

# Schweizer Studie zum Einfluss von UMTS-Mobilfunkfeldern auf das Wohlbefinden und kognitive Funktionen bei elektrosensiblen und nicht-elektrosensiblen Personen

Sabine J. Regel<sup>1</sup>, Sonja Negovetic<sup>1</sup>, Martin Röösl<sup>2</sup>, Veronica Berdiñas<sup>3</sup>, Jürgen Schuderer<sup>3</sup>, Anke Huss<sup>2</sup>, Urs Lott<sup>3</sup>, Niels Kuster<sup>3</sup> und Peter Achermann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut für Pharmakologie und Toxikologie, Universität Zürich

<sup>2</sup> Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Bern

<sup>3</sup> IT'IS Foundation for Research on Information Technologies in Society, ETH Zürich

## Hintergrund

Die meisten Studien zu Auswirkungen von Mobilfunk auf den Menschen wurden mit Signalen aus der 2. Generation der Mobilfunktechnologie durchgeführt, welche heute noch zum Grossteil benutzt wird (Typ GSM, „Global System for Mobile Communication“). UMTS („Universal Mobile Telecommunication System“) stellt eine Technologie der 3. Generation dar, deren Nutzung stetig ansteigt, die aber noch wenig untersucht wurde.

Die Grundlage für die vorliegende Untersuchung war die so genannte „TNO“-Studie, die im Jahr 2003 an der *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research* („TNO“) unter der Leitung von Prof. P. Zwamborn durchgeführt wurde. Die Studie untersuchte den Einfluss eines GSM- und erstmals auch eines UMTS-ähnlichen Basisstationssignals auf das subjektive Wohlbefinden, sowie auf kognitive Funktionen bei 24 elektrosensiblen und 24 nicht-elektrosensiblen Personen. Die Forscher fanden in beiden Versuchsgruppen Hinweise auf eine Verminderung des Wohlbefindens nach der Exposition mit einem UMTS-Signal, jedoch keinen Effekt bei der Exposition mit elektromagnetischen Feldern des Typs GSM. Es konnte auch kein konsistenter Einfluss auf die kognitiven Funktionen nachgewiesen werden.

Die TNO Studie wurde in Bezug auf Schwächen im Design, der Methodik und der Auswertung verschiedentlich bemängelt, was zu einer Verunsicherung und anhaltenden Debatte in der Öffentlichkeit und unter Wissenschaftlern geführt hat, zumal die Studie bis anhin in keiner wissenschaftlichen Fachzeitschrift veröffentlicht wurde.

In der vorliegenden Studie sollte die Verlässlichkeit der TNO-Resultate überprüft und spezifisch der Einfluss von UMTS elektromagnetischer Strahlung auf das Wohlbefinden und auf kognitive Funktionen beim Menschen untersucht werden.

## Ziel der Studie

Mit möglichst identischen Expositionsbedingungen wie in der TNO Studie, aber mit einer verbesserten Methodik wurde der Einfluss von UMTS-ähnlicher elektromagnetischer Strahlung auf das subjektive Wohlbefinden mittels Fragebögen und auf die kognitiven Funktionen mittels computerisierter kognitiver Tests erfasst. Es wurden wiederum elektrosensible und nicht-elektrosensible Personen untersucht, d.h. Personen, die sich in Bezug auf elektromagnetische Strahlung als sensibel einschätzen, als auch solche, die dies nicht tun. Zusätzlich wurde eine detaillierte Organ- und Hirngewebe-spezifische Dosimetrie (Berechnung der absorbierten Energie in biologischem Gewebe) durchgeführt.

Um die Resultate der beiden Studien vergleichen zu können, wurde der gleiche Fragebogen zum Wohlbefinden wie in der TNO-Studie eingesetzt, aber auch ein zusätzlicher Fragebogen,



der sich besser für den gegebenen Versuchsablauf und die gegebene Fragestellung eignete. Des Weiteren wurde die Methodik in Bezug auf das experimentelle Design und die statistische Auswertung verbessert, um die Zuverlässigkeit der ursprünglichen Messungen weiter zu erhöhen.

Als Expositionsbedingungen wurden zwei Feldstärken<sup>1</sup> sowie eine Kontrollbedingung ohne Strahlung verwendet. Zum Vergleich wurde die in der TNO Studie benutzte Feldstärke von 1 V/m wiederholt und zusätzlich eine höhere Exposition von 10 V/m angewendet. Dies, um eine mögliche Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Exposition mit elektromagnetischer Strahlung und möglichen Auswirkungen auf das Wohlbefinden und kognitive Funktionen ermitteln zu können.

Die Resultate sollten zudem Hinweise geben, ob sich das Ausmass möglicher Veränderungen im Wohlbefinden oder bei kognitiven Funktionen zwischen den beiden untersuchten Gruppen (elektrosensible und nicht-elektrosensible Personen) unterscheidet.

