



EEG-Studie

Tablet

Apple iPad 10.2

Gabriel-Technologie

Gabriel-Chip GDM60190170

1. Forschungsmethodik

In den vorliegenden Messungen wurden acht neurologisch gesunde Probanden (alle männlich, Durchschnittsalter: 46,2 Jahre) getestet. Die Testung mittels Elektroenzephalogramm (EEG) fand im Sitzen über einen Zeitraum von 15 Minuten pro experimenteller Bedingung statt. Die Probanden hielten und bedienten ein Tablet mit beiden Händen vor dem Körper. Nach einer Basismessung (15 Minuten) ohne elektromagnetische Strahlungsexposition wurde das Tablet iPad 10.2 (Hersteller: Apple, Cupertino, CA, USA) mit WLAN-Funktion für 15 Minuten eingeschaltet. In einer zweiten Testbedingung wurde der Gabriel-Tech Chip (Hersteller: Gabriel-Tech GmbH, Kelkheim, Deutschland) auf dem Tablet angebracht und die Wirkung während einer 15-minütigen WLAN-Exposition getestet. Die Testbedingungen wurden über alle Probanden im Doppelblinddesign in randomisierter Reihenfolge durchgeführt. 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, aufgezeichnet. Die elektrookulographischen (vertikale und horizontale Augenbewegungen) und elektromyographischen (muskuläre Potentiale) Daten wurden als Kontrollvariablen von jeweils zwei Elektroden 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 (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, Energie, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit in jeder Testbedingung befragt. Die Einschätzung der Probanden erfolgte jeweils auf einer Ratingskala 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, Energie, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit. 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 WLAN-Exposition durch das Tablet starke Aktivierungen im Frequenzspektrum Beta und Gamma v.a. in den tieferliegenden Schichten des Gehirns (u.a. limbisches System). Diese Aktivierungen setzen bereits nach ein- bis zweiminütiger WLAN-Exposition ein. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips gehen diese Aktivierungen, die durch die WLAN-Exposition entstehen, nach zwei bis drei Minuten signifikant zurück. In den tieferliegenden Schichten des Gehirns (limbisches System) sind bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips keine Aktivierungen durch die WLAN-Exposition mehr zu beobachten (siehe Abb. 1). Die Ergebnisse der subjektiven Befindlichkeit spiegeln die neurophysiologischen Befunde. Die Probanden berichteten in der Testbedingung ohne Chip eine Zunahme der Kopfschmerzen (Mittelwert 3,7) sowie größere Müdigkeit (Mittelwert 3,9), reduzierte Vitalität (Mittelwert 3,1), reduzierte Energie (Mittelwert 3,4), reduziertes Wohlbefinden (Mittelwert 6,4), verstärktes Stressempfinden (Mittelwert 4,4), verstärkte Gereiztheit (Mittelwert 4,1). Bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips wurden diese Beeinträchtigungen der subjektiven Befindlichkeit signifikant reduziert und befanden sich auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung ohne WLAN-Exposition (siehe Tab. 5 und 6).

Die Ergebnisse der inferenzstatistischen Testung der EEG-Daten zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet für das limbische System [$F(2, 22) = 4,52; p = 0,03$], den frontalen [$F(2, 22) = 5,65; p = 0,02$], zentralen [$F(2, 22) = 4,26; p = 0,03$], temporalen [$F(2, 22) = 4,41; p = 0,03$], parietalen [$F(2, 22) = 4,62; p = 0,03$] und okzipitalen Cortex [$F(2, 22) = 5,48; p = 0,02$] auf.

Die Ergebnisse der Testung des subjektiven Befindens zeigen signifikante Effekte der Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet für die Dimensionen Kopfschmerzen [$F(2, 22) = 4,47; p = 0,03$], Müdigkeit [$F(2, 22) = 4,50; p = 0,03$], Vitalität [$F(2, 22) = 3,60; p = 0,04$], Energie [$F(2, 22) = 3,54; p = 0,04$], Wohlbefinden [$F(2, 22) = 3,68; p = 0,04$], Stress [$F(2, 22) = 3,62; p = 0,04$] und Gereiztheit [$F(2, 22) = 3,58; p = 0,04$] auf. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet befinden sich die Parameter der subjektiven Befindlichkeit auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung ohne EMF-Exposition.

Die Ergebnisse der vorliegenden EEG-Messungen und des subjektiven Befindens indizieren eine positive Wirkung der Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet, der die Beta- und Gamma-Aktivierungen im Gehirn, die durch WLAN-Exposition mittels des Apple Tablets angeregt werden, signifikant reduziert. Durch die Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet werden ebenfalls die subjektiv berichteten Beschwerden Kopfschmerzen, Müdigkeit, Stress, Gereiztheit, Reduktion der Energie, Reduktion der Vitalität und Reduktion des Wohlbefindens, die durch die WLAN-Exposition mittels des Tablets auftreten, signifikant verringert.

