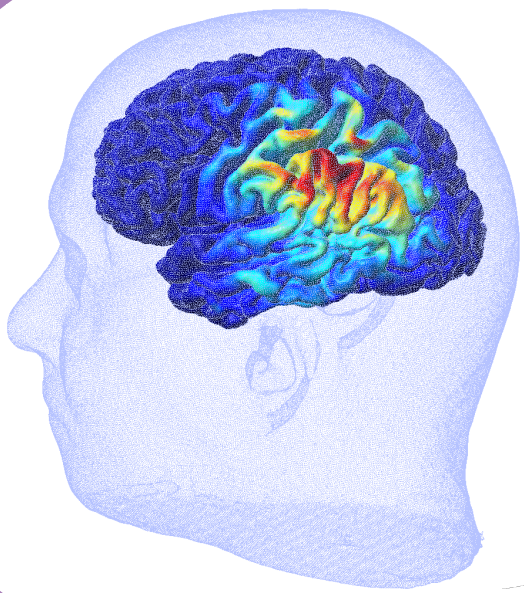
Therapierational

Transkranielle elektrische Stimulation zur Behandlung der Major depressiven Störung

Ausgewählte KLINISCHE STUDIEN



Dr. Alois C. Hopf
CSO & Mitgründer der Bottneuro AG, Schweiz

Die nachfolgenden klinischen Studien zum Einsatz verschiedener Formen der transkraniellen elektrischen Stimulation (tES) der Major depressiven Störung wurden aufgrund ihrer klinischen und wissenschaftlichen Relevanz ausgewählt. Sie unterstreichen das hohe Potenzial der tES zur Verbesserung depressiver Symptome wie Apathie oder Anhedonie sowie zur Modulation der zugrunde liegenden Pathophysiologie der Erkrankung. Die vorgestellten Studien unterscheiden sich hinsichtlich Behandlungsdauer, untersuchter Patientenpopulation, verwendeter Stimulationsparameter sowie der analysierten klinischen Endpunkte. Trotz dieser Unterschiede zeigen sie übereinstimmend das hohe Sicherheitsprofil wiederholter tES-Anwendungen. Zudem verdeutlichen sie die Bedeutung einer sorgfältigen Auswahl von Stimulationsparameter und Zielregionen, um den gewünschten klinischen Effekt zu erzielen.

Intervention	Bis zu 37 Sitzungen pro Patientin bzw. Patient Behandlungsdauer von bis zu 10 Wochen Frequenz von 1–5 Sitzungen pro Woche Insgesamt mehr als 14’000 tES-Sitzungen Sitzungsdauer jeweils 20–40 Minuten
Design	7 sham-kontrollierte 2 offene, unkontrollierte Studien
Behandelte Patienten	Mehr als 700 Patienten mit Major depressiver Störung
Neuropsychologische Verbesserungen	Depressivität (Montgomery-Åsberg Depression Rating Scale, Hamilton Depression Rating Scale, IDS, QIDS, PHQ-9, Beck Depression Inventory) Angstsymptome (HAM-A, STAI) Manie & Suizidalität (Young Mania Rating Scale, Columbia-SSRS) Lebensqualität (SDS, CGI-S, Q-LES) Aufmerksamkeit (SDMT, WAIS) Lernen & Exekutivfunktionen (RAVLT, Stroop)
Sicherheit	Keine schwerwiegenden unerwünschten Ereignisse Vorübergehendes leichtes Kribbeln und Jucken unter den Elektroden

