



Mobilfunkstudie

EEG-Messungen

Apple iPhone 8 / IMEI-Serien Nr.: 358712090517531

Gabriel-Technologie

Gabriel-Kristallglas-Diamanten

100 mm

120 mm

150 mm

200 mm

1. Forschungsmethodik

In den vorliegenden Messungen wurden sechs neurologisch gesunde Probanden (Durchschnittsalter 46 Jahre) getestet. Die Testung mittels Elektroenzephalogramm (EEG) fand im Sitzen über einen Zeitraum von 15 Minuten pro experimenteller Bedingung statt. Das Smartphone wurde in jeder Testbedingung im Abstand von 1.0 cm vom rechten Ohr über eine Halterung angebracht. Nach einer Basismessung (10 Minuten) ohne Mobilfunkexposition wurde das Smartphone iPhone 8 (Hersteller: Apple, Cupertino, CA, USA) für 15 Minuten eingeschaltet. In einer zweiten Testbedingung wurde der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant (Hersteller: Gabriel-Tech GmbH, Kelkheim, Deutschland) im Abstand von 10 cm vor den Probanden positioniert und das Smartphone für 15 Minuten getestet. Die Testbedingungen wurden über alle Probanden im Doppelblinddesign in randomisierter Reihenfolge durchgeführt, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden. Die elektrische Gehirnaktivität wurde mittels eines mobilen high-density EEG (ANT neuro) von 128 Elektroden, die nach dem internationalen 10/5-System an der Kopfoberfläche angebracht waren, mit einer Ausleserate von 512 Hz aufgezeichnet. Die elektrookulographischen (vertikale und horizontale Augenbewegungen) und elektromyographischen (muskuläre Potentiale) Daten wurden als Kontrollvariablen von jeweils zwei Elektroden mit einer Ausleserate von 512 Hz aufgezeichnet. Die EEG-Daten wurden nach Bereinigung von elektrookulographischen und elektro-myographischen Artefakten einer Fast-Fourier-Transformation und im Anschluss einer frequenzspezifischen Analyse für die Frequenzbänder Theta (3,5-7,5 Hz), Alpha (7,5-12,5 Hz), Beta (13,0-30,0 Hz) und Gamma (31,0-100,0 Hz) unterzogen. Die einzelnen Frequenzbänder zeigen unterschiedliche psychophysiologische Wachheits- und Aktivierungszustände (Entspannung/Müdigkeit/Stress etc.) des Gehirns an. In einem weiteren Schritt wurde eine Lokalisierung der EEG-Aktivierungsquellen vorgenommen, mittels derer Aussagen über die Herkunft des an der Kopfoberfläche gemessenen EEG-Signals getroffen werden können. Die Probanden wurden hinsichtlich ihres subjektiven Befindens auf den Dimensionen Kopfschmerzen und Missempfindungen (Bereiche Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme) in jeder Testbedingung befragt. Die Einschätzung erfolgte jeweils auf einer zehnstufigen Skala mit einem Wertebereich von 0 bis 9 (0 = nicht ausgeprägt; 9 = sehr stark ausgeprägt).

Die Daten des EEGs wurden inferenzstatistischen Verfahren (Varianzanalysen mit Messwiederholung, post-hoc Tests mit Bonferroni-Korrektur) jeweils getrennt nach Gehirnarealen (limbisches System, frontaler, zentraler, temporaler, parietaler und okzipitaler Cortex) für die Frequenzbänder Theta, Alpha, Beta und Gamma unterzogen; ebenso die Daten des subjektiven Befindens für die Dimensionen Kopfschmerzen und Missempfindungen (Bereiche: Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme). Das statistische Signifikanzniveau wurde bei allen Tests auf $p < 0,05$ festgelegt.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der EEG-Messungen und subjektiven Befindlichkeit sind in Abb. 1 sowie Tabellen 1-6 dargestellt. Die Ergebnisse der EEG-Quellenaktivierungen im Gehirn zeigen während der Mobilfunkexposition starke Aktivierungen im Frequenzspektrum Beta und Gamma in den zentralen, temporalen, parietalen und okzipitalen Arealen, auch in den tieferliegenden Schichten des Gehirns (v.a. limbisches System). Diese Aktivierungen setzen bereits nach zwei- bis dreiminütiger Mobilfunkexposition ein. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants gehen die Aktivierungen, die durch die Mobilfunkexposition entstehen, durchschnittlich nach ca. drei Minuten signifikant zurück. In den tieferliegenden Schichten des Gehirns (limbisches System) sind bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants keine Aktivierungen durch die Mobilfunkexposition mehr zu beobachten (siehe Abb. 1 und Tab. 1-4). Die Ergebnisse der subjektiven Befindlichkeit spiegeln die neurophysiologischen Befunde. Die Probanden berichteten in der Testbedingung ohne Chip eine Zunahme der Kopfschmerzen (Mittelwert 3,6) sowie Missempfindungen an der Kopfoberfläche (Mittelwert 3,6), im Gesicht (Mittelwert 3,1), am Oberkörper (Mittelwert 2,5) und an den Armen (Mittelwert 2,3). Bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants wurden diese Beeinträchtigungen der subjektiven Befindlichkeit signifikant reduziert und befanden sich auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung (siehe Tab. 5 und 6).

