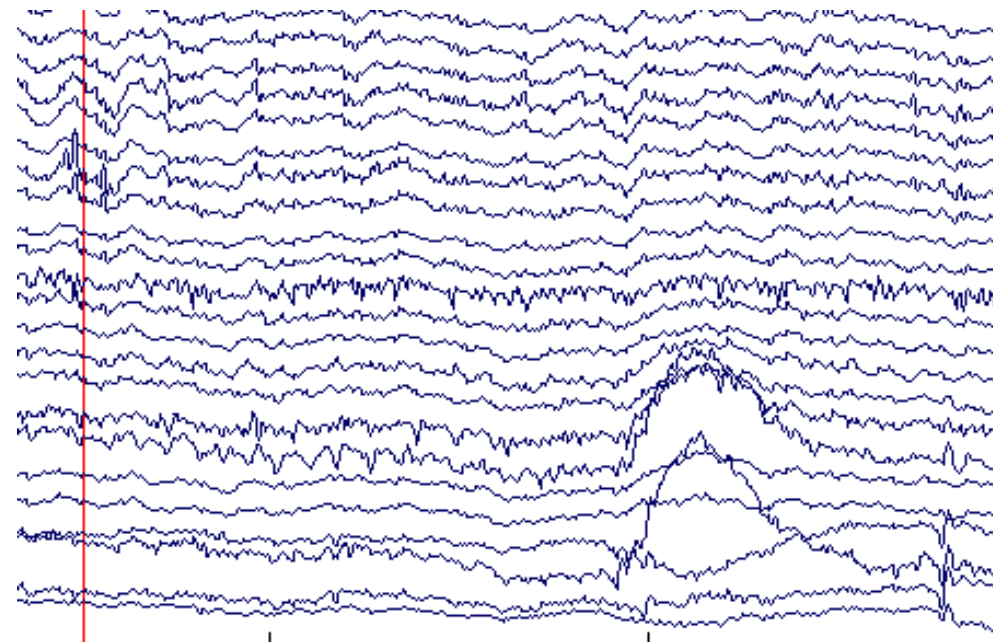


Sissejuhatus
psühhofüsioloogia
rakendustesse

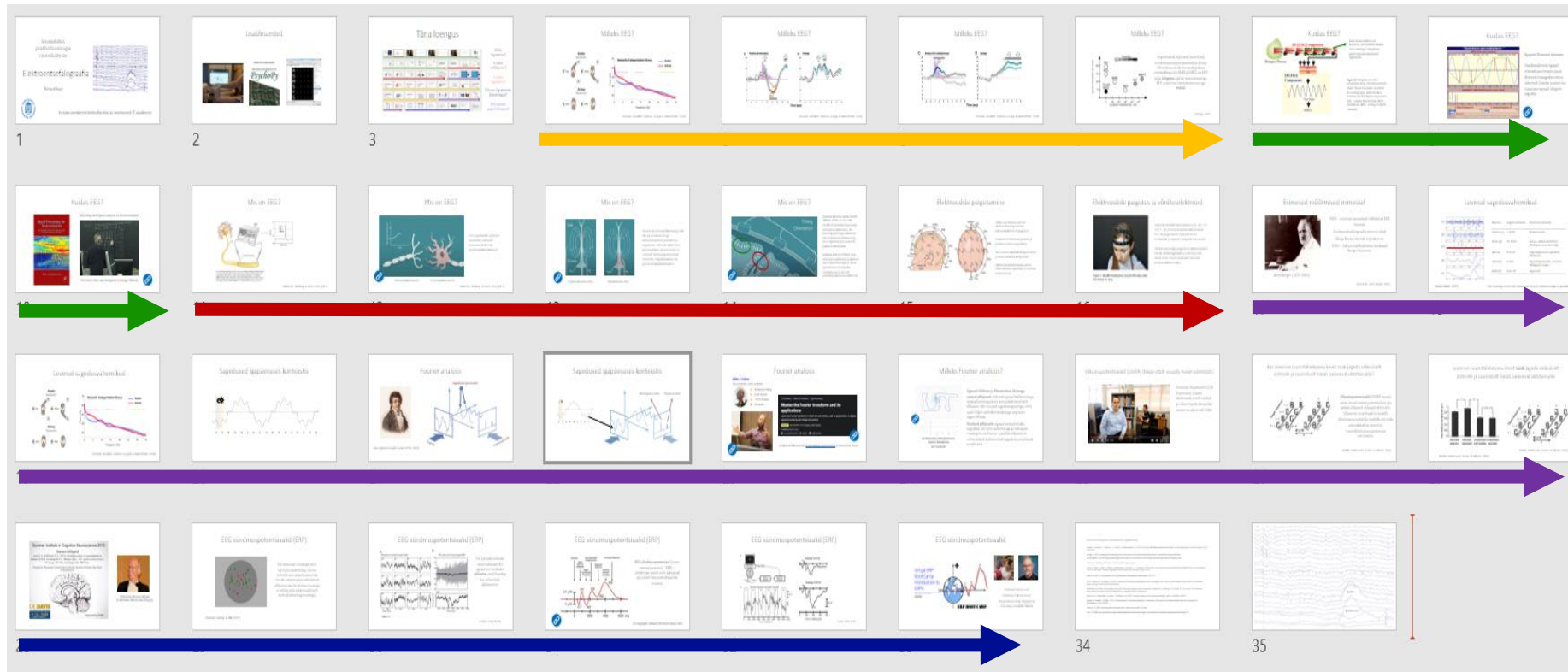
Elektroentsefalograafia

Richard Naar



Kursuse arendamist toetas Haridus- ja noorteamet IT-akadeemia

Täna loengus



Milleks EEG?

Kuidas EEG?

Mis on EEG?

Mis on
sagedused?

Mis on ERP?

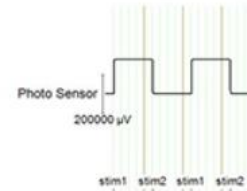
Milleks EEG?



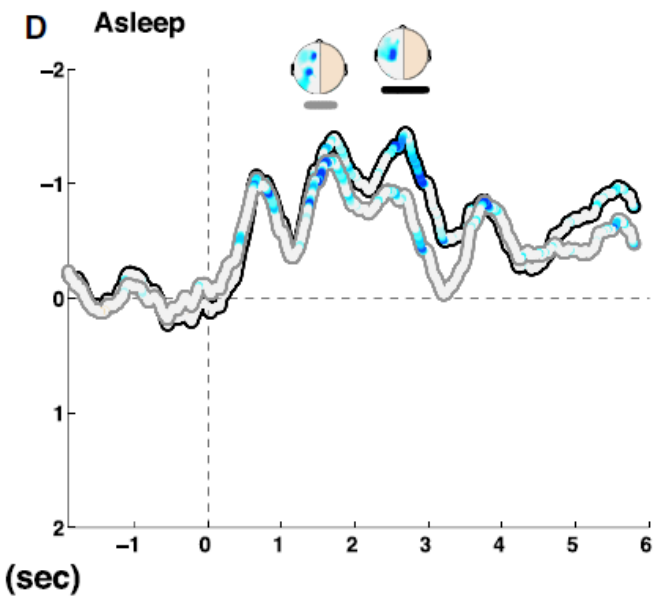
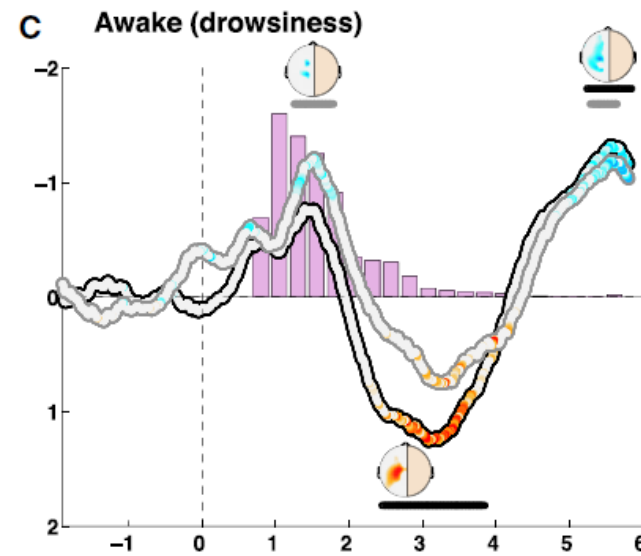
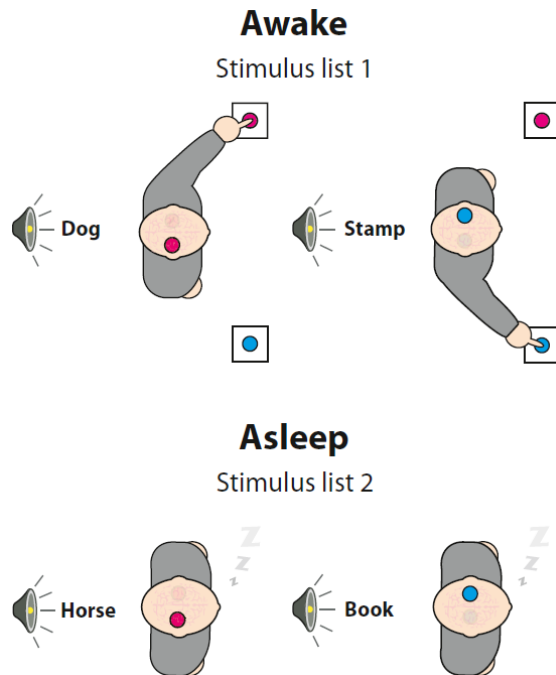
Design your experiment and set up shared event markers

Record EEG data

Extract event markers

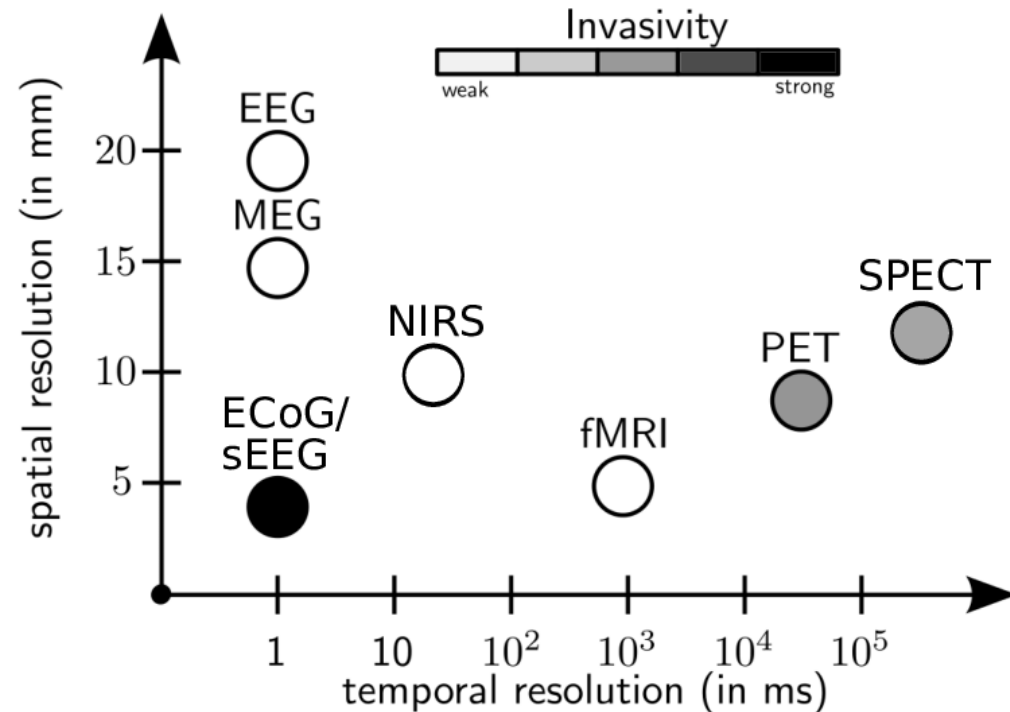


Milleks EEG?



(Kouider, Andrillon, Barbosa, Goupil, & Bekinschtein, 2014)

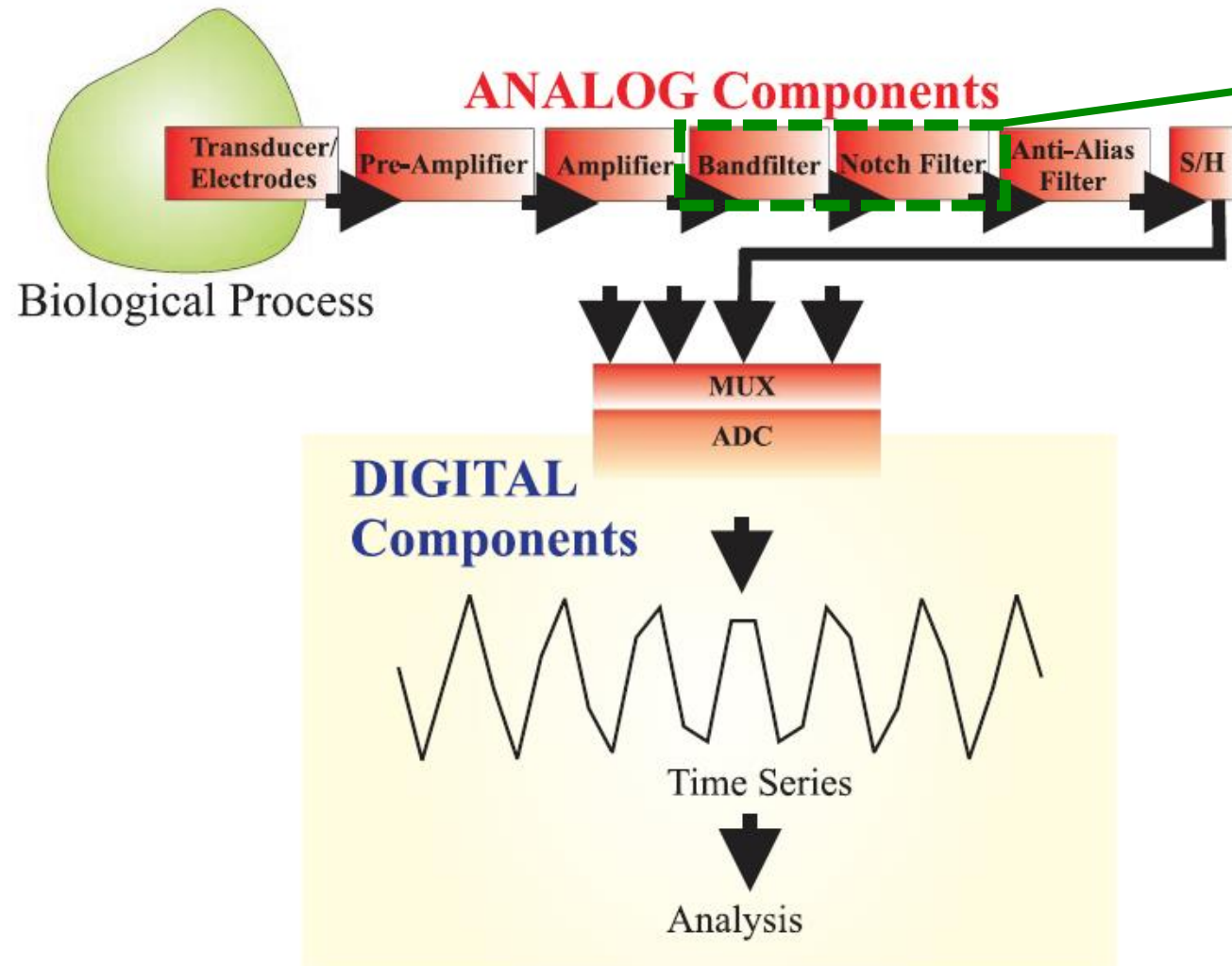
Milleks EEG?



