tumours-in-the-head>.
- HCN (Health Council of the Netherlands), 2014, *Mobile phones and cancer Part 2. Animal studies on carcinogenesis* Nr. 2014/22, The Hague: Gezondheidsraad <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2014/09/05/mobile-phones-and-cancer-part-2-animal-studies-on-carcinogenesis>.
- HCN (Health Council of the Netherlands), 2016, *Mobile Phones and Cancer Part 3. Update and overall conclusions from epidemiological and animal studies*, Nr. 2016/06, The Hague: Gezondheidsraad <https://www.healthcouncil.nl/documents/advisory-reports/2002/01/28/mobile-telephones-an-evaluation-of-health-effects>.
- Huss, A., Egger, M., Hug, K., Huwiler-Müntner, K. und Rössli, M., 2007, Source of funding and results of studies of health effects of mobile phone use: systematic review of experimental studies, *Environ Health Perspect* 115(1), 14.
- IARC (International Agency for Research on Cancer Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans), 2013, *Non-Ionizing Radiation, Part 2: Radiofrequency Electromagnetic Fields. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, Lyon, France: IARC <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Non-ionizing-Radiation-Part-2-Radiofrequency-Electromagnetic-Fields-2013>.

- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), 1998, ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (Up to 300 GHz), *Health Physics* 74(4), 494-522 <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Ahlbom, A., Feychting, M., Green, A. C., Kheifets, L., Savitz, D. A. und Swerdlow, A. J.), 2009, *ICNIRP SCI: Epidemiologic evidence on mobile phones and tumor risk: a review*; auch veröffentlicht als: *Epidemiology* 20(5):639-652; 2009.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Swerdlow, A. J., Feychting, M., Green, A. C., Kheifets, L. und Savitz, D. A.), 2011, ICNIRP SCI review mobile phones, brain tumours and the interphone study: where are we now?, *Environmental Health Perspectives* 119(11), 1534-1538.
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), 2019, *ICNIRP Note: Critical Evaluation of Two Radiofrequency Electromagnetic Field Animal Carcinogenicity Studies Published in 2018*; preprint <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPnote2019.pdf>; auch veröffentlicht als: *Health Physics* 118/2020.
- IEEE (IEEE International Committee on Electromagnetic Safety SCC39), 2006, *IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*, Nr. IEEE Std C95.1-2005, New York.
- Kastenhofer, K., 2007, Zwischen „schwacher“ und „starker“ Interdisziplinarität – Die Notwendigkeit der Balance epistemischer Kulturen in der Sicherheitsforschung zu neuen Technologien, *ITA manu:script ITA-07-06*.
- Kastenhofer, K., 2011, Risk assessment of emerging technologies and post-normal science, *Science, Technology, and Human Values* 36(3), 287-306.
- Kastenhofer, K., 2015, Die Rekonstruktion idealtypischer Nichtwissenskulturen: Beispiele aus der Risikoforschung zu Grüner Gentechnik und Mobilfunk, in: Wehling, P. und Bösch, S. (Hg.): *Nichtwissenskulturen und Nichtwissensdiskurse. Über den Umgang mit Nichtwissen in Wissenschaft und Öffentlichkeit*, Baden-Baden: Nomos, 63-117.
- Klinke, A. und Renn, O., 2002, A new approach to risk evaluation and management: risk-based, precaution-based, and discourse-based strategies, *Risk Analysis* 22(6), 1071-1094.
- Kühling, W., 2019, Wie umgehen mit dem Stand wissenschaftlicher Erkenntnis?, *Biologische Wirkungen des Mobilfunks*, Mainz: Kompetenzinitiative e. V. <https://kompetenzinitiative.com/mainz-2019/>.
- Leach, V., Weller, S. und Redmayne, M., 2018, A novel database of bio-effects from non-ionizing radiation, *Rev Environ Health* 33(3), 273-280.
- Leitgeb, N., 2011, Comparative health risk assessment of electromagnetic fields, *Wien Med Wochenschr* 161(9-10), 251-262.
