



Abb. 1 © Morocko/Adobe Stock

Rückgang der Spermienqualität: Umweltmedizinische Ursachen

Handystrahlung, Schwermetallbelastungen, Pestizide ■ Umweltfaktoren stehen im Verdacht, die Spermienqualität zu schädigen – Die Datenlage legt einen achtsamen Umgang damit nahe

Joachim Mutter, Peter Hensinger

Ungewollte Kinderlosigkeit ist ein zunehmendes Problem vieler Paare. Schätzungen gehen davon aus, dass mind. 15% aller Paare ungewollt kinderlos bleiben. Die Dunkelziffer wird höher eingeschätzt. Dies führte in den letzten Jahrzehnten zu einer rasanten Zunahme von künstlichen Befruchtungen mittels In-vitro-Fertilisation (IVF) sowie intrazytoplasmatischen Injektionen (ICSI). Aber auch hier ist die Erfolgsrate – als wichtigste Kennzahl gilt die „Baby-Take-Home-Rate“ – noch unter 30%, wie z. B. in Österreich [1].

Zudem haben mit ICSI gezeugte Jungen anscheinend im Erwachsenenalter selbst häufiger mit Unfruchtbarkeit zu kämpfen [2]. Ob

andere Gesundheitsstörungen wie Allergien, ADHS, Neurodermitis etc. bei künstlich gezeugten Kindern vermehrt auftreten, wird kontrovers diskutiert.

Es werden auch Fremdspermien eingesetzt, wenn der betroffene Mann zu wenig oder eine zu schlechte Qualität seiner Spermien aufweist. Denn zu etwa 30–50% scheint die ausbleibende Schwangerschaft an der männlichen Unfruchtbarkeit (Sterilität), also zu wenig Gesamtspermien und verminderte Spermienqualität (gute Beweglichkeit, hohe Lebendigkeit, wenig Chromosomenschäden) zu liegen [3].

Zusammenfassung

Die abnehmende Spermienqualität der letzten Jahrzehnte hat dazu geführt, dass die Normwerte für das Spermogramm herabgesetzt wurden. Die inzwischen recht umfangreiche Forschung legt den Schluss nahe, dass diverse Umweltfaktoren zur abnehmenden Spermienqualität zumindest beitragen. Dazu zählen u. a. Schwermetall- und Arsenbelastungen, der Einsatz von Glyphosat und Pestiziden in der Landwirtschaft, die Verwendung von Bisphenyl A in Verpackungen. Aber auch elektromagnetische Felder niedriger Intensität, denen praktisch jeder ausgesetzt ist, z. B. durch Mobilfunk, Laptop- und WLAN-Nutzung werden diskutiert.

Im Beitrag wird die aktuelle Datenlage zu den aufgrund der weiten Verbreitung wichtigsten umweltmedizinischen Faktoren für Spermenschäden zusammengefasst.

Rückgang der Spermien?

Studien belegen einen markanten Rückgang der Spermienzahl und -qualität in den letzten Jahrzehnten:

- zwischen 1938 und 1990: Rückgang von 113 Mio./ml auf 66 Mio./ml, also um ca. 50% [4] bzw.
- zwischen 1974 und 2011: Rückgang um 50–60% [5].

Dies scheint, zumindest in neuerer Zeit, ein weltweites Phänomen zu sein. Ältere Studien kamen zu dem Ergebnis, dass der Spermienrückgang nur die westlichen Industriestaaten betraf, nicht andere Länder [6].

In neuerer Zeit, also nach 2000, sind auch Spermienanzahl und -qualität z. B. in Afrika [7] oder in Indien kontinuierlich bzw. dramatisch gefallen. Dabei bestätigte sich zudem, dass unfruchtbare Männer eine deutlich geringere Spermienanzahl und -qualität aufwiesen als die fruchtbaren [8].

Hier stellt sich natürlich die Frage nach den Ursachen. Tatsächlich fanden sich starke Hinweise auf ernährungs- und umweltmedizinische Ursachen. Das betrifft besonders die in diesem Zeitraum aufgekommene immense Zunahme von Fertigprodukten, Chemikalien (z. B. Plastikbestandteile, Weichmacher, Pestizide, Flammschutzmittel), (Schwer)metallen (inklusive medizinisch genutzte), Strahlungen (ionisierend, nicht ionisierend) sowie Genussmittelkonsum wie Rauchen oder Alkohol. In Zell- und Tierversuchen waren diese möglichen Ursachen nachweisbar und biologisch plausibel. Leider kam es in der Folge nur zu verhaltenen, diplomatisch formulierten Äußerungen diesbezüglich, was der weltweiten ökonomischen Dominanz der möglichen Verursacher dieser Entwicklung geschuldet sein könnte.

Wie bei vielen umweltmedizinischen Themen, die auf einen Zusammenhang zwischen anthropogenen Schadfaktoren und einer Krankheitsentstehung mit epidemischen Ausmaßen hinweisen, wird zunächst die gestiegene Krankheitshäufigkeit bezweifelt. Dies hat die Europäische Umweltagentur an vielen Beispielen herausgearbeitet [9]. Tatsächlich wird auch der Spermienrückgang angezweifelt [10].

Das Phänomen des Anzweifeln unbequemer Daten zeigte sich auch in Anbetracht der steigenden Prävalenz des Autismus. Der Anstieg wurde zunächst von der CDC in Atlanta, der US-amerikanischen Impf- und Seuchenbehörde, angezweifelt und hauptsächlich

den besseren Diagnosemöglichkeiten und Einschlusskriterien angelastet. Dabei wurden Anstrengungen bezüglich Ursachensuche und Prävention blockiert bzw. verzögert [11, 12].

Etwa ab dem Ende der 1980er-Jahre stieg die Autismusrate in den USA. Sie übertraf ab diesem Zeitpunkt die Autismusprävalenz bei deutschen Kindern mehrfach. Zuvor war sie in beiden Ländern etwa gleich gewesen, nämlich langsam steigend seit der Erstbeschreibung durch Dr. Kanner 1943 [13].

