



Mobilfunkstudie

EEG-Messungen

SHIFT5me

IMEI-Serien Nr. 1: 354835090331022

IMEI-Serien Nr. 2: 354835090331930

Gabriel-Technologie

5G-Chip

1. Forschungsmethodik

In den vorliegenden Messungen wurden sechs männliche neurologisch gesunde Probanden (Durchschnittsalter: 43 Jahre) getestet. Die Testung mittels Elektroenzephalogramm (EEG) fand im Sitzen über einen Zeitraum von 20 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 SHIFT5me (Hersteller: Shift GmbH, Falkenberg, Deutschland) für 20 Minuten eingeschaltet. In einer zweiten Testbedingung wurde der Gabriel-Tech 5G-Chip (Hersteller: Gabriel-Tech GmbH, Kelkheim, Deutschland) auf dem SHIFT5me angebracht und das Smartphone für 20 Minuten getestet. Die Testbedingungen wurden über alle Probanden im Doppelblinddesign in randomisierter Reihenfolge durchgeführt, um Reihenfolgeeffekte zu vermeiden. Die elektrische Gehirnaktivität wurde mittels eines 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 elektromyographischen Artefakten einer Fast-Fourier-Transformation und im Anschluss einer frequenzspezifischen Analyse für die 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. Die Probanden wurden hinsichtlich ihres subjektiven Befindens auf den Dimensionen Kopfschmerzen, Missempfindungen (Bereiche Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme), Müdigkeit, Vitalität, Wohlbefinden, und Stressempfinden in jeder Testbedingung befragt. Die Einschätzung der Probanden erfolgte jeweils auf einer zehnstufigen Skala mit einem Wertebereich von 0 bis 9 (1 = nicht ausgeprägt; 10 = 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), Müdigkeit, Vitalität, Wohlbefinden und Stressempfinden. Das statistische Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf $p < 0,05$ festgelegt.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der EEG-Messungen sind in Abb. 1 sowie Tabellen 1-7 dargestellt. Die Ergebnisse der EEG-Quellenaktivierungen im Gehirn zeigen während der Mobilfunkexposition Aktivierungen im Frequenzspektrum Alpha, Beta und Gamma auch in den tieferliegenden Schichten des Gehirns (v.a. limbisches System). Diese Aktivierungen sind nach fünfminütiger Mobilfunkexposition zu beobachten. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips gehen die Aktivierungen, die durch die Mobilfunkexposition entstehen, nach zwei bis drei Minuten signifikant zurück. In den tieferliegenden Schichten des Gehirns (limbisches System) sind bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips keine Aktivierungen durch die Mobilfunkexposition mehr zu beobachten. Die Ergebnisse der subjektiven Befindlichkeit spiegeln die neurophysiologischen Befunde. Die Probanden berichteten in der Testbedingung ohne Chip eine Zunahme der Kopfschmerzen (Mittelwert 2,1), Missempfindungen an der Kopfoberfläche (Mittelwert 2,6) und im Gesicht (Mittelwert 2,2), am Oberkörper (Mittelwert 2,7) und an den Armen (Mittelwert 2,1), eine Zunahme der Müdigkeit (Mittelwert 5,8), des Stressempfindens (Mittelwert 6,3) sowie eine Abnahme der Vitalität (Mittelwert 2,6) und des Wohlbefindens (Mittelwert 1,9). Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips wurden diese Beeinträchtigungen der subjektiven Befindlichkeit signifikant reduziert und befanden sich auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung.

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Testung der EEG-Daten zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips gegenüber der Testbedingung SHIFT5me ohne Chip für den frontalen [$F(2, 15) = 4,68, p = 0,03$], parietalen [$F(2, 15) = 3,85, p = 0,04$], temporalen [$F(2, 15) = 4,51, p = 0,03$] und okzipitalen Cortex [$F(2, 15) = 4,92, p = 0,03$] auf. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips befinden sich die Parameter des EEGs auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung ohne EMF-Exposition (siehe Tab. 1-4).

Die Ergebnisse der Testung des subjektiven Befindens zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips gegenüber der Testbedingung SHIFT5me ohne Chip für die Dimensionen Kopfschmerzen [$F(2, 15) = 3,84, p = 0,04$], Missempfindungen im Bereich Kopfoberfläche [$F(2, 15) = 4,71, p = 0,03$] und im Gesicht [$F(2, 15) = 3,90, p = 0,04$]; ebenso für die Dimensionen Müdigkeit [$F(2, 15) = 3,97, p = 0,04$], Vitalität [$F(2, 15) = 3,83, p = 0,04$], Wohlbefinden [$F(2, 15) = 4,35, p = 0,03$] und Stressempfinden [$F(2, 15) = 3,86, p = 0,04$]. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips befinden sich die Parameter der subjektiven Befragung auf vergleichbarem Niveau wie in der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition (siehe Tab. 5-7).

