

Journal Club, März-2024

### **Association between self-reported mobile phone use and the semen quality of young men (1)**

Rita Rahban Ph.D. a b, Alfred Senn Ph.D. a b, Serge Nef Ph.D. a b, Martin Rösli Ph.D. c d

Fertility and Sterility

Volume 120, Issue 6, December 2023, Pages 1181-1192

In der Studie, die auch in der Laienpresse und in verschiedenen digitalen Medien recht große Verbreitung erzielte, sollte der Zusammenhang zwischen Mobiltelefon-Exposition und Sperma-Parametern untersucht werden. Die Theorie hinter dieser Vorstellung und die auch in der Laienpresse reißerisch aufgenommene und suggerierte Botschaft bleibt, dass die elektromagnetische Strahlung des Mobiltelefons negative Auswirkung auf die männliche Fruchtbarkeit habe. Mit Schlagzeilen wie „Studie zeigt Zusammenhang zwischen Mobiltelefonnutzung und Spermaqualität bei jungen Männern“ werden pseudowissenschaftliche Interpretationen und Schlüsse gezogen, die bestenfalls als höchst kritisch anzusehen sind. Nachrichten wie diese verbreiten Fehlinformationen, schüren Ängste und richten damit schwer abschätzbaren Schaden an.

Warum ist diese Studie aber tatsächlich kritisch zu bewerten?

Es erfolgte eine landesweite Querschnittsstudie in der Schweiz, mit grundsätzlich gut beschriebener und klarer Methodik. Insgesamt wurden zwischen 2005 und 2018 2886 Männer aus der Schweizer Allgemeinbevölkerung im Alter von 18-22 Jahren während der Wehrpflicht rekrutiert, und es erfolgten Spermiogramme in andrologischen Laboratorien in unmittelbarer Nähe von sechs Rekrutierungszentren der Armee. Die Teilnehmer gaben eine Spermaprobe ab und füllten einen Fragebogen zu Gesundheit und Lebensstil aus, einschließlich der Anzahl der Stunden, die sie mit der Nutzung ihres Mobiltelefons verbrachten und wo sie es aufbewahrten, wenn sie es nicht benutzten.

Mithilfe von logistischen und multiplen linearen Regressionsmodellen wurden bereinigte Odds Ratios bzw.  $\beta$ -Koeffizienten bestimmt. Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen Mobiltelefon-Exposition und Samenparametern wie Volumen, Spermienkonzentration, Gesamtspermienzahl (TSC), Motilität und Morphologie bewertet.

Insgesamt beantworteten 2759 Männer die Frage nach ihrer Handynutzung, und 2764 machten Angaben zur Position ihres Mobiltelefons, wenn es nicht benutzt wurde. Im bereinigten linearen Modell war eine höhere Häufigkeit der Handynutzung (>20 Mal pro Tag) mit einer niedrigeren Spermienkonzentration (bereinigtes  $\beta$ : -0,152; 95% Konfidenzintervall: -0,316; 0,011) und einem niedrigeren TSC (bereinigtes  $\beta$ : -0,271; 95% Konfidenzintervall: -0,515; -0,027) verbunden. Im bereinigten logistischen Regressionsmodell entspricht dies einem um 30 % bzw. 21 % erhöhten Risiko, dass die Spermienkonzentration und der TSC-Wert unter den Referenzwerten der Weltgesundheitsorganisation für fruchtbare Männer liegen. Es wurden keine konsistenten Zusammenhänge zwischen der Nutzung von Mobiltelefonen und der Spermienmotilität oder Spermienmorphologie festgestellt. Das Mitführen eines Mobiltelefons in der Hosentasche wurde nicht mit schlechteren Spermienparametern in Verbindung gebracht.

Die Autoren schlussfolgern daraus, dass ihre bevölkerungsbasierte Studie darauf hindeute, dass eine höhere Handynutzung mit einer niedrigeren Spermienkonzentration verbunden sei. Prospektive Studien mit verbesserter Expositionsabschätzung seien erforderlich, um zu bestätigen, ob die beobachteten Zusammenhänge kausal sind.