Der Ausbruch aus dem weltweiten Trend erfolgte in den USA übrigens kurz nach der Einführung von drei neuen Quecksilberhaltigen Pflichtimpfungen (insgesamt zehn zusätzlichen Impfdosen). In Deutschland hingegen wurde Quecksilber in den Impfungen reduziert und insgesamt wurden deutlich weniger Impfungen bis zum 3. Lebensjahr empfohlen. Zudem zeigten sich in Zell- und Tierversuchen molekulare und makroskopische Veränderungen ausgelöst durch Quecksilber, die auch bei Autismus beobachtet werden [15, 16].

Wohl aufgrund von pekuniären und juristischen Aspekten, wie an vielen Beispielen in [9] beschrieben oder der Möglichkeit einer iatrogenen prä- und postnatalen Quecksilberexposition, die Autismus (mit)verursachen könnte, kann es sogar zur Zensur von brisanten wissenschaftlichen Daten kommen [17, 18]. Bei „umstrittenen“ medizinischen Themen kann daher ein nicht unbedeutender „Bias“, also die Beeinflussung oder Verzerrung von Daten beobachtet werden [19–25]. Trotz dieser Hemmnisse gibt es Studien, die auf umweltmedizinische Ursachen der nachlassenden männlichen Fruchtbarkeit hindeuten.

Ursachen der Spermenschädigung

Neben den bekannten Ursachen einer verminderten männlichen Fruchtbarkeit, wie Hodenhochstand, Hodentumore, Z. n. Chemotherapie, Alkohol, Rauchen, Entzündungen der Samenleiter, bestimmte Medikamente und Drogen, bestehen offensichtlich gewichtige umweltmedizinische Gründe für die zunehmende Spermenschädigung [26].

Hier sollen die aktuell wichtigsten, aufgrund der weiten Verbreitung, punktuell betrachtet werden.

Schwermetalle und Arsen

Hinweise auf giftbedingte Spermenschädigungen finden sich schon bei Aristokraten des römischen Reiches. Diese konnten, im Gegensatz zur breiten Bevölkerung, ihren Wein mit Bleizucker (Bleiacetat) und in Bleibehältern eingedicktem Traubensaft (Sirup) süßen. Dabei erlitten sie eine Bleivergiftung, die neben Debilität, Dekadenz und neuropsychiatrischen Krankheitsbildern offensichtlich auch zur Kinderlosigkeit führten. Daher hatten römische Kaiser, gerade in den späten Phasen des römischen Reichs, keine eigenen Kinder und mussten diese adoptieren [27, 28].

In den untersuchten Zeiträumen, in denen sich eine Abnahme der Spermienzahl und -qualität zeigte (1938 bis 2011 bzw. 2016), wurde die Menschheit einer Vielzahl von neuen, künstlich geschaffenen Schadfaktoren exponiert. Die bedrohlichsten Schadstoffe wurden von der US-Umweltbehörde (EPA) und der „Agency for Toxic Substances and Disease Registry“ (ATSDR) auf einer Rangliste bewertet. Dabei wurden aus vielen Giften die 275 wichtigsten in Bezug auf Verbreitung und Giftigkeit ausgewählt [29].

Die Spitzenreiter dieser CERCLA-Liste (Comprehensive Environment Response, Compensation, and Liability Act) sind seit Jahren

Metalle bzw. Halbmetalle: 1. Arsen, 2. Blei, 3. Quecksilber, gefolgt von den Nichtmetallen PVC, PCB.

Durch die jahrhundertfache Gewinnung von Metallen aus tiefere Erdschichten und der zunehmenden Verbrennung von fossilen Energieträgern hat die Belastung in der Biosphäre zugenommen. Daher verwundert es nicht, dass die Knochen moderner Menschen ca. 20- bis 1000-fach höhere Bleimengen enthalten, im Vergleich zu unseren Urvorfahren [30, 31].

Der Quecksilbergehalt im Thunfisch steigt pro Jahr um etwa 4% [32], in Luft und Wasser findet sich 3- bis 5-mal so viel Quecksilber wie vor der Industrialisierung [33]. Im Haar von auf Quecksilber getesteten Politikern auf einem Treffen der Minamata-Convention lagen die gemessenen Werte bei mehr als 50% über dem Grenzwert [34].

Ebenso hat die Arsenbelastung zugenommen. Hier spielt wahrscheinlich auch die verbreitete Anwendung von Pestiziden eine Rolle, v. a. das seit über 23 Jahren verwendete Glyphosat. Eine Studie konnte kürzlich zeigen, dass Glyphosat auf Pflanzen und menschliche Zellen wenig schädlich ist, die Begleitstoffe der Spritzmittel jedoch vielfach giftiger sind als der Wirkstoff selbst. Da die Hersteller diese als „inactive compounds“ bezeichneten und die daher behördlich nicht geprüften Inhaltstoffe als Betriebsgeheimnis hüten, wurden diese analysiert: Es fanden sich überraschend sehr hohe Mengen an Arsen, die mehrhundertfach über den erlaubten Grenzwerten lagen. Auch die meisten glyphosatreien Pestizide enthielten Arsen [35].

Arsen kann, neben zahlreichen Krankheiten wie Krebs, Nerven- oder Gehirnbeeinträchtigungen, auch die Spermienzahl und Qualität negativ beeinflussen [36].

Ein Großteil der weltweit konventionell erzeugten Nahrungsmittel, insbesondere Getreide- und Hülsenfrüchte sowie das Gewebe von Masttieren, die konventionelles Futter erhalten, enthalten Rückstände von Glyphosat. Die Umweltbelastung mit Glyphosat ist in den letzten 23 Jahren mehrfach angestiegen [37]. Im Urin von einem großen Teil der deutschen Bevölkerung konnten daher Glyphosatrückstände gemessen werden.

Pestizide

Der Rückgang der Insektenpopulation um 76% in den letzten 27 Jahren [38] wird u. a. den Pestiziden angelastet, auch die zunehmende Funkstrahlung wird dafür in Betracht gezogen.