MIAMIND®
a product by Bottneuro

© 2026 Bottneuro AG

Klinische Studien - Übersicht

Pathologie der Major depressiven Störung

Die Prävalenz depressiver Störungen in Europa wird auf etwa 6 % geschätzt. Frauen sind dabei ungefähr doppelt so häufig betroffen wie Männer (Arias-de la Torre et al., 2021). Die Major depressive Störung geht häufig mit Veränderungen der kortikalen Aktivität und Erregbarkeit einher, insbesondere in präfrontalen Hirnregionen. Untersuchungen dieser neuronalen Veränderungen zeigen, dass die Major depressive Störung die beiden Hirnhemisphären asymmetrisch beeinflusst (Jiang et al., 2021). Daraus ergeben sich charakteristische Muster, die mittels EEG nachweisbar sind und potenziell durch transkranielle elektrische Stimulation (tES) therapeutisch adressiert werden können (Elyamany et al., 2021). Eine der am besten untersuchten Veränderungen ist die frontale Asymmetrie. Dabei zeigt sich insbesondere im Alpha-Frequenzbereich ein hyperaktiver rechter und ein hypoaktiver linker dorsolateraler präfrontaler Cortex (DLPFC) (Razza et al., 2021; Liu et al., 2024). Für die Behandlung der Major depressiven Störung stehen pharmakologische Therapien zur Verfügung, am häufigsten selektive Serotonin-Wiederaufnahmehemmer (SSRI). Deren therapeutische Wirkung tritt jedoch oft verzögert ein und ist nicht selten mit unerwünschten Nebenwirkungen verbunden. Auch psychotherapeutische Verfahren zeigen relevante Limitationen: Mehr als die Hälfte der Patientinnen und Patienten spricht nicht ausreichend auf Psychotherapie an, und nur etwa ein Drittel erreicht eine vollständige Remission (Salehinejad et al., 2025). Es besteht daher ein klarer Bedarf an neuen komplementären Behandlungsansätzen für die Major depressive Störung.

Transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS) bei Major depressiver Störung

Zu den etablierten nicht-invasiven Neuromodulationsverfahren bei der Major depressiven Störung zählen die repetitive transkranielle Magnetstimulation (rTMS), die Elektrokrampftherapie (ECT) und die transkranielle elektrische Stimulation (tES). Während rTMS und ECT gute Wirksamkeit zeigen, erfordern sie geschultes Fachpersonal sowie kostenintensive Geräte in klinischen Einrichtungen. tES kann dagegen nach entsprechender Schulung auch eigenständig und sicher angewendet werden. Die therapeutischen Effekte werden vor allem mit einer Normalisierung der neuronalen Aktivität sowie einer verbesserten zerebralen Perfusion im linken DLPFC in Verbindung gebracht (Brunoni et al., 2012). Am häufigsten wird eine anodale (exzitatorische) tDCS über dem linken sowie eine kathodale (inhibitorische) tDCS über dem rechten dorsolateralen präfrontalen Cortex (DLPFC) eingesetzt, um depressive Symptome zu reduzieren. Auf Grundlage dieses Therapieprinzips erhielt 2015 das erste tDCS-System die CE-Zulassung zur Behandlung der Major depressiven Störung (Soterix Medical, 2015).

Transkranielle Wechselstromstimulation bei Major depressiver Störung

Neuere Studien deuten darauf hin, dass die gezielte Modulation neuronaler Oszillationen mittels transkranieller Wechselstromstimulation (tACS) eine besonders vielversprechende Behandlungsform darstellen könnte (Perrey, 2024). Durch die bilaterale Stimulation des DLPFC im Alpha-Frequenzbereich kann die gestörte frontale Alpha-Asymmetrie normalisiert werden. Dies führt zu anhaltenden klinischen Verbesserungen. Darüber hinaus kann die Wiederherstellung physiologischer Netzwerkdynamiken depressive Symptome lindern und kognitive Funktionen verbessern (Wang et al., 2022).