## Versuchsanordnung und Methoden

### *Versuchspersonen*

Effekte der UMTS-Strahlung wurden separat in einer Gruppe mit 33 elektrosensiblen Personen und in einer Gruppe mit 84 nicht-elektrosensiblen Personen untersucht. Die beiden Gruppen wurden hinsichtlich Alter, Geschlecht und Wohnort (städtisch oder ländlich) der Versuchspersonen abgeglichen. Alle Versuchspersonen erfüllten zudem die Einschluss<sup>2</sup>- und Ausschlusskriterien<sup>3</sup>.

### *Versuchsablauf*

Die Versuche wurden in speziell umgebauten Räumen des Schlaflabors an der Universität Zürich durchgeführt. Nach einer Trainingseinheit durchlief jede Versuchsperson im Wochenabstand und jeweils zur gleichen Tageszeit die drei Versuchsbedingungen 1) Kontrollbedingung (kein Feld), elektromagnetisches Feld einer Basisstationsantenne des Typs UMTS<sup>4</sup> mit einer Feldstärke von 2) 1 V/m und 3) 10 V/m. Die Exposition wurde per Computer kontrolliert und weder die Versuchspersonen noch die Versuchsleiter wussten,

---

1 Die Feldstärke bezeichnet die Stärke eines elektromagnetischen Feldes, das von einer Basisstationsantenne ausgeht und wird in Volt pro Meter (V/m) gemessen. Für die allgemeine Bevölkerung gilt ein Immissionsgrenzwert von 61 V/m, für beruflich exponierte Personen von 137 V/m. In der Schweiz werden darüber hinaus noch sensible Regionen wie Schulen, Wohnräume, etc. unterschieden. An diesen Orten dürfen die Immissionen einer einzelnen Anlage 6 V/m nicht übersteigen (Anlagegrenzwert).

2 Alter zwischen 20 und 60 Jahre; Rechtshändigkeit; normales Körpergewicht (BMI >19 und <30 kg/m<sup>2</sup>), Unterzeichnen der Einverständniserklärung; selbstdeklarierte Elektrosensibilität auf hochfrequente elektromagnetische Strahlung (nur bei elektrosensiblen Versuchspersonen).

3 Personen mit Hörgerät, künstlicher Cochlea oder Herzschrittmacher; mehr als zehn Einheiten Alkohol pro Woche; mehr als 450 mg Koffein pro Tag; regelmässige Einnahme von Drogen oder zentralnervösen Medikamenten; Polymorbidität bei chronischen Krankheiten; Kopfverletzungen; neurologische oder psychiatrische Erkrankungen; Schwangerschaft; Rauchen; schwere Schlafstörungen; Schichtarbeit; Langstreckenflüge über mehr als 3 Zeitzonen innerhalb des letzten Monats vor der Versuchsreihe.

4 Die Trägerfrequenz betrug 2140 MHz und die Signalmodulation entsprach dem FDD mode (frequency division duplex) von UMTS. Die Modulationsstruktur und die Parameter der unterschiedlichen Übertragungskanäle wurden entsprechend der TNO Studie übernommen - das Signal entsprach der Exposition einer Basisstationsantenne, welche nur Kontrollsignale, aber keine Gespräche überträgt. In einem UMTS Netzwerk könnte eine solche Situation etwa in den früheren Morgenstunden auftreten.



wann und mit welcher Feldstärke eine Person exponiert wurde (randomisierte, doppelblinde Versuchsdurchführung).

Die Expositionsdauer betrug jeweils 45 Minuten. Vor und nach der Exposition musste jeweils ein Fragebogen zum aktuellen Wohlbefinden ausgefüllt werden. Nach der Exposition mussten neben dem Fragebogen zum Wohlbefinden aus der TNO-Studie noch weitere Fragebögen beantwortet werden. So wurden die Versuchspersonen gebeten, die jeweilige Versuchsbedingung einzuschätzen. Während der Exposition führten die Versuchspersonen zwei Serien von sechs verschiedenen kognitiven Tests am Computer durch, die dazu dienten, das Arbeitsgedächtnis und die Aufmerksamkeit zu überprüfen.

Die Daten zum Wohlbefinden und die Verhaltensdaten wurden anschliessend an den Versuch mit bewährten statistischen Methoden analysiert. Ebenfalls wurde eine Organ- und Hirngewebe-spezifische dosimetrische Auswertung durchgeführt.

## Resultate

Verglichen mit der Kontrollbedingung führte keine der beiden UMTS Versuchsbedingungen von 1 oder 10 V/m zu einer Veränderung des Wohlbefindens. Dieses Resultat bestätigte sich sowohl mit dem neu eingesetzten, validierten Fragebogen, als auch dem ursprünglichen Fragebogen aus der TNO-Studie. Unabhängig von der Stärke des UMTS Feldes gaben elektrosensible Versuchspersonen aber mehr Symptome an.