Aufsehen erregte eine Studie, die bei Biobauern eine sehr hohe Spermienanzahl und -qualität, wie sie nur vor ca. 50 Jahren vorkam, nachwies [39]. Interessanterweise fand die gleiche Arbeitsgruppe in nachfolgenden Studien keinen Zusammenhang zwischen Spermienengesundheit und Exposition zu Pestiziden, weder bei Bauern mit und ohne Pestizideinsatz [40], noch bei Personengruppen, die entweder Bio-Nahrung oder konventionelle Nahrung verzehrten [41]. Damit waren Pestizide als „Spermienkiller“ für Jahre aus dem Blickfeld gekommen. Doch eine neuere Übersichtsarbeit kam zu dem Schluss, dass Pestizide die Spermienqualität doch eher negativ beeinflussen [42].

Personen, die Gemüse und Obst mit hoher Pestizidbelastung verzehren, haben eine schlechtere Spermienqualität als Personen, die weniger belastete Ware zu sich nahmen [43].

Ernährung

Umgekehrt zeigte sich eine mehr als 150% bessere Spermienqualität bei denjenigen, die viel unbelastetes Gemüse und Obst aßen [44].

Eine gesunde Ernährung mit hoher Vitalstoffdichte, Gemüse und Obst sowie Omega-3-Fettsäuren scheint einen großen positiven Effekt auf die Spermienqualität auszuüben, wie zwei Übersichtsarbeiten nahelegen [45, 46]. Dagegen haben gezuckerte Getränke, unerheblich ob mit oder ohne Koffein, einen negativen Einfluss auf die Spermienqualität [47].

Quecksilber

Eine Quecksilberbelastung könnte nicht nur die weibliche Fertilität negativ beeinflussen [48–50], sondern auch eine männliche Unfruchtbarkeit begünstigen [51–53].

Niedrige Mengen an Quecksilber beeinflussen die Spermienqualität negativ bei Ratten [54]. Auch höhere Quecksilbermengen weisen eine negative Wirkung auf die Spermien von Ratten auf. Dabei zeigte sich ein negativer Effekt von Kokosöl auf die Aktivität von antioxidativen Enzymen, wie Glutathion und Glutathionperoxidase. Kokosöl erhöhte auch einen Marker für oxidativen Stress: Malondialdehyd [55].

Bisphenyl A

Die Zunahme an Plastikbestandteilen in der Umwelt und der Nahrung ist unbestritten. Die Bisphenyl-A-Konzentration korreliert mit schlechterer Spermienqualität. Bisphenyl A findet sich u. a. in Plastiktrinkwasserflaschen und Verpackungen [56].

Elektromagnetische Felder niedriger Intensität

Die Studienergebnisse zum Zusammenhang von elektromagnetischen Feldern (EMF) und Fertilität sind deshalb brisant, weil prak-



Abb. 2 Bio oder konventionell? Obst und Gemüse mit hoher Pestizidbelastung stehen im Verdacht die Spermienqualität negativ zu beeinflussen. © picsfive / Adobe Stock



Abb. 3 Bisphenyl A korreliert mit einer schlechteren Spermienqualität. Es ist u. a. in Plastikflaschen enthalten. © picsfive/Adobe Stock

tisch die ganze Menschheit exponiert ist. Smartphones und Tablet-PCs werden häufig in der Nähe der Fortpflanzungsorgane genutzt: der Laptop auf dem Schoß, das Smartphone in der Hosentasche. Bereits Kinder und Jugendliche nutzen körpernah oft mehr als acht Stunden täglich Mobilfunkendgeräte. Apps senden und empfangen nahezu permanent. Dadurch sind die Nutzer ständig nichtionisierender Strahlung ausgesetzt. Neuere Studien geben klare Hinweise, wie die Spermenschädigung durch EMF über erhöhten oxidativen Stress und negative Beeinflussung der Mitochondrien wirkt [57–59].

Wohl aus gutem Grund warnt die Industrie in Gebrauchsanweisungen, die Endgeräte nicht körpernah, sondern in einer bestimmten Entfernung vom Körper zu tragen. So soll z. B. das Blackberry Torch 9800 vom Bauch schwangerer Frauen und vom Unterbauch von Teenagern 25 mm entfernt sein. Laut der Bedienungsanleitung des iPhone 5 soll man Kopfhörer benutzen und es mindestens 10 mm vom Körper entfernt halten. Für Tablets und Laptops gelten 20 cm Abstand. Die körpernahe Strahlenbelastung und damit die Risiken werden weiter ansteigen: durch die geplante Digitalisierung und den WLAN-Ausbau in Kindergärten und Schulen, das „Internet der Dinge“, die Digitalisierung der Autos und die allgegenwärtigen WLAN-Hotspots. Die Gesundheitsrisiken sind in der Wissenschaft aber seit Jahrzehnten bekannt [106, 107].

Mobilfunkstrahlung kommt zu den vielen möglichen Infertilität erzeugenden Ursachen dazu. Auch besteht der Verdacht, dass die Leistungsfähigkeit der Spermienproduktion schon in der Frühphase der Embryonalentwicklung festgelegt wird und auch pränatale Belastungen eine Gefahr darstellen. Das deutsche Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) warnte schon mehrmals auf seiner Homepage, Smartphones und Tablet-PCs nicht körpernah zu nutzen und sich an die Abstandsempfehlungen der Hersteller zu halten. Den Abstandswarnungen des BfS, das nicht für seine kritische Einstellung bekannt ist, liegt die Kenntnis einer brisanten Studienlage zugrunde. Aufgrund der Datenlage bieten diese Abstandsempfehlungen aber keinen Schutz vor Strahlenschäden.

Spermenschädigungen durch Handys

Das British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC) in Kanada veröffentlichte im März 2013 den 376-seitigen Forschungsüberblick „Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners“ [65]. In der Publikation wird ausdrücklich vor nachgewiesenen Spermenschädigungen gewarnt. Die Autoren konstatieren im Vorwort, dass epidemiologische Studien durchgehend einen Zusammenhang von verringerter Spermienmotilität und Handynutzung zeigen. Diesen Zusammenhang zeigen demnach auch Laborstudien, die menschliche Spermienproben einer kontrollierten Handystrahlendosis aussetzten. Als mögliche Ursachen für die nicht thermischen Wirkungen seien oxidativer Stress oder eine Verringerung der Antioxidanzien durch die Hochfrequenzexposition naheliegend. Weitere Studien seien notwendig, um z. B. das Tragen des Handys in den vorderen Hosentaschen und dessen Exposition besser zu beurteilen [65: 4].

