

„Was ist wirklich dran an der Gefährlichkeit von Elektrosmog?“

Vince Eberts Standpunkt zur Mobilfunkgefahr auf dem Prüfstand

Eine Stellungnahme von Klaus Scheler

Der Kabarettist und Diplomphysiker Vince Ebert aus Frankfurt schreibt für „Spektrum.de“ alle zwei Wochen seine Kolumne „Vince Ebert extrapoliert“. Am 22.12.2018 schrieb er einen Beitrag zum Thema „Was wäre, wenn Elektrosmog gefährlich wäre?“ (<https://www.spektrum.de/kolumne/was-waere-wenn-elektrosmog-gefaehrlich-waere/1615060#>)

In seinem Beitrag wirft Vince Ebert die Frage auf: „Was ist wirklich dran an der Gefährlichkeit von Elektrosmog?“ Die Antwort von Vince Ebert lautet: „Nicht sehr viel!“ In seiner Begründung bezieht er sich auf das über 10 Jahre zurückliegende Mobilfunkforschungsprogramm der Bundesregierung aus den Jahren 2002 bis 2008 und auf weltweit unzählige, aber nicht genannte Studien der letzten Jahrzehnte. Zum Ergebnis dieser Bemühungen um Klärung der Risiken sagt er abwertend: „Heraus kam: nichts!“ Schön wär’s, wenn es so klar und eindeutig wäre! Aber wer die Studien zum Mobilfunkrisiko der letzten Jahre verfolgt hat, weiß: So stimmt es einfach nicht!

Schlüsselwörter: Gesundheitsgefahren durch Mobilfunk, Zellforschung, wissenschaftlich beweisen, Bradford-Hill-Kriterien

Keywords: health risks by mobile communications, cell research, scientific evidence, Bradford-Hill-Criteria

1. Verbreitete Halbwahrheiten

Das deutsche Mobilfunkforschungsprogramm beweist keine Ungefährlichkeit von Mobilfunkfeldern

Nach Abschluss des Mobilfunkforschungsprogramms der Bundesregierung (2008) gaben die offiziellen Verlautbarungen zwar weitgehend Entwarnung in dem Sinne: „Keine Gesundheitsgefahren, solange die Grenzwerte eingehalten werden“. Was Vince Ebert aber nicht erwähnt, ist, dass die Entwarnung schon damals von verschiedenen Seiten kritisiert und ganz klar eingeschränkt wurde. Zum Beispiel schrieb die Strahlenschutzkommission in ihrer Stellungnahme (SSK 2008):

„... für die Bewertung länger anhaltender bis lebenslanger Expositionen [ist] noch Forschungsbedarf gegeben, der besonders in Hinblick auf potenzielle Langzeiteffekte zu sehen ist. ... Offene Fragen ergeben sich auch bezüglich der Exposition von Föten und Kindern sowie potenzieller Auswirkungen auf Kognition, Befindlichkeit und Schlaf. ... Schwierig zu klärende Fragen stellen Befindlichkeitsstörungen dar, die von Betroffenen auf Mobilfunkt einflüsse zurückgeführt werden.“ (S. 29)

Und die Bundesärztekammer (KAPPOS 2008) schrieb:

„... die Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms räumen nicht alle Bedenken bezüglich der gesundheitlichen Unbedenklichkeit elektromagnetischer Felder aus. Dies betrifft insbesondere die Langzeitwirkungen. ... Klinisch ist die Frage einer Existenz des Phänomens ‚Elektrosensibilität‘ bisher ungelöst.“ (S. 30)

Zu wesentlichen Aspekten der Strahlungsrisiken, also zu Langzeitwirkungen, zum Risiko besonders schützenswerter Personen und zur Elektro(hyper)sensibilität wurde also gar nichts

Erhellendes im Mobilfunkforschungsprogramm gesagt, einfach deshalb, weil es aufgrund der damals vorhandenen Studienlage noch nicht möglich war! Mittlerweile gibt es über Langzeitwirkungen (HARDELL 2011, 2013, 2014), über die Sensibilität von Spermien und Embryos (DIAGNOSE-FUNK 2016), über das Krebsrisiko (EUA 2013; GEK/D 2013; IARC 2011; LERCHL 2015, 2018; NTP 2018a und 2018b; HARDELL, CARLBERG 2018) und andere Endpunkte deutlich mehr Erkenntnisse, wie z. B. im EMF-Portal (www.emf-portal.org/de) oder unter www.emfdata.org nachgelesen werden kann. Viele Bedenken haben sich bestätigt!

Eine so weitgehende Entwarnung, wie sie damals ausgesprochen wurde, kann heute nicht mehr überzeugend aufrechterhalten werden. Sie ist schlicht veraltet und berücksichtigt nicht die Erkenntnisse der zahlreichen Studien aus der neueren Zeit (vgl. Reviews von HENSINGER, WILKE 2016; HENSINGER 2018; WILKE 2018).

Scheinbar erwiesene Behauptungen verleiten zu leichtfertigem Verhalten

Dreh- und Angelpunkt in der Argumentation von Vince Ebert und in seinen weiteren Schlussfolgerungen sind seine beiden Aussagen:

- (A) „Nach 30 Jahren intensivem mobilen Telefonieren ist kein einziger Fall bekannt, bei dem es nachweislich zur Schädigung von Menschen durch Mobilfunkwellen kam.“
- (B) „Die einzige messbare Auswirkung von Mobilfunkstrahlen auf den menschlichen Körper ist eine lokale Erwärmung des betroffenen Gewebes wegen der Absorption der Funkwellen. Die liegt allerdings in einer Größenordnung von 0,1°C. Ein Temperaturanstieg, den Sie mit Muttis Wollmütze ebenfalls locker hinkriegen.“

Da hier ein Physiker schreibt, wird ein unkundiger Laie die Aussage (A) vor allem als lehrreich und aufklärend empfinden und kaum infrage stellen. Mit der scheinbar erwiesenen wissenschaftlichen Aussage (B) bekommt er darüber hinaus eine angeblich hieb- und stichfeste Begründung, warum eine Schädigung sogar grundsätzlich nicht möglich ist. Die Aussage (A) wird dadurch glaubhaft und nachvollziehbar gemacht, Zweifel an der Behauptung (A) sollen mit Behauptung (B) endgültig zerstreut werden. Wer über wissenschaftlich nachgewiesene nicht-thermische Beeinträchtigungen und neuere Erkenntnisse über das mobile Telefonieren (HARDELL 2013, 2014) und zugrundeliegende Wirkungsmechanismen in biologischen Systemen (PALL 2013, 2018) nichts weiß (vgl. 2. Kapitel), kann jetzt nur überzeugt sein: Es kann nichts dran sein an der Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunk. Jede Sorge ist unberechtigt.

Ein Leser, der bisher keine Beschwerden durch Mobilfunkfelder erfahren hat oder nicht weiß, dass seine Beschwerden mit der Exposition zusammenhängen könnten, wird durch diese Argumentation von Vince Ebert zu leichtfertiger Nutzung von mobilfunkgesteuerten Geräten verleitet: Sollten in der Folge bei ihm irgendwelche Gesundheitsbeeinträchtigungen auftreten, kann er sie nicht Mobilfunkfeldern anlasten, sondern muss die Ursachen anderweitig suchen: Denn ein Nachweis dafür, dass Mobilfunkfelder die Ursache sein könnten, wurde ja (angeblich) bisher nicht erbracht und die einzige Wirkung kann nur eine leichte Erwärmung sein. Der Leser wird so in trügerischer Sicherheit gewiegt. Vince Ebert ist nicht der einzige, der das Gefahrenpotenzial durch Mobilfunkfelder so bewertet, seine verfängliche Argumentation spiegelt eine weitverbreitete Auffassung wider, die auch von der Mobilfunkindustrie und den deutschen Behörden so oder so ähnlich immer wieder vertreten wird. Die Denkweise beruht zum einen auf einem problematischen, einseitigen Begriff von nachweislich (vgl. 3. Kapitel) und zum anderen berücksichtigt sie nicht neue und bereits vorhandene Erkenntnisse aus der Mobilfunkforschung. Heute wissen wir, dass eine Gesundheitsgefährdung durch Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte eindeutig besteht, vor allem bedingt durch die (zunehmende) Dauerbestrahlung der Menschen.

