



Mobilfunkstudie

EEG-Messungen

Samsung S20 5G

Samsung Galaxy S20 5G / IMEI-Serien Nr.: 354397115014047

Gabriel-Technologie

Gabriel-Chip GDM60SI88

1. Forschungsmethodik

In den vorliegenden Messungen wurden acht männliche neurologisch gesunde Probanden (Durchschnittsalter 45 Jahre) 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 über eine Halterung angebracht. Nach einer Basismessung (1 Minute) ohne Mobilfunkexposition wurde das Smartphone Samsung Galaxy S20 5G für 10 Minuten im 5G-Betrieb eingeschaltet. In einer zweiten Testbedingung wurde der Gabriel-Tech 5G-Chip (Hersteller: Gabriel-Tech GmbH, Kelkheim, Deutschland) auf dem Samsung Galaxy S20 5G 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 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 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, Missempfindungen (Bereiche Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme), Müdigkeit, Vitalität, Energielevel, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit 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, Missempfindungen (Bereiche: Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme), Müdigkeit, Vitalität, Energielevel, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit. Das statistische Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf $p < 0,05$ festgelegt.

2. Ergebnisse

Die Ergebnisse der EEG-Messungen und Erfassung der subjektiven Befindlichkeit sind in Abb. 1 und Tab. 1-7 dargestellt. Die Ergebnisse der EEG-Quellenaktivierungen im Gehirn zeigen während der 5G-Exposition durch das Samsung Galaxy S20 5G starke Aktivierungen im Frequenzspektrum Beta und Gamma auch in den tieferliegenden Schichten des Gehirns (v.a. limbisches System). Diese Aktivierungen setzen nach ein- bis zweiminütiger 5G-Exposition ein. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips gehen die Stressaktivierungen, die durch die 5G-Exposition entstehen, nach zwei bis drei Minuten signifikant zurück. In den tieferliegenden Schichten des Gehirns (limbisches System) sind bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips diese Aktivierungen durch die 5G-Exposition mehr zu beobachten. Die Ergebnisse der subjektiven Befindlichkeit spiegeln die neurophysiologischen Befunde. Die Probanden berichteten in der Testbedingung ohne Chip eine Zunahme der Kopfschmerzen bis zu einem mittleren Grad (Mittelwert 4,1) sowie Missempfindungen an der Kopfoberfläche (Mittelwert 3,7), im Gesicht (Mittelwert 3,7), am Oberkörper (Mittelwert 2,9) und an den Armen (Mittelwert 2,4), ebenfalls eine Zunahme der Müdigkeit (Mittelwert 7,1), des Stressempfindens (Mittelwert 6,9) und der Gereiztheit (Mittelwert 7,3) sowie eine Reduktion der Vitalität (Mittelwert 1,5), der Energie (Mittelwert 3,3) und des Wohlbefindens (Mittelwert 1,8). 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 (siehe Tab. 5-7).

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Testung zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips für den frontalen [$F(2, 15) = 4,91; p = 0,03$], zentralen [$F(2, 15) = 5,17; p = 0,02$], parietalen [$F(2, 15) = 4,80; p = 0,03$], temporalen [$F(2, 15) = 4,62; p = 0,03$] und okzipitalen Cortex [$F(2, 15) = 3,83; p = 0,04$] auf.

Die Ergebnisse der Testung des subjektiven Befindens zeigen signifikante Effekte der 5G-Exposition für die Dimensionen Kopfschmerzen [$F(2, 15) = 4,34; p = 0,03$] sowie Missempfindungen im Bereich Kopfoberfläche [$F(2, 15) = 3,45; p = 0,04$], Gesicht [$F(2, 15) = 3,67; p = 0,04$], Oberkörper [$F(2, 15) = 3,74; p = 0,04$] und Arme [$F(2, 15) = 3,37; p = 0,04$], Müdigkeit [$F(2, 15) = 3,86; p = 0,04$], Vitalität [$F(2, 15) = 3,77; p = 0,04$], Energie [$F(2, 15) = 3,98; p = 0,04$], Wohlbefinden [$F(2, 15) = 4,48; p = 0,03$], Stressempfinden [$F(2, 15) = 4,63; p = 0,03$] und Gereiztheit [$F(2, 15) = 4,06; p = 0,04$] an. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips befinden sich die Parameter Kopfschmerzen, Missempfindungen (Kopfoberfläche, Gesicht, Oberkörper, Arme), Müdigkeit, Wohlbefinden, Stress und Gereiztheit auf vergleichbarem Niveau wie in der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition. Die Scores Vitalität und Energie sind bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips auf dem Samsung Galaxy S20 gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition und der Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip erhöht (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, der die Beta- und Gamma-Aktivierungen im Gehirn, die während der 5G-Exposition mittels des Samsung Galaxy S20 entstehen, deutlich reduziert. Durch die Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips werden ebenfalls die subjektiv berichteten Beschwerden

Kopfschmerzen und Missempfindungen an der Kopfoberfläche, im Gesicht, am Oberkörper und an den Armen, sowie Müdigkeit, Stressempfinden und Gereiztheit signifikant reduziert. Die Parameter Vitalität und Energielevel sind bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 mit dem Gabriel-Tech Chip höher als in der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition und in der Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip.