Psühholooge huvitavad kognitiivsed, tajulised, keelelised, emotsionaalsed protsessid on kiired.

Võrrelduna teiste levinud ajukuva meetoditega (sh fMRI ja NIRS) on EEG palju **kõrgema** ajalise resolutsiooniga. EEG ruumiline resolutsioon on aga **madal**.

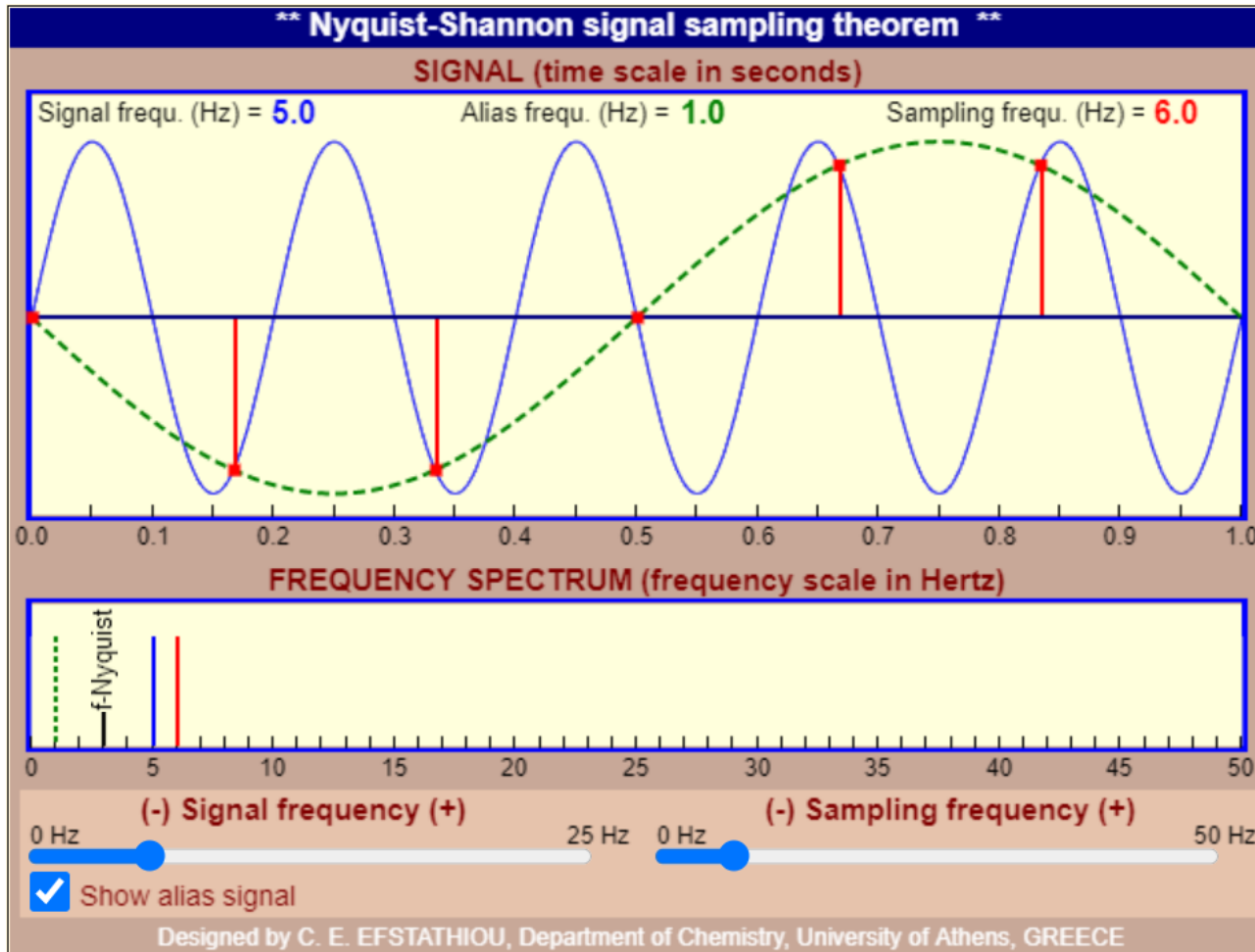
Kuidas EEG?



Kuna arvutusvõimsus on kasvanud, siis tavaliselt tehakse need toimingud tänapäeval pärast signaali salvestamist digitaalselt

Figure 2.1 Diagram of a data acquisition setup, the measurement chain. The red modules constitute the analog steps, while the blue modules are the digital components. S/H— sample hold module; MUX— multiplexer; ADC— analog-to-digital converter.

Kuidas EEG?

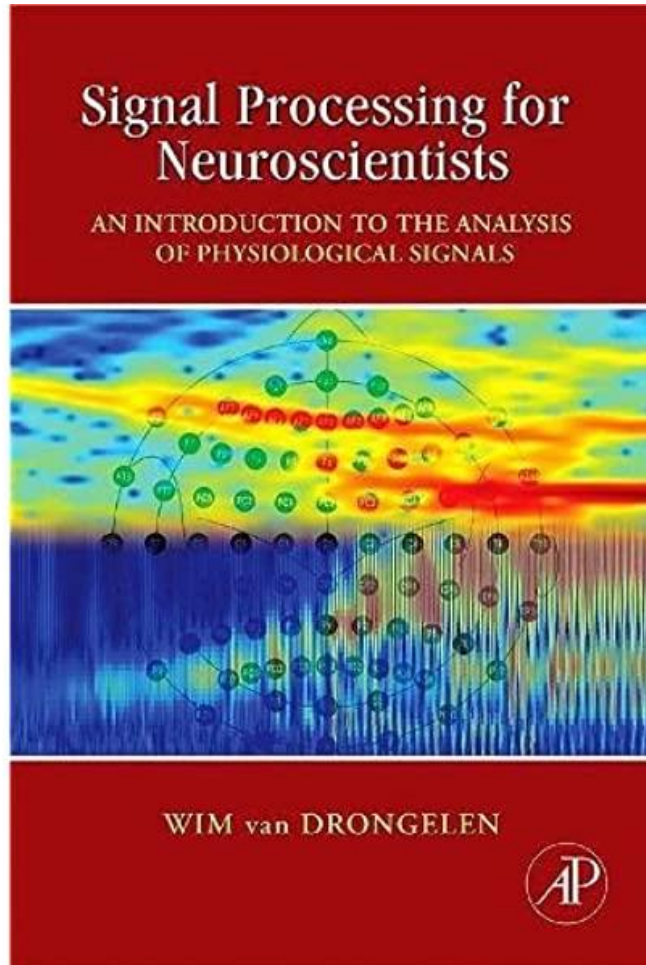


Nyquisti-Shannoni teoreem

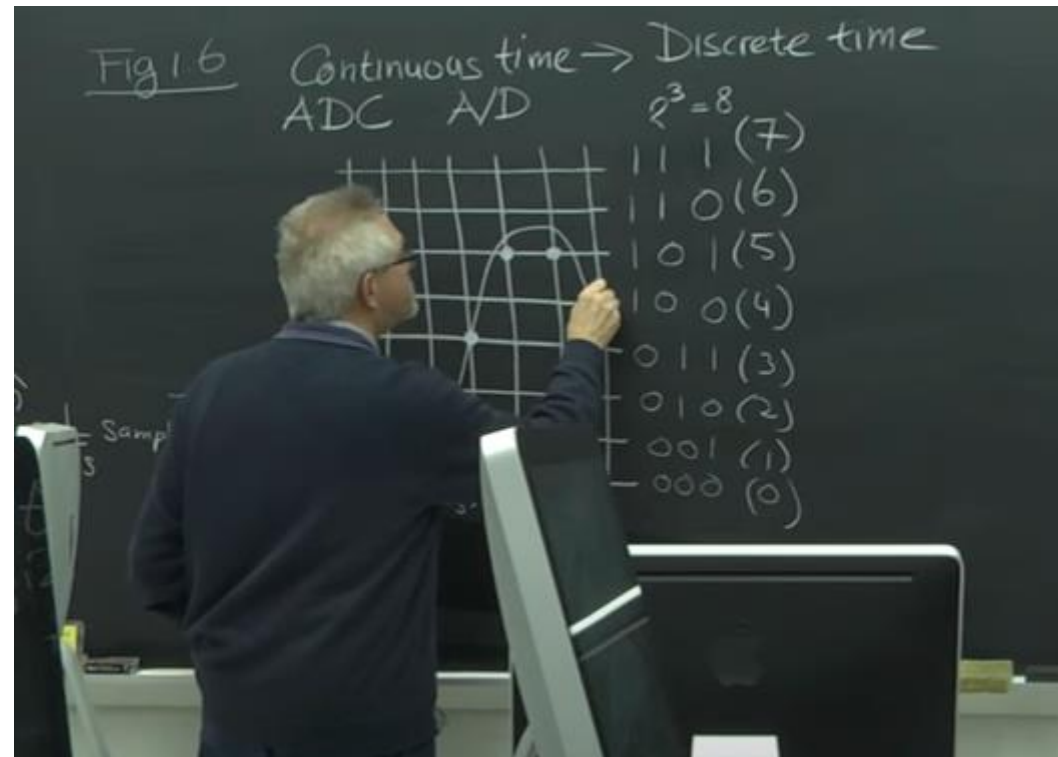
Usaldusväärseks signaali rekonstrueerimiseks peab diskreetimissagedus olema vähemalt 2 korda suurem kui huvialuse signaali kõrgeim sagedus.



Kuidas EEG?



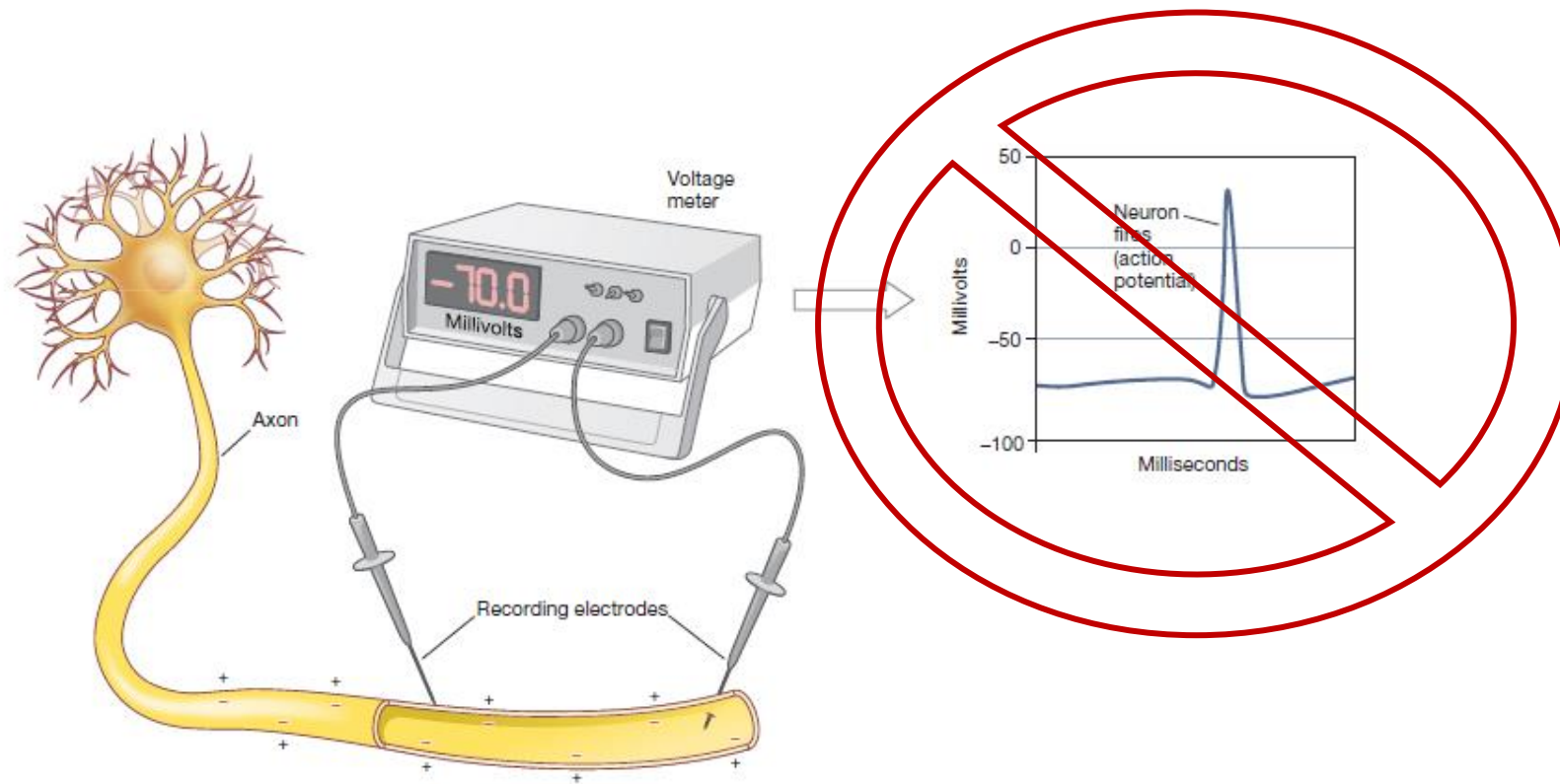
Modeling and Signal Analysis for Neuroscientists



Professor Wim van Drongelen (Chicago Ülikool)

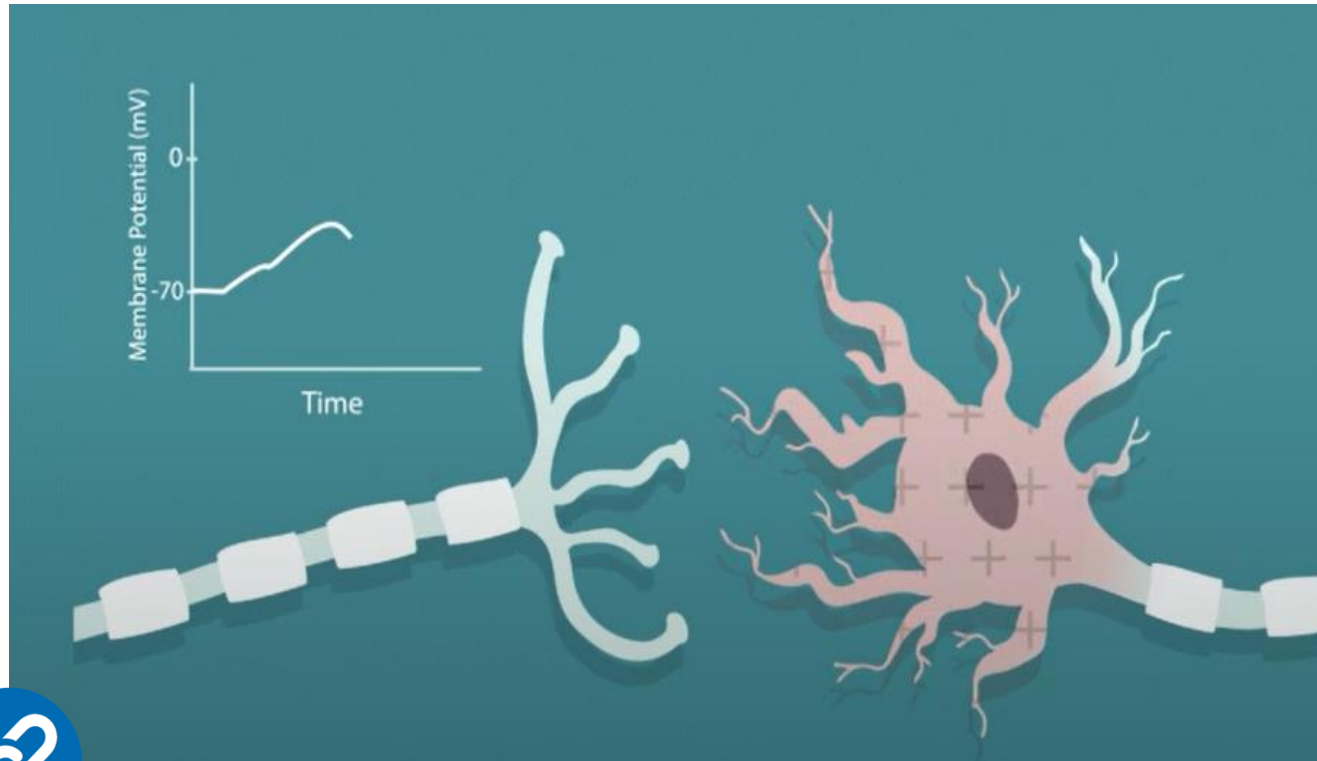


Mis on EEG?