Unzureichende Argumente für die Ungefährlichkeit des Mobilfunks

Zur Begründung seiner Aussage (B) erklärt Vince Ebert, dass die Gefährlichkeit elektromagnetischer Wellen ausschließlich von ihrer Frequenz abhängt, solange die immer auftretenden Erwärmungswirkungen gering genug bleiben und nicht dadurch bereits Schädigungen entstehen. Wissenschaftlich unstrittig ist: Erst ab einer Frequenz von etwa $f = 10^{15}$ Hz (UV-B Licht) sind elektromagnetische Wellen in der Lage, Atome bzw. Moleküle, mit denen sie in Berührung kommen, zu ionisieren, d.h. Elektronen aus ihrer Hülle abzuspalten und so Ionen zu erzeugen. Wenn Ionisation – wodurch auch immer ausgelöst – in menschlichen Zellen geschieht, kann dies ab einem gewissen Ausmaß zur Schädigung der Zelle und ggf. sogar zu ihrer Zerstörung führen.

Die Trägerfrequenzen von Mobilfunkwellen liegen derzeit bei maximal 5 GHz = 5×10^9 Hz (WLAN). Die Frequenz – und auch die Energie – von 5 GHz-Photonen (kleinste energetische Einheiten) ist daher ca. 200.000-mal geringer als die von UV-B Licht. Daher sind Photonen aus einer Mobilfunkwelle nicht in der Lage, Atome oder Moleküle zu ionisieren. Aus dieser Erkenntnis wird der weit verbreitete, aber voreilige Schluss gezogen,

dass elektromagnetische Wellen erst oberhalb der Frequenz von $f = 10^{15}$ Hz für einen biologischen Organismus grundsätzlich gefährlich sein können, solange die Erwärmungswirkungen bei Wellen unterhalb von $f = 10^{15}$ Hz gering genug bleiben.

Es ist wissenschaftlich erwiesen und unbestritten, dass Mikrowellen ab einer Strahlungsintensität von 100 W/m^2 schwerwiegende gesundheitliche Schäden durch die starke Erwärmung hervorrufen. Die gleiche Strahlungsintensität im optischen und infraroten Bereich, wie sie etwa bei einem bewölkten Himmel auftritt, ist dagegen völlig harmlos für uns. Dies liegt daran, dass der menschliche Körper zu ca. 60 % aus Wasser besteht und nur um einen breiten HF-Bereich um höchstens 30 GHz die Absorption durch die Wassermoleküle relativ hoch ist, bei höheren Frequenzen dagegen deutlich schwächer ausfällt.¹ Außerdem dringt optische Strahlung nur wenige Millimeter tief in den Körper ein, während es bei Mobilfunkfeldern mehrere Zentimeter (bis 10 cm) sein können. Daher muss der Mensch vor zu starker Erwärmung durch Mikrowellenbestrahlung geschützt werden. Allein diesen Schutz sollen die bestehenden Grenzwerte sicherstellen (je nach Frequenz der Strahlung von Basisstationen liegen sie in Deutschland derzeit zwischen $4,5 \text{ W/m}^2$ und 10 W/m^2).

Aus den beiden Sachverhalten „keine Ionisation, fast keine Erwärmung“ wird irrtümlich gefolgert, dass Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte nicht nur ungefährlich sind, sondern grundsätzlich nicht gefährlich sein können, wie es auch Vince Ebert vertritt. Das Fehlerhafte an dieser Argumentation ist die Annahme, dass die Erwärmung durch Mobilfunkwellen die einzig messbare Auswirkung auf den menschlichen Körper ist. Diese Ansicht wurde schon im Jahr 2006 in Anbetracht der damals bereits vorliegenden wissenschaftlichen Befunde als überholt angesehen (ECOLOG 2006): Mobilfunkfelder, die im menschlichen Körper Temperaturerhöhungen unter $0,1 \text{ °C}$ bewirken, können dennoch biologisch hoch wirksam werden, z. B. weil sie nachweislich das zentrale Nervensystem beeinträchtigen, wie z. B. EEG-Messungen zeigen. Bei dauerhafter Einwirkung können sich daraus Gesundheitsschäden entwickeln. Weitere Wirkungen von Mikrowellenfeldern unterhalb der Grenzwerte werden im nächsten Kapitel beschrieben.

2. Erkenntnisse aus der Zellforschung

Wirkungen elektromagnetischer Felder in biologischen Organismen

Bereits im Jahr 1995 hat Bernhardt² die wichtigsten primären Wirkungsmechanismen beim Eindringen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-Felder) in biologische Organismen beschrieben und kommentiert (BERNHARDT 1995). Alle genannten Mechanismen kommen grundsätzlich nur deshalb zum Tragen, weil künstlich erzeugte Mobilfunkfelder polarisiert³ sind (in der Regel vertikal) und daher Kräfte (ungleich Null) in bestimmter Richtung aufgrund ihrer elektrischen und magnetischen Feldkomponenten auf alle Ladungen von Atomen und Molekülen sowie auf Ionen in den bestrahlten Bereichen ausüben. Bei natürlicher Strahlung (z. B. Sonnen- oder Lampenlicht) dagegen geschieht dies nicht, da die ausgesandten Photonen aufgrund ihrer stochastischen Erzeugung keine Kräfte in ständig gleicher Richtung, sondern in ständig wechselnder Richtung auf die Ladungen ausüben, sodass insgesamt die Kraftwirkung Null ist. Dies schließt nicht aus, dass Erwärmungswirkungen auftreten.

Statische elektrische Felder führen zur (Verschiebungs-)Polarisation, also zu entgegengesetzter Verschiebung von positiven bzw. negativen Ladungen. Die Wassermoleküle erfahren dabei eine Orientierungspolarisation, d. h. dass die ungeordnet in alle Richtungen zeigenden Dipole der Wassermoleküle durch das elektrische Feld so ausgerichtet werden, dass sie alle in die Richtung des elektrischen Feldstärkevektors weisen. „Bei diesem Übergang kommt es zu Kraftwirkungen zwischen benachbarten Wassermolekülen, die zu einer Wärmewirkung führen“ (BERNHARDT 1995). Schwingende elektrische Feldstärkevektoren eines Mikrowellenfeldes lösen dann Rotations- und Schwingungsvorgänge der Dipolmoleküle aus.

Neben der Orientierungspolarisation nennt Bernhardt als weiteren wesentlichen Vorgang die Verschiebung von Ionen und die Trennung (bzw. Abstandsvergrößerung) von vermischten positiv und negativ geladenen Ionen (Raumladungen) durch statische Felder. Bei HF-Feldern treten diese Veränderungen in schwingendem Wechsel um den Ausgangszustand herum auf. Dieser Effekt ist vor allem an Zellmembranen von Bedeutung: Denn das Innere der Zelle ist im Ruhezustand – unter Berücksichtigung aller elektrisch negativen und positiven Ladungsbeiträge – insgesamt elektrisch negativ geladen, wogegen das Zelläußere entsprechend eine elektrisch positive Netto-Ladung aufweist: Zum Beispiel ist die Na^+ -Konzentration außerhalb der Zellmembran im Ruhezustand höher als im Inneren, während es für die K^+ -Konzentration umgekehrt ist. Das bedeutet, dass zwischen dem Äußeren und Inneren der Zellmembran eine elektrische (Ruhe-)Spannung U_0 besteht. Dabei wirkt die Doppellipidschicht, aus der die Zellmembran besteht, als schützende Isolationsschicht gegen einen direkten Ladungsausgleich.

Verschiebungen von Raumladungen durch HF-Felder führen an den Zellmembranen zu zusätzlichen elektrischen Spannungen U , die sich der (Ruhe-)Spannung U_0 überlagern. Was bedeutet das biologisch? In der Zellmembran sind mehrere hundert Proteine verankert, die verschiedene Funktionen haben, z. B. als Ionenpumpen, Ionenkanäle (Kanalproteine), Anker (Ankerproteine), Rezeptoren (Rezeptorproteine) oder Enzyme. Die verschiedenen Ionenkanäle durchdringen die Zellmembran und können jeweils nur einen Ionentyp, wie z. B. Natrium- (Na^+), Calcium- (Ca^{++}), Kalium- (K^+) oder Chlorionen (Cl^-), durchlassen wie eine Schleuse. Auf diese Weise ermöglichen sie einen Ionenaustausch zwischen dem Inneren und dem Äußeren der Zelle.