Die erste grundlegende kritische Frage dazu muss lauten, ob es nach aktuellem Stand der Wissenschaft physikalisch, technisch und biologisch überhaupt plausibel ist, dass die elektromagnetischen Wellen der hochfrequenten Strahlung aus Mobiltelefonen relevante Effekte haben könnten. Die Autoren zitieren hierzu zwar eine Reihe von Studien, die mögliche Effekte beschreiben, die Datenlage hierzu ist allerdings ebenfalls höchst umstritten und inkonsistent.

Der menschliche Körper absorbiert Energie von Geräten, die hochfrequente Strahlung aussenden. Die einzige durchgängig anerkannte biologische Auswirkung der Absorption hochfrequenter Strahlung beim Menschen ist die Erwärmung des Körperbereichs, an den ein Mobiltelefon gehalten wird (z. B. Ohr und Kopf). Diese Erwärmung ist jedoch nicht ausreichend, um die Körperkerntemperatur messbar zu erhöhen. Es gibt keine anderen nachgewiesenen gefährlichen gesundheitlichen Auswirkungen von Hochfrequenzstrahlung auf den menschlichen Körper [2]. Die WHO schreibt hierzu, dass bislang trotz zahlreicher Forschungsarbeiten kein kausaler Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Schäden und der Exposition gegenüber drahtlosen Technologien hergestellt werden konnte. Gesundheitliche Schlussfolgerungen wurden aus Studien gezogen, die über das gesamte Funkspektrum durchgeführt wurden. Die Erwärmung des Gewebes ist der wichtigste Mechanismus der Wechselwirkung zwischen hochfrequenten Feldern und dem menschlichen Körper. Die Hochfrequenzexposition bei den derzeitigen Technologien führt zu einem vernachlässigbaren Temperaturanstieg im menschlichen Körper. Je höher die Frequenz, desto weniger dringt sie in das Körpergewebe ein, und die Absorption der Energie beschränkt sich mehr auf die Körperoberfläche (z.B. Haut und Auge). Unter der Voraussetzung, dass die Gesamtexposition unter den internationalen Richtlinien bleibt, sind keine Auswirkungen auf die Gesundheit zu erwarten [3]. In der alltäglichen, natürlichen Umgebung ist der Mensch seit Jahrtausenden an viel höhere Belastungen an elektromagnetischer Strahlung gewöhnt. So entspricht zum Beispiel die Intensität und der Effekt eines einfachen „Sonnenbads“ an einem durchschnittlichen Strandtag eine um eine vielfach höhere Strahlenbelastung als durch Mobilfunk überhaupt zu erreichen wäre.

Damit sollte die Zielsetzung der Studie per se in Frage gestellt werden. Ein relevanter physikalisch-biologischer Effekt der Mobiltelefone erscheint wenig plausibel.

Wie kommt es aber dennoch zu „statistisch signifikanten“ Ergebnissen solcher Untersuchungen?

Diese Frage beantworten die Autoren, wenn auch unfreiwillig, in ihrer Veröffentlichung tatsächlich selbst.

Bei vielen statistischen Untersuchungen wird von linearen Beziehungen zwischen den Variablen ausgegangen, und es wird angenommen, dass es keine Wechselwirkungen zwischen den Variablen gibt. Das bedeutet, dass in diesem Fall die Nutzungsdauer des Mobiltelefons bestimmte Verhaltensmuster des Nutzers anzeigt. Wir können damit fast sicher sein, dass das Mobiltelefon ein Ersatzmarker für einen anderen Aspekt des Lebensstils oder des Berufs der Männer ist, der die eigentliche Ursache für die Veränderungen ihrer Spermienqualität ist.

Tatsächlich zeigten die Nutzer mit den hohen Mobilfunkzeiten einen signifikant höheren Nikotinkonsum, höheren Alkoholkonsum und kürzere Karenzzeit (Tabelle 1). Dies wurde von den Autoren natürlich auch wahrgenommen und es erfolgten statistische Adjustierungen, um diese Verzerrungen zu kontrollieren. Da der Effekt der Mobilfunknutzung auch nach der Adjustierung sichtbar blieb, sahen Autoren einen Zusammenhang zwischen Mobilfunk und Spermienqualität.