Oxidativer Zellstress

Oxidativer Zellstress ist als Wirkmechanismus nachgewiesen. Die Forschergruppe um Prof. Igor Yakymenko am Kiewer Institut für experimentelle Pathologie, Onkologie und Radiobiologie dokumentiert in ihrem Review zu den oxidativen Mechanismen der biologischen Aktivität bei schwachen hochfrequenten Feldern, dass 93 von 100 begutachteten Studien den Schädigungsmechanismus von oxidativem Zellstress nachweisen. Die Autoren schlussfolgern, dass Hochfrequenzstrahlung niedriger Intensität ein starker oxidativer Wirkfaktor für lebende Zellen ist, mit hohem krankheitserregenden Potenzial [77].

In dieser bisher umfangreichsten Untersuchung zum Endpunkt ROS (reactive oxygen species) wurden auch die Studien zur Fruchtbarkeit einbezogen und die Ergebnisse detailliert beschrieben:

Demnach ist die mitochondriale Elektronentransportkette eine starke ROS-Quelle in Zellen [88]. Durch den mitochondrialen Wirkungsweg kann bei Hochfrequenzbestrahlung die Erzeugung von

ROS in menschlichen Spermien aktiviert werden [84]. Die Auswirkung der Hochfrequenzbestrahlung auf die ROS-Erzeugung in den Spermien, insbesondere deren Mitochondrien, habe sich dosisabhängig bei 1,8 GHz gezeigt. In den Spermien wurde unter Hochfrequenzbestrahlung bei einem SAR-Wert von 1 W/kg ein deutlich erhöhtes Auftreten von ROS festgestellt. Der SAR-Wert von 1 W/kg unterschreitet die festgelegten Sicherheitsgrenzwerte vieler Länder.

SAR-Wert = spezifische Absorptionsrate, Maß für die Absorption elektromagnetischer Felder

Radarstrahlung

Der Studienbericht des Otto-Hug-Strahleninstituts [72] behandelt am Beispiel von Radarsoldaten u.a. die Kombinationswirkung von Radarstrahlung mit Mikrowellenstrahlung. Demnach liegen ältere Befunde zu Fertilitätsstörungen durch Mikrowellen bei beruflich Exponierten durch Radar- und andere Hochfrequenzstrahlung vor. Diese Effekte seien durch zahlreiche In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen nach Beginn des Mobilfunkzeitalters untermauert und werden darauf zurückgeführt, dass Männer Mobiltelefone häufig in der Hosentasche oder anderweitig in Hodennähe tragen. Die Autoren schlussfolgern, dass bei exponierten Radarsoldaten, besonders bei Exposition durch ionisierende Strahlung und zusätzlich Mikrowellen, ein sehr hohes Risiko für eine eingeschränkte Zeugungsfähigkeit oder Sterilität bestand [72: 114].

Grenzwerte

Insgesamt liegen 18 Reviews vor [60–77], die zu dem Ergebnis kommen, dass ein erhebliches Schädigungspotenzial für Spermien durch die Nutzung von Handys im Normalbetrieb vorliegt, d.h. auch wenn der zulässige SAR-Wert eingehalten wird. Neue Untersuchungen der französischen Strahlenschutzbehörden zeigen, dass gängige Smartphones die zulässigen Werte um das 3- bis 4-Fache übersteigen. Die Effekte in fast allen aufgeführten Studien traten bei niedrigen Intensitäten, im nicht-thermischen Bereich, also unterhalb der Grenzwerte auf. Der SAR-Wert und die Grenzwerte schützen nur vor thermischen Wirkungen, bei körpernaher Nutzung wird der SAR-Wert oft weit überschritten. Um die Einhaltung der Vorgabe von 2 W/kg-SAR zu prüfen, wird das Plastikmodell eines Kopfes verwendet, das als „Specific Anthropomorphic Mannequin“ (SAM, "spezifische menschenähnliche Puppe") bezeichnet wird und welches die größten 10% der Rekruten des US-Militärs im Jahr 1989 widerspiegelt [108]. Embryos, Kinder, kranke und alte Menschen sowie Normalbürger sind nicht berücksichtigt. Zudem wurden die nicht-thermischen Wirkungen bei der Grenzwertfestlegung nicht berücksichtigt. Es braucht also neue, nach medizinischen und biologischen Kriterien festgelegte Grenzwerte.

Ergebnisse aus Einzelstudien

Die ca. 60 Einzelstudien zu Spermenschädigungen, die in der WHO-Referenzdatenbank www.emf-portal.de gelistet sind, weisen auf folgende Hauptschädigungen hin:

- Vierzehn Studien weisen auf die Auslösung von oxidativem Stress hin [78, 79, 80, 84, 86, 89, 90, 91, 93, 94, 98, 99, 102, 104].
- Vier Studien weisen die Verminderung der Spermienanzahl und Spermienqualität nach [95, 96, 101, 105].
- Fünf Studien belegen DNA-Veränderungen und Brüche [81, 84, 87, 95, 103].

- Fünf Studien zeigen eine Abnahme der Spermienmotilität (Beweglichkeit) [78, 81, 86, 87, 97].
- Defekte Spermienköpfe, Veränderungen der Morphometrie, Abnahme der Bindungsfähigkeit wurden in drei Studien nachgewiesen [83, 85, 91].
- Zwei Studien belegen einen verminderten Testosterongehalt [91, 100].

WLAN – eine besondere Gefährdung

WLAN ist eine der meistgenutzten, kostenlosen Frequenzen (2,45 GHz): WLAN im Hotel, in der Bahn, in der Shoppingmall, in der Schule. Bereits 2014 wiesen Naziroglu und Akman in ihrer Metastudie darauf hin, dass gerade auch schwache WLAN-Strahlung gesundheitsschädlich ist. Als Wirkmechanismus zeigte sich demnach oxidativer Zellstress [73].