Das Entscheidende ist, dass das Öffnen und Schließen der Ionenkanäle gesteuert ist (sog. „gating“) und damit kontrollierbar wird: Die Ionenkanäle sind normalerweise verschlossen. In Abhängigkeit von spezifischen Stimulationen über einen gewissen Schwellenwert hinaus werden die Ionenkanäle für den Ionenaustausch durchlässig (offen). Dann fließen für einen kurzen Zeitraum die Ionen von selbst, d. h. ohne weiteren Energieaufwand, vom Ort der höheren zum Ort der niedrigeren Konzentration. Von besonderer Bedeutung im Zusammenhang mit HF-Feldern sind die spannungsgesteuerten Ionenkanäle, die aktiviert werden, wenn sich die Membranspannung so stark ändert, dass ein gewisser Schwellenwert überschritten wird. Da sich die Membranspannung beim Eindringen von HF-Feldern in einen biologischen Organismus ändert, muss gefragt werden: Können HF-Felder unterhalb der Grenzwerte die Zellmembran bereits so

stark beeinflussen, dass der Schwellenwert eines spannungsgesteuerten Ionenkanals überschritten wird und es so zu seiner Aktivierung ohne biologische Notwendigkeit kommt? Und was hätte das für Folgen?

Markante Ergebnisse der experimentellen Zellforschung (Auswahl)

Die Forschung der letzten Jahrzehnte kann auf diese Fragen mittlerweile sehr differenzierte Antworten geben. Die Ergebnisse im Einzelnen:

In der Fachliteratur wurde schon lange vor Einführung des Mobilfunks – seit ca. 1976 – über nicht-thermische Wirkungen von gepulsten HF-Feldern am Ort der Zellmembran berichtet. Dabei zeigten sich schon in den frühen Untersuchungen Veränderungen in der Permeabilität (Durchlässigkeit) von Zellmembranen, insbesondere für die Ionen Na^+ , K^+ , Ca^{++} , aber auch Effekte bei den Rezeptoren und anderen Proteinen in der Zellmembran (NONNER 2000).

Die Strahlenschutzkommission (SSK) fasste die Befunde in ihrer Empfehlung zum „Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk“ vom 12.12.1991 wie folgt zusammen (SSK 1991): „... Insgesamt wurde eine komplexe Abhängigkeit dieser Effekte [veränderte Ionendurchlässigkeit von Zellmembranen] von Intensität und Frequenz beobachtet, wobei spezielle Frequenzbereiche besonders wirksam sind. Die Membraneffekte wurden vielfach bestätigt, sodass ihre Existenz heute als gesichert gilt. Hervorzuheben ist, dass die SAR-Werte⁴ hierbei teilweise kleiner als 0,01 W/kg (= 10 mW/kg) sind und damit erheblich unterhalb thermisch relevanter Intensitäten liegen.“ Zum Vergleich: Die SAR-Werte, die heute gesetzlich erlaubt sind, liegen für Ganzkörperbestrahlung (durch Basisstationen) bei 0,08 W/kg und bei Teilkörperbestrahlung (z. B. beim Telefonat mit dem Handy/Smartphone) bei 2 W/kg.

Auch nach Einführung der Mobilfunktechnologie wurden nicht-thermische Effekte im Zusammenhang mit der Zellmembran intensiv erforscht. Einen Überblick über den Forschungsstand bis 2006 geben Funk et al. in ihrem Review Paper „Effects of electro-magnetic fields on cells“ (FUNK 2006) und in ihrer Veröffentlichung „Electromagnetic effects – From cell biology to medicine“ (FUNK 2009). Darin zeigen sie u. a., dass elektrische Felder mit einer elektrischen Feldstärke von 1 Millivolt pro Meter (mV/m) – dies entspricht bei HF-Feldern einer Leistungsflussdichte von ca. 0,0027 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ – bereits biologisch relevante Änderungen der Ladungsdichte an der Zellmembran und daher störende Reaktionen in der Zelle verursachen können. Die Größenordnung dieser kritischen elektrischen Feldstärke liegt um einige 10.000stel niedriger als die heutigen Grenzwerte (GSM – 900 MHz: 41 V/m, UMTS: 61 V/m).

In neuerer Zeit stellte Pall durch eine umfangreiche Literaturrecherche eine weitere wichtige Erkenntnis fest: 23 experimentelle Studien hatten den Nachweis erbracht, dass elektromagnetische Felder, darunter auch Mikrowellenfelder niedriger Intensität, die spannungssensiblen Ca^{++} -Ionenkanäle (VGCC = voltage gated calcium channel), die besonders sensibel auf elektromagnetische Felder reagieren, aktivieren und dadurch auf Prozesse im Inneren der Zelle einwirken können (PALL 2013).

Dass tatsächlich die eindringenden elektromagnetischen Felder (EMF) die Aktivierung auslösen, wurde dadurch bewiesen, dass die verschiedenen VGCC durch einen (für den jeweiligen Typ spezifischen) Calciumkanalblocker geblockt wurden. In diesem Fall traten die vorher gezeigten Reaktionen auf eine EMF-Exposition entweder gar nicht mehr oder nur noch in deutlich abgeschwächter Form auf (PALL 2013, 2015). Diese Ergebnisse beweisen nicht nur, dass elektromagnetische Felder niedriger Intensität tatsächlich biologisch hochwirksam sind, sondern zeigen auch, dass gerade die spannungssensiblen Ca^{++} -Ionenkanäle an vielen biologischen Effekten maßgeblich beteiligt sind. Die Veröffentlichung von Pall (PALL 2013) wurde als eine der weltweit wichtigsten wissenschaftlichen Abhandlungen von 2013 auf der Global Medical Discovery Internetseite geehrt.⁵

Wirkungen irregulärer Aktivierung von Ca^{++} -Ionenkanälen

Die Aktivierung spannungssensibler Ca^{++} -Ionenkanäle führt zu einem schnellen Anstieg der Ca^{++} -Konzentration im Inneren der Zelle, aber auch zu einem starken Anstieg von Stickstoffmonoxid (NO). Dadurch kommen zwei unterschiedliche weitere Prozessverläufe in Gang: Ein erster Prozessverlauf, der therapeutisch genutzt werden kann (z.B. Anregung von Knochenwachstum), und ein zweiter Prozessverlauf, der über den Stickoxid-Peroxyinitrit-Zyklus zu oxidativem Stress führt (PALL 2013, 2014, 2015a). Bei kurzzeitiger Aktivierung überwiegt der erste Prozessverlauf, bei zu lange andauernder oder zu häufiger Aktivierung überwiegt der zweite Prozessverlauf (PALL 2018). Oxidativer Stress bedeutet, dass es zu einer erheblichen Überproduktion von freien Radikalen in der Zelle kommt.

Freie Radikale sind durch ein ungepaartes Elektron in ihrer äußersten Schale charakterisiert und daher sehr reaktiv (KIONTKE 2012, S. 490). Oft handelt es sich um relativ einfache Moleküle, die meist ein oder mehrere Sauerstoffatome mit ungepaartem Elektron enthalten (sog. ROS – Reaktive Sauerstoffspezies⁶): Sie extrahieren schnell Elektronen aus anderen Molekülen, die dann ggf. selbst zu freien Radikalen werden. So kann eine Kettenreaktion ausgelöst werden, die ein enormes pathogenes Potenzial hat (PALL 2015b).

Antioxidantien dagegen können Elektronen liefern, ohne selbst zu Radikalen zu werden. Sie spielen daher eine wichtige Rolle als Neutralisatoren von freien Radikalen. Gelingt es der Zelle nicht, die freien Radikale mit Antioxidantien zu neutralisieren (Reduktionsprozess) oder die aufgetretenen Moleküldefekte zu reparieren, kann dies zu verschiedensten Krankheitsbildern und Störungen bis hin zu Krebs führen (DNA-Schädigungen, Spermien- und Embryoschädigungen, die zu Entwicklungs- und Verhaltensstörungen bei Kindern und Jugendlichen führen können, entzündliche Erkrankungen, neurologische Effekte wie Kopfschmerzen und Erschöpfung u.v.m.; vgl. Review von Hensinger, Wilke 2016). Ob es zu diesen Krankheitsbildern kommt, hängt wesentlich vom Reduktionsvermögen der Zelle ab (u. a. von der Anzahl der vorhandenen Antioxidantien), d.h. letztlich von individuellen Faktoren.