Diese Schlussfolgerung ist allerdings sehr gewagt. Brzozek und Kollegen haben in einer sehr anschaulichen Veröffentlichung dargestellt, wie komplex mögliche Einflüsse und Abhängigkeiten

zwischen Mobilfunknutzung und deren Einflüsse auf den menschlichen Körper sein können (Abbildung 1) [4]. Mit einer Adjustierung lassen sich einzelne Verzerrer zwar korrigieren; hier bestehen jedoch klar weitere Abhängigkeiten und Effekte, die schon allein aus der beschriebenen Größenordnung darauf schließen lassen, dass diese weitaus stärkere Effekte auf die Spermienqualität haben dürften als die sehr theoretischen Effekte der elektromagnetischen Strahlung.

Ein weiterer und ebenfalls entscheidender Schwachpunkt der Studie ist allerdings auch die immer wieder zitierte Problematik der klinischen Relevanz. Ein statistisch signifikanter Unterschied bedeutet noch nicht unbedingt einen klinisch relevanten Unterschied.

Die Ergebnisse zeigen hier mit Hilfe des adjustierten  $\beta$ -Koeffizienten<sup>1</sup> eine „dramatische“ Abnahme der Spermienkonzentration von 0,6 Mio. pro 10mal täglicher Handynutzung. Die klinische Relevanz dieses Ergebnisses mag jeder für sich selbst beurteilen. Auch die etwas irreführende Auslegung von einem 30 % bzw. 21 % erhöhten Risiko, dass die Spermienkonzentration und der TSC-Wert unter den Referenzwerten der Weltgesundheitsorganisation für fruchtbare Männer liegen, ist ein Klassiker der Studieninterpretation und suggeriert (hoffentlich unabsichtlich), dass durch Mobilfunknutzung das Risiko für relevante Einschränkung auf 30% - also ein Drittel der Probanden steigen würde. Das steht dort aber nicht, sondern das Risiko wird UM 30% erhöht. Im Nebensatz wird erwähnt dass diese „Trends“ aber nicht signifikant waren. Gemäß Tabelle 1 waren diese Unterschiede ebenfalls marginal und nicht signifikant.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Studie wissenschaftlich eigentlich interessant sein könnte, die zugrunde gelegte Theorie aber nicht plausibel erscheint, die statistischen Methoden nicht sinnvoll angewendet wurden und letztlich die Interpretation der Ergebnisse nicht nur überzogen ist, sondern tatsächlich zu riskanten, weil grundlegend falschen, Annahmen führt. Besonders heikel sind solche Daten aber dann in der Hand der populärwissenschaftlichen Laienpresse, die mit reißerischen Überschriften Leser gewinnen will und dabei an guter wissenschaftlicher Praxis vorbei berichtet. Wenn die präsentierte Studie überhaupt einen Schluss zulässt, dann eher den, dass der Lebensstil einen möglichen Einfluss auf SpermioGrammparameter hat und selbst wenn der Einfluss tatsächlich so wie hier beschrieben wäre, dieser wahrscheinlich verschwindend gering und klinisch nicht relevant bliebe.

Aus heutiger Sicht ist ein kausaler Zusammenhang von Mobilfunknutzung und SpermioGrammparametern somit nicht nur **nicht** belegt, sondern vor allem höchst unwahrscheinlich.

Handynutzer sterben also eher nicht aus, weil sie sich nicht mehr fortpflanzen können. Mobilfunknutzung ist aber natürlich trotzdem nicht ungefährlich, ein recht gut belegtes Gesundheitsrisiko im Zusammenhang mit der Nutzung von Mobiltelefonen ist z.B. die Ablenkung beim Fahren und bei Verkehrsunfällen [5,6]. Der bewusste Umgang mit neuen Technologien und auch die wissenschaftliche Begleitung und Evaluation sollten also auch in Zukunft eine zentrale Rolle spielen. Letzen Endes kommt der Handy-Strahlenbelastung die mit Abstand höchste Bedeutung einem indirekten Schaden zu: der Angst.

<sup>1</sup>Beta-Koeffizienten sind eine Schlüsselkomponente von linearen Regressionsmodellen, die die Beziehung zwischen den unabhängigen Variablen und der abhängigen Variable in einer linearen Gleichung ausdrücken. Die Beta-Koeffizienten werden während der Modellanpassung aus den Daten geschätzt und geben die durchschnittliche Veränderung der abhängigen Variablen bei einer Veränderung der entsprechenden unabhängigen Variablen um eine Einheit an, wobei alle anderen Variablen konstant bleiben. Es ist wichtig zu beachten, dass die Interpretation der Beta-Koeffizienten voraussetzt, dass die Annahmen des Modells erfüllt sind, einschließlich Linearität, Unabhängigkeit der Fehler und Normalität der Fehler. Darüber hinaus gilt die Interpretation für kleine Änderungen der unabhängigen Variablen, und es ist Vorsicht geboten, wenn die Extrapolation über den Bereich der beobachteten Daten hinausgeht.

Quellen:

[1] Association between self-reported mobile phone use and the semen quality of young men Rita Rahban Ph.D. a b, Alfred Senn Ph.D. a b, Serge Nef Ph.D. a b, Martin Rösli Ph.D. c d, *Fertility and Sterility*, Volume 120, Issue 6, December 2023, Pages 1181-1192

[2] <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/radiation/cell-phones-fact-sheet#is-the-radiation-from-cell-phones-harmful>

[3] <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-5g-mobile-networks-and-health>

[4] Brzozek C, Benke KK, Zeleke BM, Abramson MJ, Benke G. Radiofrequency Electromagnetic Radiation and Memory Performance: Sources of Uncertainty in Epidemiological Cohort Studies. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(4):592. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040592>

[5] Atchley P, Strayer DL. Small screen use and driving safety. *Pediatrics* 2017; 140(Suppl 2): S107–S111. [PubMed Abstract]

[6] Llerena LE, Aronow KV, Macleod J, et al. An evidence-based review: Distracted driver. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2015; 78(1):147–152. [PubMed Abstract]

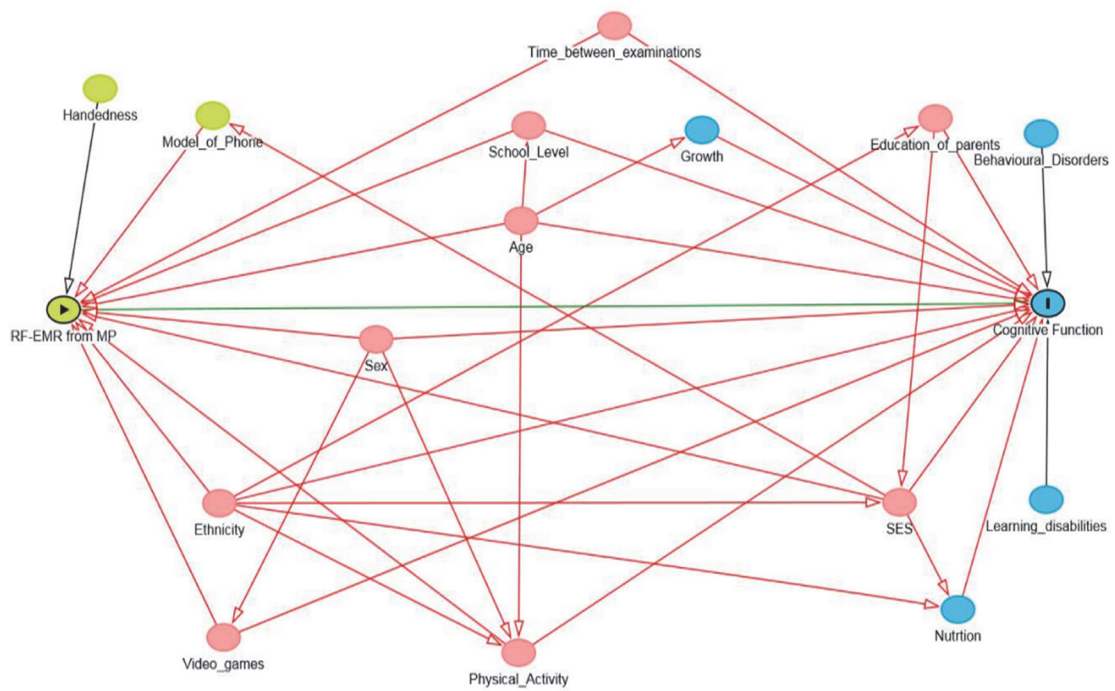
Table 1. A general description of the total number of men and of groups of men stratified according to the frequency at which they use their mobile phones.

	N with data	Total population (n = 2886)	Mobile phone use					P value <sup>g</sup>
			<Once/wk (n = 223, 8.6%)	1-5 times/d (n = 667, 24.2%)	5-10 times/d (n = 592, 21.5%)	10-20 times/d (n = 669, 24.2%)	>20 times/d (n = 608, 22%)	
<b>A- General characteristics</b>								
Age (y)	2883	19 (19-20)	20 (19-20)	20 (19-20)	20 (19-20)	19 (19-20)	19 (19-20)	<.001
Height (cm)	2634	179 (174-183)	178 (174-183)	179 (174-183)	179 (174-183)	179 (175-183)	179 (175-184)	.8
Weight (kg)	2636	72 (66-80)	70 (65-77)	72 (66-79)	72 (65-78)	73 (66-80)	73 (67-81)	.004
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	2633	22.6 (20-24)	21.9 (20-23)	22.5 (21-24)	22.5 (21-24)	22.8 (21-24)	22.8 (21-25)	.003
<b>B- Lifestyle factors</b>								
Cigarette smokers (%)	2794	29.0	16.6	24.4	31.1	32.4	33.1	<.001
Cigarettes/d, smokers only	809	7.0 (2.0-15.0)	5.0 (1.7-16.0)	5.0 (2.0-10.0)	8.0 (2.5-15.0)	10.0 (2.0-15.0)	6.0 (1.6-12.8)	.3
Alcohol consumers (%) <sup>c</sup>	2795	77.1	64.6	79.8	81.4	82.1	81.1	<.001
Alcohol, consumers only (units/wk)	2226	5.0 (3.0-9.0)	4.0 (2.0-9.0)	5.0 (3.0-9.0)	5.0 (3.0-10.0)	5.0 (3.0-9.0)	5.0 (2.2-10.0)	.2
Mother smoked during pregnancy (%)	2109	12.6	11.0	10.7	15.9	11.6	13.3	.3

Tabelle 1 – Auszug aus [1]

		Volume			Concentration			Total sperm count		
		(Cubic-root transformed)			(Cubic-root transformed)			(Cubic-root transformed)		
		$\beta$	95% CI	<i>P</i>	$\beta$	95% CI	<i>P</i>	$\beta$	95% CI	<i>P</i>
		value			value			value		
<b>Unadjusted results</b>	Recruitment, y									
Frequency of mobile phone use										
Per 10 times/d	2005–2007	-0.016	-0.037; 0.004	.124	<b>-0.117*</b>	-0.232; -0.003	.045	<b>-0.211*</b>	-0.383; -0.039	.016
	2008–2011	-0.003	-0.018; 0.011	.653	-0.075	-0.158; 0.009	.079	-0.114	-0.237; 0.008	.067
	2012–2018	-0.010	-0.028; 0.007	.250	-0.042	-0.132; 0.048	.362	-0.107	-0.24; 0.026	.115
Per 10 times/d	2005–2018	<b>-0.011</b>	-0.02; -0.003	.008	<b>-0.049*</b>	-0.095; -0.004	.034	<b>-0.109</b>	-0.178; -0.041	.002
<b>Adjusted results #</b>										
Frequency of mobile phone use										
Per 10 times/d	2005–2007	-0.011	-0.032; 0.011	.332	-0.091	-0.209; 0.026	.128	-0.153	-0.326; 0.021	.085
	2008–2011	-0.003	-0.017; 0.012	.736	-0.074	-0.163; 0.016	.108	-0.107	-0.24; 0.025	.113
	2012–2018	-0.006	-0.023; 0.012	.530	-0.047	-0.14; 0.046	.326	-0.096	-0.235; 0.043	.177
Per 10 times/d	2005–2018	-0.006	-0.016; 0.004	.216	<b>-0.062*</b>	-0.118; -0.005	.032	<b>-0.108*</b>	-0.193; -0.023	.012

Tabelle 2 Auszug aus [1]



**Figure 3.** An example of a directed acyclic graph for associations between RF-EMR exposure and cognitive functions. Green variables are ancestors of the exposure. Blue variables are ancestors of the outcome and red variables are ancestors of both exposure and outcome.

Abbildung 1 [3]

Für Sie geschrieben von Prof. Dr. med. Volker Ziller – Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Schwerpunkt für Gyn. Endokrinologie, Reproduktionsmedizin und Osteologie