Personalisierung der transkraniellen elektrischen Stimulation

Aktuelle Systeme für die Heimbehandlung der tDCS basieren auf standardisierten „One-size-fits-all"-Elektrodenmontagen. Dadurch kann das tatsächlich erreichte elektrische Feld im Zielgebiet zwischen einzelnen Patientinnen und Patienten stark variieren. Die aktuelle Literatur betont daher zunehmend die Notwendigkeit personalisierter Therapien und einer patientenspezifischen Optimierung des induzierten

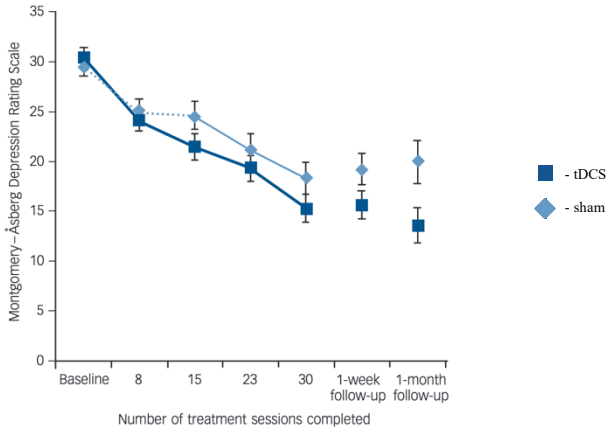
elektrischen Feldes (Salehinejad et al., 2025). Weitere Möglichkeiten der Personalisierung umfassen die patientenspezifische Stimulation unterschiedlicher Knotenpunkte im Gehirn. Dadurch können gezielt krankheitsrelevante Hirnnetzwerke moduliert und individuelle Symptome gezielt behandelt werden.

Bedeutung der anhaltenden tES-Therapie

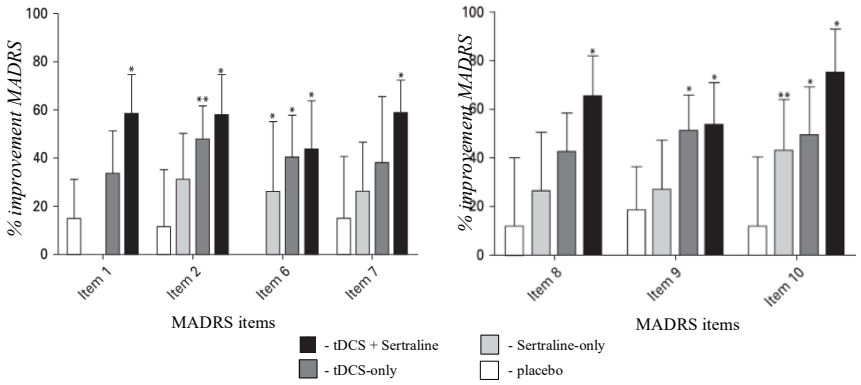
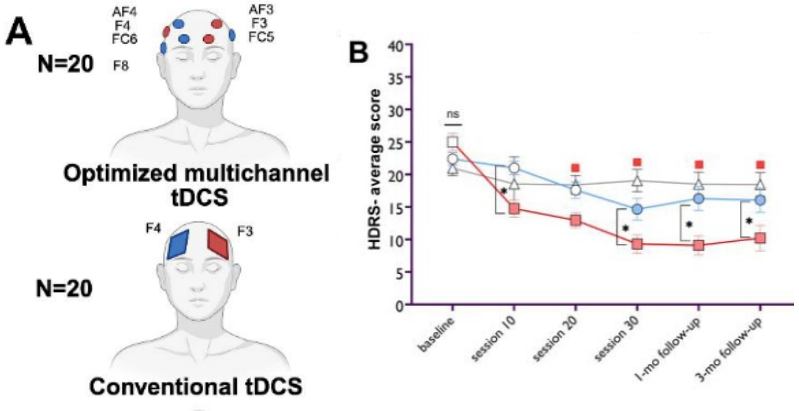
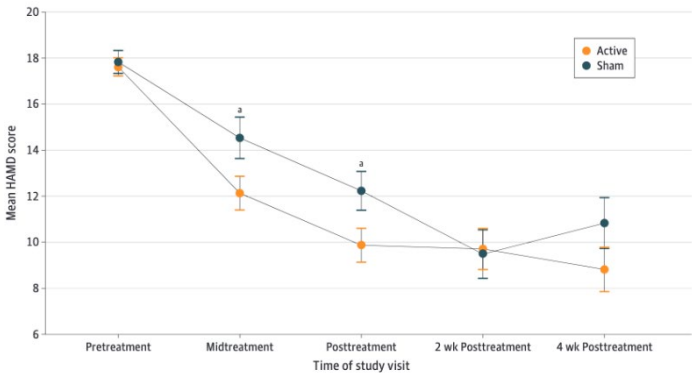
Längere Behandlungszeiträume scheinen besonders wichtig zu sein, um nachhaltige klinische Effekte zu erzielen. Eine aktuelle Metaanalyse zeigte, dass die Wirkung von tDCS über einen Zeitraum von bis zu zehn Wochen weiter zunimmt (Moffa et al., 2020; Nikolin et al., 2023). Kürzere Studien hatten dagegen häufiger Schwierigkeiten, signifikante Effekte nachzuweisen. Auch eine längere Dauer einzelner Sitzungen wurde mit besseren Ergebnissen in Verbindung gebracht (Pavlova et al., 2018). Für eine breite klinische Anwendung und langfristige Behandlung sind daher selbstständig durchführbare Heimtherapien von zentraler Bedeutung.