Mittlerweile ist sehr gut belegt, dass Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte in vielen Zellen oxidativen Stress auslösen können. Einen Überblick über den aktuellen Forschungsstand zum oxidativen Stress in Zellen findet man in einer Veröffentlichung von Yakymenko et al. von 2015: „Oxidative mechanisms

of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation“ (YAKYMENKO 2015). Oxidativer Stress findet sich demnach in über 93 Studien ab einer Leistungsflussdichte von $1.000 \mu\text{W}/\text{m}^2$ bzw. einer Absorptionsrate (SAR) von $3 \mu\text{W}/\text{kg} = 0,003 \text{mW}/\text{kg}$, also weit unterhalb der Grenzwerte. Die Aktivierung von spannungssensiblen Ca^{++} -Ionenkanälen (VGCC) durch schwache Mobilfunkfelder kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit als Schlüsselmechanismus für die zellbelastenden bis zellschädigenden Einflüsse dieser Felder angesehen werden.

Es wird immer wieder argumentiert, dass viele Umweltbelastungen (UV-Strahlung, Rauch- und Feinstaubbelastungen, radioaktive Belastungen (Radon), Schwermetallbelastungen u. a.), die ebenso zu oxidativem Stress führen, in der Regel vom Organismus kompensiert werden. Mobilfunkfelder kommen hier nun zunehmend ergänzend hinzu. Bedrohlich dabei ist, dass durch den flächendeckenden Ausbau der Netze und die verbreitete Nutzung von WLAN sich niemand mehr dieser Belastung entziehen kann. Sie wird immer mehr zur Dauerbelastung. Die Grundbelastung, der jeder dann täglich ausgesetzt ist, kann für den Einzelnen unter Umständen schon zu hoch sein.

Durch den weiteren Ausbau der Netze (5G, WLAN) und durch die Nutzung von zunehmend mobilfunkgesteuerten Geräten (Smart-Home) können Mobilfunkfelder zum Hauptverursacher von ggf. dauerhaftem oxidativem Stress werden. Von daher ist es im Sinne des Vorsorgeprinzips dringend geboten, die Menschen darüber aufzuklären, dass sie sich schützen müssen und wie sie sich schützen können.

Wie aktivieren athermische Mikrowellenfelder Ca^{++} - Ionenkanäle?

Zur Frage, wie im Einzelnen Mikrowellenfelder niedriger Intensität spannungssensible Ionenkanäle öffnen können, gibt es mehrere Vorschläge (PALL 2018). Insbesondere wurde von den Forschern Panagopoulos, Johansson und Carlo ein einleuchtender Mechanismus vorgeschlagen, der im Oktober 2015 in den „Scientific Reports“⁷ veröffentlicht wurde (PANAGOPOULOS 2015) und eine Erweiterung früherer Arbeiten (PANAGOPOULOS 2000) darstellt: Unter Berücksichtigung allgemein bekannter elektrischer Parameterwerte der Zellmembran und ihren Ionenkanälen und unter Anwendung physikalischer Gesetzmäßigkeiten können sie berechnen (!), dass Mobilfunkfelder schon bei schwachen Intensitäten in der Lage sind, die spannungssensiblen Ca^{++} -Ionenkanäle in der Zellmembran zu aktivieren. Panagopoulos et al. können durch ihre Analyse sogar Schwellenwerte für die elektrischen und magnetischen Feldstärken quantitativ abschätzen (PANAGOPOULOS 2002, 2015, SCHELER 2016), ab denen polarisierte elektromagnetische Wellen ein Öffnen der Ionenkanäle auslösen und somit biologisch relevant werden. Damit werden Vergleiche zwischen Theorie und Experiment möglich, was für die weitere Forschung von Bedeutung sein dürfte.

Aus wissenschaftlicher Sicht stellen diese Erkenntnisse einen weiteren wichtigen Schritt dar, die Wechselwirkung zwischen polarisierten elektromagnetischen Feldern und der Zellmembran bzw. ihren spannungssensiblen Ionenkanälen im Einzelnen zu verstehen. Insbesondere wird im Rahmen dieses physikalischen Modells auch verständlich, warum niederfrequent gepulste HF-Felder biologisch wirksamer sind als ungepulste HF-Felder.

Zusammenfassung

Insgesamt zeigt sich, dass die Zellmembran und insbesondere die spannungssensiblen Ca^{++} -Ionenkanäle (VGCC) als entscheidender Angriffspunkt von Mobilfunkfeldern angesehen werden müssen, da auf diese Weise die Fülle der nicht-thermischen Wirkungen von Mobilfunkfeldern erklärbar werden: Mobilfunkfelder aktivieren irregulär ohne biologische Notwendigkeit Funktionen der Zellmembran und bringen so die natürliche elektrochemische Balance zwischen der Oberfläche der Membran und dem Zellinneren aus dem Gleichgewicht. Als Folge davon entstehen in vielen Fällen freie Radikale innerhalb der Zelle, die zellbelastende und ggf. zellschädigende Reaktionen in Gang setzen können. Entsprechend vielfältig und weitreichend können daher die biologischen Wirkungen sein. Damit liegt ein plausibler und bereits weitgehend erforschter Wirkungsmechanismus vor, der bereits von vielen Wissenschaftlern und sogar von der kanadischen Gesundheitsbehörde British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC 2013, S. 272) anerkannt wird.

3. Nachweiskriterien und Vorsorgeprinzip

Wann sind Gesundheitsrisiken durch Umwelteinwirkungen bewiesen?

Weit verbreitet ist die Ansicht, dass die Schädlichkeit von Mobilfunkfeldern nicht nachgewiesen sei. Entsprechend ist das entscheidende Wort in der Aussage (A) von Vince Ebert das Wort nachweislich. Wer noch nie über das Problem der Nachweisbarkeit - insbesondere von Schädigungen durch Umwelteinwirkungen (Schadstoffe, Elektromog,...) - nachgedacht hat, ist leicht geneigt zu glauben, es gäbe Einigkeit darüber, welche Belege einen (wissenschaftlichen) Nachweis für umweltbedingte Schädigungen darstellen. Dies ist nicht der Fall, im Gegenteil: Die Nachweiskriterien können verschieden „streng“ festgelegt werden, wie weiter unten genauer ausgeführt wird. Das heißt aber: Je nachdem, welche Forderungen an einen Nachweis gestellt werden, kann es Fälle von nachgewiesener Schädigung geben oder auch nicht.

Es ist unstrittig, dass ein wissenschaftlicher Nachweis für eine möglichst objektive Beurteilung des Gesundheitsrisikos wünschenswert ist. Vince Ebert lässt aber offen, was er unter nachweislich versteht bzw. auf welche Nachweiskriterien er sich bezieht. Die Frage ist: Wie lauten diese Kriterien und gibt es über die festgelegten Kriterien einen allgemeinen Konsens?

Konsens besteht darin, dass sich der wissenschaftliche Nachweis für das Bestehen eines gesundheitlichen Risikos durch elektromagnetische Felder (insb. durch Mobilfunkfelder) auf reproduzierbare Ergebnisse (identischer) wissenschaftlicher Studien (i.W. epidemiologische Studien, Tierstudien und Laborstudien) voneinander unabhängiger Forschungsgruppen stützen muss (Hauptbedingung).

Kein Konsens besteht darin, ob dieses Kriterium bereits für einen Nachweis ausreicht und wie es ggf. zu ergänzen ist. Woran liegt das?

Grundsätzlich wird das Gefahrenpotenzial für den Menschen nicht an einem einzelnen individuellen Fall festgemacht, sondern mittels vergleichender epidemiologischer Studien. Diese

werden statistisch ausgewertet und haben erst dann eine für den Nachweis wichtige Bedeutung, wenn u.a. eine signifikante Beziehung (Korrelation) zwischen der vermuteten Umweltbelastung (Einwirkung) und der beobachteten Schädigung (Wirkung) wiederholt festgestellt wird und sich die verschiedenen Studien nicht widersprechen.

Die gefundene signifikante Korrelation macht dabei für den einzelnen Betroffenen nur eine Aussage über die Zunahme seiner Erkrankungswahrscheinlichkeit, also darüber, inwieweit sein Risiko durch diese Umweltbelastung zu erkranken, gegenüber einer unbelasteten Kontrollgruppe gestiegen ist. Es heißt nicht, dass im Einzelfall eine Erkrankung mit Sicherheit eintreten muss. Und ebenso wenig kann im Einzelfall allein aufgrund der signifikanten Korrelation mit Sicherheit, also nachweislich, gefolgert werden, dass diese Umweltbelastung die Ursache für seine Erkrankung war (vgl. 2. Kapitel). Die Statistik allein stößt hier an eine grundsätzliche Grenze ihrer Aussagekraft.