- Leszczynski, D., 2019, Kabellose Kommunikationstechnologie: Von 1G zu 5G. Was wir wissen. Was wir nicht wissen. Was wir wissen sollten, *Symposium der Kompetenzinitiative zum Schutz von Mensch, Umwelt und Demokratie e. V. zu biologischen Wirkungen des Mobilfunks*, 4.-6.10., Mainz <https://kompetenzinitiative.com/mainz-2019/>.
- Marques, M. D., Critchley, C. R. und Walshe, J., 2014, Attitudes to genetically modified food over time: How trust in organizations and the media cycle predict support, *Public Understanding of Science* 24(5), 601-618.
- Meskens, G., 2019, The politics of hypothesis: an inquiry into the ethics of scientific assessment, in: Zölzer, F. und Meskens, G. (Hg.): *Environmental Health Risks: Ethical Aspects*, Milton Park/New York: Routledge, 26.

- MoH NZ (Ministry of Health of New Zealand), 2018, *Interagency Committee on the Health Effects of Non-ionising Fields*; Report to Ministers, Nr. 2018, Wellington.
- MoH NZ (Ministry of Health of New Zealand), 2019, *5G Radiofrequency Fields and Health*, November, Wellington.
- Nguyen, T. H. P., Pham, V. T. H., Nguyen, S. H., Baulin, V., Croft, R. J., Phillips, B., Crawford, R. J. und Ivanova, E. P., 2016, The bioeffects resulting from prokaryotic cells and yeast being exposed to an 18 GHz electromagnetic field, *PLoS ONE* 11(7), e0158135
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158135>.
- NTP (National Toxicology Program: NTP Technical Reports Peer Review Panel), 2018a, *Toxicology and carcinogenesis studies in B6C3F1/N mice exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (1,900 Hz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones*; NTP Technical Report, im Auftrag von: National Institutes of Health, Public Health Service und U.S. Department of Health and Human Services, Nr. NTP TR 595, November.
- NTP (National Toxicology Program: NTP Technical Reports Peer Review Panel), 2018b, *Toxicology and carcinogenesis studies in Hsd:sprague dawley sd rats exposed to whole-body radio frequency radiation at a frequency (900 MHz) and modulations (GSM and CDMA) used by cell phones*; NTP Technical Report, im Auftrag von: National Institutes of Health, Public Health Service und U.S. Department of Health and Human Services, Nr. NTP TR 596, November.
- Pielke Jr., R. A., 2007, *The Honest Broker: Making Sense of Science in Policy and Politics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Rittel, H. W. J. und Webber, M. M., 1973, Dilemmas in a general theory of planning, *Policy Sciences* 4, 155–169.
- RSC (The Royal Society of Canada Expert Panel, Demers, P., Findlay, R., Foster, K. R., Kolb, B., Moulder, J., Nicol, A. M., Prato, F. und Stam, R.), 2014, *A review of Safety Code 6 (2013): Health Canada's safety limits for exposure to radiofrequency fields*, im Auftrag von: The Royal Society of Health of Canada, Ottawa https://rsc-src.ca/sites/default/files/SC6_Report_Formatted_1.pdf.
- Russel, C. L., 2018, 5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications, *Environment Research* 165, 484-495
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118300161>.
- Saracci, R. und Samet, J., 2010, Commentary: Call me on my mobile phone ... or better not? – a look at the INTERPHONE study results, *International Journal of Epidemiology* 39, 695–698
<https://academic.oup.com/ije/article/39/3/695/631512>.
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks, Mattsson, M.-O., Auvinen, A., Bridges, J., Norppa, H., Schüz, J., Juutilainen, J., Neubauer, G., Simkó, M. und van Rongen, E.), 2009, *Research needs and methodology to address the remaining knowledge gaps on the potential health effects of EMF*, im Auftrag von: European Commission, July, Brussels.
- SCENIHR, 2012, *Memorandum on the use of the scientific literature for human health risk assessment purposes – weighing of evidence and expression of uncertainty*, im Auftrag von: European Commission, Brussels.
- SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks), 2015, *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF)*, im Auftrag von: European Commission, 27 January, Luxemburg: SCENIHR
https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf.
- Simkó, M. und Mattsson, M.-O., 2019, 5G Wireless Communication and Health Effects – A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz, *Environmental Research and Public Health* 16(18), 3406 <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/18/3406>.

