



Mobilfunkstudie

EEG-Messungen

iPhone 15

Gabriel-Technologie

Frequenzkarte gold

## 1. Forschungsmethodik

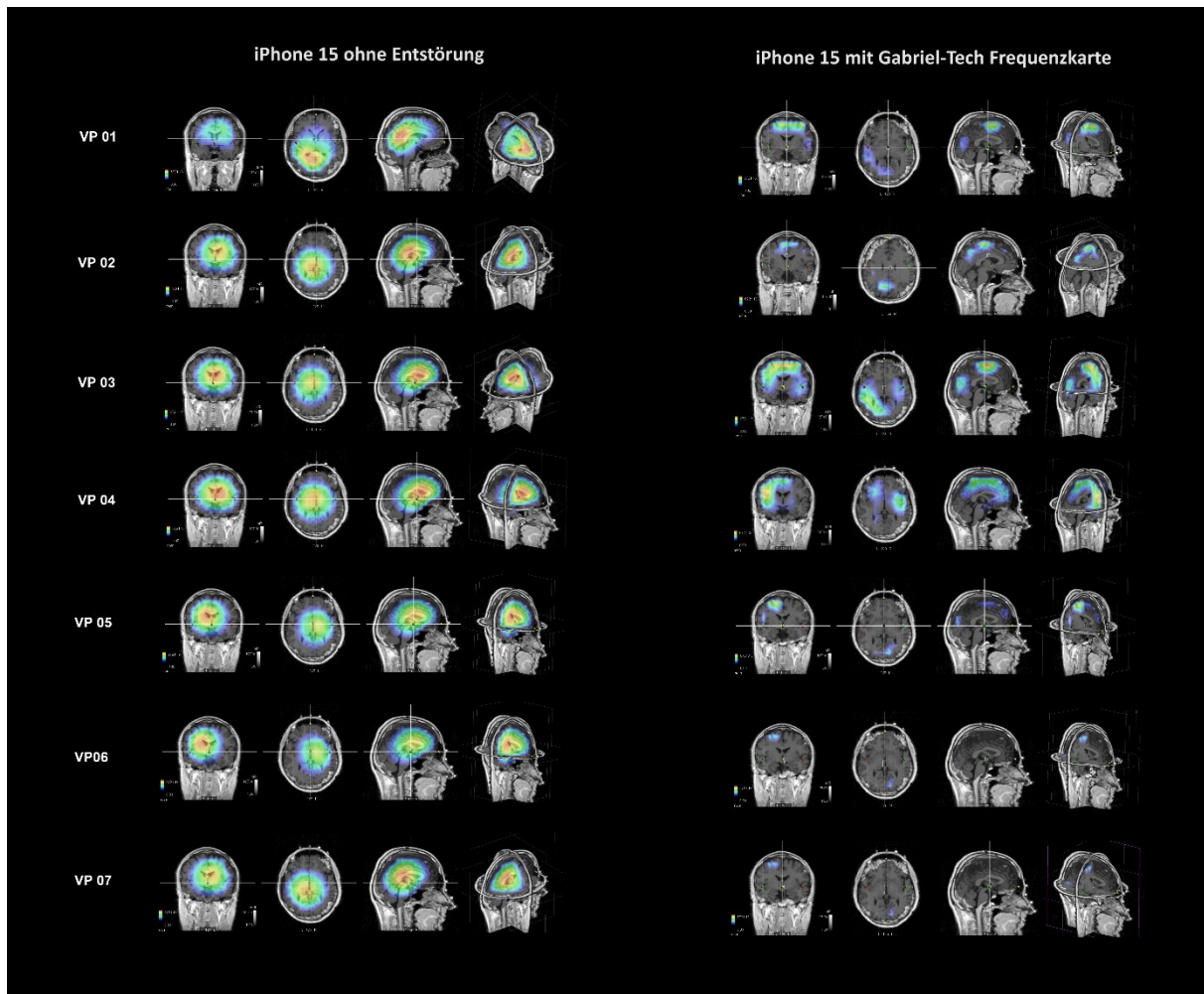
In der vorliegenden Studie wurden sieben männliche Probanden getestet. Die Testung mittels Elektroenzephalogramm (EEG) fand im Sitzen über einen Zeitraum von 10 Minuten pro experimenteller Bedingung statt. Das Smartphone wurde in jeder Testbedingung im Abstand von 1.0 cm vom rechten Ohr appliziert. Nach einer Basismessung (10 Minuten) ohne Mobilfunkexposition wurde das Smartphone iPhone 15 (Hersteller: Apple, Cupertino, CA, USA) für 10 Minuten im 5G-Betrieb eingeschaltet. In einer zweiten Testbedingung wurde die Gabriel-Tech Frequenzkarte gold (Hersteller: Gabriel-Tech GmbH, Kelkheim, Deutschland) auf dem iPhone 15 angebracht und das Smartphone für 10 Minuten im 5G-Betrieb getestet. Die Testbedingungen wurden über alle Probanden im Doppelblinddesign in randomisierter Reihenfolge durchgeführt, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden. Die elektrische Gehirnaktivität wurde mittels eines mobilen ultra-high-density EEG (ANT neuro) von 256 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 elektromyographischen Artefakten einer Fast-Fourier-Transformation und im Anschluss einer frequenzspezifischen Analyse für die EEG-Frequenzbänder Theta (3,5-7,5 Hz), Alpha (8,0-12,5 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.