Darüber hinaus reicht Signifikanz alleine grundsätzlich auch (noch) nicht aus, um sicher von einem Ursache-Wirkung-Zusammenhang ausgehen zu können, da andere Faktoren, die in den Studien nicht erfasst wurden oder die vielleicht gar nicht bemerkt wurden, ebenso die Schädigung bewirkt oder begünstigt haben könnten (Stichwort: methodische oder systematische Fehler). Daher bleibt eine gewisse Unsicherheit bestehen, inwieweit hinter einer gefundenen signifikanten Beziehung auch ein Ursache-Wirkung-Zusammenhang angenommen werden darf. Um dies zu prüfen, gibt es verschiedene Möglichkeiten: Meist werden Zusatzbedingungen formuliert, die zu möglichst hoher Gewissheit führen sollen, dass tatsächlich ein Ursache-Wirkung-Zusammenhang besteht. Jeder dieser „Lösungsvorschläge“ hat aber seine Vor- und Nachteile.

Die Forderungen der SSK für einen Nachweis

In Deutschland hat die Strahlenschutzkommission (SSK) 2001 folgende weitere Zusatzbedingung festgelegt:⁸ „Das wissenschaftliche Gesamtbild stützt das Vorliegen eines kausalen Zusammenhangs“.

Diese zusätzliche, verschärfende Forderung verlangt letztlich das Vorliegen eines in der Wissenschaft akzeptierten konsistenten Ursache-Wirkungsgefüges, von der biologischen Primärwirkung über ggf. veränderte Zellabläufe bis zum funktionellen Schaden. Diese Forderung ist in absehbarer Zeit bzgl. des Gefahrenpotenzials von Mobilfunkfeldern nicht (vollständig) einlösbar, nicht zuletzt deshalb, weil die Erforschung der Vorgänge auf zellulärer Ebene in der Wissenschaft langwierig und derzeit noch nicht abgeschlossen ist und daher ein umfassendes Verständnis noch aussteht.

Die Forderung der SSK stellt somit eine Maximalforderung dar, die (nur) aus wissenschaftlicher Sicht wünschenswert und gerechtfertigt sein mag, da dann absolute Gewissheit besteht. Aus Sicht eines vorsorgenden Gesundheitsschutzes ist eine Maximalforderung für einen Nachweis äußerst problematisch, da „*ggf. dringliche Maßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von möglichen gesundheitlichen Schäden davon abhängig gemacht werden, ob die Wissenschaft einen kausalen Zusammenhang kennt und überprüfen kann*“ (ECOLOG 2006, S. 2-1).

„Die Geschichte vieler gesundheitsschädigender Stoffe zeigt, dass der kausale Ursache-Wirkung-Zusammenhang in der Regel erst viel später aufgedeckt wird, nachdem die gesundheitliche Schädlichkeit bereits offensichtlich und sogar wissenschaftlich anerkannt (aber noch nicht nachgewiesen) ist“ (EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR 2004). Bei vielen derzeit anerkannt schädlichen Stoffen ist der Wirkungsmechanismus bis heute nicht restlos bekannt, so auch bei den Mobilfunkfeldern. Kann man ihnen aufgrund dieses Mangels die Schädlichkeit unterhalb der Grenzwerte einfach absprechen, nur weil die infrage stehende Schädlichkeit (noch) nicht im Sinne der SSK-Forderungen vollständig nachgewiesen ist?

Vorsorgende Gesundheitsmaßnahmen dürfen nicht aufgeschoben werden, bis ein Nachweis im Sinne der SSK vorliegt

Das Hauptziel bei der Frage nach der Gefährlichkeit von Mobilfunkfeldern sollte eigentlich darin bestehen, rechtzeitig erkennen zu können, wann die Menschen zu schützen sind, also vorsorgende Gesundheitsmaßnahmen angesagt sind. Die absolute wissenschaftliche Sicherheit mit (vollständiger) Kenntnis eines Ursache-Wirkung-Zusammenhangs ist – wie oben ausgeführt – dafür nicht brauchbar. Im Sinne des Vorsorgeprinzips reichen geringere Anforderungen an den Schädlichkeitsnachweis aus (EUROPÄISCHE UMWELTAGENTUR 2004, 2013): Die Forderung nach Aufklärung des Ursache-Wirkung-Zusammenhangs und auch die Forderung nach Reproduzierbarkeit der Ergebnisse muss dazu fallengelassen werden, da diese in der Praxis bereits schwierig einzulösende Forderungen darstellen.

Nach einem Vorschlag des Ecolog-Instituts (ECOLOG 2006, S. 2-3) reichen für vorsorgende Gesundheitsmaßnahmen „konsistente Hinweise“ aus: Diese liegen vor, wenn unterschiedliche Untersuchungen mit gleichem Endpunkt zu übereinstimmenden Ergebnissen kommen.

Ich schlage vor, dass man in diesem Fall von „wissenschaftlich anerkannt“ spricht: Zum Beispiel ist wissenschaftlich anerkannt, dass Sonnenstrahlung Hautkrebs hervorrufen kann. Dies ist aber im Sinne der Maximalforderung der SSK nicht bewiesen, weil es auch hier in der Kausalkette noch Lücken gibt, also ein wissenschaftlich anerkannter Ursache-Wirkung-Zusammenhang nicht vollständig vorliegt. Auch der Zusammenhang zwischen Rauchen und Lungenkrebs ist wissenschaftlich anerkannt, aber im strengen Sinne nicht bewiesen.

Konsistente Hinweise auf biologische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder liegen mittlerweile für äußerst viele Endpunkte vor (Reviews von HENSINGER, WILKE 2016; HENSINGER 2018; WILKE 2018): Bereits 2006 hat das Ecolog-Institut (ECOLOG 2006, S. 2-4) für folgende gesundheitliche Auswirkungen konsistente Hinweise ab einer bestimmten Intensität (Leistungsflussdichte) der HF-Felder festgestellt:

- Zelluläre Stressreaktion (oxidativer und nitrosativer Stress) (lt. YAKYMENKO (2015) ab 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)
- Gentoxizität (ab 400.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)
- Störungen des Zentralen Nervensystems (ab 10.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)
- Kanzerogenität (ab 100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, krebserzeugend: NTP 2018, krebspromovierend: LERCHL 2015, 2018)

Nach neueren Studien liegen konsistente Hinweise auch für folgende Endpunkte vor:

- Befindlichkeitsstörungen (Kopfschmerzen, Schlafstörungen u. a.; lt. Leitfaden Senderbau (LSB 2014) ab 1.270 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, lt. HUTTER, KUNDI (2013) ab ca. 100 $\mu\text{W}/\text{m}^2$)
- Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit, Fehlbildungen (lt. 130 Studien ab 1.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (DIAGNOSE-FUNK 2015, 2016))
- Erhöhte Permeabilität der Blut-Hirn-Schranke (ab 100.000 $\mu\text{W}/\text{m}^2$; vgl. HENSINGER, WILKE 2016)

Alle genannten Wirkungen entstehen bei Expositionen unterhalb der Grenzwerte. Sie werden unter dem Einfluss aller Mobilfunkquellen beobachtet, u.a. in der Nähe von Basisstationen, bei Schnurlostelefonen (DECT-Standard), insbesondere auch bei aktiven WLAN-Sendern. Befindlichkeitsstörungen treten nach Inbetriebnahme eines Senders für manche sofort, für andere erst nach Tagen, Wochen, Monaten oder auch nie auf. Viele Betroffene waren vorher beschwerdefrei. Andere Wirkungen (z.B. Krebserkrankungen) zeigen sich erst nach Jahren. Auch wenn die Intensitäten der Mobilfunkfelder in der Realität unterhalb der angegebenen Werte liegen sollten, heißt das nicht, dass keine Gefahr vorliegen kann. Es fehlen dazu bisher konsistente Hinweise.

Fazit: Die offizielle „Entwarnung“ für alle gesundheitlichen Risiken durch Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte basiert auf überzogenen, rein wissenschaftlichen Anforderungen der Strahlenschutzkommission (SSK) an den Nachweis dieser Risiken. Die Missachtung oder Abwertung von konsistenten Hinweisen auf gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte stellt daher einen hoch riskanten Umgang mit diesem Risiko dar und entspricht nicht dem Vorsorgeprinzip.