3.9 Recording the voltage within a neuron A schematic drawing of how the impulse is recorded. One electrode is inserted into the axon; the other records from the axon's outside. When the neuron is at "rest," these electrodes will detect a -70-millivolt difference between the cell's interior and its exterior. When the neuron "fires," however, the voltage will briefly shift, although the -70-millivolt difference is soon restored.

Mis on EEG?



Presünaptiline neuron

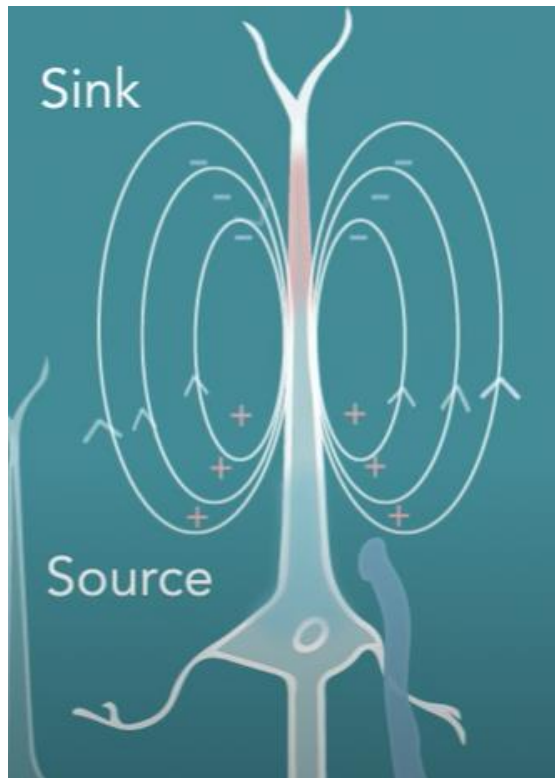
Postsünaptiline neuron

EEG registreerib ajukoore neuronite
(valdavalt püramidaalrakkude)
postsünaptilist aktiivsust

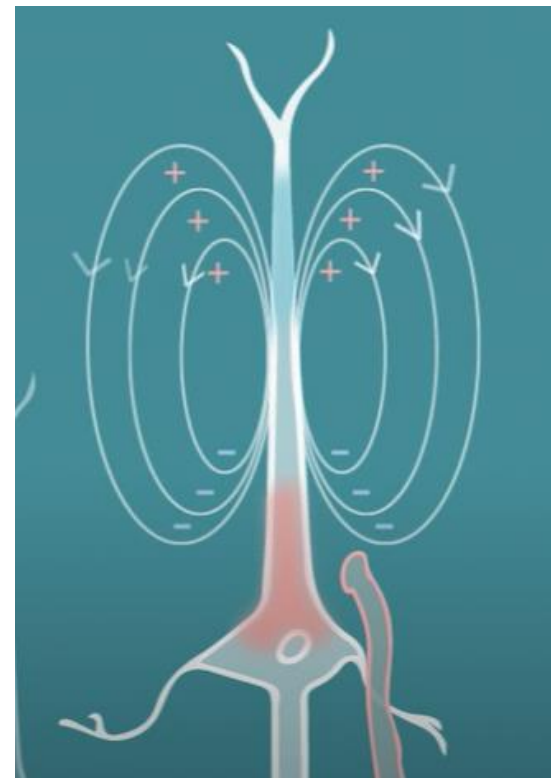
Neuroni postsünaptiline laeng võib olla
nii positiivne (nagu demonstreeritud
joonisel) kui negatiivne; sõltuvalt sellest,
kas presünaptilise neuroni mõju on
vastavalt aktsioonipotentsiaali
soodustav (**depolariseeriv**) või pärssiv
(**hüperpolariseeriv**)

(Gleitman, Reisberg, & Gross, 2003, ptk 3)

Mis on EEG?

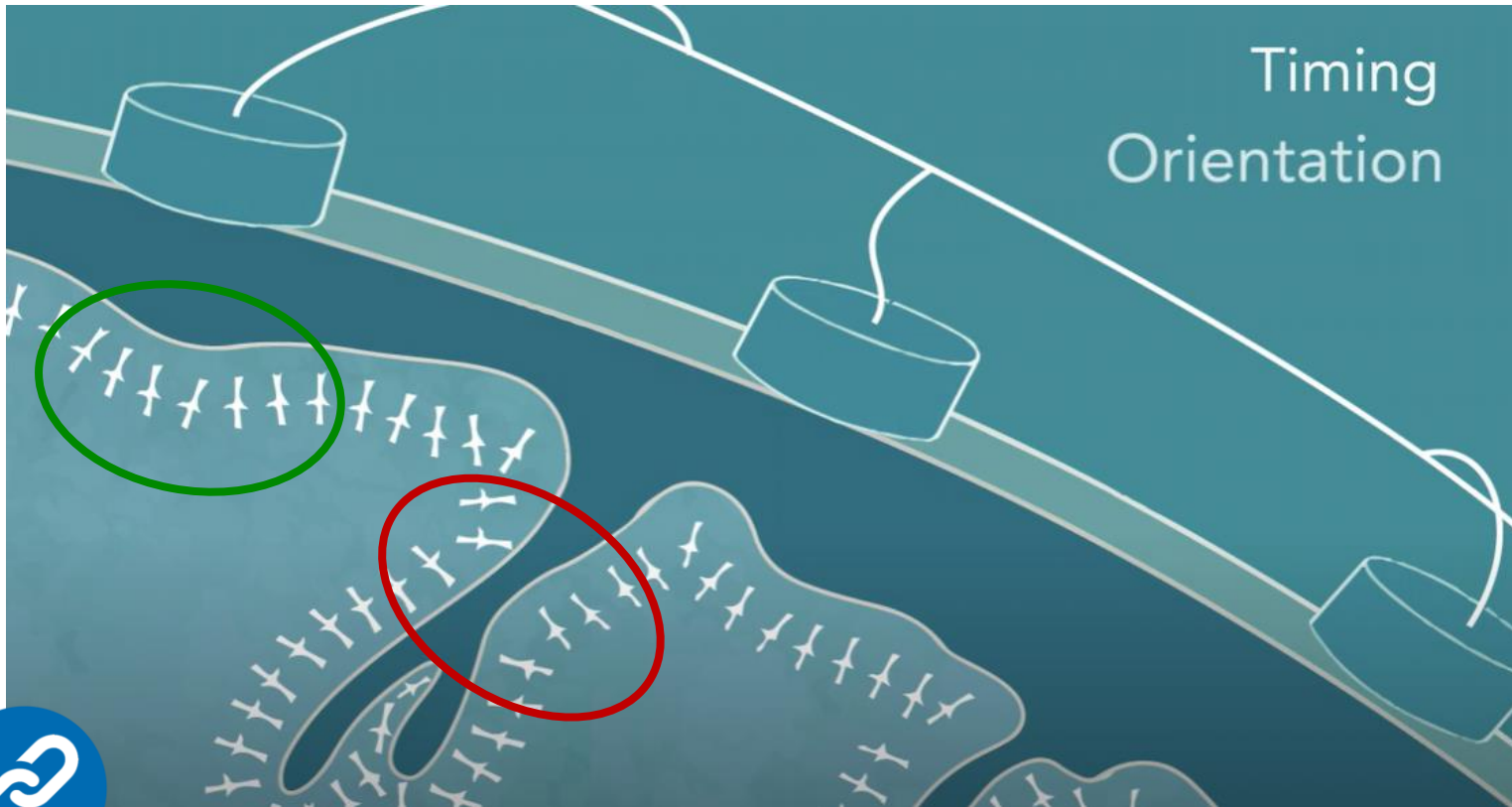


Hüperpolariseeriv mõju



Depolariseeriv mõju

Mis on EEG?



Ajukoore kurdude vahele jäävate rakkude suhtes on EEG vähe tundlik (nt joonisel punase ringi sisse jäävas piirkonnas), sest kummalgi pool vagu paiknevad signaalid tühistavad üksteise mõju ära ja signaal ei jõua peanahal paikneva elektrodini

Ajukoore peal (nt rohelise ringi sisse jäävas piirkonnas) paiknevad sama orientatsiooniga ja samal ajal aktiveeruvad signaalid summeeruvad ja jõuavad peanahal paiknevasse elektroodi



Elektroodide paigutus ja võrdluselektrood

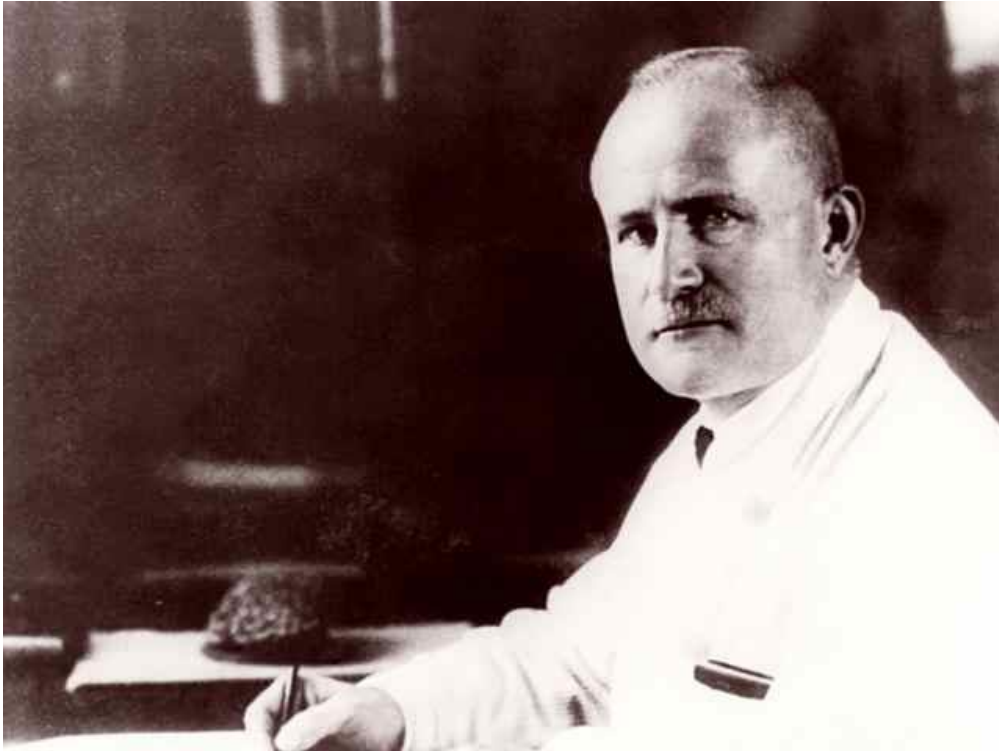


Figure 1: OpenBCI headband as worn for EEG data collection during our study.

Joonis illustreerib frontaalsete (Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8) ja temporaalsete elektroodide (T3, T4) paigutamist vastavalt 10-20 süsteemile ja OpenBCI peapaelu kasutades.

Üks kõrvade külge paigutatud elektroodidest toimib **võrdlussignaalina** ja teist kasutab seade müra summutamiseks (sarnane maanduselektroodile)

Esimesed mõõtmised inimestel



Hans Berger (1873-1941)

1929 – esimene peanahalt mõõdetud EEG inimesel

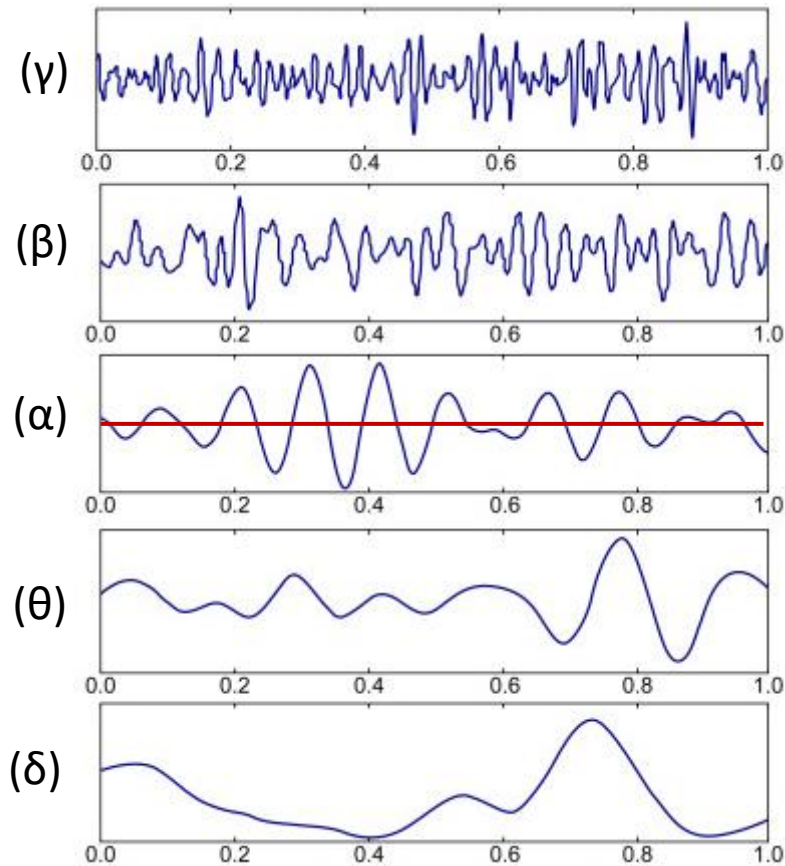
Elektroentsefalograafia termini süünd

Alfa ja Beeta rütmide kirjeldamine

1934 – Adrian and Matthews kordavad
Bergeri tulemusi

(Ince et al., 2020; Teplan, 2002)