Im Januar 2018 erschien der bisher größte Review von Isabel Wilke mit einer Auswertung von mehr als 100 Studien [76]. Darin werden schädigende Wirkungen auf das EEG und Gehirnfunktionen, auf die Fruchtbarkeit, Spermien- und Embryoschädigungen, die DNA, Krebsentwicklung, auf Herz, Schilddrüse, Genexpression, Apoptose, auf die Leber und das Zellwachstum dokumentiert. 41 Studien dokumentieren die Schädigungen durch oxidativen Zellstress und die Reduzierung der Antioxidantien. Wilke beschreibt ausführlich die Studiendesigns und -ergebnisse von zehn Studien der Frequenz 2,45 GHz (WLAN), die Spermenschädigungen nachweisen. Der Review führt eindringlich vor Augen, welches Schädigungspotenzial die mobilen Endgeräte darstellen und verweist auf die Empfehlung der Österreichische Ärztekammer in ihren zehn Handyregeln [115]. Darin heißt es u.a., Handys bei der Verwendung von Headsets oder integrierter Freisprecheinrichtung nicht unmittelbar am Körper zu positionieren. Besondere Vorsicht gelte hier für Schwangere. Ebenso wird auf das Risiko für die männliche Fruchtbarkeit hingewiesen, wenn das Handy in der Hosentasche getragen wird.

Möglicherweise könnte die vermehrte EMF-Exposition von modernen männlichen Jugendlichen im Vergleich zu etwas älteren Erwachsenen ein Grund sein, warum sie mehr Mutationen in den Spermien haben. Normalerweise ist es umgekehrt. Gleichaltrige weibliche Jugendliche weisen als Frauen hingegen etwa 7-mal weniger DNA-Mutationen in ihren Eizellen auf [109, 110]. Dies könnte damit erklärt werden, dass die im Bauchraum gelegenen Eizellen deutlich besser abgeschirmt sind als die außerhalb des Bauchraums gelegenen Hoden. Spermien sind einer höheren Strahlenbelastung durch Mobilfunk ausgesetzt. Die Forschergruppe diskutierte diese Möglichkeit nicht. Es wäre interessant zu erforschen, ob die Mutationsrate der Spermien junger Männer mit der Anzahl der Mobilfunknutzung in der Kindheit korreliert.

Ausblick

In Anbetracht der Studienlage zu männlichen Spermien, aber auch dem allgemeinen Artensterben weltweit, gewinnen ältere Publikationen wie „Silent Spring“ [111] wieder an Bedeutung und zeichnen ein düsteres Bild. Dies vor dem Hintergrund einer Politik, die bezüglich dem Schutz von Umwelt und Lebewesen nicht adäquat reagiert. Im Gegenteil scheinen Regierungen die Gesundheit heutiger und zukünftiger Generationen zu schädigen, wenn z. B. Grenzwerte für Pestizide oder Quecksilber im Fisch erhöht werden oder die funk-

basierte Digitalisierung von Lebewesen, inklusive der Kinder, mittels 5G gesetzlich zwangsverordnet wird und sogar medizinische Einrichtungen funkbasiert arbeiten.

Es existieren jedoch auch effektive Gegenmaßnahmen, die die Spermienqualität verbessern können. Dazu gehören, neben der Vermeidung der genannten Faktoren, die Entgiftung [112], eine gesunde, biologisch erzeugte Ernährung [113] sowie eine gute Vitalstoffversorgung [114].

Auch eine gute baubiologische Situation zählt dazu, die bei Funkbelastungen eine fachgerechte Abschirmung beinhaltet. ■

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass keine wirtschaftlichen oder persönlichen Verbindungen bestehen.