Die Bradford-Hill-Kriterien

Ein bewiesener und wissenschaftlich anerkannter Wirkungsmechanismus liegt bei Gefährdungen durch Umweltbelastungen selten vollständig vor, d. h. er enthält Lücken, oder er fehlt sogar ganz. Zu der Frage, ob eine wiederholt beobachtete signifikante Korrelation als Ausdruck einer Ursache-Wirkung-Beziehung verstanden werden kann, hat Bradford Hill, ein englischer Statistiker und Epidemiologe, bereits 1965 neun Kriterien vorgeschlagen, mit denen eine vermutete Ursache-Wirkung-Beziehung geprüft werden sollte (HILL 1965). Sie lauten in verkürzter Form:⁹

1. Stärke: Eine schwache Assoziation zwischen zwei Phänomenen besagt nicht, dass keine Kausalität zwischen ihnen existiert. ...
2. Folgerichtigkeit: Übereinstimmende Beobachtungen durch verschiedene Wissenschaftler an verschiedenen Risikopopulationen bei Gebrauch von unterschiedlichen Methoden erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer kausalen Beziehung.
3. Spezifität: Kausalität ist anzunehmen, wenn eine spezifische Population an einer Krankheit leidet, die bisher nur auf eine unbefriedigende Weise erklärt werden kann. ...
4. Zeitlichkeit: Die Wirkung hat nach dem Eintritt der vermuteten Ursache zu erfolgen – und wenn eine Verzögerung zwischen Ursache und ihrer Wirkungsentfaltung erwartet wird, muss der Effekt nach dieser Verzögerung stattfinden. ...

5. Biologischer Gradient: Stärkere Exposition gegenüber einem Risikofaktor sollte zu einem häufigeren Auftreten der Erkrankung führen. ...
6. Plausibilität: Ein plausibler Mechanismus zwischen Ursache und Wirkung ist hilfreich, aber nicht notwendig. Was heute als plausibel betrachtet wird, hängt vom heutigen biologischen Wissen ab. ...
7. Stimmigkeit: Eine Übereinstimmung zwischen epidemiologischen Daten und Ergebnissen aus dem Labor erhöht die Gewissheit, dass eine Kausalität besteht. ...
8. Experiment: ... Mit einer beobachteten Senkung der Erkrankungszahlen nach der Abschaffung eines Risikofaktors wird ein wichtiger Beleg für eine Kausalität erbracht.
9. Analogie: Der Effekt ähnlicher Wirksubstanzen und Risikofaktoren sollte berücksichtigt werden. ...

Bei diesem Vorschlag von Bradford Hill ist der entscheidende Punkt, dass eine genaue Kausalkette nicht bekannt sein muss, ja nicht einmal ein plausibler Wirkungsmechanismus vorliegen muss (siehe 6. Kriterium).

Wenn durch epidemiologische Studien überzeugende (signifikante) statistische Belege für einen Zusammenhang vorliegen und darüber hinaus alle neun Bradford-Hill-Kriterien erfüllt sind, kann mit hoher Gewissheit von einer Ursache-Wirkung-Beziehung ausgegangen werden. Auf dieser Grundlage kam es 1956 zur allgemeinen Anerkennung der Aussage, dass Tabakrauchen das Lungenkrebsrisiko erhöht.¹⁰ Aufgrund des 8. Kriteriums konnte eine japanische Studie (SHINJYO 2014) mit hoher Sicherheit belegen, dass ein Mobilfunkmast die Ursache für Gesundheitsbeschwerden in seiner Nähe war: Nach seinem Abschalten verschwanden die Gesundheitsbeschwerden nach und nach oder gingen auf ein Normalmaß zurück.

Im Zusammenhang mit der Frage, ob die Mobilfunkfelder beim Gebrauch von mobilen Telefonen am Kopf (Smartphone, Handy, Schnurlostelefone) das Risiko erhöhen, an einem Gehirntumor zu erkranken, sind anhand zahlreicher relevanter epidemiologischer Studien alle Bradford-Hill-Kriterien überprüft und bestätigt worden (CARLBERG, HARDELL 2017). Die Weltgesundheitsorganisation (IARC) hatte schon 2011 (IARC 2011) alle Arten der Mobilfunkfelder in die Kategorie 2B „möglicherweise krebserregend“ eingestuft. Da nun alle Bradford-Hill-Kriterien erfüllt sind, kann man sogar sagen: Es ist nachgewiesen (!), dass die Nutzung mobiler Telefone am Kopf das Hirntumorrisiko erhöht. Die IARC wird aufgrund dieser Ergebnisse ihre bisherige Einstufung der Mobilfunkfelder überdenken müssen!

Bradford-Hill-Kriterien für den Nachweis individueller Gesundheitsbeschwerden durch Mobilfunkfelder

Das 4., 5. und 8. Kriterium von Bradford Hill kann im Prinzip auch auf den Einzelfall angewandt werden. Das 8. Kriterium könnte man dafür etwa wie folgt formuliert werden:

„Mit einer beobachteten Senkung der individuellen Erkrankungshäufigkeit nach Vermeidung von Mobilfunkfeldern wird ein wichtiger Beleg für eine Kausalität erbracht.“

Von Betroffenen wird z.B. immer wieder eindrücklich beschrieben wie ihre Beschwerden erst verschwinden oder geringer werden, wenn die Mobilfunkfelder reduziert oder ganz abgeschaltet werden. Nach dem 8. Kriterium von Bradford Hill (in der oben genannten Form) kann dies als „ein wichtiger Beleg für eine Kausalität“ angesehen werden, d.h. dass ihre Beschwerden mit hoher Wahrscheinlichkeit von Mobilfunkfeldern verursacht werden. Auch bei Kindern, die sich in der Nähe von WLAN-aktiven Geräten aufhalten oder zu lange mit einem strahlenden Smartphone/Tablet spielen und Kopfschmerzen bekommen, kann dies beobachtet werden: Ihre Kopfschmerzen klingen immer erst dann ab, wenn das Gerät von ihnen weit genug weg ist und/oder die Bestrahlung (Exposition) für längere Zeit aufhört. Es wäre geradezu unlogisch zu denken: Die WLAN-Strahlung ist daran nicht beteiligt, da der Zusammenhang zu Kopfschmerzen nicht bewiesen ist und aufgrund der schwachen rein thermischen Wirkung nicht sein kann.

Das 8. Kriterium von Bradford Hill nutzen wir alle im Prinzip in vielen alltäglichen Zusammenhängen (z.B. bei Unverträglichkeiten, Allergien, Kopfschmerzen usw.): Wenn wir herausbekommen wollen, ob z.B. ein bestimmter Stoff die Ursache für die auftretenden Beschwerden (z.B. eine allergische Reaktion) ist, können wir diese Vermutung zunächst einfach dadurch testen, dass wir den unter Verdacht genommenen Stoff vermeiden. Das Abklingen bzw. Ausbleiben der Beschwerden ist dann ein wichtiger Beleg für die Richtigkeit der Vermutung, vor allem, wenn sie sich immer wieder in gleicher Weise bestätigt. Die Aufgabe der Wissenschaft ist es dann, die Richtigkeit der Vermutung durch systematische Untersuchungen zu bestätigen oder zu widerlegen. Kann die Wissenschaft eine begründete Vermutung in absehbarer Zeit nicht bestätigen, aber auch nicht definitiv widerlegen – wie es bei der Diskussion um Mobilfunkgefahren vorkommt –, dann ist dies primär der Wissenschaft anzulasten: Denn wenn sie nichts herausbekommt, dann kann es auch daran liegen, dass ihre wissenschaftlichen Nachweiskriterien und -verfahren, ihre bisher gewonnenen Kenntnisse und/oder Modellvorstellungen unvollständig, unzureichend oder unangemessen sind. Wenn also Risiken für Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Mobilfunkfelder unterhalb der Grenzwerte vermutet werden und die Kriterien von Bradford Hill erfüllt sind, können diese nicht mehr als Einbildung abgetan werden, nur weil ein Ursache-Wirkung-Zusammenhang wissenschaftlich nicht bekannt oder anerkannt ist.

Was besagt die Aussage (A) „Nach 30 Jahren intensivem mobilen Telefonieren ist kein einziger Fall von nachweislicher Schädigung von Menschen durch Mobilfunkwellen bekannt“?

Zu Beginn dieses Kapitels wurde ausgeführt, dass es für die Interpretation der Aussage (A) sehr auf die Bedeutung des Wortes „nachweislich“ ankommt, das im Sinne der SSK-Kriterien (1. Möglichkeit) oder im Sinne der Bradford-Hill-Kriterien (2. Möglichkeit) verstanden werden kann. Was ergibt sich daraus?