Levinud sagedusvahemikud

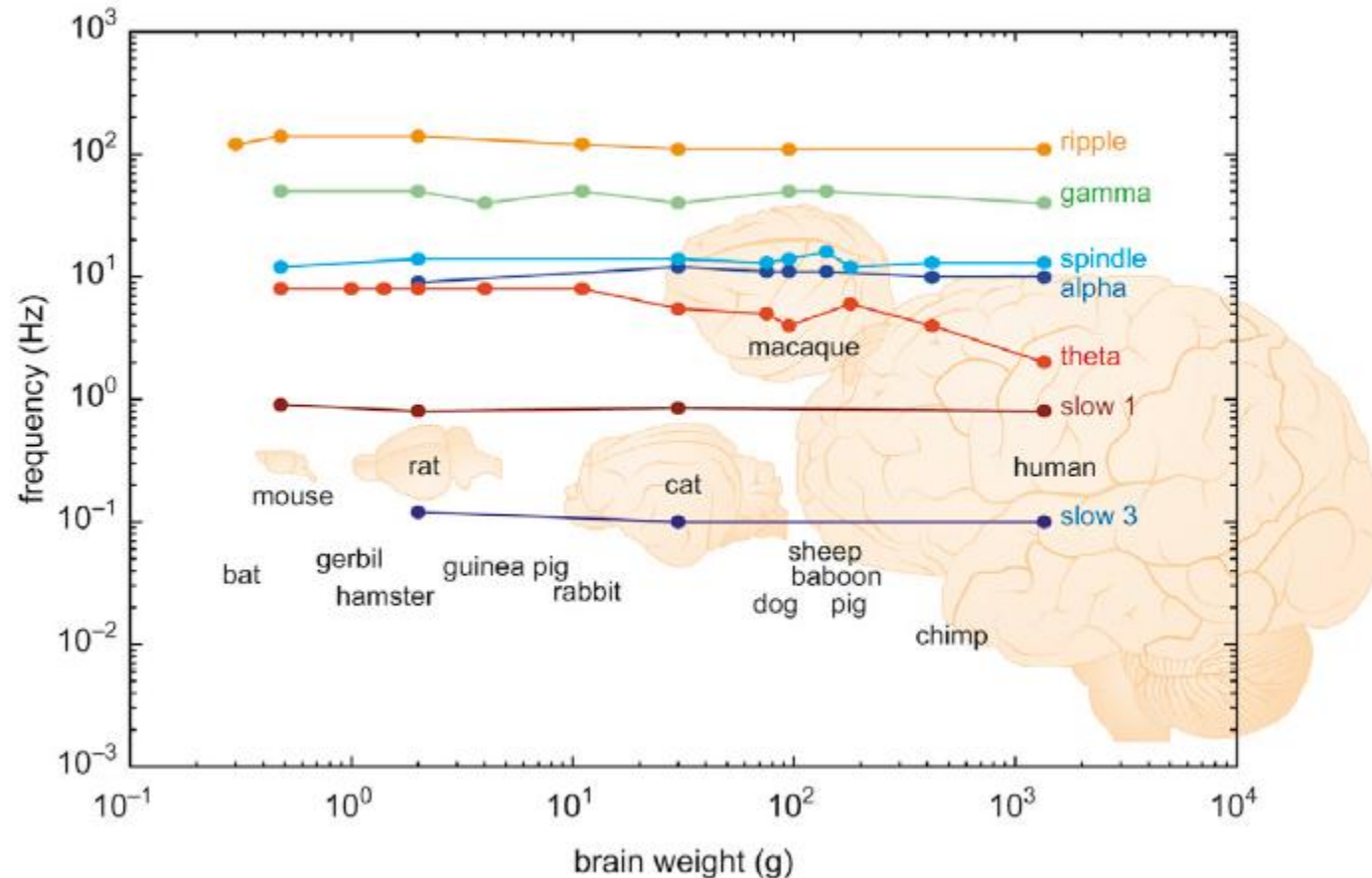


(vt ka Cohen, 2017)

Nimetus	Sagedusvahemik	Seostatud seisundid
Gamma (γ)	> 30 Hz	Keskendumine
Beeta (β)	12-35 Hz	Ärevus, aktiivne mõttetöö, tähelepanu suunatud välja
Alfa (α)	8-12 Hz	Väga lõõgastunud, passiivne tähelepanu
Teeta (θ)	4-8 Hz	Sügav lõõgastumine, sisemine tähelepanu fookus
Delta (δ)	0.4-4 Hz	Sügav uni ¹

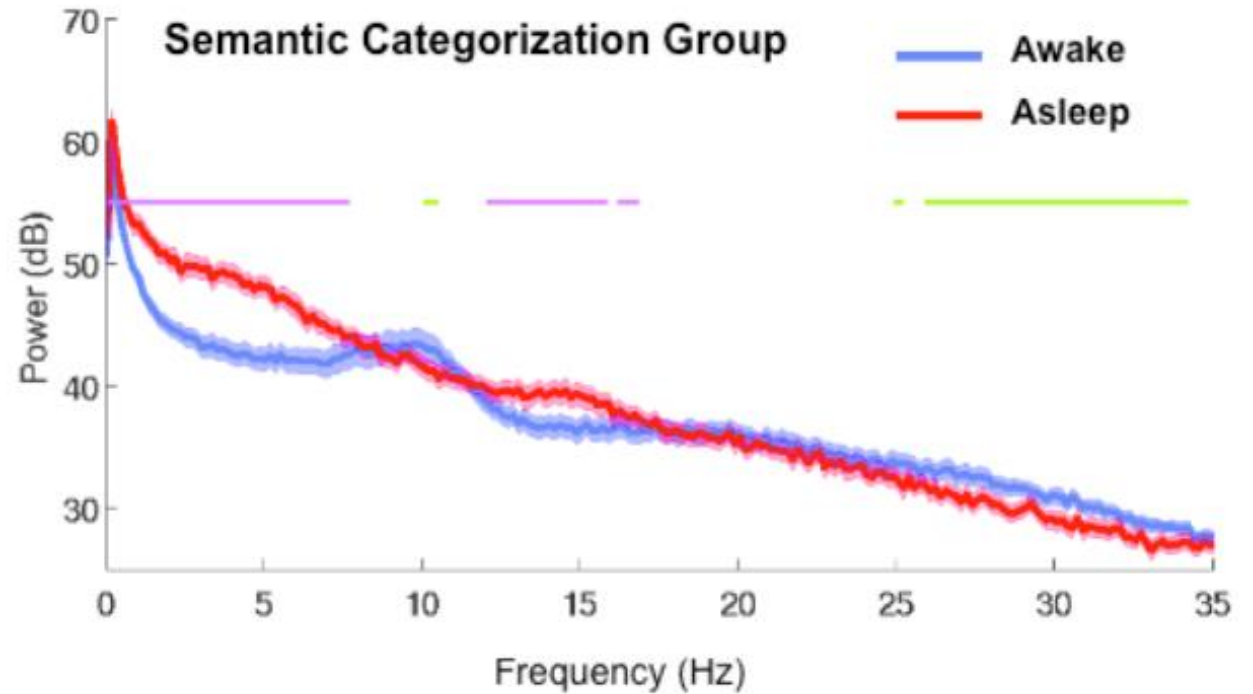
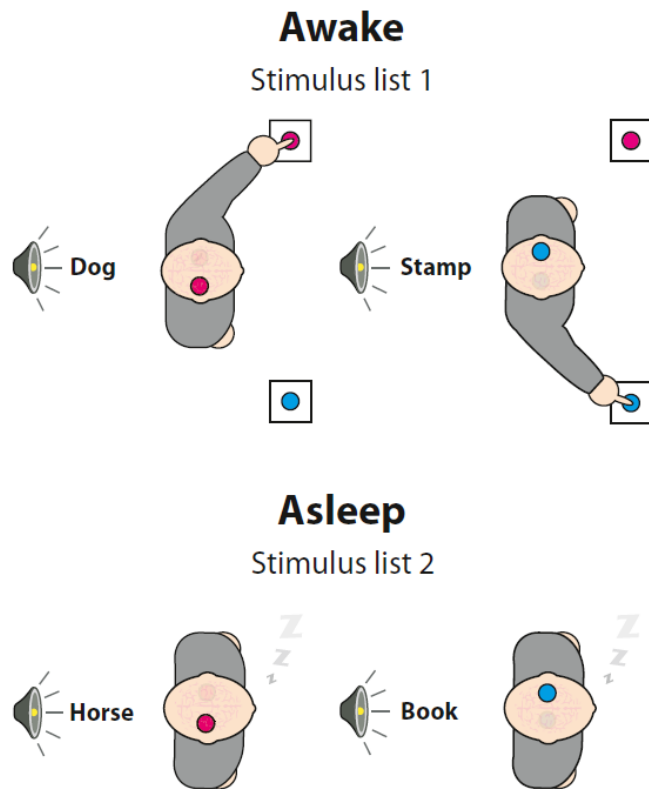
¹Une faasidega seotud EEG aktiivsusest on juttu Gleitmani õpiku 6. peatükis

Levinud sagedusvahemikud



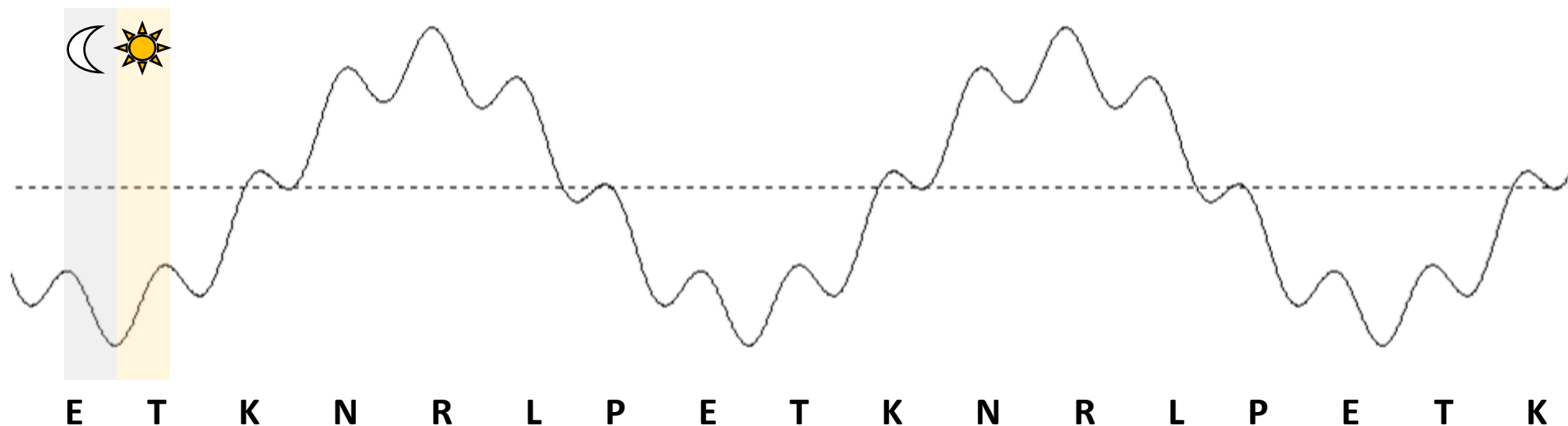
(Buzsaki et al., 2013)

Levinud sagedusvahemikud



(Kouider, Andrillon, Barbosa, Goupil, & Bekinschtein, 2014)

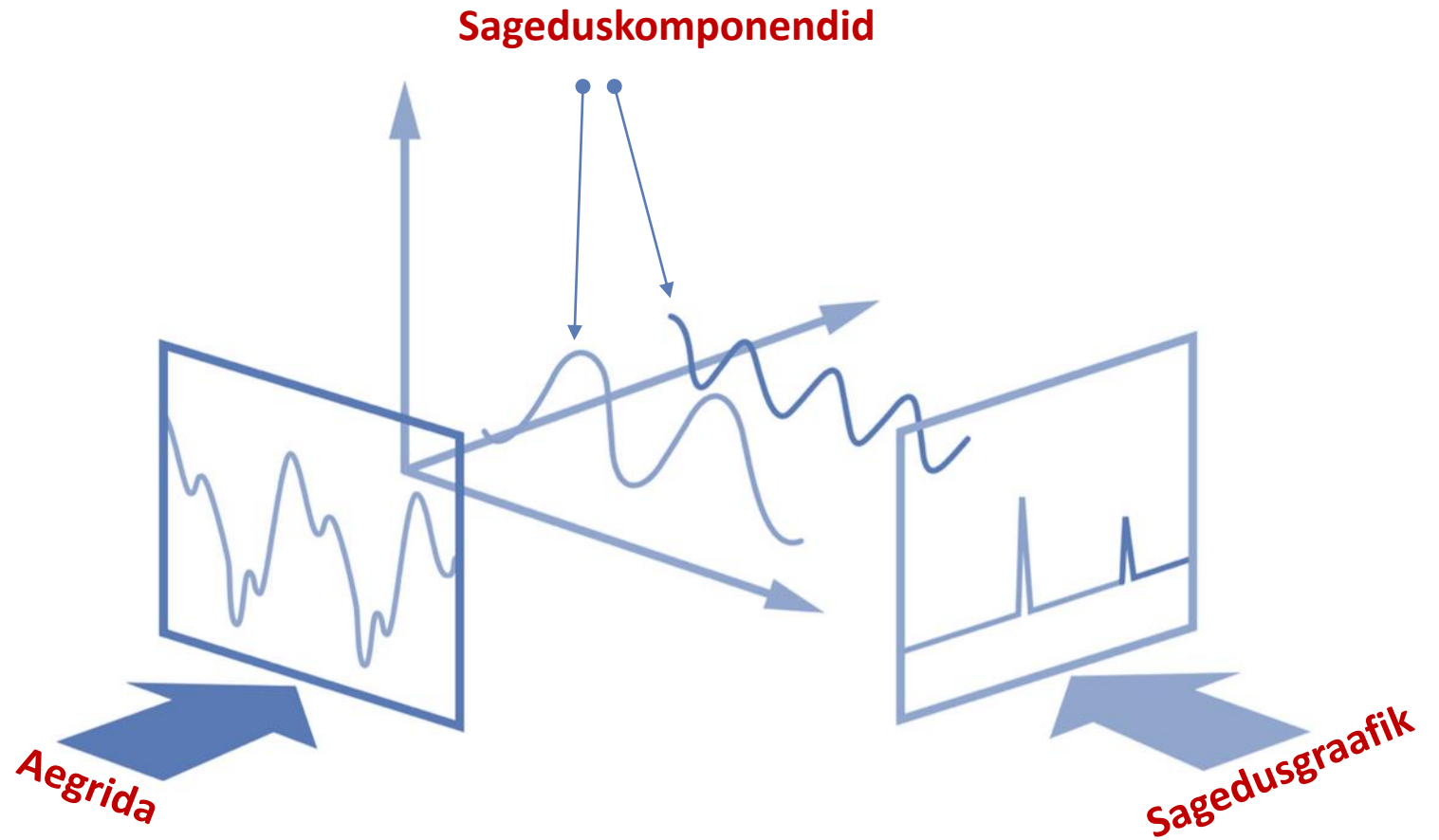
Sagedused igapäevases kontekstis



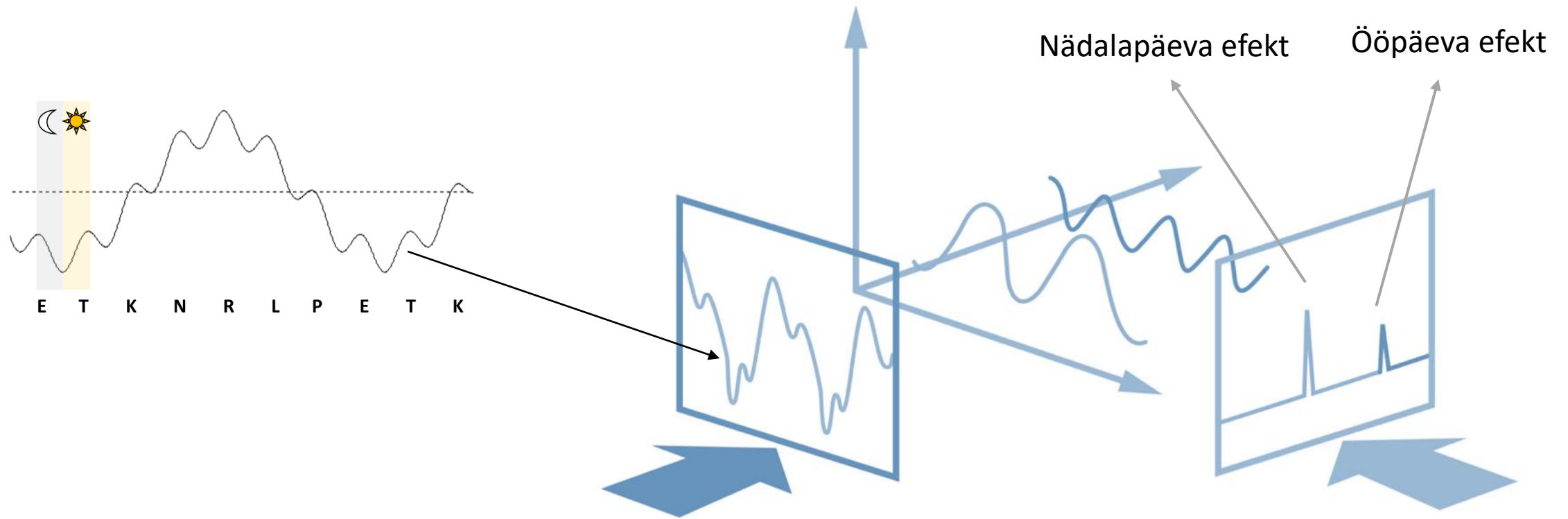
Fourier analüüs



Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768–1830)



Sagedused igapäevases kontekstis



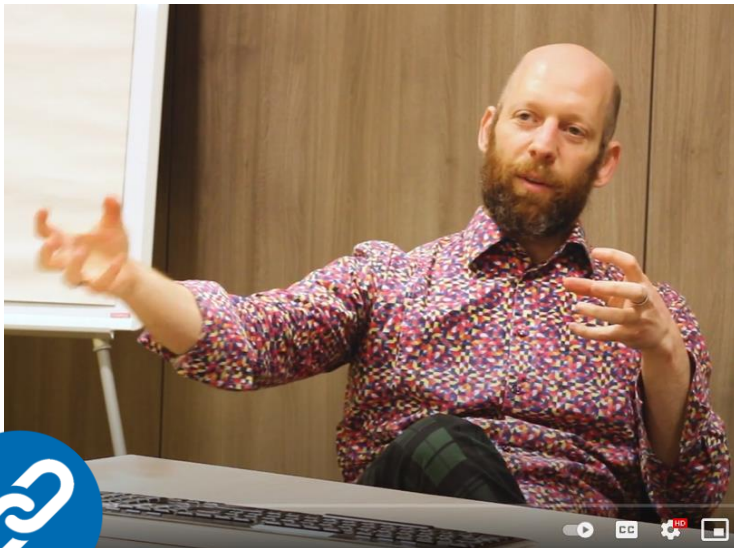
Fourier analüüs

Mike X Cohen

Neuroscientist, writer, professor



- ★ 4.6 Instructor Rating
- 👤 22,081 Reviews
- 👥 110,010 Students
- 🎥 20 Courses



IT & Software > Other IT & Software > Signal Processing

Master the Fourier transform and its applications

Learn the Fourier transform in MATLAB and Python, and its applications in digital signal processing and image processing

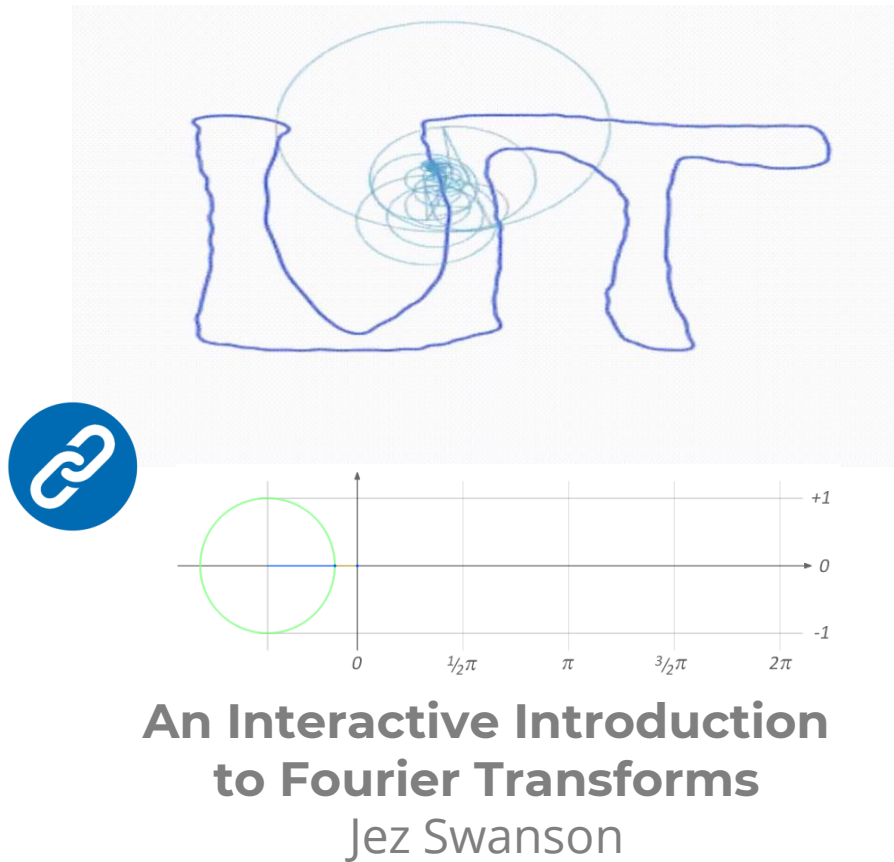
Bestseller 4.8 ★★★★★ (1,377 ratings) 9,403 students

Created by [Mike X Cohen](#)

⚙️ Last updated 3/2021 🌐 English 🗣️ English [Auto]

Radboudi Ülikool (vt ka [suvekoolidega seotud infot](#)) ja Dondersi instituut

Milleks Fourier analüüs?



Signaali töötluste ja filtreerimise kiirusega seotud põhjused: mitmed signaalitöötlemisega seotud toiminguid on komputatsiooniliselt tõhusam läbi viia just sagedussignaali, mille saab hiljem pöördteisendusega aegreaks tagasi tõlkida

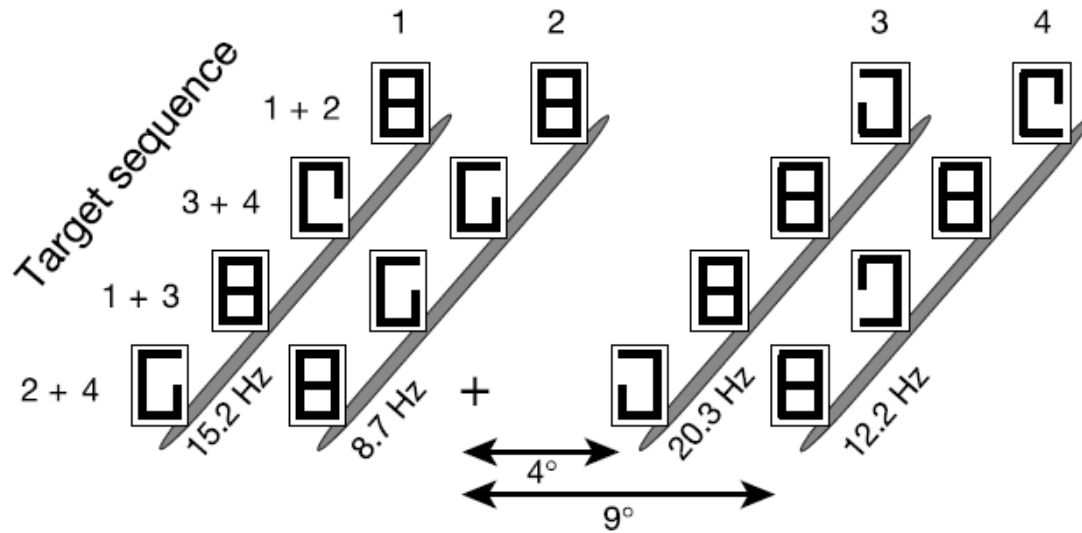
Sisulised põhjused: signaal seotud kindla sageduse või selle vahemikuga ja sõltuvaks muutujaks on Fourier analüüsi väljund (nt mõne kitsalt defineeritud sageduse amplituud amplituud)

Vilkumispotentsiaalid ehk SSVEP (*steady-state visually evoke potentials*)



Nicholas Waytowichi (Old Dominioni ülikooli doktorant) poolt loodud ja vilkumispotentsiaalidel baseeruv aju-arvuti liides

Kas sisemise ruumitähelepanu keset saab jagada valikuliselt mitmele ja ruumiliselt harali paikneval sihtstiimulile?

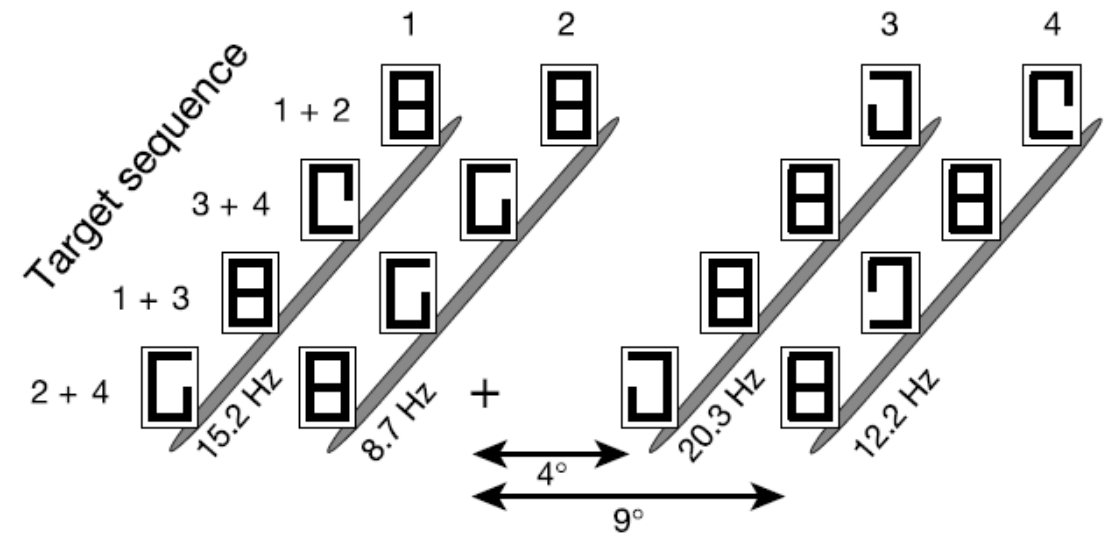
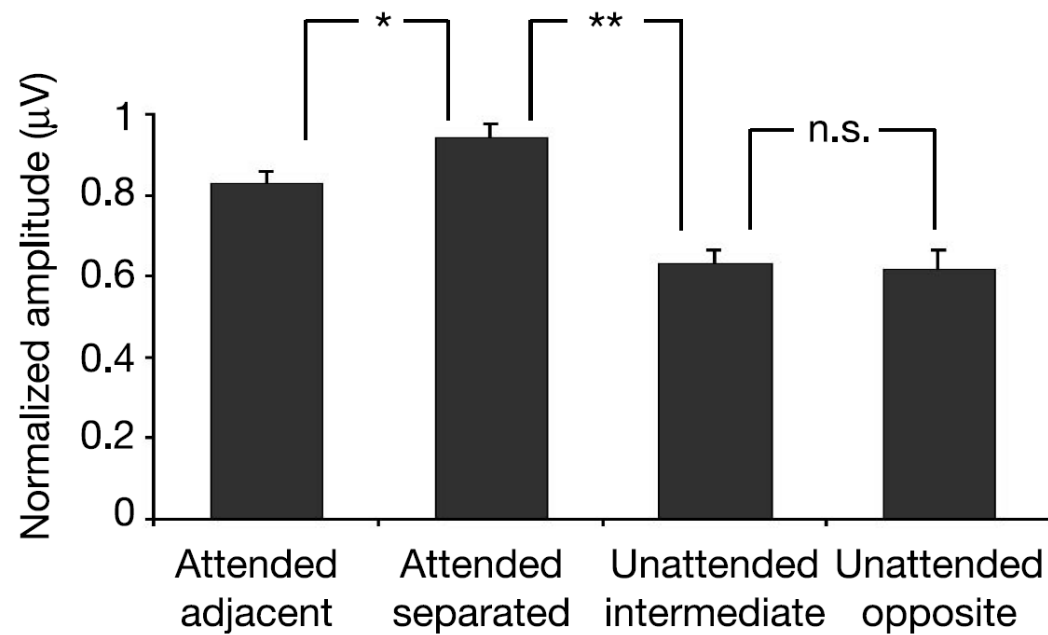


Vilkumispotentsiaalid (SSVEP, *steady state visual evoked potential*) on aju vastus ühtlaselt vilkuvale stiimulile.

Vilkumisega seotud amplituud ajus on tundlik tähelepanu suhtes ja seetõttu on seda rakendatud ka seesmise ruumitähelepanu jaotumise uurimiseks.

(Müller, Malinowski, Gruber, & Hillyard, 2003)

Sisemise ruumitähelepanu keset **saab** jagada valikuliselt mitmele ja ruumiliselt harali paikneval sihtstiimulile



(Müller, Malinowski, Gruber, & Hillyard, 2003)

(Müller, Malinowski, Gruber, & Hillyard, 2003)



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/cortex



Viewpoint

#EEGManyLabs: Investigating the replicability of influential EEG experiments



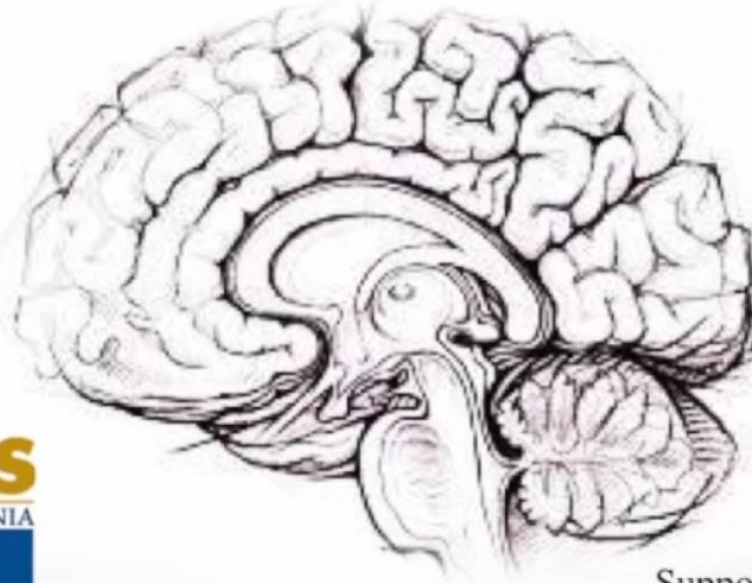
(Pavlov, 2021)

Summer Institute in Cognitive Neuroscience 2013

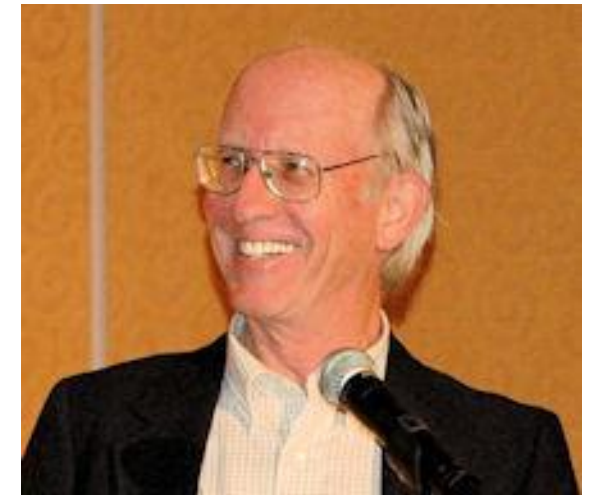
Steven Hillyard

Luck, S. J., & Hillyard, S. A. (2015). Electrophysiology of visual attention in humans. In M. S. Gazzaniga & G. R. Mangun (Eds.), *The cognitive neurosciences*, 5th ed. (pp. 187-196). Cambridge, MA: MIT Press.

Presented As: Mechanisms of Visual Selective Attention Analyzed with Steady-State Visual Evoked Potentials

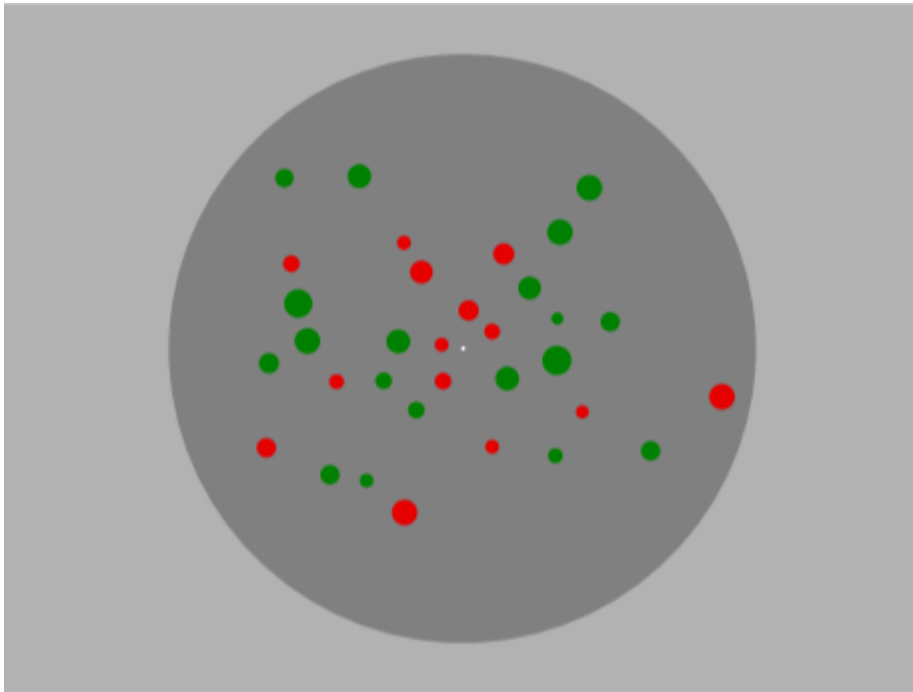


Supported by NIMH



Professor Steven Hillyard
(California Ülikool San Diegos)

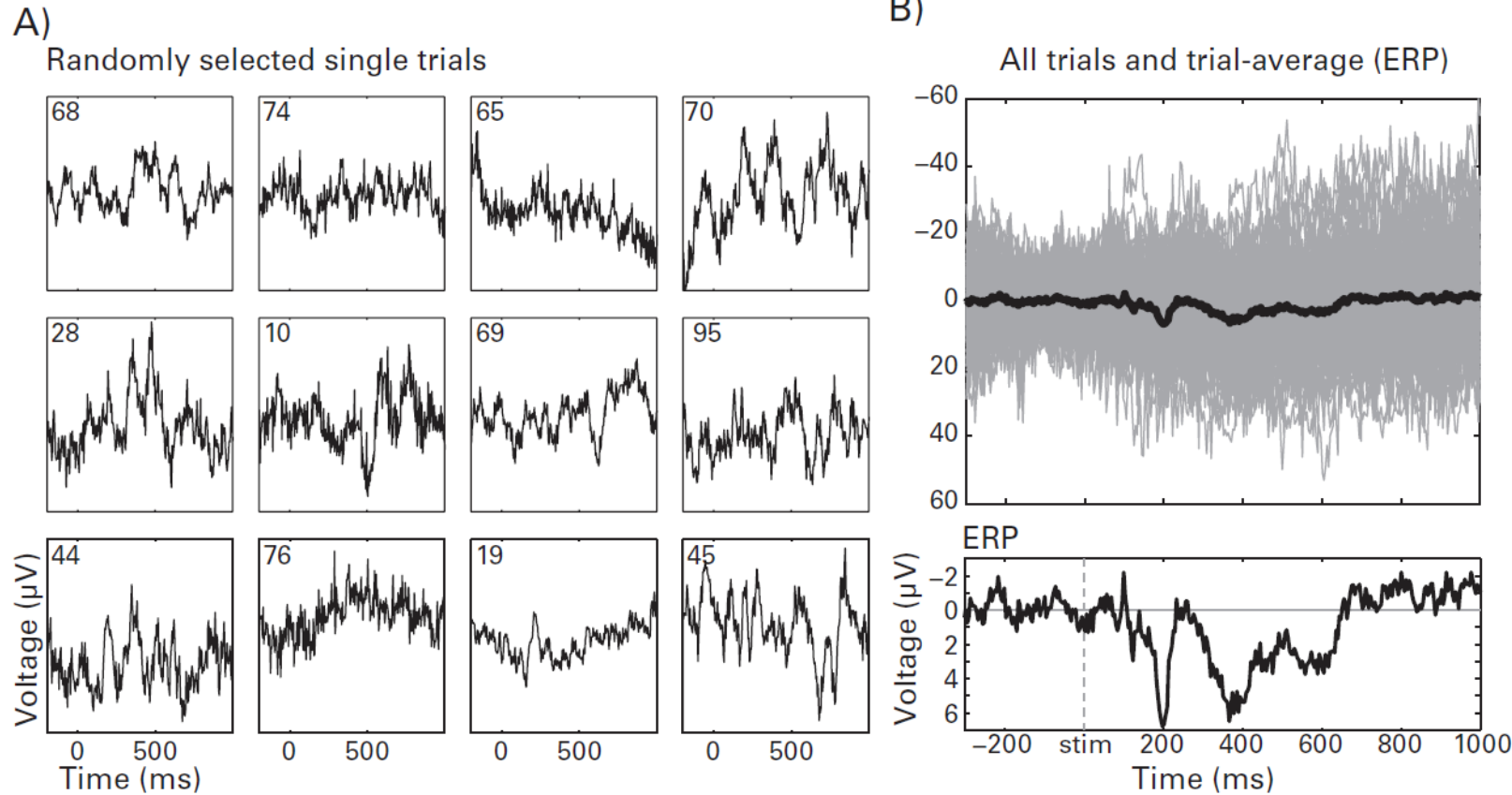
EEG sündmuspotsiaalid (ERP)



Kui sekkuvat muutujat pole võimalik kontrollida, siis on mõistlik see vabaks lasta ehk muuta katsemanipulatsioonist sõltumatuks (st sekkuv muutuja ei tohiks olla süstemaatiliselt seotud katsetingimustega)

(Raidvee, Lember, & Allik, 2017)

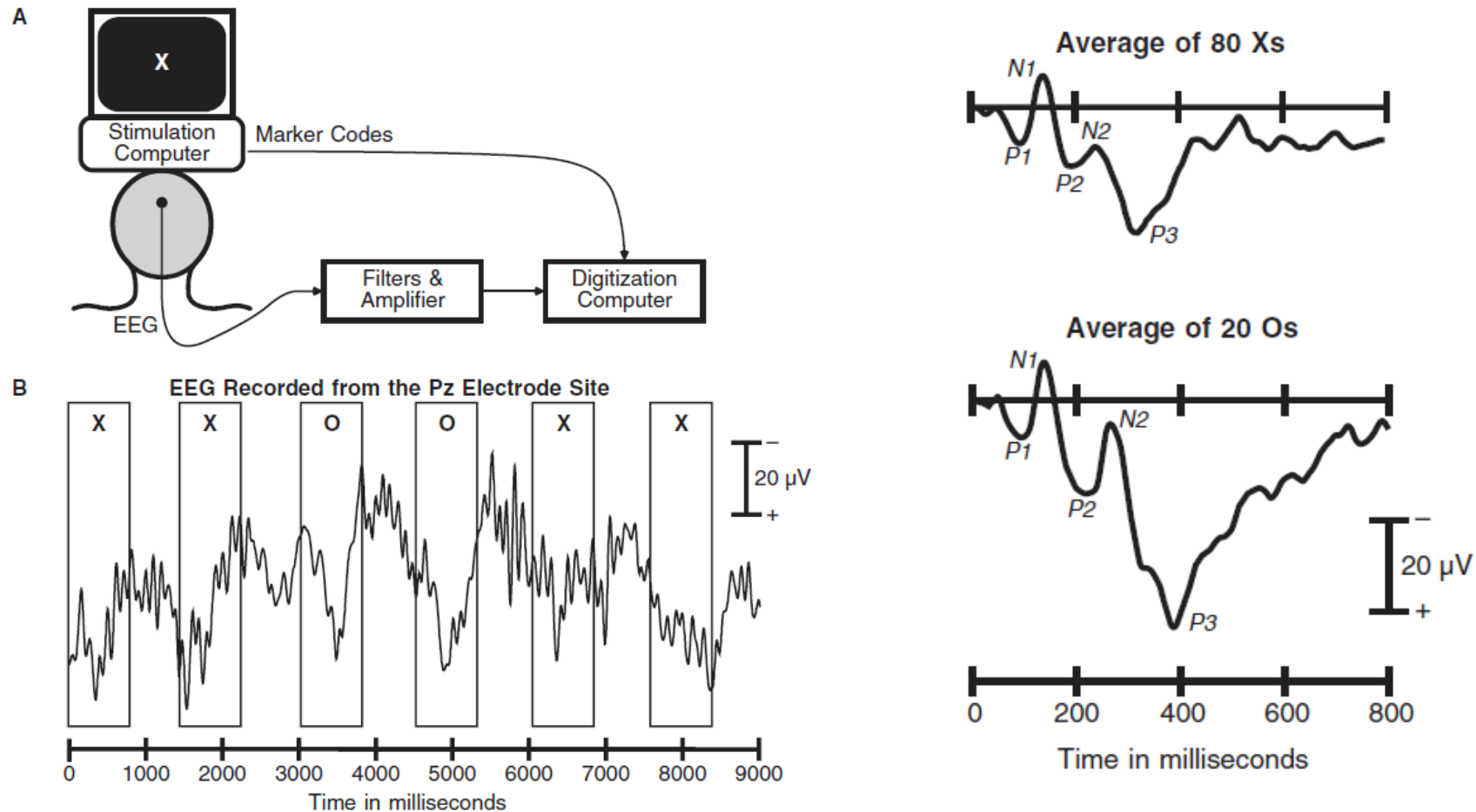
EEG sündmuspotsiaalid (ERP)



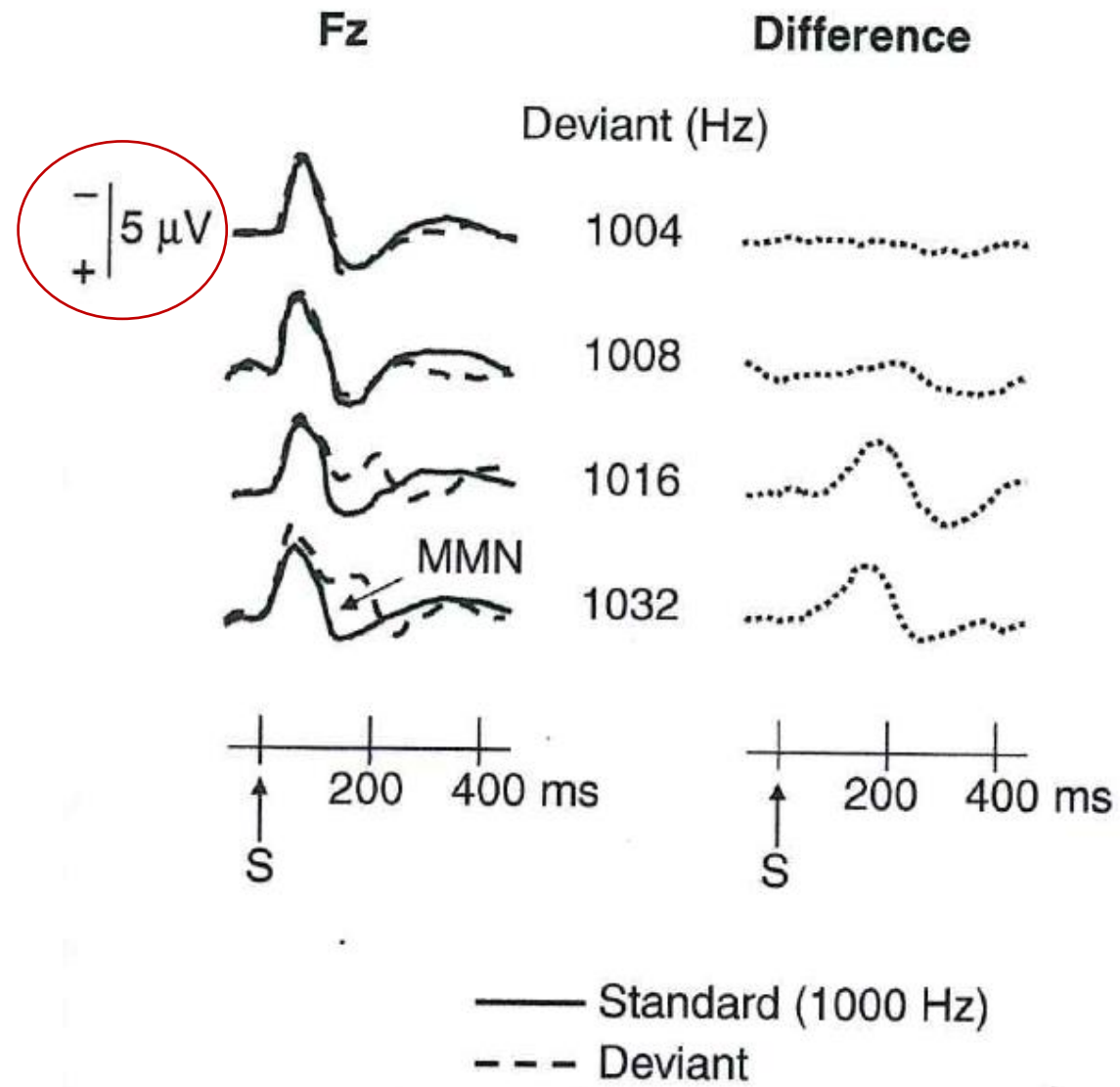
Üle paljude esituste
keskmistatud EEG
signaal on kordades
väiksema amplituudiga
kui mürarikkal
üksikseerial

Figure 9.1

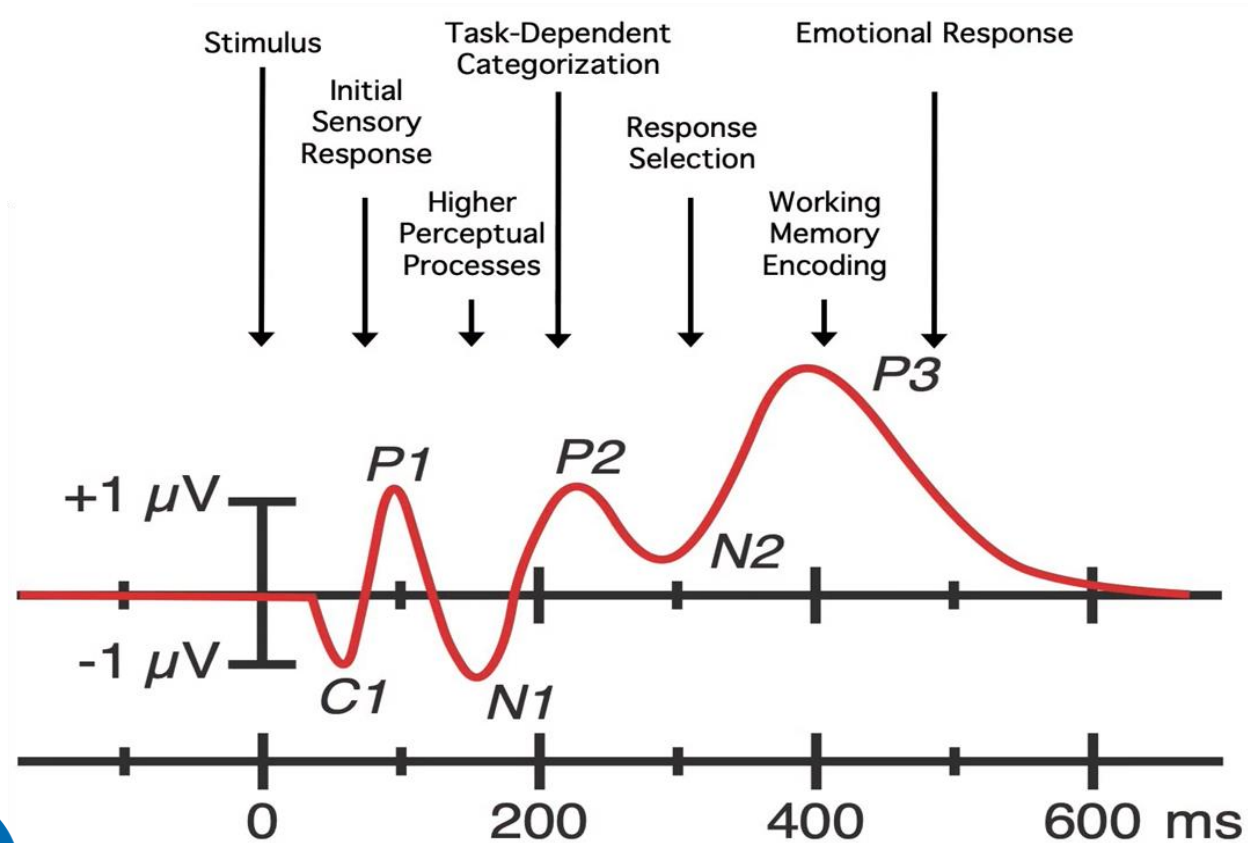
EEG sündmuspotsentsiaalid (ERP)



(Luck, 2005, lk 8)

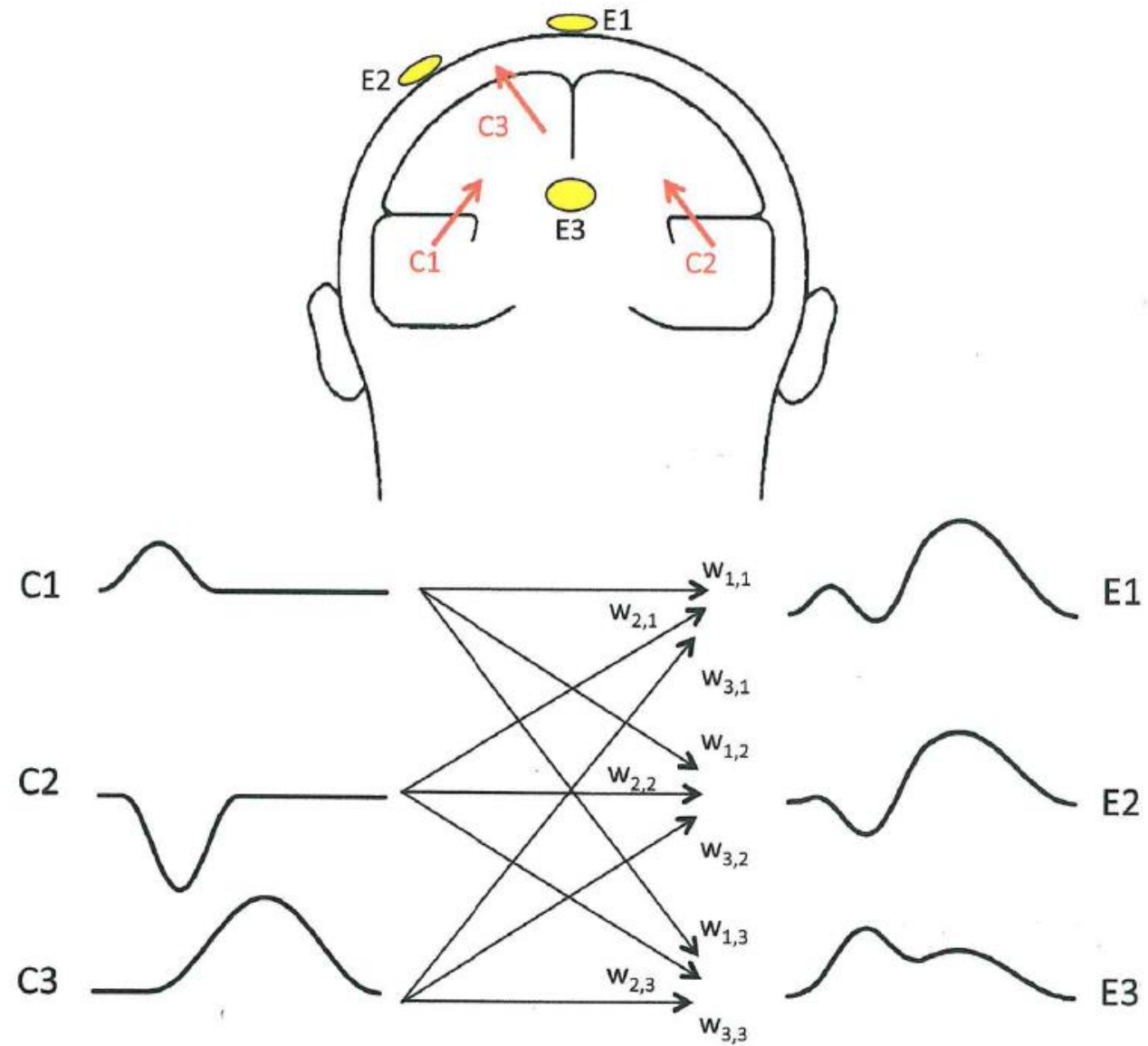


EEG sündmuspotentsiaalid (ERP)



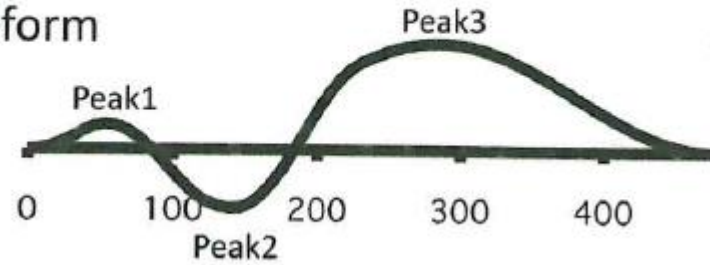
EEG sündmuspotentsiaal (*event related potential* - ERP) – sündmuse poolt esile kutsutud aju elektriliste potentsiaalide muutus



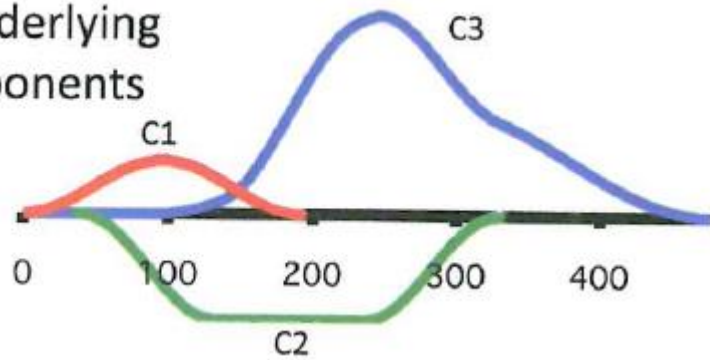


(Luck, 2011, lk 7)

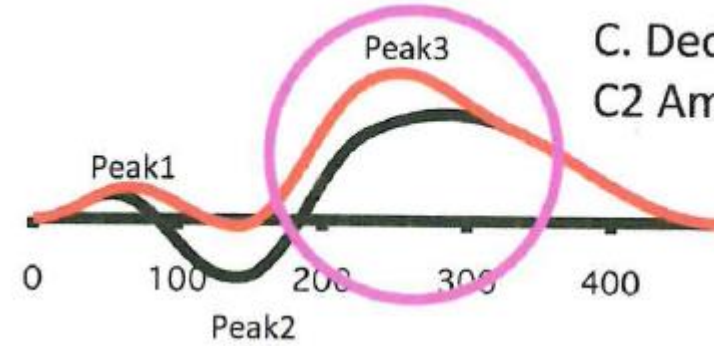
A. Observed
Waveform



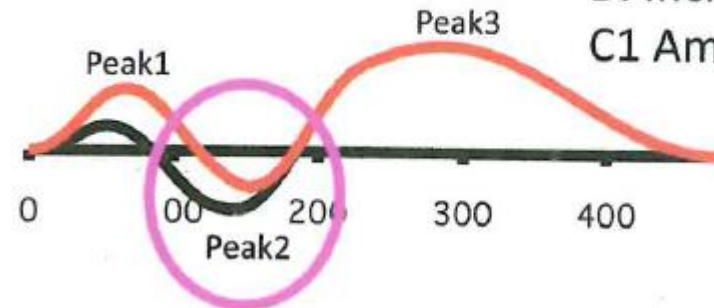
B. Underlying
Components

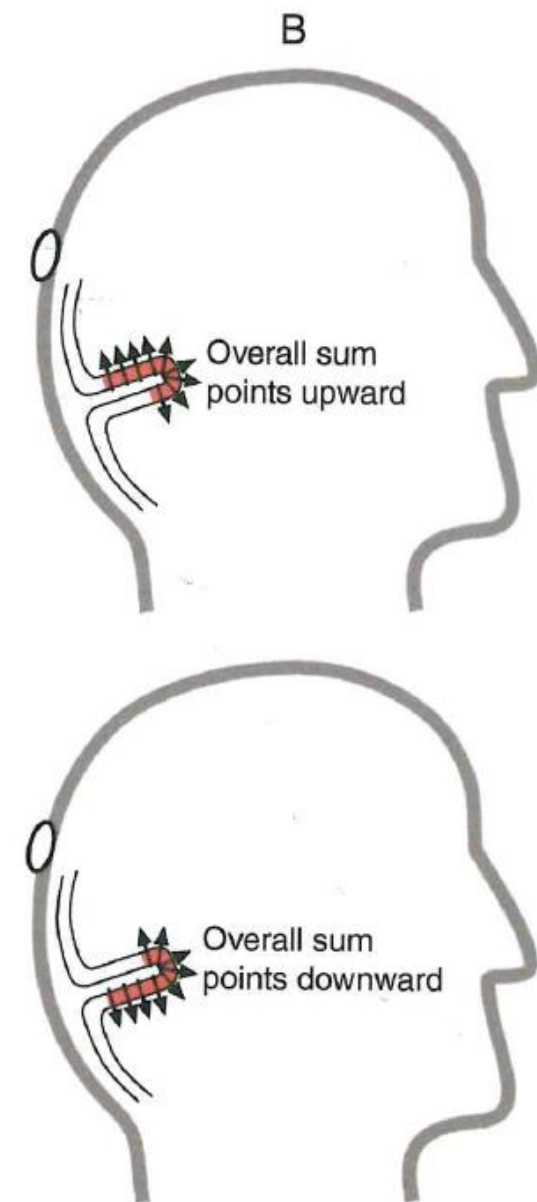
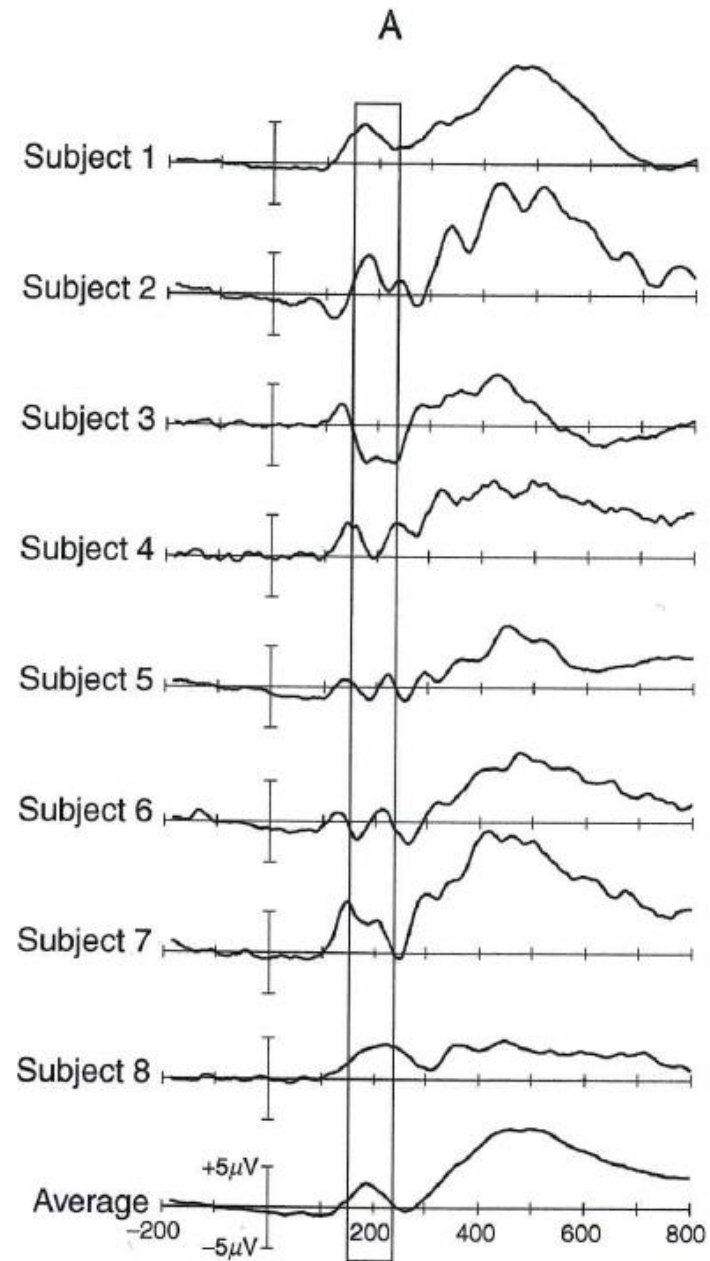


C. Decrease in
C2 Amplitude



D. Increase in
C1 Amplitude





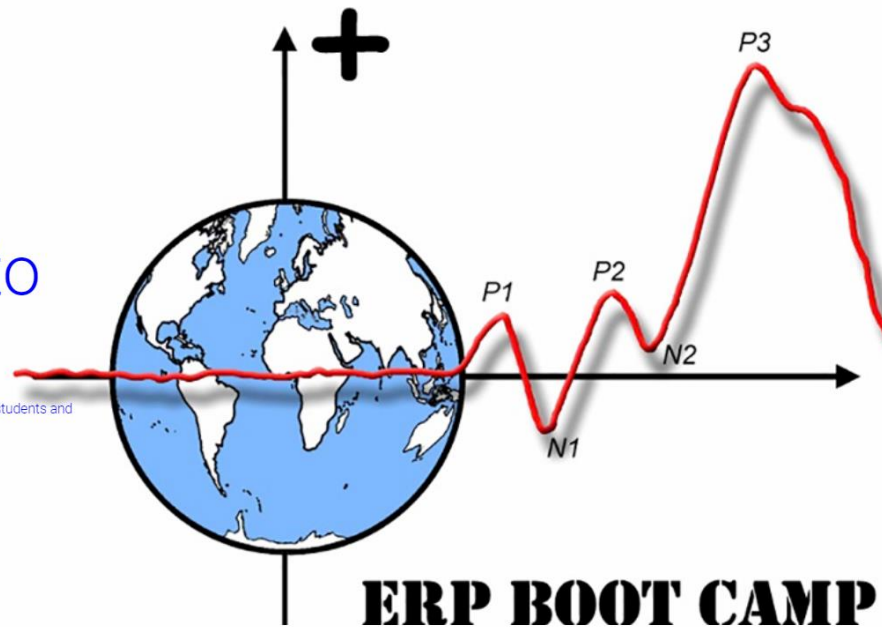
(Luck, 2011, lk 7)

EEG sündmuspotsiaalid

Virtual ERP Boot Camp: Introduction to ERPs

Introduction to the event-related potential technique, designed for students and researchers with little or no prior ERP experience.