Weiterführende Literatur

Für eine evidenzbasierte Fach-Review zu verschiedenen tDCS-Anwendungen siehe Fregni et al. 2020 (*Evidence-Based Guidelines and Secondary Meta-Analysis for the Use of Transcranial Direct Current Stimulation in Neurological and Psychiatric Disorders*). Für MDD-spezifische weiterführende Literatur siehe Moffa et al. 2020 (*Efficacy and acceptability of transcranial direct current stimulation (tDCS) for major depressive disorder: An individual patient data meta-analysis)*. Die Sicherheit von Stimulationsparameter und tES-Anwendungen wird von Antal et al., 2017 rezensiert (*Low intensity transcranial electric stimulation: Safety, ethical, legal regulatory and application guidelines*).

STUDIE	SCHLUSSFOLGERUNG
Transcranial direct current stimulation for depression: 3-week, randomised, sham-controlled trial *Loo et al. 2012* University of New South Wales, Sydney, Australia • Anodale tDCS des linken DLPFC, Kathode oberhalb kontralateralen Orbita über 3 Wochen (5x/Woche) • 64 Probanden, sham-kontrollierte zweiarmige Studie, offene Erweiterungsstudie • **Signifikante Verbesserung der Depressionssymptome** • Weiterer Nutzen bei Behandlungsdauer **länger als 3 Wochen**	