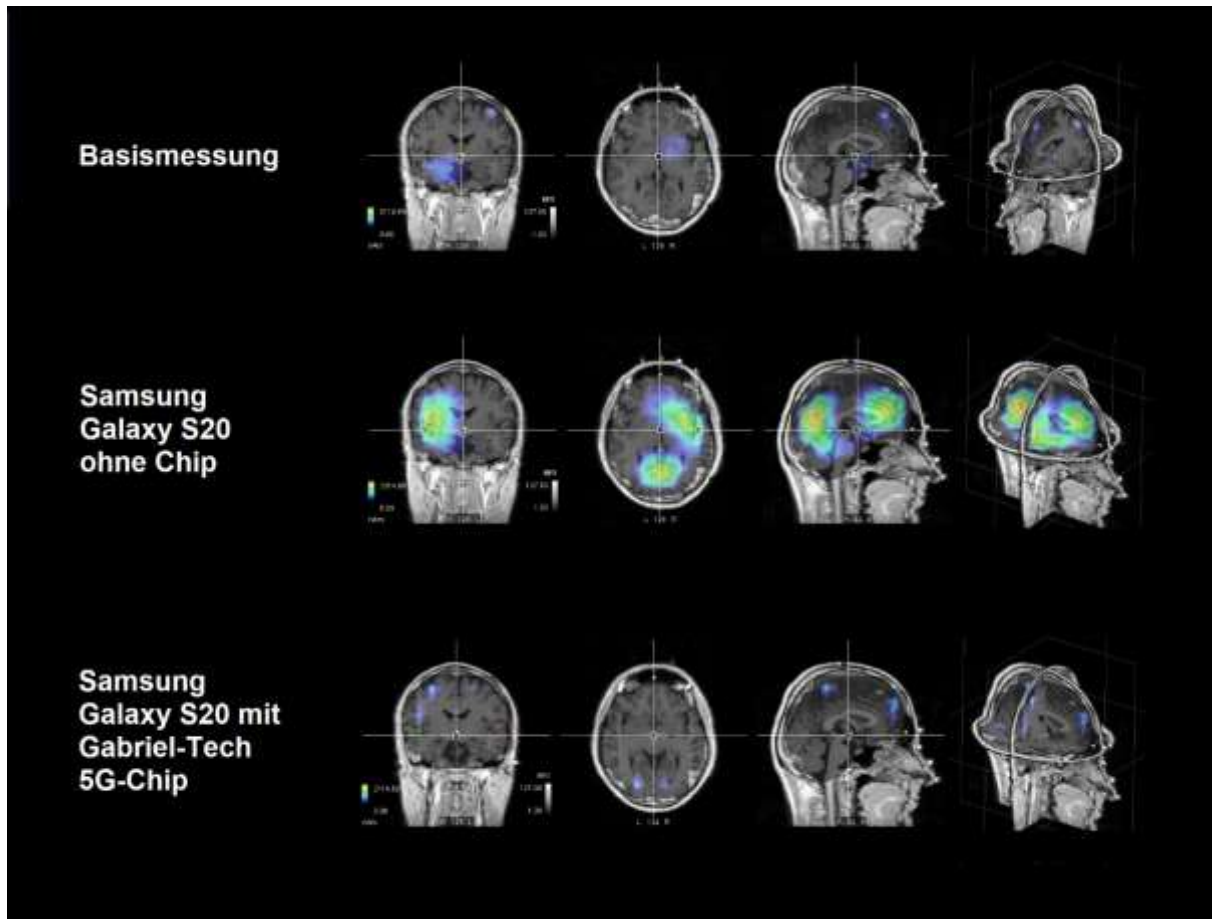


Abbildung 1. Gemittelte EEG-Quellenaktivierungen bei 5G-Exposition durch das Samsung Galaxy S20 5G ohne Chip (mittlere Zeile) und bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips während der 5G-Exposition (untere Zeile). Rot = sehr starke Aktivierung, blau = sehr geringe Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen sehr starke Aktivierungen bei 5G-Exposition ohne Chip v.a. in den posterioren Gehirnarealen und auch in den tieferliegenden Gehirnschichten des limbischen Systems. Bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips werden diese durch 5G-Exposition ausgelösten Aktivierungen deutlich reduziert. Aktivierungen im limbischen System durch 5G-Exposition sind bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips bei den Probanden nicht mehr zu beobachten.

EEG Gamma- Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	0,86	2,84	2,97	2,70	2,35	2,73
Samsung Galaxy S20 ohne Chip	14,75**	20,51**	18,39**	26,77**	24,22**	27,02**
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip	0,68	2,95	3,08	3,16	3,20	3,51

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 1. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Gamma-Band (31-100 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen im Gamma-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, sind die Gamma-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen signifikant reduziert, vergleichbar dem Niveau der Basismessung.