## 2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der EEG-Messungen sind in Abb. 1 sowie Tabellen 1-4 dargestellt. Die Ergebnisse der EEG-Quellenaktivierungen im Gehirn zeigen während der 5G-Exposition durch das iPhone 15 starke Aktivierungen im Frequenzspektrum Beta und Gamma, auch in den tieferliegenden Schichten des Gehirns (v.a. limbisches System) mit einer zeitgleichen Reduktion der EEG-Aktivität in den Frequenzbändern Theta und Alpha. Die Aktivierungen im Beta- und Gamma-Band setzen bereits nach ein- bis zweiminütiger 5G-Exposition ein. Bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte gehen die Aktivierungen, die durch die 5G-Exposition entstehen, nach zwei bis drei Minuten signifikant zurück. In den tieferliegenden Schichten des Gehirns (limbisches System) sind bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte diese Aktivierungen, die durch die 5G-Exposition entstehen, nicht mehr zu beobachten.

Die Ergebnisse der vorliegenden EEG-Messungen indizieren eine positive Wirkung der Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte, die die Beta- und Gamma-Aktivierungen im Gehirn, die während der 5G-Exposition durch das Apple iPhone 15 entstehen, signifikant reduziert.

Die Ergebnisse der EEG-Messungen sind zur Publikation in der internationalen Fachzeitschrift *Psychophysiology* zum Druck angenommen.



**Abbildung 1.** EEG-Quellenaktivierungen bei 5G-Exposition durch das iPhone 15 ohne Frequenzkarte (jeweils linke Spalte) und bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte (gold) während der 5G-Exposition (jeweils rechte Spalte). Rot = sehr starke Aktivierung, blau = sehr geringe Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen sehr starke Aktivierungen bei 5G-Exposition ohne Anwendung der Frequenzkarte, v.a. in den tieferliegenden Gehirnregionen (limbisches System). Bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte erfolgt eine deutliche Reduktion der durch 5G-Exposition ausgelösten Aktivierungen im Gehirn. Die Aktivierungen im limbischen System durch 5G-Exposition treten bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte bei allen getesteten Probanden nicht mehr auf.