Online zu finden unter

<http://dx.doi.org/10.1055/a-0828-6436>

Literatur

- 1 https://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/3/5/5/CH1094/CMS1340806672582/bericht_ivf-jahresbericht_2016_ofehler.pdf
- 2 <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/70804/ICSHinfertilitaet-von-Maennern-kann-vererbt-werden>
- 3 <https://flexikon.doccheck.com/de/Unfruchtbarkeit>
- 4 Carlsen et al. Evidence for Decreasing Quality of Semen during Last 50 Years. *Br Med J* 1992; 305: 609–613
- 5 Levine et al. Temporal trends in sperm count: a systematic review and meta-regression analysis. *Hum Reprod Update* 2017; 23: 646–659
- 6 Swan et al. The question of declining sperm density revisited: an analysis of 101 studies published 1934-1996. *Environ Health Perspect* 2000; 108: 961–966
- 7 Sengupta P, Nwagha U, Dutta S et al. Evidence for decreasing sperm count in African population from 1965 to 2015. *Afr Health Sci* 2017; 17 (2): 418–427
- 8 Mishra et al. Decline in seminal quality in Indian men over the last 37 years. *Reprod Biol Endocrinol* 2018; 16: 103
- 9 <https://www.eea.europa.eu/de/publications/late-lessons-2-de>
- 10 Ravanos K, Petousis S, Margioulas-Siarkou C et al. Declining Sperm Counts ... or Rather Not? A Mini Review. *Obstet Gynecol Surv* 2018; 73 (10): 595–605
- 11 Blaxill MF, Baskin DS, Spitzer WO. Commentary: Blaxill, Baskin, and Spitzer on Croen et al. (2002), the changing prevalence of autism in California. *J Autism Dev Disord* 2003; 33: 223–226
- 12 Blaxill MF. What's going on? The question of time trends in autism. *Public Health Rep* 2004; 119: 536–551
- 13 Nevison et al. California Autism Prevalence Trends from 1931 to 2014 and Comparison to National ASD Data from IDEA and ADDM. *J Autism Dev Disord* 2018; 48: 4103–4117
- 14 Blaxill MF, Baskin DS, Spitzer WO. Commentary: Blaxill, Baskin, and Spitzer on Croen et al. (2002), the changing prevalence of autism in California. *J Autism Dev Disord* 2003; 33: 223–226
- 15 Bjørklund et al. Toxic metal(loid)-based pollutants and their possible role in autism spectrum disorder. *Environ Res* 2018; 166: 234–250
- 16 Mutter et al. Mercury and autism: accelerating evidence? *Neuro Endocrinol Lett* 2005; 26: 439–446
- 17 Kern et al. Systematic Assessment of Research on Autism Spectrum Disorder (ASD) and Mercury Reveals Conflicts of Interest and the Need for Transparency in Autism Research. *Sci Eng Ethics* 2017; 23: 1691–1718
- 18 <http://info.cmsri.org/the-driven-researcher-blog/vaccinated-vs.-unvaccinated-guess-who-is-sicker>
- 19 Bohme et al. Maximizing profit and endangering health: corporate strategies to avoid litigation and regulation. *Int J Occup Environ Health* 2005; 11: 338–348
- 20 Martinson et al. Scientists behaving badly. *Nature* 2005; 435: 737–738
- 21 Taylor R, Giles J. Cash interests taint drug advice. *Nature* 2005; 437: 1070–1071
- 22 Angell M. The truth about drug companies: How they deceive us and what to do about it. New York: Random House; 2004
- 23 Hardell et al. Secret ties to industry and conflicting interests in cancer research. *Am J Ind Med* 2007; 50: 227–233
- 24 Brezis M. Big pharma and health care: unsolvable conflict of interests between private enterprise and public health. *J Psychiatry Relat Sci* 2008; 45: 83–89
- 25 Egilman DS, Bohme SR. Over a barrel: corporate corruption of science and its effects on workers and the environment. *Int J Occup Environ Health* 2005; 11: 331–337
- 26 Mima M, Greenwald D, Ohlander S. Environmental Toxins and Male Fertility. *Curr Urol Rep* 2018; 19 (7): 50. doi: 10.1007/s11934-018-0804-1
- 27 Woolley DE. A perspective of lead poisoning in antiquity and the present. *Neurotoxicology* 1984; 5: 353–361
- 28 <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-46274353.html>
- 29 <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/>
- 30 Patterson et al. Natural skeletal levels of lead in Homo sapiens sapiens uncontaminated by technological lead. *Sci Total Environ* 1991; 107: 205–236
- 31 Ericson et al. Skeletal concentrations of lead in ancient Peruvians. *N Engl J Med* 1979; 300: 946–951
- 32 Drevnick et al. Increase in mercury in Pacific yellowfin tuna. *Environ Toxicol Chem* 2015; 34: 931–934
- 33 UNEP (United Nations Environment Programm (Chemicals): Global Mercury Assessment. UNEP Chemicals Geneva; 2002
- 34 <http://www.euractiv.com/section/energy-environment/news/mercury-poisoning-widespread-as-even-un-delegates-test-positive/>
- 35 Defarge et al. Toxicity of formulants and heavy metals in glyphosate-based herbicides and other pesticides. *Toxicol Rep* 2017; 5: 156–163
- 36 Wang et al. Relationships between seminal plasma metals/metalloids and semen quality, sperm apoptosis and DNA integrity. *Environ Pollut* 2017; 224: 224–234
- 37 <https://health.ucsd.edu/news/releases/Pages/2017-10-24-exposure-to-glyphosate-chemical-found-in-weed-killer-increased-over-23-years.aspx>
- 38 Hallmann et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS One* 2017; 12: e0185809
- 39 Abell et al. High sperm density among members of organic farmers' association. *Lancet* 1994; 343: 1498
- 40 Larsen et al. Semen quality and sex hormones among organic and traditional Danish farmers. ASCLEPIOS Study Group. *Occup Environ Med*. 1999; 56: 139–144
- 41 Juhler et al. Human semen quality in relation to dietary pesticide exposure and organic diet. *Arch Environ Contam Toxicol* 1999; 37: 415–423
- 42 Martenies SE, Perry MJ. Environmental and occupational pesticide exposure and human sperm parameters: a systematic review. *Toxicology* 2013; 307: 66–73
- 43 Chiu et al. Fruit and vegetable intake and their pesticide residues in relation to semen quality among men from a fertility clinic. *Hum Reprod* 2015; 30: 1342–1351.
- 44 Chiu et al. Intake of Fruits and Vegetables with Low-to-Moderate Pesticide Residues Is Positively Associated with Semen-Quality Parameters among Young Healthy Men. *J Nutr* 2016; 146 (5): 1084–1092
- 45 Salas-Huetos et al. Dietary patterns, foods and nutrients in male fertility parameters and fecundability: a systematic review of observational studies. *Hum Reprod Update*. 2017; 23: 371–389