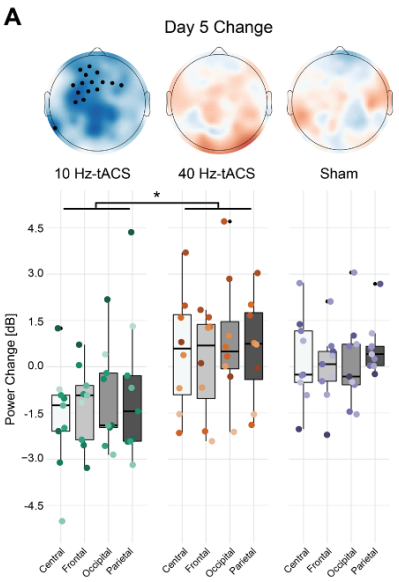
Klinische Studien - Übersicht

STUDIE	SCHLUSSFOLGERUNG
The Sertraline vs Electrical Current Therapy for Treating Depression Clinical Study: Results From a Factorial, Randomized, Controlled Trial *Brunoni et al., 2013* University of São Paulo, São Paulo, Brasil • Anodale tDCS des linken DLPFC, Kathode kontralateral über 3 Wochen (5x/Woche) • 120 Probanden, sham-kontrollierte vierarmige Studie (Medikament/kein Medikament × tDCS/sham) • Die **Kombinationstherpie** (tDCS und Sertralin) ist Einzeltherapie (tDCS oder Sertralin) überlegen • tDCS (allein und als Kombinationstherapie) **verbessert die Konzentrationsfähigkeit und reduziert pessimistische und suizidale Gedanken**	
Optimized multichannel tDCS protocol for clinical use in patients with major depressive disorder *Salehinejad et al.,2025* Leibniz Research Centre, Dortmund, Germany • anodale tDCS des linken DLPFC über 5 Wochen (5x/Woche), Optimierte Multielektroden Montage vs. koventionelle 1x1 Montage • 60 Probanden, sham-kontrollierte zweiarmige Studie • **Optimierte tDCS** besser **als konventionelle 1x1 tDCS**	
Personalized High-Definition Transcranial Direct Current Stimulation for the Treatment of Depression *Jog et al., 2025* UCLA, Los Angeles, USA • Personalisierte anodale HD-tDCS des linken DLPFC, 4x1 Elektrodenmontage, 12 aufeinanderfolgende Werktage • 71 Probanden, sham-kontrollierte zweiarmige Studie • **Signifikante Verbesserung der Depressionssymptome** bei Stimulationsende, kein anhaltender Effekt • **Personalisierung führt zu** vergleichbaren klinischen Verbesserungen in **kürzer Behandlungsdauer**	

Klinische Studien - Übersicht

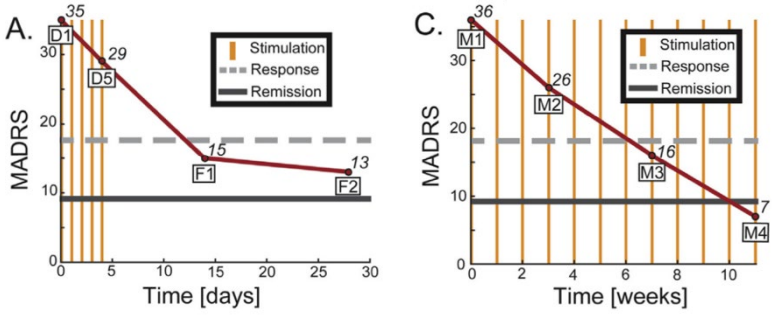
Double-blind, randomized pilot clinical trial targeting alpha oscillations with transcranial alternating current stimulation (tACS) for the treatment of major depressive disorder (MDD)
Alexander et al. 2019
University of North Carolina, Chapel Hill, USA

- 10 Hz tACS des bilateralen DLPFC über **5 Tage**
- 32 Probanden sham-kontrollierte zweiarmige Studie
- Reduktion der **frontalen linken Alpha Aktivität** bei Stimulationsende, **kein anhaltender Effekt**



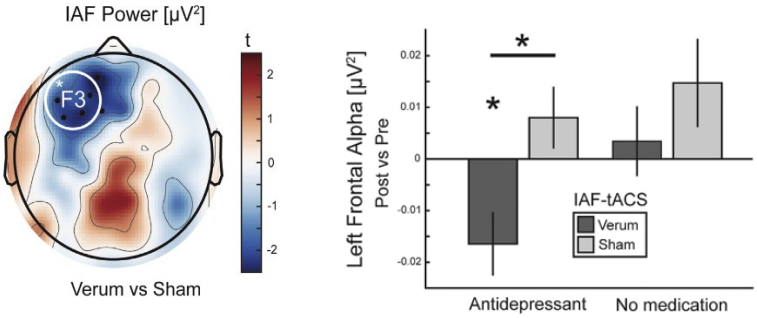
A case study of weekly tACS for the treatment of major depressive disorder
Riddle et al. 2020
University of North Carolina, Chapel Hill, USA

- 10 Hz tACS des bilateralen DLPFC über 12 Wochen **(1x/Woche)**
- Fallstudie Erweiterung von Alexander et al., 2019
- **Remission** nach 12 Wochen Stimulation erreicht



Reduction in Left Frontal Alpha Oscillations by Transcranial Alternating Current Stimulation in Major Depressive Disorder Is Context Dependent in a Randomized Clinical Trial
Riddle et al. 2022
University of North Carolina, Chapel Hill, USA