1. Möglichkeit:

Für den Nachweis eines Gesundheitsrisikos durch Mobilfunkwellen für die Bevölkerung verlangen die SSK-Kriterien das Vorliegen eines Ursache-Wirkung-Zusammenhangs als ein wesentliches Kriterium. Für die Beurteilung eines individuellen Einzelfalls sind die Nachweiskriterien nicht gedacht und auch

nur bedingt brauchbar: Denn auch wenn ein Ursache-Wirkung-Zusammenhang vorliegt und allgemein anerkannt ist, bleibt die Frage bestehen, ob z. B. ein diagnostizierter Hirntumor tatsächlich auf Mobilfunkfelder beim mobilen Telefonieren zurückgeführt werden kann. Hierzu liefert die alleinige Kenntnis eines Ursache-Wirkung-Zusammenhangs ja keine Sicherheit, da – wie in Kapitel 2 ausgeführt – die gleiche Erkrankung auch durch andere Ursachen entstanden sein kann.

Es kann lediglich nicht ausgeschlossen werden, dass der Hirntumor durch Mobilfunkfelder beim mobilen Telefonieren verursacht wurde. Diese Möglichkeit müsste sogar bei Vorliegen eines Ursache-Wirkung-Zusammenhangs auf jeden Fall in Erwägung gezogen werden: Denn wäre wissenschaftlich (streng) bewiesen, dass es keinen Ursache-Wirkung-Zusammenhang zwischen Mobilfunkfeldern beim mobilen Telefonieren und einer Hirntumorentstehung gibt, könnte der Tumor auch nicht durch sie verursacht worden sein. Der Nachweis einer individuellen Schädigung durch Mobilfunkfelder kann mit den SSK-Kriterien allein also gar nicht erbracht werden. Sie sind dafür nicht hinreichend. Es müssten weitere individuelle Faktoren bewertet werden (z. B. die Häufigkeit und Dauer des mobilen Telefonierens), die (statistisch nachweislich) dafür sprechen, dass der Ursache-Wirkung-Zusammenhang tatsächlich bzw. mit hoher Wahrscheinlichkeit durch Mobilfunkfelder aktiviert wurde. Ohne genauere Kenntnis der individuellen Faktoren (Randbedingungen) ist nicht entscheidbar, ob er aktiviert wurde oder nicht.

Für die Aussage (A) heißt das, dass sie im Sinne der SSK-Kriterien immer behauptet werden kann, ohne Gefahr zu laufen, widerlegt zu werden. Sie spiegelt damit eigentlich nur die Unmöglichkeit wider, mithilfe der SSK-Kriterien eine individuelle (!) Schädigung nachzuweisen: Was in Aussage (A) indirekt als Nachweis verlangt wird, kann also mit den SSK-Kriterien gar nicht eingelöst werden. Damit erweist sich die Aussage (A) als irreführend, sie trägt nichts zur Erhellung der Sachlage bei. Derzeit ist ein Ursache-Wirkung-Zusammenhang zwischen mobilem Telefonieren und Gehirntumorrisiko noch nicht vollständig erforscht bzw. allgemein anerkannt. Daher könnte man jede behauptete Schädigung durch Mobilfunkfelder zurzeit (noch) als Vermutung bzw. als nicht nachgewiesen abtun. Allenfalls mit dieser Rechtfertigung ist die Aussage (A) noch denkbar, aber angesichts der derzeit bereits vorliegenden Erkenntnisse über Ursache-Wirkung-Zusammenhänge völlig unangemessen.

2. Möglichkeit:

Man geht von den Bradford-Hill-Kriterien aus. Das 6. Kriterium von Bradford Hill weist klar darauf hin, dass die Kenntnis eines (plausiblen) Mechanismus zwischen Ursache und Wirkung zwar hilfreich, aber nicht einmal notwendig ist, um ein Gefährdungspotenzial beurteilen zu können. Viel entscheidender ist das gesicherte Vorliegen der verschiedenen anderen Beobachtungen, die er in seinen anderen Kriterien formuliert. Für das Gehirntumorrisiko beim Gebrauch mobiler Telefone am Kopf sind alle Bradford-Hill-Kriterien – wie bereits gesagt – in vollem Umfang bestätigt (CARLBERG, HARDELL 2017).

Mittlerweile sind in der Öffentlichkeit auch etliche Fälle von Menschen bekannt, bei denen nicht-thermische Schädigungen durch Mobilfunkfelder (Tumorbildungen) aufgrund der vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse juristisch anerkannt wurden. (Gerichtsurteile zu 2 Fällen in Italien 2009¹¹ und 2012¹²; 2017¹³; erfolgreiche Sammelklage in den USA: SCHEIDSTEGER 2018). Legt man die Bradford-Hill-Kriterien als Nachweiskriterien zugrunde, kann die Aussage (A) so nicht mehr aufrechterhalten werden: Mithilfe dieser Kriterien kann auch ein einzelner Betroffener belegen, dass seine Schädigung durch Mobilfunkfelder mit hoher Gewissheit verursacht (!) wurde.

Damit erweist sich die Aussage (A) insgesamt als Irreführung. Als scheinbar aufklärende Aussage über das Gesundheitsrisiko von Mobilfunkfeldern ist sie unbrauchbar und aufgrund der bereits vorliegenden Erkenntnisse vollkommen unangemessen.

Fazit: Wissenschaft sollte dem Menschen dienen und die Begrenztheit ihrer verwendeten Nachweiskriterien und -verfahren im Blick behalten. Ein nicht gefundener, unvollständiger oder nicht allgemein anerkannter Nachweis für die Schädlichkeit von Mobilfunkfeldern unterhalb der Grenzwerte darf nicht zur unumstößlichen Gewissheit der Unschädlichkeit von Mobilfunkfeldern gemacht werden. Und erst recht darf dieser Mangel nicht dazu benutzt werden, Menschen, die unter Mobilfunkfeldern leiden, zu diskriminieren, lächerlich zu machen oder zu psychologisieren.

Autor:

Dr. rer. nat. Klaus Scheler, Physiker
k.scheler@posteo.de

Literatur

British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) (2013). Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners.

Bernhardt J H (1995). Mobilfunk und Elektromog. Biologische Wirkungen elektromagnetischer Strahlung. Phys. Bl. 51 (1995) Nr. 10, S. 947-950

Carlberg M, Hardell L (2017). Evaluation of Mobile Phone and Cordless Phone Use and Glioma Risk Using the Bradford Hill Viewpoints from 1965 on Association or Causation. Review Article BioMed Research International, Volume 2017, Article ID 9218486, <https://doi.org/10.1155/2017/9218486>

Diagnose-Funk (2015). Studienrecherche 2015-04. <https://www.diagnose-funk.org/download.php?field=filename&id=318&class=DownloadItem>

Diagnose-Funk (2016). Brennpunkt „Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos“. <https://www.diagnose-funk.org/download.php?field=filename&id=323&class=DownloadItem>

Ecolog-Institut (2006). EMF-Handbuch, S. 2-12, Abb. 2.2. https://www.ecolog-institut.de/wp-content/uploads/2017/12/EMF-Handbuch_Komplett.pdf

Europäische Umweltagentur (EUA) (Hrsg.) (2004): Späte Lehren aus frühen Warnungen: Das Vorsorge-prinzip 1896-2000. Dt. Übersetzung: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2697.pdf>

Europäische Umweltagentur (EUA) (Hrsg.) (2013): Late lessons from early warnings, Band II, 2013, p. 555. https://www.eea.europa.eu/de/publications/late-lessons-2-de/at_download/file

Funk R et al. (2006). Effects of electromagnetic fields on cells: physiological and therapeutical approaches and molecular mechanisms of interaction. A review. In: Cells Tissues Organs 182 (2), 59-78

Funk R et al. (2009). Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. Progress in Histochemistry and Cytochemistry 43 (2009), 177-264. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079633608000375>