- 46 Ricci et al. Dietary habits and semen parameters: a systematic narrative review. *Andrology* 2018; 6: 104–116
- 47 Chiu et al. Sugar-sweetened beverage intake in relation to semen quality and reproductive hormone levels in young men. *Hum Reprod* 2014; 29 (7): 1575–1584
- 48 Gerhard et al. Heavy metals and fertility. *J Toxicol Environ Health* 1998; 54: 593–611
- 49 Gerhard et al. Impact of heavy metals on hormonal and immunological factors in women with repeated miscarriages. *Hum Reprod Update* 1998; 4: 301–309
- 50 Gerhard I, Runnebaum B. The limits of hormone substitution in pollutant exposure and fertility disorders. *Zentralbl Gynaekol* 1992; 114: 593–602
- 51 Sheiner et al. Effect of occupational exposures on male fertility: literature review. *Ind Health* 2003; 41: 55–62
- 52 Podzimek et al. Effect of heavy metals on immune reactions in patients with infertility. *Cas Lek Cesk* 2003; 142: 285–288
- 53 Podzimek et al. Sensitization to inorganic mercury could be a risk factor for infertility. *Neuro Endocrinol Lett* 2005; 26: 277–282
- 54 Martinez et al. Chronic exposure to low doses of mercury impairs sperm quality and induces oxidative stress in rats. *J Toxicol Environ Health A* 2014; 77: 143–154
- 55 Abarikwu et al. Oral administration of Moringa oleifera oil but not coconut oil prevents mercury-induced testicular toxicity in rats. *Andrologia* 2017; 49. doi: 10.1111/and.12597
- 56 Adoamnei et al. Urinary bisphenol A concentrations are associated with reproductive parameters in young men. *Environ Res* 2018; 161: 122–128
- 57 Kesari et al. Radiations and male fertility. *Reprod Biol Endocrinol* 2018; 16: 118
- 58 Santini et al. Role of Mitochondria in the Oxidative Stress Induced by Electromagnetic Fields: Focus on Reproductive Systems. *Oxid Med Cell Longev* 2018; 2018: 5076271
- 59 Altun et al. Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. *Environ Res* 2018; 167: 700–707
- 60 Adams JA, Galloway TS, Mondal D et al. Effect of mobile telephones on sperm quality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International* 2014; 70: 106–111
- 61 Agarwal A, Singh A, Hamada A et al. Cell Phones and Male Infertility: A Review of Recent Innovations in Technology and Consequences. *Review. Int Braz J Urol* 2011; 37 (4): 432–454
- 62 Gamze A, Gülsüm DÖ, Kübra YK et al. Effects of mobile phone exposure on metabolomics in the male and female reproductive systems. *Environmental Research* 2018; 167: 700–707
- 63 Behari J, Rajamani P. Electromagnetic Field Exposure Effects (ELF-EMF and RFR) on Fertility and Reproduction. *BiolInitiative Report Section 18*. 2012
- 64 Bellieni CV, Pinto I. Fetal and Neonatal Effects of EMF. *BiolInitiative Report Section 19*. 2012
- 65 British Columbia Centre for Disease Control (BCCDC), Environmental Health Services; Vancouver, Canada, National Collaborating Centre for Environmental Health (NCCEH), Vancouver, Canada: *Radiofrequency Toolkit for Environmental Health Practitioners*; 2013
- 66 Kesari KK, Agarwal A, Henkel R. Radiations and male fertility. *Reprod Biol Endocrinol* 2018; 16 (1): 118. doi: 10.1186/s12958-018-0431-1
- 67 Dama MS, Bhat MN. Mobile phones affect multiple sperm quality traits: a meta-analysis. *F1000Res* 2013; 2: 40. doi: 10.12688/f1000research.2.40.v1
- 68 Desai NR, Kesari KK, Agarwal A. Review - Pathophysiology of cell phone radiation: oxidative stress and carcinogenesis with focus on male reproductive system. *Reproductive Biologie and Endocrinology* 2009; 7: 114
- 69 Schmitz-Feuerhake I. Strahlenfolgen Fertilitätsstörungen beim Mann durch ionisierende Strahlung und Mikrowellen. *Strahlentelex* 2011; Nr. 594–595
- 70 Voigt H. Unfruchtbarkeit beim Mann als mögliche Folge der Nutzung von Mobiltelefonen. *EMF-Monitor* 2011; 5: 5–7
- 71 Gye MC, Park CJ. Effect of electromagnetic field exposure on the reproductive system. *Clin Exp Reprod Med* 2012; 39 (1): 1–9
- 72 Mämpel W, Pflugbeil S, Schmitz R et al. Unterschätzte Gesundheitsgefahren durch Radioaktivität am Beispiel der Radarsoldaten; *Berichte des Otto-Hug Strahleninstitutes* 2015; Nr. 25; Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. Deutschland
- 73 Naziroglu M, Akman H. Effects of Cellular Phone- and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain. In: Laher I, ed. *Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2014: 2431–2449
- 74 Santini S Jr, Cordone V, Falone S et al. Role of Mitochondria in the Oxidative Stress Induced by Electromagnetic Fields: Focus on Reproductive Systems. *Oxid Med Cell Longev* 2018; doi: 10.1155/2018/5076271
- 75 La Vignera S, Condorelli RA, Vicari E et al. Effects of the Exposure to Mobile Minireview Phones on Male Reproduction: A Review of the Literature. *J Androl* 2012; 33 (3): 350–356
- 76 Wilke I. Biologische und pathologische Wirkungen der Strahlung von 2,45 GHz auf Zellen, Fruchtbarkeit, Gehirn und Verhalten. *Review: umweltmedizin gesellschaft* 2018; 31 (1)
- 77 Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E et al. Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. *Electromagn Biol Med* 2015; 7: 1–17
- 78 Agarwal A, Desai NR, Makker K et al. Effects of radiofrequency electromagnetic waves (RF-EMW) from cellular phones on human ejaculated semen: an in vitro pilot study. *Fertil Steril* 2009; 92 (4): 1318–1325
- 79 Al-Damegh MA. Rat testicular impairment induced by electromagnetic radiation from a conventional cellular telephone and the protective effects of the antioxidants vitamins C and E. *Clinics (Sao Paulo)* 2012; 67 (7): 785–792
- 80 Atasoy HI, Gunal MY, Atasoy P et al. Immunohistopathologic demonstration of deleterious effects on growing rat testes of radiofrequency waves emitted from conventional Wi-Fi devices. *J Pediatr Urol* 2013; 9 (2): 223–229
- 81 Avendano C, Mata A, Sanchez Sarmiento CA et al. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation. *Fertil Steril* 2012; 97 (1): 39–45.e2
- 82 Burlaka A, Tsybulin O, Sidorik E et al. Overproduction of free radical species in embryonal cells exposed to low intensity radiofrequency radiation. *Exp Oncol* 2013; 35 (3): 219–225
- 83 Dasdag S, Tas M, Akdag MZ et al. Effect of long-term exposure of 2.4 GHz radiofrequency radiation emitted from Wi-Fi equipment on testes functions. *Electromagn Biol Med* 2015; 34 (1): 37–42
- 84 De Luliis GN, Newey RJ, King BV et al. Mobile phone radiation induces reactive oxygen species production and DNA damage in human spermatozoa in vitro. *PLoS One* 2009; 4 (7): e6446
- 85 Falzone N, Huyser C, Becker P et al. The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphometry and zona binding of human spermatozoa. *Int J Androl* 2011; 34 (1): 20–26
- 86 Ghanbari M, Mortazavi SB, Khavanin A et al. The effects of cell phone waves (900 MHz-GSM band) on sperm parameters and total antioxidant capacity in rats. *Int J Fertil Steril* 2013; 7 (1): 21–28
- 87 Gorpinchenko I, Nikitin O, Banyra O et al. The influence of direct mobile phone radiation on sperm quality. *Cent European J Urol* 2014; 67 (1): 65–71
- 88 Inoue M, Sato EF, Nishikawa M et al. Mitochondrial generation of reactive oxygen species and its role in aerobic life. *Curr Med Chem* 2003; 10: 2495–2505
- 89 Jelodar G, Nazifi S, Akbari A. The prophylactic effect of vitamin C on induced oxidative stress in rat testis following exposure to 900 MHz radio frequency wave generated by a BTS antenna model. *Electromagn Biol Med* 2013; 32 (3): 409–441