Die Ergebnisse der vorliegenden EEG-Messungen und des subjektiven Befindens indizieren eine positive Wirkung der Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips auf dem SHIFT5me, der die Beta- und Gamma-Aktivierungen im Gehirn, die während der Mobilfunkexposition mittels des SHIFT5me entstehen, deutlich reduziert. Durch die Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips werden ebenfalls die subjektiv berichteten Beschwerden Kopfschmerzen und Missempfindungen an der Kopfoberfläche und im

Gesicht, die während der Mobilfunkexposition mittels des SHIFT5me auftreten, reduziert.

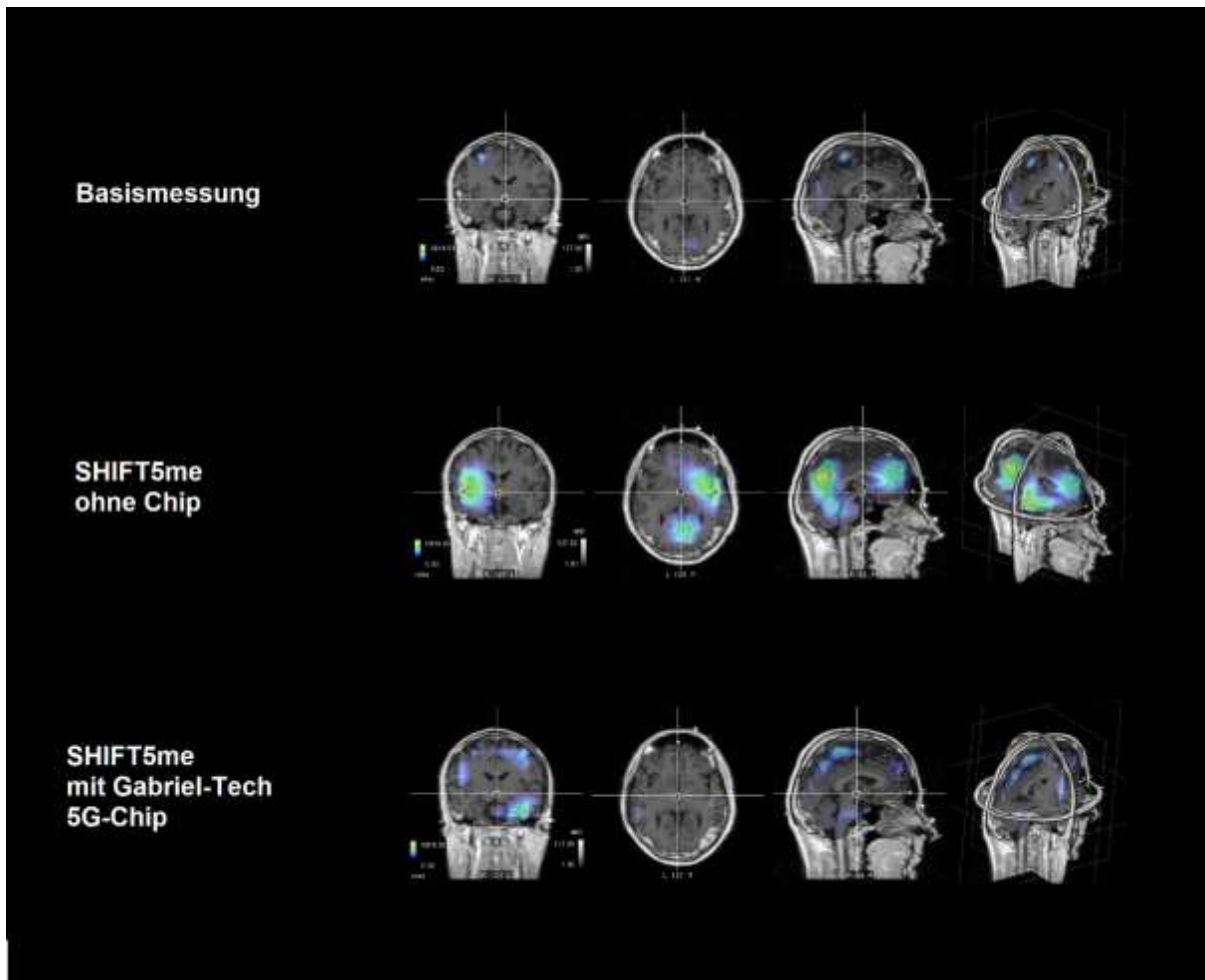


Abbildung 1. Gemittelte EEG-Quellenaktivierungen bei Mobilfunkexposition durch das SHIFT5me ohne Chip (mittlere Zeile) und bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips während der Mobilfunkexposition (untere Zeile). Rot = sehr starke Aktivierung, blau = sehr geringe Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen bei Mobilfunkexposition ohne Chip in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Arealen. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips werden diese durch Mobilfunkexposition ausgelösten Aktivierungen signifikant reduziert.