- SSK (Strahlenschutzkommission), 2006, *Mobilfunk und Kinder. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission und wissenschaftliche Begründung*, 6.12., Bonn: SSK.
- SSK (Strahlenschutzkommission), 2011, *Biologische Auswirkungen des Mobilfunks – Gesamtschau – Stellungnahme der Strahlenschutzkommission*, 29./30.09.2011, Bonn: SSK
https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse/2011/Mobilfunk_Gesamtschau.html.
- SSM (Swedish Radiation and Safety Authority: Scientific Council on Electromagnetic Fields), 2014, *Recent Research on EMF and Health Risk: Ninth Report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields 2014*, Nr. 2014:16.
- SSM (Swedish Radiation and Safety Authority: Scientific Council on Electromagnetic Fields), 2015, *Recent Research on EMF and Health Risk: Tenth Report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields 2015*, Nr. 2015:19.
- SSM (Swedish Radiation and Safety Authority: Scientific Council on Electromagnetic Fields), 2018, *Recent Research on EMF and Health Risk: Twelfth Report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields 2017*, Nr. 2018:09.
- SSM (Swedish Radiation and Safety Authority: Scientific Council on Electromagnetic Fields), 2019, *Recent Research on EMF and Health Risk: Thirteenth Report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields 2018*, May.
- TNS Opinion & Social, 2010, *Eurobarometer 73.3: Elektromagnetische Felder*, im Auftrag von: Europäische Kommission (Generaldirektion für Gesundheit und Verbraucherschutz), Brüssel.
- Vanbergen, A. J., Potts, S. G., Vian, A., Malkemper, E. P., Young, J. und Tscheulin, T., 2019, Risk to pollinators from anthropogenic electro-magnetic radiation (EMR): Evidence and knowledge gaps, *Sci Total Environ* 695, 133833.
- WBF (Wissenschaftlicher Beirat Funk), 2019a, *Konsensus 2019*, im Auftrag von: BMVIT, 18. November, Wien https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:72d5711b-e5a3-4882-9d5d-3621a5a1230c/wbf_konsensus_2019.pdf.
- WBF (Wissenschaftlicher Beirat Funk), 2019b, *Literaturliste. Studien zu Mobilfunk und Gesundheit für den WBF. Zeitrahmen Juli 2018 – Juni 2019*, im Auftrag von: BMVIT, 17. Juli, Wien https://www.bmvit.gv.at/dam/jcr:7d32895c-db7d-4214-b6a4-9da663b2bfd6/wbf_literaturliste_2019.pdf.
- Wehling, P., 2006, *Im Schatten des Wissens? Perspektiven der Soziologie des Nichtwissens*, Konstanz: UVK Verlagsgesellschaft.
- Wehling, P. und Böschen, S. (Hg.), 2015, *Nichtwissenskulturen und Nichtwissensdiskurse. Über den Umgang mit Nichtwissen in Wissenschaft und Öffentlichkeit*, in Reihe: Wissenschafts- und Technikforschung, hg. v. Bora, A., Maasen, S., Reinhardt, C. und Wehling, P., Baden-Baden: Nomos.
- Weingart, P., 1983, Verwissenschaftlichung der Gesellschaft – Politisierung der Wissenschaft, *Zeitschrift für Soziologie* 12(3), 225-241.
- WHO (Radiation Environmental Health/Dept. of Protection of the human environment/World Health Organization), 2002, *Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields*, Genf: WHO https://www.who.int/peh-emf/publications/en/EMF_Risk_ALL.pdf.
- WHO (World Health Organization), 2010, *WHO Research Agenda for Radiofrequency Fields*, Geneva: WHO <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44396>.
- Wiedemann, P., Schütz, H. und Thalmann, A. (Programmgruppe Mensch-Umwelt-Technik (MUT)), 2002, *Risikobewertung im wissenschaftlichen Dialog*, im Auftrag von: Forschungszentrum Jülich GmbH.
- Witze, A., 2019, Global 5G wireless deal threatens weather forecasts, *Nature* 575(28 November), 577.