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Testung zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants für das limbische System [$F(2, 15) = 5,26$, $p = 0,03$], sowie für den zentralen [$F(2, 15) = 5,12$, $p = 0,03$], parietalen [$F(2, 15) = 6,20$, $p = 0,02$], temporalen [$F(2, 15) = 7,09$, $p = 0,01$] und okzipitalen Cortex [$F(2, 15) = 5,38$, $p = 0,03$] auf.

Die Ergebnisse der Testung des subjektiven Befindens zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants bei Mobilfunkexposition durch das iPhone 8 für die Dimensionen Kopfschmerzen [$F(2, 15) = 3,80$, $p = 0,04$] sowie Missempfindungen im Bereich der Kopfoberfläche [$F(2, 15) = 4,64$, $p = 0,03$], Gesicht [$F(2, 15) = 3,84$, $p = 0,04$], Oberkörper [$F(2, 15) = 4,03$, $p = 0,04$] und Arme [$F(2, 15) = 3,75$, $p = 0,04$] an. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants befinden sich die Parameter der subjektiven Befragung auf vergleichbarem Niveau wie in der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.

Die Ergebnisse der vorliegenden EEG-Messungen und des subjektiven Befindens indizieren eine positive Wirkung der Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants, die die Beta- und Gamma-Aktivierungen im Gehirn, die durch Mobilfunkexposition mittels des Apple iPhone 8 entstehen, signifikant reduziert. Durch die Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants werden ebenfalls die subjektiv berichteten Beschwerden Kopfschmerzen und Missempfindungen an der Kopfoberfläche, im Gesicht, am Oberkörper und an den Armen, die während der Mobilfunkexposition mittels des iPhone 8 auftreten, reduziert.