EEG Gamma-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	0,64	2,27	2,96	2,58	2,39	2,71
SHIFT5me ohne Chip	2,68	14,73*	4,81	18,35**	11,42*	15,93*
SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip	1,94	3,21	3,68	3,49	3,03	4,10

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 1. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Gamma-Band (31-100 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen Aktivierungen im Gamma-Band in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen bei Anwendung des SHIFT5me. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, sind die Gamma-Aktivierungen in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen signifikant reduziert.

EEG Beta-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	3,60	11,83	8,55	9,16	8,72	7,94
SHIFT5me ohne Chip	6,03	19,32*	11,63	28,36**	19,22*	25,85*
SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip	4,94	13,28	10,36	10,83	11,49	11,27

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 2. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Beta-Band (13-30 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen Aktivierungen im Beta-Band in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen bei Anwendung des SHIFT5me. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, sind die Beta-Aktivierungen in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen signifikant reduziert und befinden sich auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung.

EEG Alpha-Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	9,27	7,44	9,19	8,82	9,80	15,34
SHIFT5me ohne Chip	12,69	15,84*	7,63	17,35*	19,69*	22,23*
SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip	10,46	8,83	11,58	9,94	8,67	14,60

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 3. Mittlere Leistungsdichten in $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ der EEG-Aktivierungen im Alpha-Band (8-13 Hz) durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen Aktivierungen im Alpha-Band in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen bei Anwendung des SHIFT5me. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, sind die Beta-Aktivierungen in den frontalen, temporalen, parietalen und okzipitalen Gehirnarealen signifikant reduziert und befinden sich auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung ohne Mobilfunkexposition.

EEG Theta- Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	6,93	8,36	7,24	6,11	6,85	7,91
SHIFT5me ohne Chip	1,37*	2,52*	1,08*	0,83*	1,14*	2,50*
SHIFT5me mit Gabriel- Tech 5G-Chip	5,84	7,30	6,85	6,92	5,66	7,72

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

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 SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne Mobilfunkexposition). Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion der Aktivierungen im Theta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des SHIFT5me. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, werden die Theta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen aufrechterhalten.

	Mittlerer Score Kopfschmerzen
Basismessung	0,0
SHIFT5me ohne Chip	2,1*
SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip	0,2

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 5. Mittlere Scores berichteter Kopfschmerzen durch Mobilfunkexposition für die Testbedingungen SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips 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 SHIFT5me auf. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, 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
SHIFT5me ohne Chip	2,6*	2,2*	1,7	1,3
SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip	0,2	0,1	0,0	0,0

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Tech 5G-Chip

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 SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips 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 an der Kopfoberfläche und im Gesicht bei Anwendung des SHIFT5me an. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, bleibt der Score der subjektiv berichteten Missempfindungen vergleichbar der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.

	Müdigkeit	Vitalität	Wohlbefinden	Stress
Basismessung	0,9	8,5	8,6	0,2
SHIFT5me ohne Chip	5,8*	2,6*	1,9*	6,3*
SHIFT5me mit Gabriel-Chip	0,7	8,9	9,3	0,1

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung SHIFT5me ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung SHIFT5me mit Gabriel-Chip

Tabelle 7. Mittlere Scores berichteter Befindlichkeit (Müdigkeit, Vitalität, Wohlbefinden, Stress) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen SHIFT5me ohne Chip und SHIFT5me bei Anwendung des Gabriel-Chips 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 eine signifikante Zunahme der Müdigkeit und des Stressempfindens mit einer Reduktion der Vitalität und des Wohlbefindens bei Anwendung des SHIFT5me ohne Chip gegenüber den Testbedingungen SHIFT5me mit Gabriel-Chip und der Basismessung an. Wird der Gabriel-Chip auf dem SHIFT5me angebracht, bleiben die Scores Müdigkeit, Vitalität, Wohlbefinden und Stressempfinden auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung ohne EMF-Exposition.