- Einmalige **tACS** des linken DLPFC, personalisierte Alpha peak Frequenz
- 84 Probanden, sham-kontrollierte zweiarmige Studie
- Reduktion der **frontalen linken Alpha Aktivität**



Klinische Studien - Übersicht

Adjunctive home-based transcranial direct current stimulation treatment for major depression with real-time remote supervision: An open-label, single-arm feasibility study with long term outcomes
Woodham et al., 2022
University of East London, United Kingdom

- Anodale tDCS des linken DLPFC, Kathode kontralateral über 6 Wochen (3 Wochen 5x/Woche; 3 Wochen: 2x/Woche)
- 26 Probanden, offene Studie zuhause
- **tDCS Therapie zuhause durchführbar, hohe Probanden-Adhärenz**
- **Verbesserung depressiver Symptome**
- Aufrechterhaltung der Effekte über 6 Monate

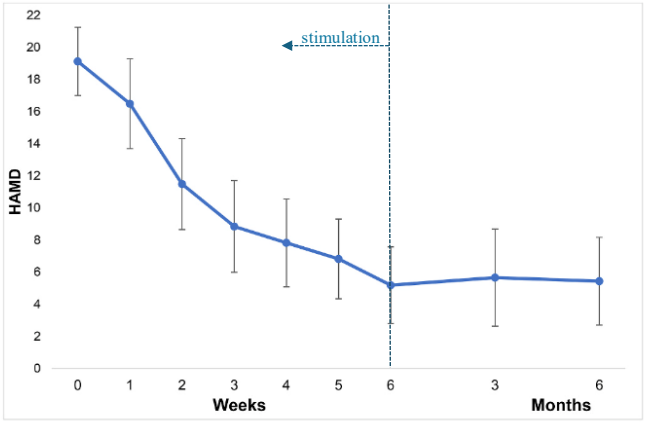
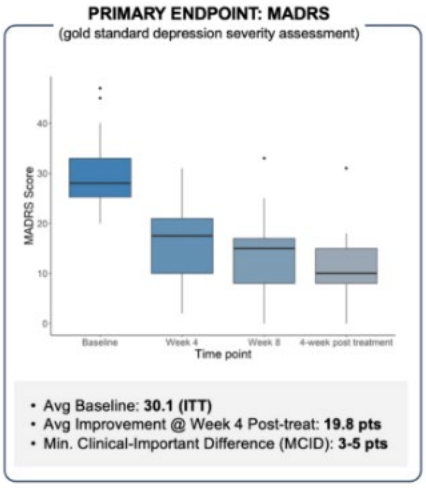


Fig. 2. Mean Hamilton Depression Rating Scale (HAMD) total scores in patients at every assessment time point from baseline to 6-month follow up

---

Multichannel tDCS with advanced targeting for major depressive disorder: a telesupervised at-home pilot study
Ruffini et al., 2024
Harvard Medical School, Boston, USA

- Optimized **tDCS**, Zielregion linker DLPFC über 8 Wochen (4 Wochen: 7x/Woche; 4 Wochen 2-3x/Woche)
- 35 Probanden, offene Studie zuhause
- Optimierte **tDCS Therapie zuhause durchführbar, hohe Probanden-Adhärenz**
- **Verbesserung depressiver Symptome** 4 Wochen nach Behandlungsende



Home-based transcranial direct current stimulation treatment for major depressive disorder: a fully remote phase 2 randomized sham-controlled trial
Woodham et al., 2025
University of East London, London, UK

- Anodale tDCS des linken DLPFC, Kathode kontralateral über 10 Wochen (3 Wochen: 5x/Woche; 7 Wochen: 3x/Woche)
- **174 Probanden** sham-kontrollierte zweiarmige Studie
- **Signifikante Verbesserung depressiver Symptome**
- Hohe **Therapieresponse** und **Remissionsrate** in der tDCS-Gruppe