90 Kesari KK, Kumar S, Behari J. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Wave Exposure from Cellular Phones on the Reproductive Pattern in Male Wistar Rats. *Appl Biochem Biotechnol* 2011; 164 (4): 546–559

91 Kesari KK, Behari J. Evidence for mobile phone radiation exposure effects on reproductive pattern of male rats: Role of ROS. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (3): 213–222

92 Kesari KK, Agarwal A, Henkel R. Radiations and male fertility. *Reprod Biol Endocrinol* 2018; 16 (1): 118. doi: 10.1186/s12958-018-0431-1

93 Kumar S, Kesari KK, Behari J. Influence of microwave exposure on fertility of male rats. *Fertil Steril* 2011; 95 (4): 1500–1502

94 Kumar S, Behari J, Sisodia R. Impact of Microwave at X-Band in the aetiology of male infertility. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (3): 223–232

95 Kumar S, Nirala JP, Behari J et al. Effect of electromagnetic irradiation produced by 3G mobile phone on male rat reproductive system in a simulated scenario. *Indian J Exp Biol* 2014; 52 (9): 890–897

96 Li DK, Yan B, Li Z et al. Exposure to magnetic fields and the risk of poor sperm quality. *Reprod Toxicol* 2010; 29 (1): 86–92

97 Lukac N, Massanyi P, Roychoudhury S et al. In vitro effects of radiofrequency electromagnetic waves on bovine spermatozoa motility. *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2011; 46 (12): 1417–1423

98 Mailankot M, Kunnath AP, Jayalekshmi H et al. Radio frequency electromagnetic radiation (RF-EMR) from GSM (0.9/1.8GHz) mobile phones induces oxidative stress and reduces sperm motility in rats. *Clinics (Sao Paulo)* 2009; 64 (6): 561–565

99 Meena R, Kumari K, Kumar J et al. Therapeutic approaches of melatonin in microwave radiations-induced oxidative stress-mediated toxicity on male fertility pattern of Wistar rats. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (2): 81–91

100 Meo SA, Al-Drees AM, Husain S et al. Effects of mobile phone radiation on serum testosterone in Wistar albino rats. *Saudi Med J* 2010; 31 (8): 869–873

101 Meo SA, Arif M, Rashied S et al. Hypospermatogenesis and spermatozoa maturation arrest in rats induced by mobile phone radiation. *J Coll Physicians Surg Pak* 2011; 21 (5): 262–265

102 Oksay T, Naziroglu M, Dogan S et al. Protective effects of melatonin against oxidative injury in rat testis induced by wireless (2.45 GHz) devices. *Andrologia* 2014; 46 (1): 65–72

103 Rago R, Salacone P, Caponecchia L et al. The semen quality of the mobile phone users. *J Endocrinol Invest* 2013; 36 (11): 970–974

104 Sokolovic D, Djordjevic B, Kocic G et al. The Effects of Melatonin on Oxidative Stress Parameters and DNA Fragmentation in Testicular Tissue of Rats Exposed to Microwave Radiation. *Adv Clin Exp Med* 2015; 24 (3): 429–436

105 Tas M, Dasdag S, Akdag MZ et al. Long-term effects of 900 MHz radiofrequency radiation emitted from mobile phone on testicular tissue and epididymal semen quality. *Electromagn Biol Med* 2014; 33 (3): 216–222

106 Blank M. OVERPOWERED. What Science tells us about the dangers of cell phones and other WiFi-Age devices; New York. 2014

107 Funk RHW et al. Electromagnetic effects – From cell biology to medicine. *ScienceDirect, Progress in Histochemistry and Cytochemistry* 2009; 43: 177–264

108 Gandhi OP, Morgan LL, de Salles AA et al. Exposure Limits: The underestimation of absorbed cell phone radiation, especially in children. *Electromagn Biol Med* 2012; 31 (1): 34–51

109 <https://www.scinexx.de/news/medizin/erhoehete-erbgutveraenderungen-bei-teenage-vaetern/>

110 <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rspb.2014.2898>

111 https://de.wikipedia.org/wiki/Der_stumme_Fr%C3%BChling

112 Mutter J. Entgiftung – Effektiv bei vielen Erkrankungen. *Z Orthomol Med* 2016; 4: 5–15

113 Mutter J. Grün essen. *Kirchzarten: VAK*; 2018

114 Nassan et al. Diet and men's fertility: does diet affect sperm quality? *Fertil Steril* 2018; 110: 570–577

115 <http://www.aekwien.at/aekmedia/Medizinische-Handy-Regeln.pdf>



Dr. med. Joachim Mutter
Konstanz
www.detoxklinik.de
jo.mutter@web.de

Joachim Mutter ist Facharzt für Hygiene- und Umweltmedizin mit den Zusatzbezeichnungen Naturheilverfahren und Akupunktur. Seit 2009 in eigener Praxis für Integrative und Umweltmedizin niedergelassen; seit 2016 zusätzlich in der *Paracelsus Clinica Alronc (Schweiz)*. Vortrags- und Seminarartigkeit im In- und Ausland, u. a. Dozent für Mitochondrien- und Umweltmedizin (Europa-Universität Viadrina); Leitung der Therapeutenseminare „Ursachentherapie“.



Peter Hensinger
peter.hensinger@diagnose-funk.de

Peter Hensinger, M.A., studierte Pädagogik, Germanistik und Linguistik, ist Mitglied im Vorstand von *diagnose:funk* (www.diagnose-funk.org), leitet dort den Bereich Wissenschaft, ist verantwortlich für die Datenbank www.EMFData.org und Mitinitiator des Bündnisses für humane Bildung (www.aufwach-s-en.de).