EEG Beta- Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	3,85	12,37	10,49	9,25	9,74	10,73
Samsung Galaxy S20 ohne Chip	19,39**	27,56**	22,18**	28,53**	23,61**	25,58**
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip	4,28	11,63	11,37	7,85	8,97	9,84

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

Tabelle 2. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Beta-Band (13-30 Hz) durch 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips sowie für die Kontrollbedingung (Basismessung ohne EMF-Exposition). Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen im Beta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, 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	12,73	9,85	10,36	9,34	12,93	18,62
Samsung Galaxy S20 ohne Chip	6,36*	2,85*	2,81*	2,06*	5,32*	7,89**
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip	14,15	8,90	9,32	8,84	11,84	16,40

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 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 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips 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 Samsung Galaxy S20 ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, 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	5,66	6,71	8,37	7,42	8,40	8,28
Samsung Galaxy S20 ohne Chip	2,27*	1,61*	2,28*	1,36**	2,42*	2,85*
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip	6,38	7,24	8,86	6,82	6,93	9,57

* statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

** statistisches Signifikanzniveau $p < .01$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung sowie der Testbedingung Samsung Galaxy S20 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 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips 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 Samsung Galaxy S20 ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, werden die Theta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen aufrechterhalten.

	Mittlerer Score Kopfschmerzen
Basismessung	
M	0,0
S	0,0
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip	
M	4,1 ^{a,b}
S	1,6
Samsung Galaxy S20 ohne Chip	
M	0,2
S	0,2

^a statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung

^b statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

M: Mittelwert S: Standardabweichung

Tabelle 5. Mittlere Scores berichteter Kopfschmerzen durch 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 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 mittleren Grades bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 ohne Chip auf. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, ist der Score der subjektiv berichteten Kopfschmerzen gleichbleibend, vergleichbar der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.

	Kopfoberfläche	Gesicht	Oberkörper	Arme
Basismessung				
M	0,0	0,0	0,0	0,0
S	0,0	0,0	0,0	0,0
Samsung Galaxy S20 ohne Chip				
M	3,7^{a,b}	3,7^{a,b}	2,9^{a,b}	2,4^{a,b}
S	1,4	1,1	0,9	0,7
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip				
M	0,2	0,1	0,0	0,0
S	0,2	0,1	0,0	0,0

^a statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung

^b statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

M: Mittelwert S: Standardabweichung

Tabelle 6. Mittlere Scores berichteter Missempfindungen (Wärmegefühl, Muskelverspannung-/Muskelschmerzen, Taubheitsgefühl, Kribbeln) an der Kopfoberfläche, im Gesicht, am Oberkörper und an den Armen durch 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 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 berichteter Missempfindungen mittleren Grades bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 ohne Chip an. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, bleibt der Score der subjektiv berichteten Missempfindungen vergleichbar der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition.

	Müdigkeit	Vitalität	Energie	Wohl- befinden	Stress	Gereiztheit
Basismessung						
M	0,7	6,7	6,5	8,5	0,3	0,1
S	0,4	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Samsung Galaxy S20 ohne Chip						
M	7,1^{a,b}	2,5^{a,b}	3,7^{a,b}	1,8^{a,b}	6,9^{a,b}	7,3^{a,b}
S	1,3	0,4	0,6	2,5	1,6	1,1
Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip						
M	0,4	8,9^c	9,0^c	8,7	0,4	0,2
S	0,4	0,1	0,0	0,3	0,3	0,2

^a statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Basismessung

^b statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber der Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip

^c statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Samsung Galaxy S20 mit Gabriel-Tech 5G-Chip gegenüber Basismessung ohne EMF-Exposition

M: Mittelwert S: Standardabweichung

Tabelle 7. Mittlere Scores berichteter Befindlichkeit auf den Dimensionen Müdigkeit, Vitalität, Energie, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit durch 5G-Exposition für die Testbedingungen Samsung Galaxy S20 ohne Chip und Samsung Galaxy S20 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 eine signifikante Zunahme der Müdigkeit, des Stressempfindens und der Gereiztheit mit einer Reduktion der Vitalität, des Energielevels und des Wohlbefindens bei Anwendung des Samsung Galaxy S20 ohne Chip gegenüber den Testbedingungen Samsung Galaxy S20 mit 5G-Chip und der Basismessung an. Wird der Gabriel-Tech 5G-Chip auf dem Samsung Galaxy S20 angebracht, bleiben die Scores Müdigkeit, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit auf vergleichbarem Niveau mit der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition. Die Scores Vitalität und Energie sind bei Anwendung des Gabriel-Tech 5G-Chips auf dem Samsung Galaxy S20 gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition und der Testbedingung Samsung Galaxy S20 ohne Chip signifikant erhöht.