EEG Gamma-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	0,75	2,11	2,84	1,63	0,92	2,77
iPhone 15 ohne Frequenzkarte	37,48 <sup>a</sup>	40,39 <sup>a</sup>	35,62 <sup>a</sup>	51,45 <sup>a</sup>	42,73 <sup>a</sup>	35,31 <sup>a</sup>
iPhone 15 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte	4,82 <sup>b</sup>	6,53 <sup>b</sup>	5,03 <sup>b</sup>	6,70 <sup>b</sup>	4,14 <sup>b</sup>	6,89 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .01$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

<sup>b</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .01$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte gegenüber der Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation

**Tabelle 1.** Mittlere Leistungsdichten in  $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$  der EEG-Aktivierungen im Gamma-Band (31-100 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen iPhone 15 ohne Frequenzkarte und iPhone 15 bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen signifikante Anstiege in den Aktivierungen im Gamma-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 15 ohne Frequenzkarte gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition. Wird die Gabriel-Tech Frequenzkarte auf dem iPhone 15 angebracht, sind die Gamma-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen gegenüber der Testbedingung iPhone 15 ohne Frequenzkarte signifikant reduziert.

EEG Beta-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	5,72	15,10	8,36	9,64	7,29	8,25
iPhone 15 ohne Frequenzkarte	45,33 <sup>a</sup>	48,54 <sup>a</sup>	37,81 <sup>a</sup>	52,18 <sup>a</sup>	45,90 <sup>a</sup>	42,63 <sup>a</sup>
iPhone 15 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte	8,49 <sup>b</sup>	18,37 <sup>b</sup>	12,54 <sup>b</sup>	11,27 <sup>b</sup>	16,84 <sup>b</sup>	11,39 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .01$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

<sup>b</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .01$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte gegenüber der Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation

**Tabelle 2.** Mittlere Leistungsdichten in  $\mu V^2/Hz$  der EEG-Aktivierungen im Beta-Band (13-30 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen iPhone 15 ohne Frequenzkarte und iPhone 15 bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen signifikante Anstiege in den Aktivierungen im Beta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 15 ohne Frequenzkarte gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition. Wird die Gabriel-Tech Frequenzkarte auf dem iPhone 15 angebracht, sind die Beta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen gegenüber der Testbedingung iPhone 15 ohne Frequenzkarte signifikant reduziert, vergleichbar den Werten in der Basismessung.

EEG Alpha-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	14,18	8,37	9,82	7,29	12,05	17,46
iPhone 15 ohne Frequenzkarte	2,37 <sup>a</sup>	0,21 <sup>a</sup>	1,39	0,47 <sup>a</sup>	2,68 <sup>a</sup>	4,53 <sup>a</sup>
iPhone 15 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte	12,64 <sup>b</sup>	10,83 <sup>b</sup>	13,51 <sup>b</sup>	8,90 <sup>b</sup>	10,28 <sup>b</sup>	18,35 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .05$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

<sup>b</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .05$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte gegenüber der Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation

**Tabelle 3.** Mittlere Leistungsdichten in  $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$  der EEG-Aktivierungen im Alpha-Band (8-13 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen iPhone 15 ohne Frequenzkarte und iPhone 15 bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion der Aktivität im Alpha-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 15 ohne Frequenzkarte. Wird die Gabriel-Tech Frequenzkarte mit dem iPhone 15 angewendet, werden die Alpha-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung aufrechterhalten.

EEG Theta-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	7,50	6,76	4,19	6,38	7,84	9,02
iPhone 15 ohne Frequenzkarte	0,31 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,72	0,23 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	1,04 <sup>a</sup>
iPhone 15 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte	6,49 <sup>b</sup>	7,94 <sup>b</sup>	5,65	9,36 <sup>b</sup>	8,57 <sup>b</sup>	8,36 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .05$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

<sup>b</sup> statistisches Signifikanzniveau  $p < .05$  im Vergleich (post-hoc Test) von Testbedingung iPhone 8 mit Gabriel-Tech Frequenzkarte gegenüber der Testbedingung iPhone 8 ohne Applikation

**Tabelle 4.** Mittlere Leistungsdichten in  $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$  der EEG-Aktivierungen im Theta-Band (4,0-7,5 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen iPhone 15 ohne Frequenzkarte und iPhone 15 bei Anwendung der Gabriel-Tech Frequenzkarte sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion der Aktivierungen im Theta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des iPhone 15 ohne Frequenzkarte. Wird die Gabriel-Tech Frequenzkarte mit dem iPhone 15 angewendet, werden die Theta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen aufrechterhalten und befinden sich auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung.