

Elektrisierende Hirnkurven

Konzeption eines Schülerforschungstages zur Elektroenzephalographie

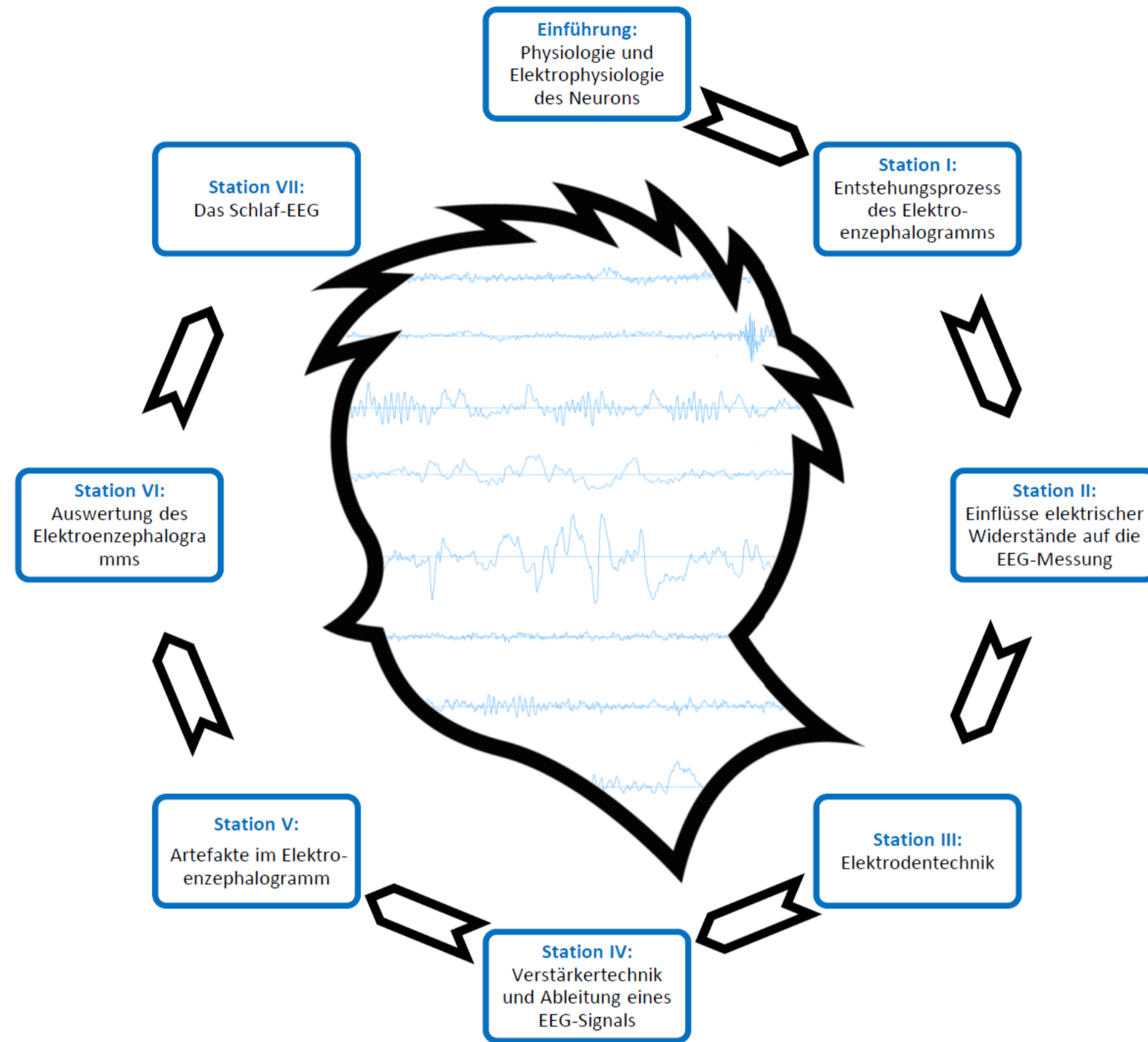
Markus Feser (markus.feser@physik.uni-wuerzburg.de), Markus Elsholz, Thomas Trefzger
Physik und ihre Didaktik Universität Würzburg, Campus Hubland Nord

Konzeption des Schülerforschungstages

Die **Elektroenzephalographie (EEG)** bietet einen attraktiven Kontext für die Behandlung elektrischer Felder im Unterricht. Eine didaktische Aufbereitung für den Physikunterricht in der Sekundarstufe II existiert allerdings noch nicht.

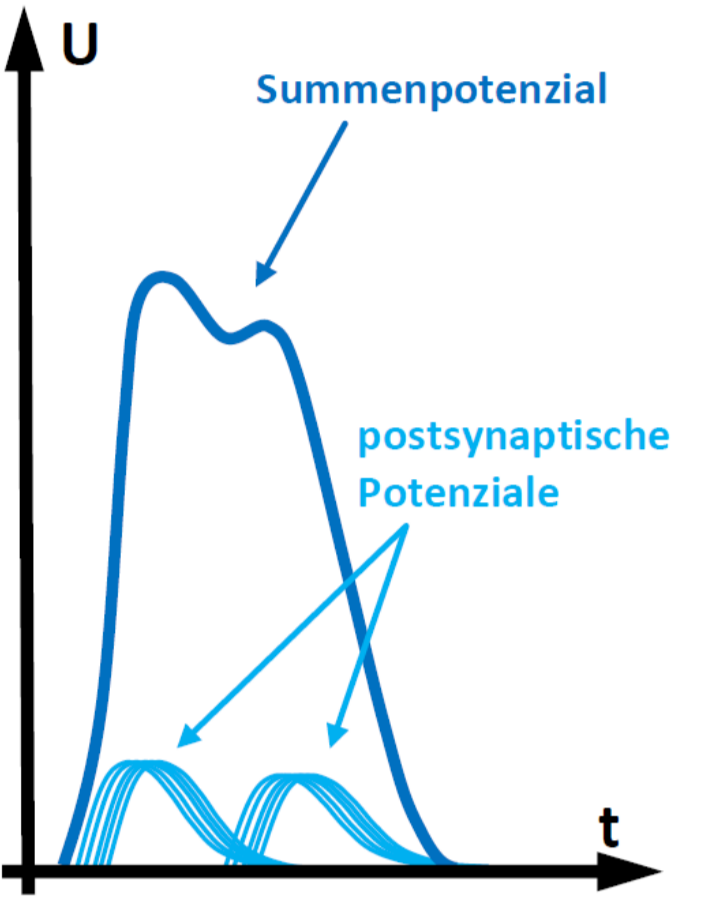
Die Konzeption eines **Schülerforschungstages im Lehr-Lern-Labor des Didaktikzentrums MIND** der Universität Würzburg stellt hierfür einen ersten Vorschlag dar. Unter Anleitung und mit Hilfe eines speziell für den Forschungstag konzipierten Workbooks erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in insgesamt **acht Etappen** (vgl. Abbildung) zentrale Aspekte und Grundprinzipien der Elektroenzephalographie.

Konzipiert ist der Schülerforschungstag für **Schülerinnen und Schüler der 11. Jahrgangsstufe**, insbesondere für Schülerinnen und Schüler des bayerischen Gymnasiums, die die im Zuge der G8-Reform neu eingeführte Lehrplanalternative Biophysik gewählt haben. **Eine erste Durchführung des Schülerforschungstages ist für das Frühjahr 2013 geplant.**

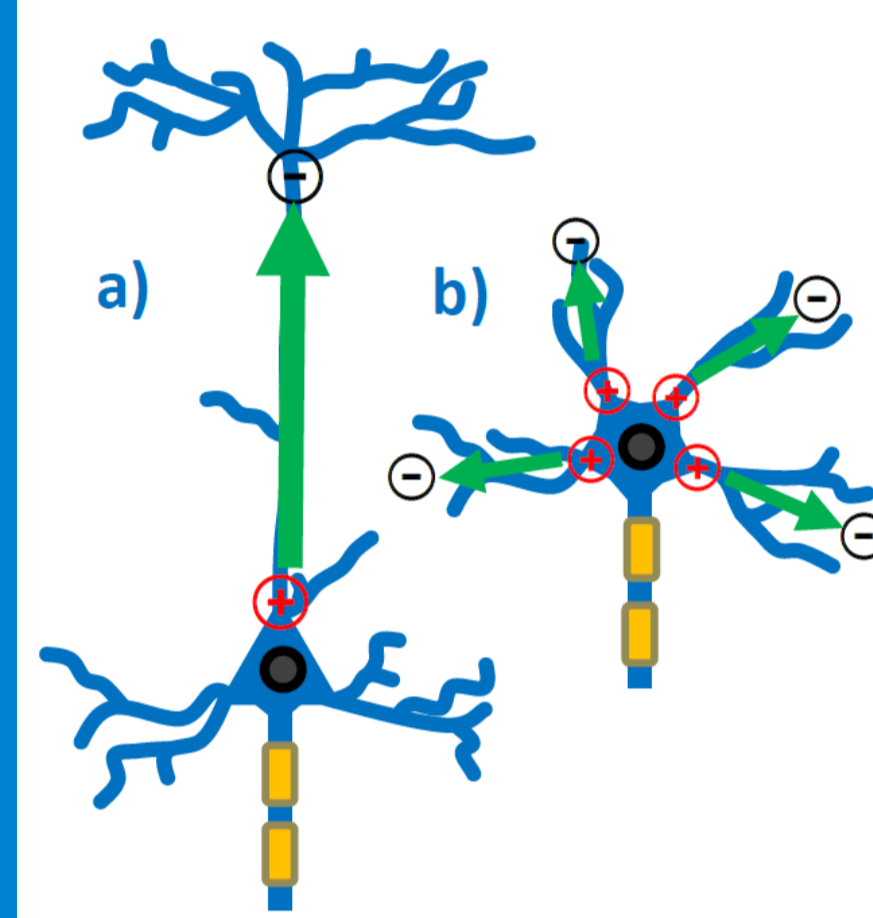


Hintergrund: Bioelektrizität der Hirnrinde

In der Hirnrinde (**Kortex**) treten, aufgrund starker Vernetzung der Neuronen mit tiefer liegenden Hirnregionen, synaptische Signalleitungsprozesse nie vereinzelt, sondern synchronisiert auf. Im extrazellulären Raum überlagern sich deshalb eine Vielzahl elektrischer Potenziale, die bei diesem Signalleitungsprozess entstehen, sog. **postsynaptische Potenziale**. Diese Überlagerung, die man in ihrer Fernwirkung **kortikales Feldpotential** nennt, ist stark genug, dass sie selbst an der Schädeloberfläche noch nachweisbar ist.



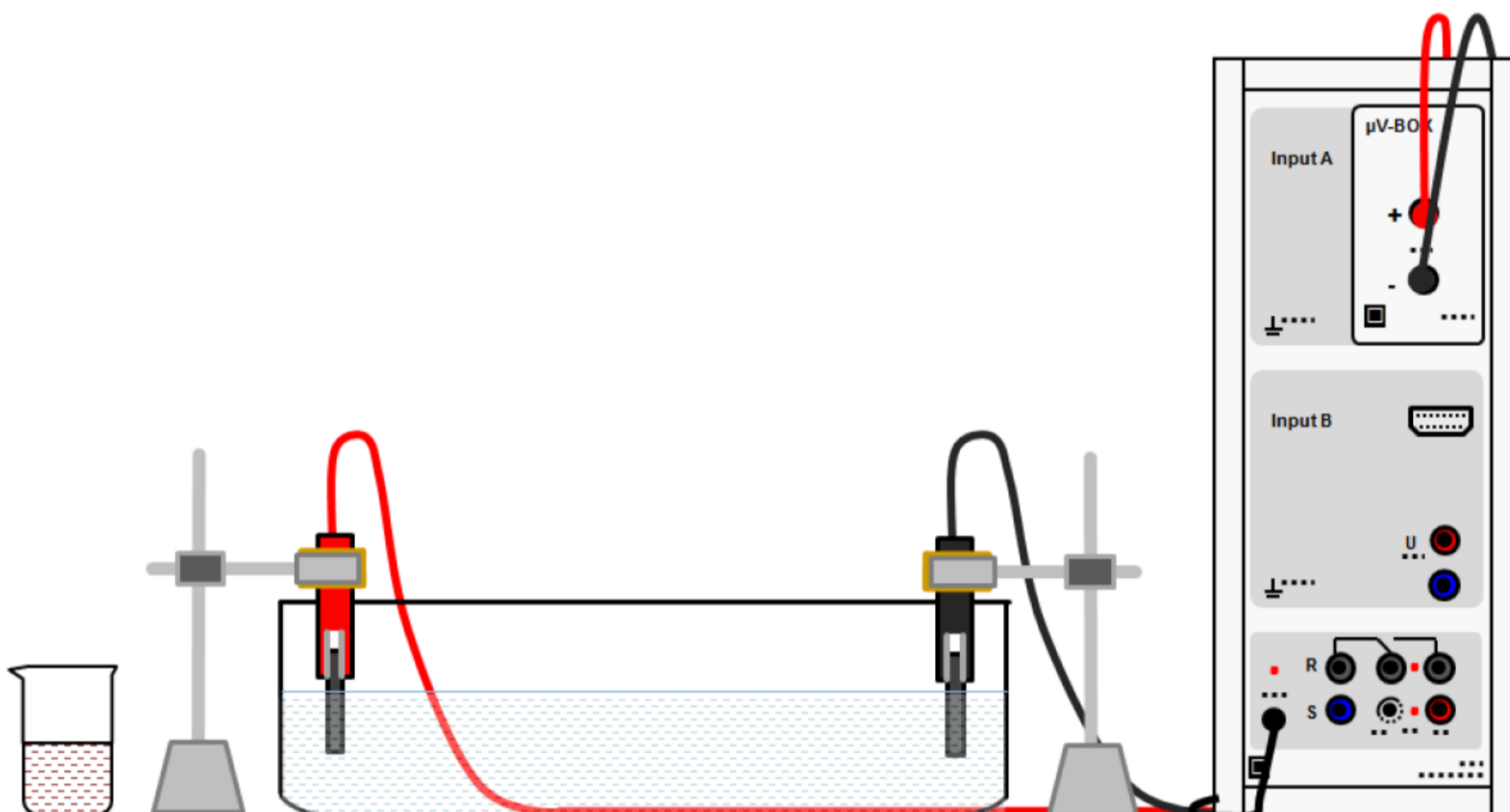
Die Elektroden eines EEG-Geräts erfassen die Fernwirkung synchron auftretender synaptischer Signalleitungsprozesse in der Hirnrinde. Die dabei gemessenen Spannungen sind allerdings extrem gering. Typischerweise liegen sie im Bereich von maximal 100 μV .



Im Wesentlichen gibt es in der Hirnrinde zwei Neuronentypen: **Pyramiden-** und **Sternzellen**. Mit Hilfe **kortikaler Dipolvektoren**, die an den Dornfortsätzen dieser Neuronen entstehen, wird der Entstehungsprozess des EEGs besonders anschaulich: Den maßgebenden Anteil an der EEG-Messkurve haben Dipole, die senkrecht zur Kopfoberfläche entstehen. Diese werden bei Erregung von Pyramidenzellen a) erzeugt. Die Erregung von Sternzellen b) spielt für das EEG kaum eine Rolle, da sich die Dipole hier in der Summe gegenseitig auslöschen.

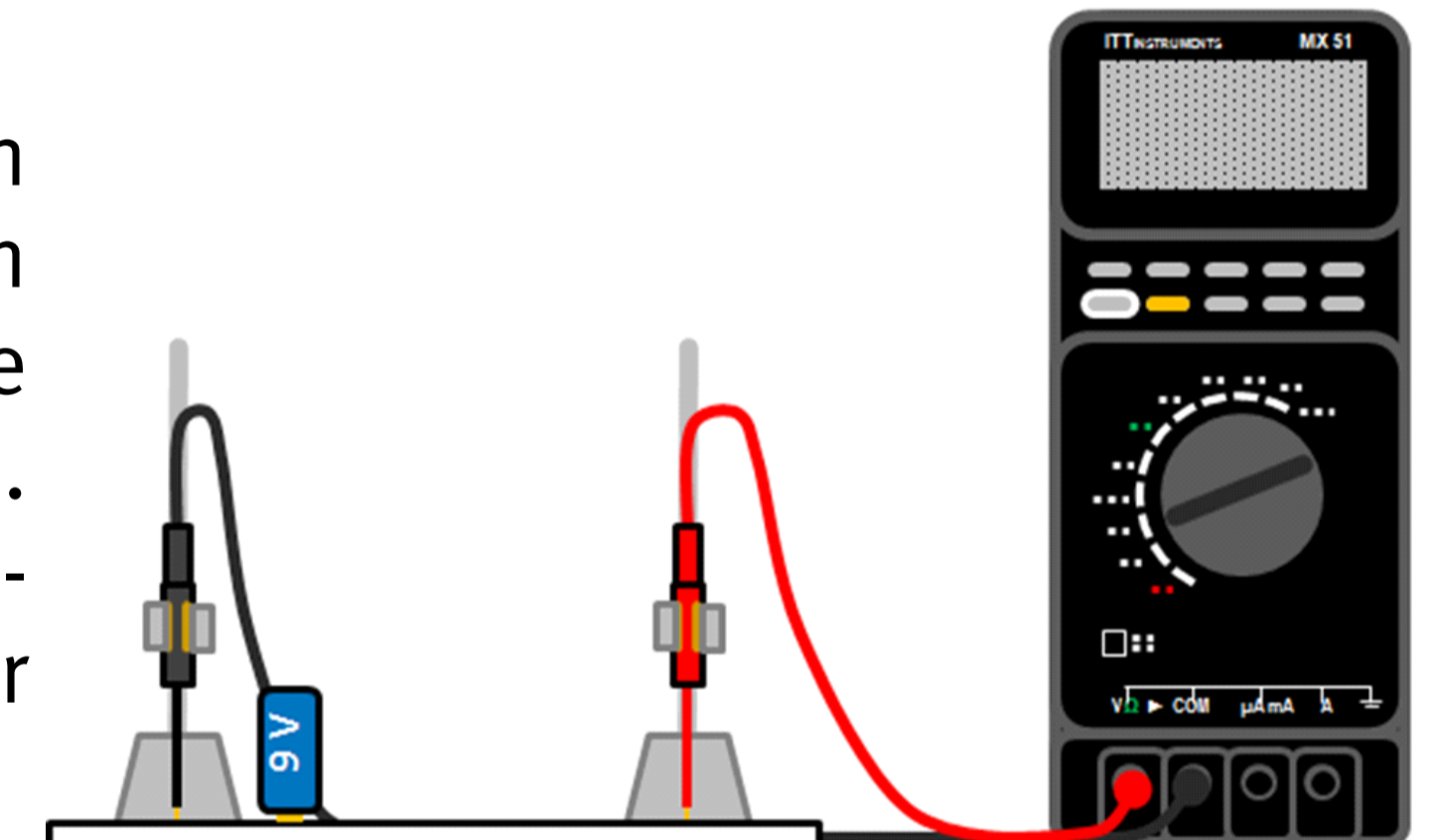
- Quellen:
[1] H.-C. Hansen u. A. (2012): Klinische Elektroenzephalographie; Springer-Verlag, 3. Auflage
[2] R. Cooper u. A. (1984): Elektroenzephalographie, Technik und Methoden; Gustav Fischer Verlag, 3. Auflage

Methodische Vielfalt des Schülerforschungstages



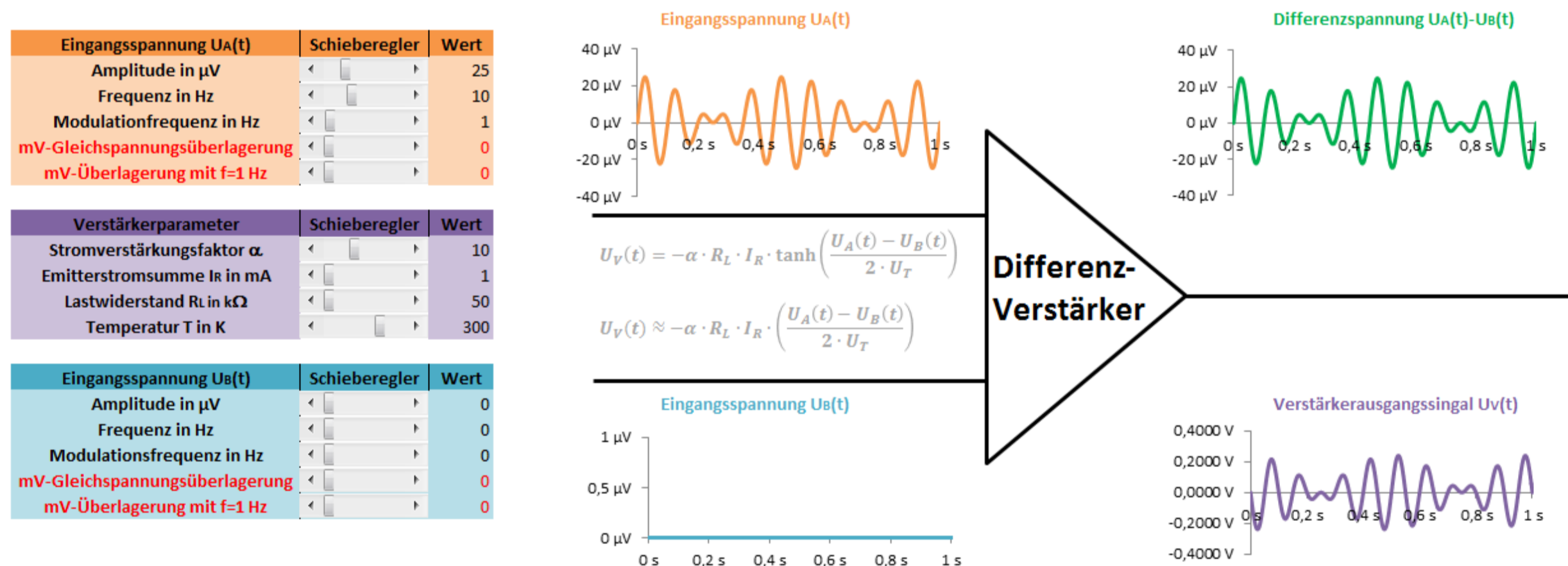
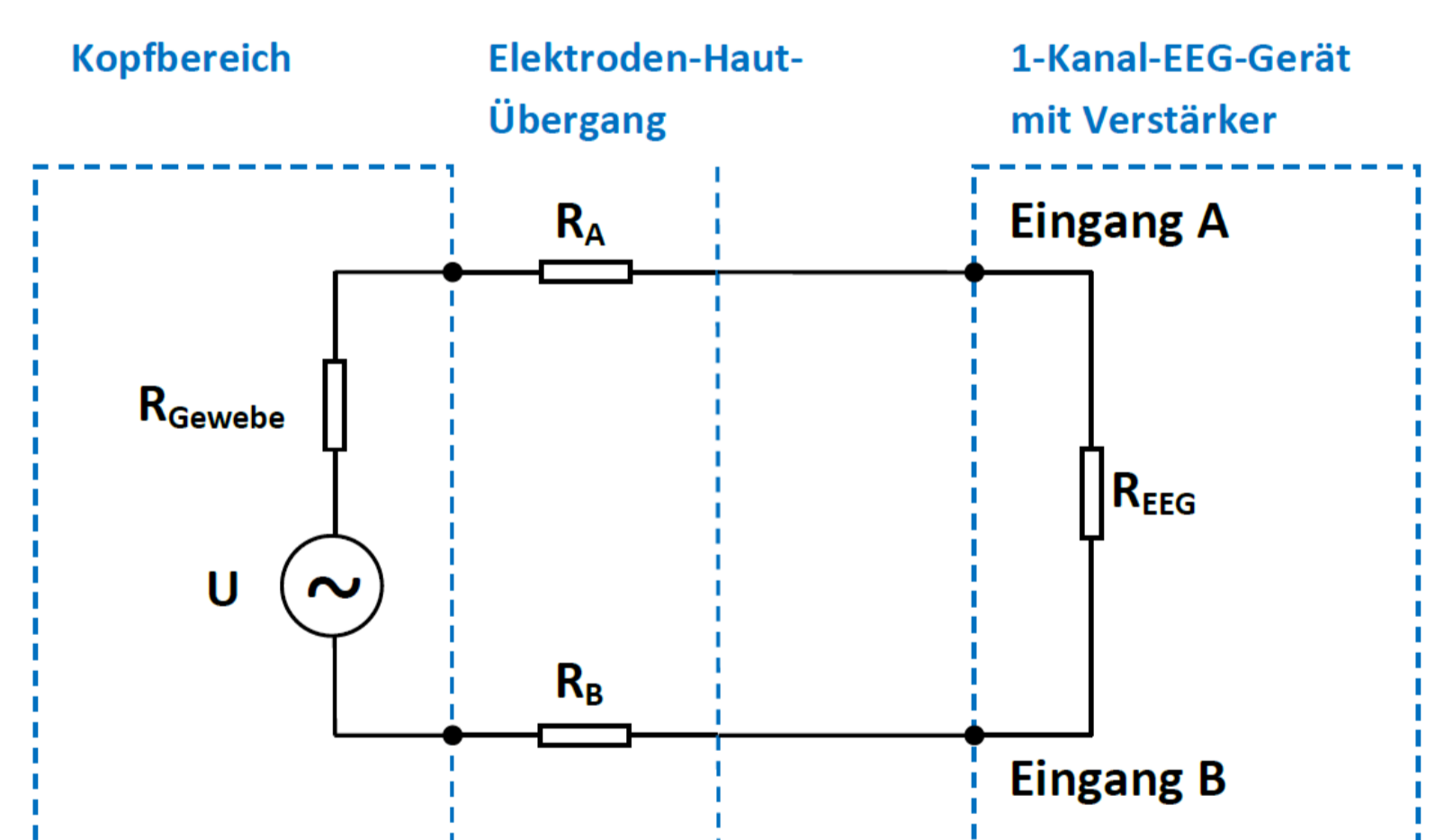
Veranschaulichung durch Analogieexperimente

Der bioelektrische Entstehungsprozess des EEGs lässt sich durch Analogieexperimente veranschaulichen. Für die Versuchsaufbauten werden bewusst **einfachste Mittel** verwendet, die insbesondere den Schülerinnen und Schülern aus ihrem Alltag bekannt sind, z. B. handelsübliche 9V-Blockbatterien als einfaches Dipolmodell (Abbildung rechts) oder Kochsalzlösungen als Modell ionenleitender Körperflüssigkeiten (Abbildung links).



Experimentieren an Ersatzschaltkreisen

Ersatzschaltkreise bieten nicht nur eine theoretische Veranschaulichung des Eingangsbereichs eines EEG-Geräts, sondern lassen sich auch unkompliziert mit Hilfe geeigneter Bauelemente nachbilden. Im Rahmen des Schülerforschungstages experimentieren die Schülerinnen und Schüler mit solchen nachgebildeten Ersatzschaltkreisen. Sie variieren dabei die Dimensionierung der verschiedenen Bauelemente und erkunden hierdurch besondere Merkmale und Eigenschaften der EEG-Technik, deren Kenntnis sie benötigen, um anschließend eine EEG-Kurve korrekt interpretieren zu können bzw. um die eigentliche elektroenzephalographische Messkurve von unvermeidbaren Messfehlern, sog. **Artefakten**, unterscheiden zu können.



Arbeiten mit Computersimulationen

Die in der Elektroenzephalographie notwendige Differenzverstärkung hat zur Folge, dass eine EEG-Aufzeichnung stets ein **Kunstprodukt** der von Messelektroden erfassten Potenziale ist. Eine speziell für den Schülerforschungstag entwickelte Computersimulation der Differenzverstärkung bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit dies schnell, intuitiv und wenig arbeitsintensiv in unterschiedlichen Szenarien zu simulieren und so unter anderem Vor- und Nachteile von **bipolarer** und **Referenzableitung** (vgl. Abbildung), sowie die Grenzen der Differenzverstärkung zu erkunden.

Aufzeichnen eigener elektroenzephalographischer Messkurven

Nachdem die notwendigen physikalischen und biophysikalischen Grundlagen gelegt sind, nehmen die Schülerinnen und Schüler von sich selbst elektroenzephalographische Kurven auf und untersuchen diese anhand der Parameter Amplitude, Frequenz und Morphologie. Dabei stellen sie fest, dass oftmals erst nach einer **Bandpassfilterung** der Roh-EEG-Kurve auf bestimmte Frequenzintervalle (**EEG-Bänder**) eine sinnvolle Auswertung möglich ist (vgl. Abbildung) und beobachten zudem Veränderungen im EEG bei verschiedenen körperlichen und geistigen Zuständen, z.B. beim Kopfrechnen oder in verschiedenen Phasen des Schlafes.