Die Versuchspersonen waren zudem nicht in der Lage, UMTS elektromagnetische Felder wahrzunehmen. Elektrosensible Versuchspersonen schätzten die Feldbedingung generell höher ein als nicht-elektrosensible Person, dies jedoch wiederum unabhängig von der aktuellen, jeweils tatsächlich vorliegenden Feldstärke.

In Bezug auf die kognitiven Leistungen konnte kein konsistenter Einfluss der UMTS Strahlung nachgewiesen werden. Insgesamt wurden die Resultate von 44 Tests analysiert. Bei 42 Tests wurden keine Effekte beobachtet. Hingegen wurde bei 10 V/m in einem Test in der elektrosensiblen Gruppe im Vergleich zur Kontrollbedingung eine geringfügige Zunahme der Reaktionsgeschwindigkeit festgestellt. Bei der nicht-elektrosensiblen Gruppe reduzierte sich, ebenfalls bei 10 V/m und im Vergleich zur Kontrollbedingung, die Genauigkeit bei einem anderen Test um etwa ein Prozent.

Die dosimetrischen Berechnungen ergaben, dass der Höchstwert der spezifischen Absorptionsrate im Gehirngewebe bei 10 V/m etwa 100fach unterhalb des durch die ICNIRP empfohlenen Grenzwertes lag<sup>5</sup> und somit bis zu einem Faktor 100 kleiner war als beim Gebrauch eines Handys.

## Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse können die Ergebnisse der TNO-Studie nicht bestätigen. Verschiedene Faktoren könnten zu den unterschiedlichen Befunden beigetragen haben: So wurde eine viel grössere Stichprobe untersucht (117 vs. 48 Versuchspersonen). Das Expositions-Setup wurde so verbessert, dass, im Gegensatz zur TNO-Studie, ein gleichmässigeres elektromagnetisches Feld wie von einer UMTS-Basisstationsantenne ausgehend untersucht werden konnte. Die Berücksichtigung einer weiteren Feldstärke trug ebenfalls zu einer zuverlässigeren Überprüfung möglicher Effekte der UMTS Strahlung bei.

---

<sup>5</sup> "International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection", 1998



Während das Wohlbefinden in der TNO-Studie mit einem Fragebogen erhoben wurde, der nicht für kurze Testintervalle entwickelt worden war, wurde nun ein standardisierter und validierter Fragebogen eingesetzt, dessen Messgenauigkeit nachgewiesen ist. Die holländischen Befunde konnten jedoch auch mit dem TNO-Fragebogen nicht bestätigt werden.

In Bezug auf die kognitiven Tests wurden die Ergebnisse ebenfalls nicht bestätigt. Die beiden gefundenen Effekte waren nur marginal und sind wahrscheinlich ein Zufallsergebnis. Es besteht statistisch eine relativ grosse Wahrscheinlichkeit, dass bei insgesamt 44 untersuchten Tests zwei Ergebnisse auf dem 5 Prozent Niveau zufällig statistisch signifikant werden. Um solche zufälligen Ergebnisse auszuschliessen, ist es üblich, eine Korrektur für multiple Tests anzuwenden, nach welcher die beiden beschriebenen Effekte nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

In der vorliegenden Studie konnte die Fähigkeit, elektromagnetische Felder wahrzunehmen, in beiden Versuchsgruppen nicht nachgewiesen werden. Unabhängig von der aktuellen, jeweils tatsächlich vorliegenden Feldstärke fühlten sich elektrosensible Personen im Durchschnitt jedoch stärker exponiert und berichteten über mehr Symptome als nicht-elektrosensible Person.

Die hier vorliegenden Resultate erlauben jedoch nur eine Aussage über den Zusammenhang zwischen einer kurzfristigen Exposition mit einem UMTS-Basisstationssignal und der unmittelbaren Beeinträchtigung des Wohlbefindens oder der kognitiven Fähigkeiten. Es können keine Rückschlüsse auf das Gesundheitsrisiko durch UMTS-Handys oder durch eine langfristige, chronische Bestrahlung mit UMTS-Basisstationen gezogen werden. Zur abschliessenden Beurteilung müssen weitere, zurzeit laufende (z.B. in Dänemark und Grossbritannien) oder anstehende Untersuchungen (z.B. in Japan) abgewartet werden. Diese könnten zusätzlich Aufschluss zu den unterschiedlichen Befunden in der hier vorliegenden und der TNO-Studie geben.

### **Finanzierung und Koordination**

Die Studie wurde zu 60% von der öffentlichen Hand (BAG, BAFU, BAKOM, ComCom, holländische Ministerien) und zu 40% durch die Industrie (Swisscom Mobile AG, Orange Communications SA und TDC Switzerland AG) finanziert. Die Gesamtkosten der Studie beliefen sich auf 723'000 CHF und wurden von der Forschungsstiftung Mobilkommunikation organisiert und koordiniert. Diese hat auch den Vertrag mit den Forschenden abgeschlossen, der unter anderem die Unabhängigkeit der Forschenden von den Geldgebern gewährleistet.