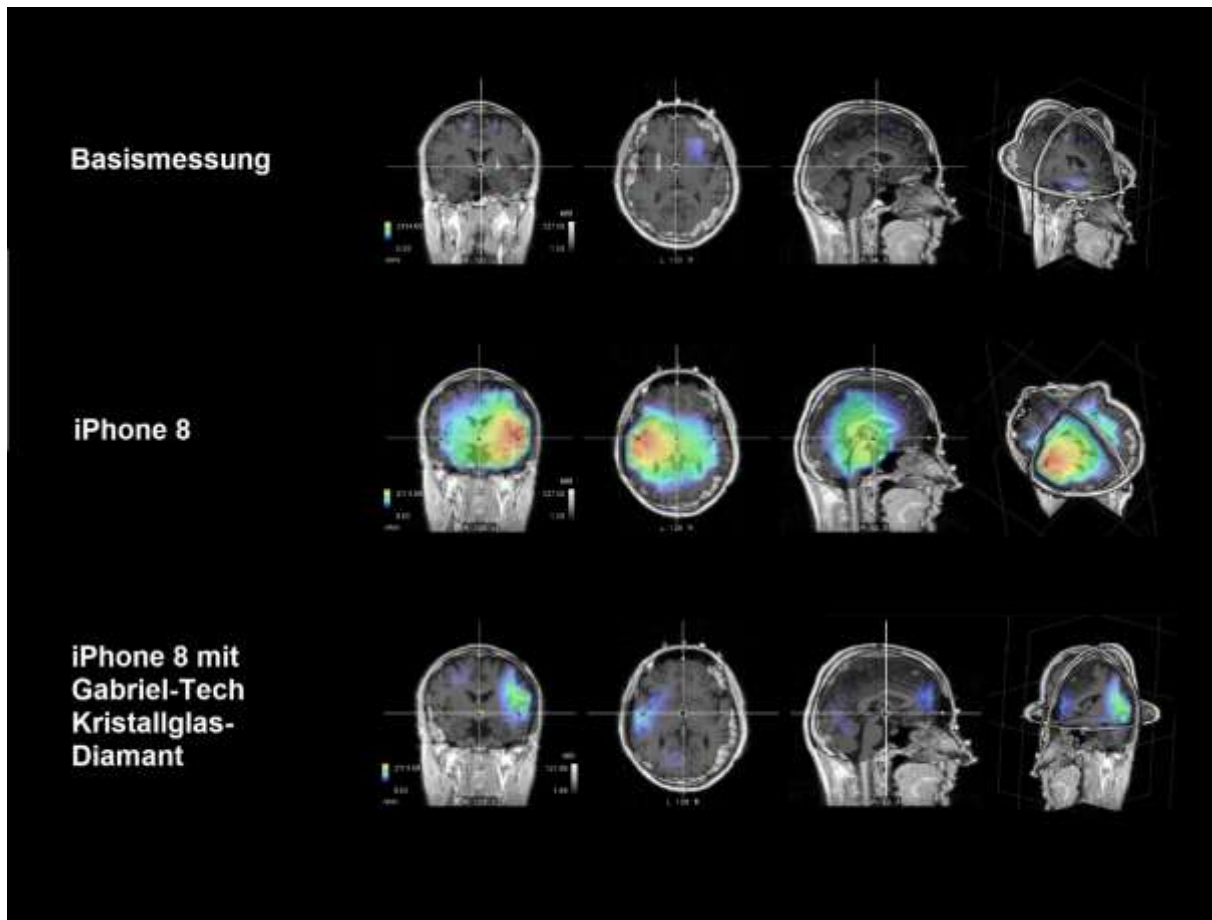


Abbildung 1. Gemittelte EEG-Quellenaktivierungen im Beta- und Gamma-Band beim Mobiltelefonat mit dem iPhone 8 (mittlere Zeile) und bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants während der Mobilfunkexposition (untere Zeile). Rot = sehr starke Aktivierung, blau = sehr geringe Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen bei Mobilfunkexposition ohne den Gabriel-Tech Kristallglas-Diamant, auch in tieferliegenden Gehirnregionen (limbisches System). Bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants werden diese durch Mobilfunkexposition ausgelösten Aktivierungen signifikant reduziert. Aktivierungen im limbischen System treten bei den Probanden nicht mehr auf.

EEG Gamma-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	0,72	3,06	5,60	2,97	3,92	4,74
iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	11,05*	6,92	18,26*	27,78**	16,50*	14,23*
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	2,04	4,39	4,83	3,95	4,80	6,37

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 1. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Gamma-Band (31-100 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen im Gamma-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 8 ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, sind die Gamma-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen signifikant reduziert.

EEG Beta- Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	5,58	12,83	11,62	10,57	9,11	11,06
iPhone 8 ohne Gabriel- Tech Kristallglas Diamant	14,33*	16,18	20,40*	28,74**	22,39**	19,27**
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	7,84	15,29	14,56	13,43	12,94	14,68

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 2. Mittlere Leistungsdichten in $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ der EEG-Aktivierungen im Beta-Band (13-30 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen im Beta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 8. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, sind die Beta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung.

EEG Alpha-Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	11,27	8,93	9,25	9,44	10,86	16,71
iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	4,46*	7,62	2,42*	1,92*	3,25*	6,05*
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	14,83	9,56	11,92	8,87	9,37	13,20

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 3. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Alpha-Band (8-13 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion der Aktivität im Alpha-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 8. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, werden die Alpha-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung aufrechterhalten.

EEG Theta- Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	5,36	6,10	8,64	6,29	6,82	7,25
iPhone 8 ohne Gabriel- Tech Kristallglas Diamant	1,28*	5,62	2,38*	0,65**	2,84*	2,04*
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	4,53	6,47	7,96	8,52	5,36	6,58

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Chip Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 4. Mittlere Leistungsdichten in $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ der EEG-Aktivierungen im Theta-Band (4-7,5 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion der Aktivierungen im Theta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 8. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, werden die Theta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf dem Niveau der Basismessung aufrechterhalten.

	Mittlerer Score Kopfschmerzen
Basismessung	0,0
iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	3,6*
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	0,2

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 5. Mittlere Scores berichteter Kopfschmerzen durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne Chip und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Scores wurden von den Versuchspersonen auf einer Skala von 0 (keine Kopfschmerzen) bis 9 (unerträgliche Kopfschmerzen) während jeder Versuchsbedingung berichtet. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Anstieg subjektiv berichteter Kopfschmerzen bei Anwendung des iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant auf. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, ist der Score der subjektiv berichteten Kopfschmerzen gleichbleibend, vergleichbar der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.

	Kopfoberfläche	Gesicht	Oberkörper	Arme
Basismessung	0,0	0,0	0,0	0,0
iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	3,6*	3,1*	2,5*	2,3*
iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant	0,3	0,2	0,1	0,1

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung iPhone 8 ohne Gabriel-Tech Kristallglas Diamant gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Kristallglas Diamant

Tabelle 6. Mittlere Scores berichteter Missempfindungen (Wärmegefühl, Muskelverspannung-/Muskelschmerzen, Taubheitsgefühl, Kribbeln) an der Kopfoberfläche, im Gesicht, am Oberkörper und an den Armen durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen iPhone 8 ohne und iPhone 8 bei Anwendung des Gabriel-Tech Kristallglas Diamants sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Scores wurden von den Versuchspersonen auf einer Skala von 0 (keine Veränderung des Empfindens) bis 9 (sehr starke Veränderung des Empfindens) während jeder Versuchsbedingung berichtet. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Anstieg subjektiv berichtete Missempfindungen mittleren Grades bei Anwendung des iPhone 8 an. Wird der Gabriel-Tech Kristallglas Diamant mit dem iPhone 8 angewendet, bleibt der Score der subjektiv berichteten Missempfindungen auf vergleichbarem Level mit der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.