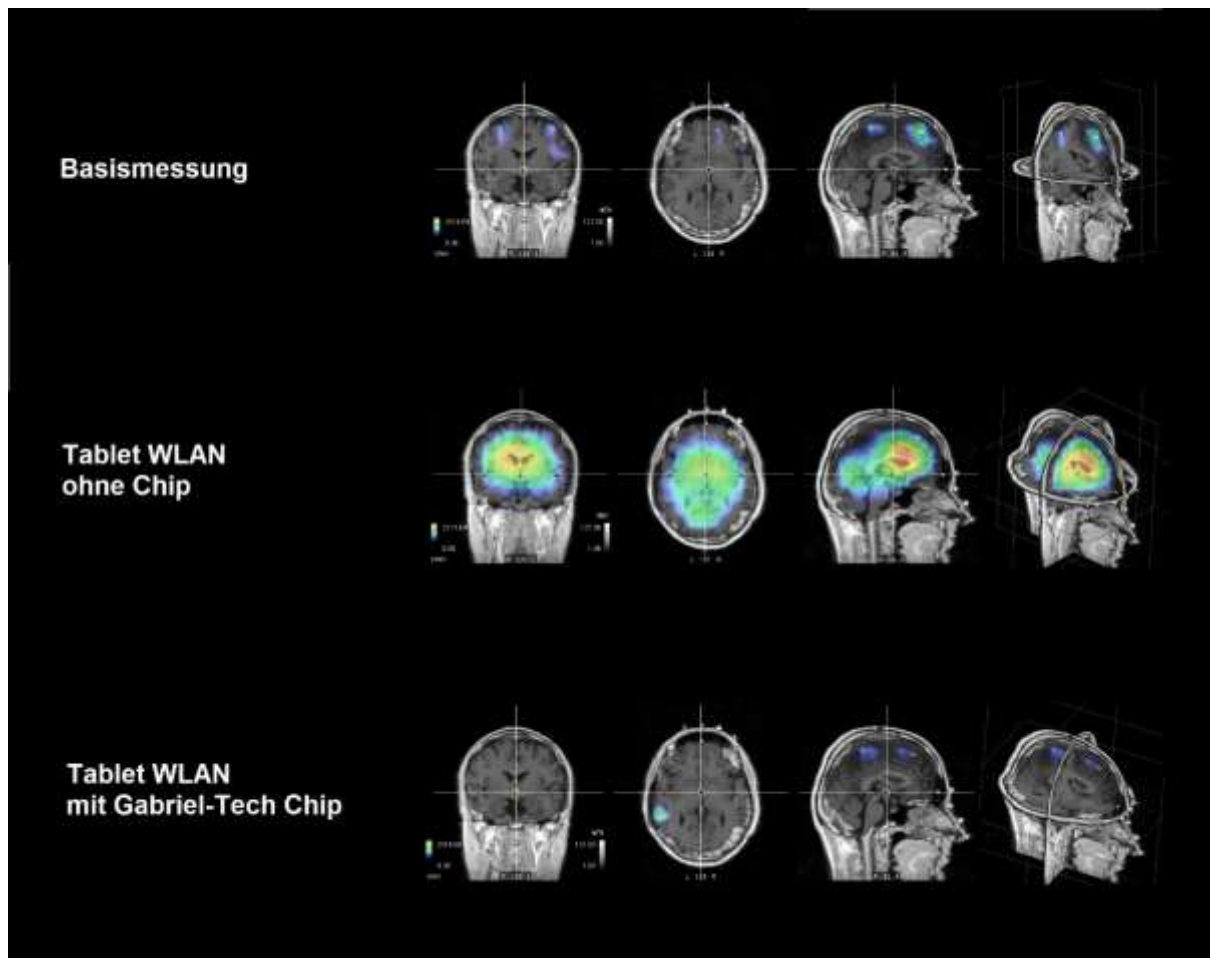


Abbildung 1. EEG-Quellenaktivierungen gemittelt über alle Probanden in den Frequenzbändern Beta und Gamma bei WLAN-Exposition durch das Tablet (Mitte) und bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet während der WLAN-Exposition (unten). Rot = sehr starke Aktivierung, blau = sehr geringe Aktivierung. Die Ergebnisse zeigen starke Aktivierungen bei WLAN-Exposition ohne Chip, v.a. in den frontalen und okzipitalen Gehirnregionen. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips auf dem Tablet sind die Aktivierungen des Gehirns gegenüber der Testbedingung Tablet ohne Chip signifikant reduziert und befinden sich auf vergleichbarem Niveau wie in der Basismessung.