- GEK/D: Zentrum für Krebsregisterdaten (2013): Krebs in Deutschland 2009/2010. Eine gemeinsame Veröffentlichung des Robert Koch-Instituts und der Gesellschaft der epidemiologischen Krebsregister in Deutschland e.V. (GEK/D).
- Hardell L et al. (2011): Pooled analysis of case-control studies on malignant brain tumors and the use of mobile and cordless phones including living and deceased subjects. *Int J Oncol* 2011; 38(5): 1465-1474.
- Hardell L, Carlberg M, Hansson Mild K (2013): Use of mobile phones and cordless phones is associated with increased risk for glioma and acoustic neuroma. *Pathophysiology* 20(2): 85-110. DOI: 10.1016/j.pathophys.2012.11.01
- Hardell L, Carlberg M (2014): Das Hirntumorrisiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobil- und Schnurlostelefonen, in: Kompetenzinitiative e.V., Hrsg. (2014). Langzeitrisiken des Mobil- und Kommunikationsfunks. Vorträge der Tagung vom 5. April 2014 in Würzburg. http://kompetenzinitiative.net/KIT/wp-content/uploads/2014/09/Tagungsband_Wuerzburg_web.pdf
- Hardell L, Carlberg M (2018): Analyse und Kommentar zum NTP Report, erschienen als diagnose:funk Brennpunkt, 2018
- Hensinger P, Wilke I (2016). Mobilfunk: Neue Studienergebnisse bestätigen Risiken der nicht-ionisierenden Strahlung. *umwelt · medizin · gesellschaft* (29) 3/2016, 15-25
- Hensinger P (2018). Mediziner in der Verantwortung. Mobilfunk-Risiken: An Erkenntnissen fehlt es nicht, aber am politischen Willen, sie zu beachten. *umwelt · medizin · gesellschaft* (31) 3/2018, 22-28
- Hill, Sir Austin Bradford (1965). The Environment and Disease: Association or Causation? In: *Proceedings of the Royal Society of Medicine*. Band 58, Nr. 5, 1965, S. 295–300, PMC1898525 (Volltext)
- International Agency for Research on Cancer (IARC) (2011). IARC Classifies Radiofrequency Electro-magnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans. https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/pr208_E.pdf
- Kappos A D (2008). Das Mobilfunk-Risiko aus ärztlicher Sicht. *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis* Nr. 3, 17. Jg., Dezember 2008, 30-36
- Kiontke S (2012). Physik biologischer Systeme. Die erstaunliche Vernachlässigung der Biophysik in der Medizin. Vitotec Verlagsgesellschaft, Münsing
- Hutter H-P, Kundi M (Institut für Umwelthygiene, Med. Universität Wien) in: DEUTSCHER BUNDESTAG Ausschuss für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit Ausschussdrucksache 17(16)694-F. Öffentliche Anhörung Berlin, 27.02.2013. Studie von 2006: <http://www.der-mast-muss-weg.de/pdf/studien/HutterKundi.pdf>
- Leitfaden Senderbau (LSB) (2014). <https://www.elektromog-messung.at/wp-content/uploads/2015/08/Leitfaden.pdf>
- Lerchl A et al. (2015): Tumor promotion by exposure to radiofrequency electromagnetic fields below exposure limits for humans. *Biochem Biophys Res Commun* 2015; 459 (4): 585 - 590.
- Lerchl A (2018): Synergistische Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Kombination mit kanzerogenen Substanzen – Kokanzergenität oder Tumorpromotion? – Vorhaben 3615S82431; <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-2018011014465>
- Nonner W, Eisenberg B (2000). Electrodifusion in ionic channels of biological membranes. *J. Mol. Liq.* 87: 149–162
- NTP (2018a): NTP Technical Report in the 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 Cellphones. <https://ntp.niehs.nih.gov/results/pubs/longterm/reports/longterm/tr500580/listedreports/tr595/index.html>
- NTP (2018b): NTP Technical Report on the Toxicology and Carcinogenesis Studies in B6C3F1/N MICE Exposed to Whole-Body Radio Frequency Radiation at a Frequency (1.900 MHz) and Modulations (GSM AND CDMA) used by Cellphone. https://www.niehs.nih.gov/ntp-temp/tr596_508.pdf
- Pall M L (2013). Electromagnetic fields act via activation of voltage-gated calcium channels to produce beneficial or adverse effects. *J. Cell. Mol. Med.* Vol 17, No 8, 2013 pp. 958-965. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23802593>
- Pall M L (2014). Microwave electromagnetic fields act by activating voltage-gated calcium channels: Why the current international safety standards do not predict biological hazard. *Recent Res. Devel. Mol. Cell. Biol.* 7 (2014) 0-00 ISBN: 978-81-308-0000-0
- Pall M L (2015a). Elektromagnetische Felder wirken über die Aktivierung spannungsabhängiger Calciumkanäle, um günstige oder ungünstige Wirkungen zu erzeugen. *umwelt · medizin · gesellschaft*, (28) 1/2015, 22-31
- Pall M L (2015b). Review: Microwave frequency electromagnetic fields (EMFs) produce widespread neuropsychiatric effects including depression. *J. Chem. Neuroanat.* (2015), in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jchemneu.2015.08.001>
- Pall M L (2018). Wi-Fi is an important threat to human health. *Environmental Research* 164, 405–416
- Panagopoulos D J, Messini N, Karabarbounis A, Philippetis A L, Margaritis L H (2000). A Mechanism for Action of Oscillating Electric Fields on Cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 272 (2000) 634-640. doi:10.1006/bbrc.2000.2746, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X00927463>
- Panagopoulos D J, Karabarbounis A, Margaritis L H (2002). Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 298 (2002) 95–102
- Panagopoulos D J, Johansson O, Carlo G L (2015). Polarization: A Key Difference between Man-made and Natural Electromagnetic Fields, in regard to Biological Activity. *Sci. Rep.* 5, 14914; doi: 10.1038/srep14914
- Scheidsteger K (2018). Thank You For Calling. Mobiltelefonie kann ihre Gesundheit gefährden. emu Verlag, Lahnstein. Gleichnamiger Film zum Buch: <http://www.ty4c.com/> und <https://shop.diagnose-funk.org/DVD-Thank-you-for-calling-TY4C-85-Minuten-Privatlizenz>
- Scheler K (2016). Polarisation: Ein wesentlicher Faktor für das Verständnis biologischer Effekte von gepulsten elektromagnetischen Wellen niedriger Intensität, 12-seitige Beilage in *umwelt · medizin · gesellschaft*, (29) 3/2016
- Shinryo T, Shinryo A (2014). Signifikanter Rückgang klinischer Symptome nach Senderabbau – eine Interventionsstudie. *umwelt · medizin · gesellschaft*, (27) 4/2014
- Strahlenschutzkommission (SSK) (1991). Schutz vor elektromagnetischer Strahlung beim Mobilfunk - Empfehlung der Strahlenschutzkommission. In: *Bundesanzeiger* Nr. 43 vom 03. März 1992 – Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 24, S. 6
- Strahlenschutzkommission (SSK) (2008): Deutsches Mobilfunk-Forschungsprogramm. Stellungnahme der Strahlenschutzkommission. Verabschiedet in der 223. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 13.05.2008
- Waldmann-Selsam C (2010). Dokumentierte Gesundheitsschäden unter dem Einfluss hochfrequenter elektromagnetischer Felder. 32 Kasuistiken.
- Wilke I (2018). Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten. Sonderbeilage in *umwelt · medizin · gesellschaft*, (31) 1/2018
- Yakymenko et al. (2015). Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med.* Aug 19, 1-16
- Deutsche Übersetzung von Diagnose-Funk e.V. (Hrsg.): Mobilfunkstrahlung weit unterhalb der Grenzwerte führt zu oxidativem Stress in Zellen. *brennpunkt – Ausgabe* 15.10.2015 (<https://www.diagnose-funk.org/download.php?field=filename&id=311&class=DownloadItem>)

Fußnoten

- http://www1.lsbu.ac.uk/water/microwave_water.html
- https://de.wikipedia.org/wiki/Jürgen_Bernhardt
- Als Polarisation wird die Schwingungsrichtung des elektrischen Feldstärkevektors bezeichnet.
- SAR = Strahlungsabsorptionsrate: Sie ist ein Maß für die pro Sekunde aufgenommene Strahlungsenergie pro kg
- <https://globalmedcaldiscovery.com/key-scientific-articles/electromagnetic-fields-act-via-activation-voltage-gated-calcium-channels-produce-beneficial-adverse-effects/>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Reaktive_Sauerstoffspezies
- Die ‚Scientific Reports‘ werden von der Nature Gruppe herausgegeben und gehören damit zu den einflussreichsten Publikationen. Sie liegen weltweit auf Platz 5. ‚Nature‘ ist neben der US-amerikanischen Zeitschrift ‚Science‘ die weltweit angesehenste Zeitschrift für Naturwissenschaften.
- http://www.ssk.de/SharedDocs/Veroeffentlichungen_PDF/BerichtederSSK/Heft30.pdf?__blob=publicationFile
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Ätiologie_\(Medizin\)#cite_note-2](https://de.wikipedia.org/wiki/Ätiologie_(Medizin)#cite_note-2)
- https://de.wikipedia.org/wiki/British_Doctors_Study
- <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=599>
- <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=345>
- <https://www.diagnose-funk.org/publikationen/artikel/detail?newsid=1183>