EEG Gamma- Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	1,84	4,26	4,13	3,73	5,28	4,33
Tablet ohne Chip	31,28**	27,64**	16,49*	17,75*	15,11*	19,80*
Tablet mit Gabriel-Tech Chip	0,79	3,51	5,28	3,60	4,25	6,74

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

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

Tabelle 1. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Gamma-Band (31-100 Hz) durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sowie für die Basismessung ohne EMF-Exposition. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Anstieg im Gamma-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Tablets ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech Chip auf dem Tablet angebracht, bleiben die Gamma-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen signifikant reduziert.

EEG Beta-Aktivität	Limbisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	4,81	10,28	12,05	9,30	7,02	6,73
Tablet ohne Chip	15,75*	32,08**	22,47*	20,14*	18,65*	19,29*
Tablet mit Gabriel-Tech Chip	6,22	14,96	9,82	12,48	10,33	8,42

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

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

Tabelle 2. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Beta-Band (13-30 Hz) durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sowie für die Basismessung ohne EMF-Exposition. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Anstieg im Beta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Tablets ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech Chip auf dem Tablet während der EMF-Exposition angewendet, bleiben die Beta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung.

EEG Alpha-Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	14,76	9,38	10,25	7,18	11,53	17,86
Tablet ohne Chip	1,83*	2,11*	2,68*	0,36*	3,77*	2,48**
Tablet mit Gabriel-Tech Chip	11,39	11,57	13,51	10,52	11,21	15,35

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

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

Tabelle 3. Mittlere Leistungsdichten in $\mu\text{V}^2/\text{Hz}$ der EEG-Aktivierungen im Alpha-Band (8-13 Hz) durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet mit Applikation des Gabriel-Tech Chips sowie für die Basismessung ohne EMF-Exposition. Die Ergebnisse zeigen eine signifikante Reduktion der Aktivität im Alpha-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Tablets ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech Chip auf dem Tablet während der EMF-Exposition angewendet, bleiben die Alpha-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen auf vergleichbarem Niveau mit der Basismessung.

EEG Theta-Aktivität	Limisches System	Frontal	Zentral	Temporal	Parietal	Okzipital
Basismessung	11,85	7,63	8,22	7,68	8,39	9,15
Tablet ohne Chip	0,27*	1,58*	2,16*	0,53*	1,27*	1,19*
Tablet mit Gabriel-Tech Chip	13,49	8,90	10,81	9,84	9,02	9,62

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

Tabelle 4. Mittlere Leistungsdichten in $\mu V^2/Hz$ der EEG-Aktivierungen im Theta-Band (4-7,5 Hz) durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sowie für die Basismessung ohne EMF-Exposition. Die Ergebnisse zeigen eine Reduktion der Aktivierungen im Theta-Band in allen getesteten Gehirnarealen bei Anwendung des Tablets ohne Chip. Wird der Gabriel-Tech Chip auf dem Tablet angebracht, werden die Theta-Aktivierungen in allen getesteten Gehirnarealen aufrechterhalten, vergleichbar der Basismessung ohne EMF-Exposition.

	Mittlerer Score Kopfschmerzen
Basismessung	
M	0,0
S	0,0
Tablet ohne Chip	
M	3,7^{a,b}
S	1,3
Tablet mit Gabriel-Tech Chip	
M	0,0
S	0,0

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

^b statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Tablet ohne Chip gegenüber der Testbedingung Tablet mit Gabriel-Tech Chip

M: Mittelwert S: Standardabweichung

Tabelle 5. Mittlere Scores berichteter Kopfschmerzen durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sowie für die 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 Tablets ohne Chip auf. Wird der Gabriel-Tech Chip auf dem Tablet angebracht, ist der Score der subjektiv berichteten Kopfschmerzen vergleichbar der Basismessung ohne EMF-Exposition.

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

^a statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Tablet ohne Chip gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

^b statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Tablet ohne Chip gegenüber der Testbedingung Tablet mit Gabriel-Tech Chip

^c statistisches Signifikanzniveau $p < .05$ im Vergleich von Testbedingung Tablet mit Gabriel-Tech Chip gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition

M: Mittelwert S: Standardabweichung

Tabelle 6. Mittlere Scores berichteter Befindlichkeit auf den Dimensionen Müdigkeit, Vitalität, Energie, Wohlbefinden, Stress und Gereiztheit durch EMF-Exposition für die Testbedingungen Tablet ohne Chip und Tablet bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sowie für die 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, Energie und des Wohlbefindens bei Anwendung des Tablets ohne Gabriel-Tech Chip gegenüber den Testbedingungen Tablet mit Gabriel-Tech Chip und der Basismessung an. Wird der Gabriel-Tech Chip bei EMF-Exposition durch das Tablet angewendet, bleiben die Scores Müdigkeit, Wohlbefinden, Stressempfinden und Gereiztheit auf vergleichbarem Niveau mit der Kontrollbedingung ohne EMF-Exposition. Bei Anwendung des Gabriel-Tech Chips sind die Scores Vitalität und Energie signifikant gegenüber der Basismessung ohne EMF-Exposition erhöht.