Enroll for free



Professor Steven Luck
(Kalifornia Ülikool, Davis)

Kaasprofessor Emily Kappenman
(San Diego Osariiklik Ülikool)

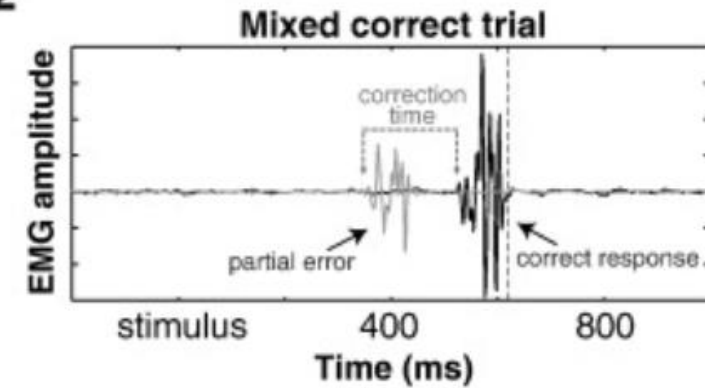
How and Why You Make Mistakes—and Why You Should Make More of Them

Michael Cohen,
Associate Professor of Neuroscience
Radboud University, Netherlands

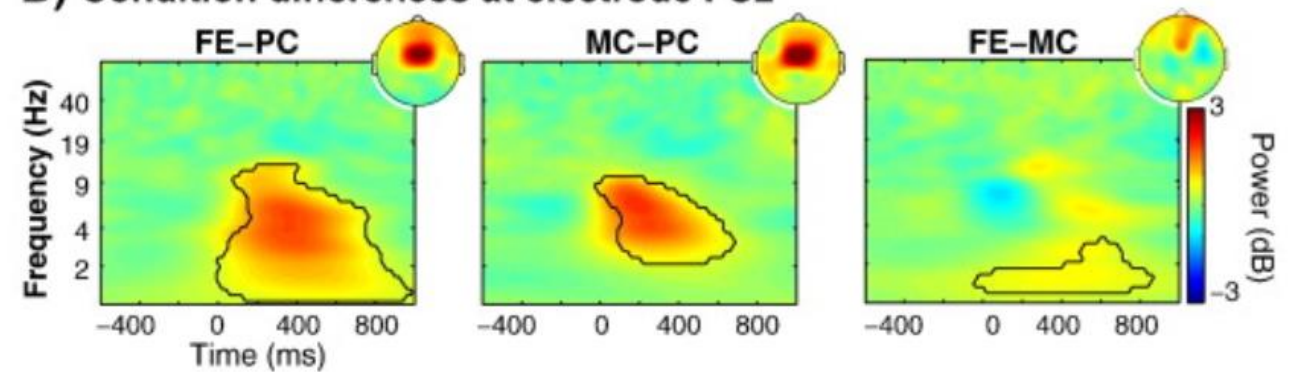
Monday, April 8, 2019

0:01 / 1:24:24

A2

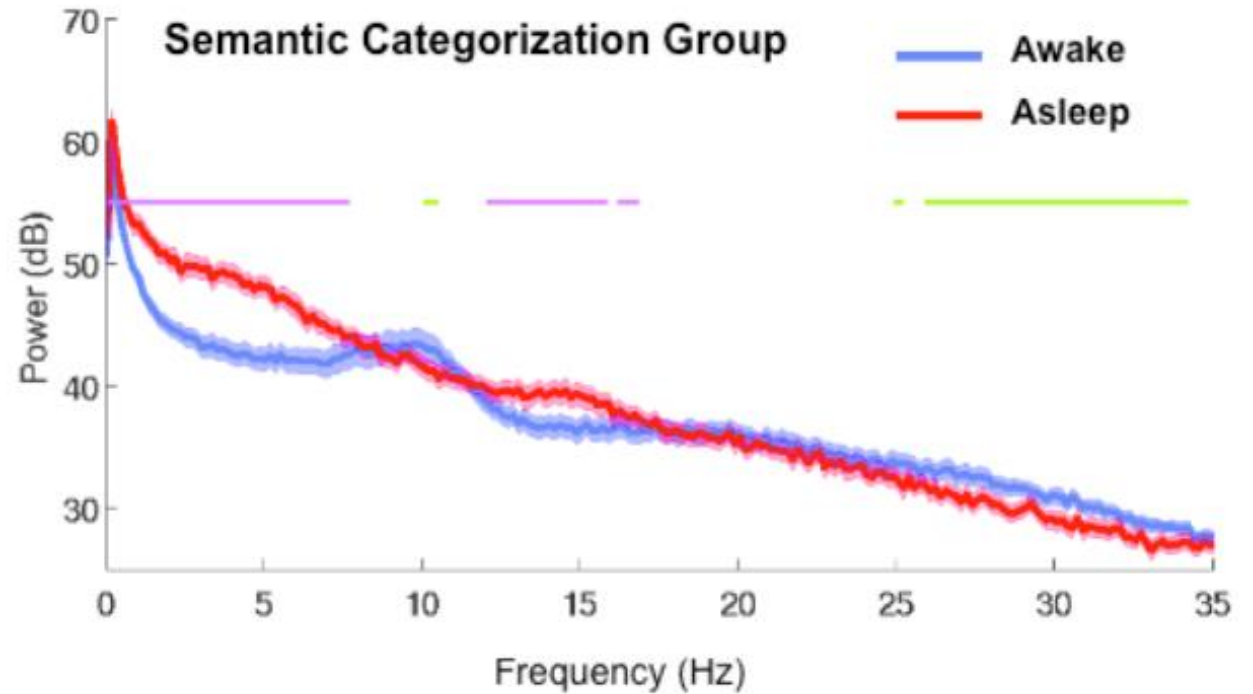
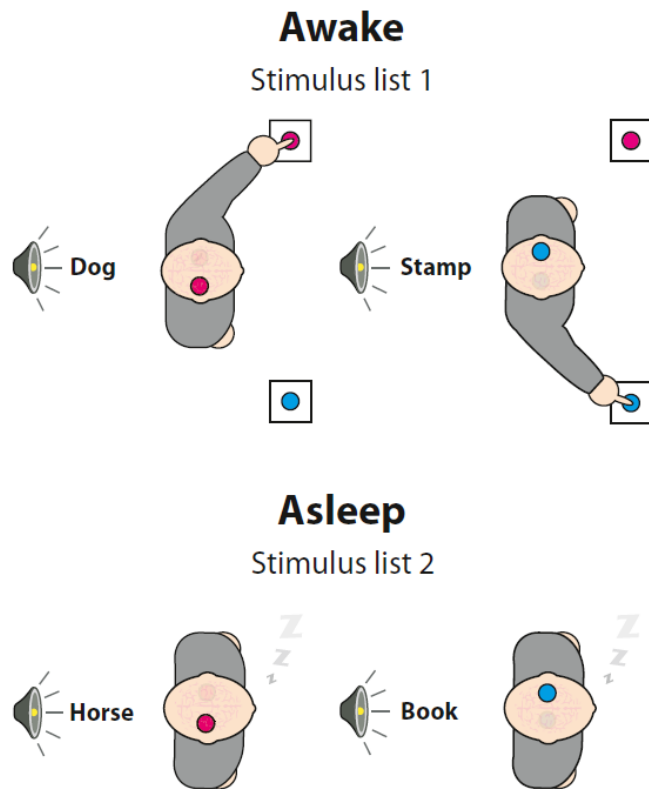


B) Condition differences at electrode FCz



(Cohen, & van Gaal, 2014)

Milleks EEG?



(Kouider, Andrillon, Barbosa, Goupil, & Bekinschtein, 2014)

Mõned sündmuspotentsiaalide kasutusvaldkonnad

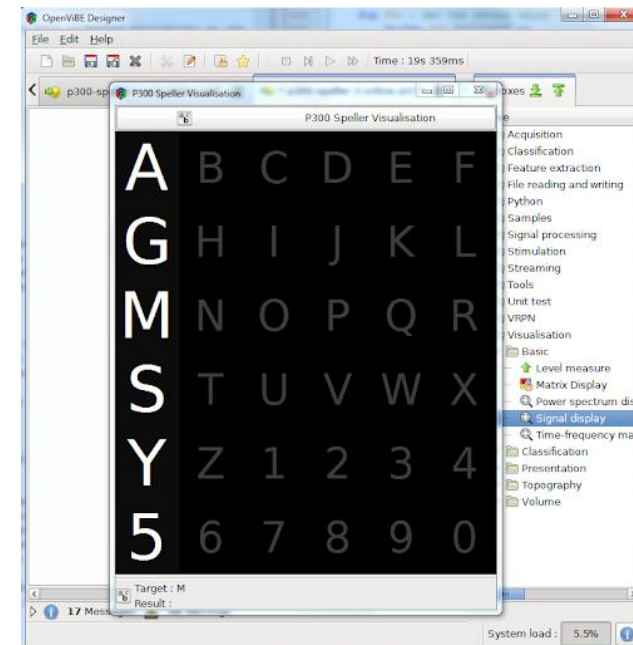
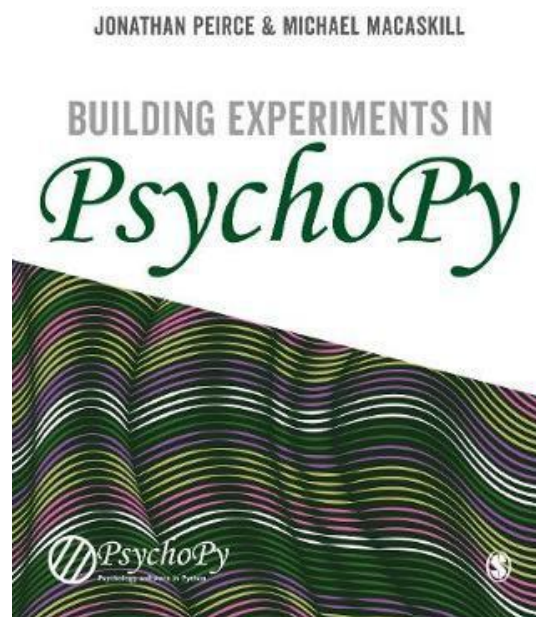
Uurida kognitiivsete ja tajuliste protsesside ajalist dünaamikat

Uurida katseisikuid, kes ei saa või ei suuda eksplitsiidseid vastuseid anda (nt imikuid, magavaid katseisikuid, kooma patsiente)

Uurida töötlust, mille puhul vastuse andmine võiks töötlust oluliselt muuta (nt stiimulite tähelepanuvälise töötluse puhul)


Uurida töötlust, mis ei pruugi käitumises väljenduda (nt maskeeritud stiimulite töötlemine)

Lisaülesanded



OpenBCI näidisprojektid



 **OpenBCI Documentation**

[Main Site](#) [Shop](#) [Forum](#) [Documentation](#) [Github](#)

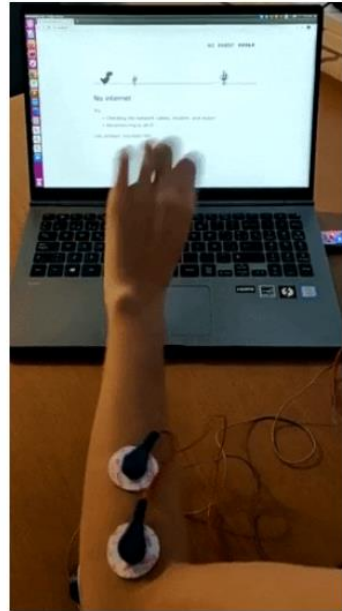
[Welcome to OpenBCI](#) >
[Getting Started](#) >
[Cyton Board](#) >
[Ganglion Board](#) >
[Headwear & Electrodes](#) >
[Third-Party Hardware](#) >
[Software](#) >
[For Developers](#) >
[Deprecated Documents](#) >
[Troubleshooting](#) >
[Example Projects](#) ▾
 [Example Projects](#)
 [Experiments](#)
 [Puppies and Kittens Experiment](#)
 [Community Page Projects](#)
 [Community Page Projects](#)
 [EMG Projects and Tutorials](#)
 [EMG Scrolling](#)
 [EMG-controlled Stop/Start Music](#)

EMG Chrome Dino Game

EDIT

In this tutorial we will show you how to play the Google Chrome Dinosaur Game without touching your laptop. To do that, we will read EMG data from your arm muscles and find the peaks which correspond to flexing, using them to trigger a jump of the dinosaur.

Check out an example video of this tutorial being put into action!





Kasutatud kirjandus (esinemise järjekorras)

Kouider, S., Andrillon, T., Barbosa, L. S., Goupil, L., & Bekinschtein, T. A. (2014). Inducing Task-Relevant Responses to Speech in the Sleeping Brain. *Current Biology*, 24(18), 2208–2214.

Hitziger, S. (2015). *Modeling the variability of electrical activity in the brain* (Doctoral dissertation, Université Nice Sophia Antipolis).

Van Drongelen, W. (2018). *Signal processing for neuroscientists: an introduction to the analysis of physiological signals*. Academic press.

Gleitman, H., Reisberg, D., & Gross, J. (2014). Psühholoogia. Hermes.

Schlör, D., Zehe, A., Kobs, K., Veseli, B., Westermeier, F., Brübach, L., ... & Hotho, A. (2020, May). Improving Sentiment Analysis with Biofeedback Data. In *Proceedings of LREC2020 Workshop "People in language, vision and the mind"(ONION2020)* (pp. 28-33).

Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG measurement. *Measurement science review*, 2(2), 1-11.

Ince, R., Adanır, S. S., & Sevmez, F. (2020). The inventor of electroencephalography (EEG): Hans Berger (1873–1941). *Child's Nervous System*, s00381-020-04564-z. <https://doi.org/10.1007/s00381-020-04564-z>

Wakefulness and Sleep. From Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition [Image] by P. A. Abhang, B. W. Gawali, & C. M. Suresh, 2016, Academic Press (<https://doi.org/10.1016/C2015-0-01959-1>). Copyright [2016] by Elsevier Inc.

Müller, M. M., Malinowski, P., Gruber, T., & Hillyard, S. A. (2003). Sustained division of the attentional spotlight. *Nature*, 424(6946), 309-312.

Raidvee, A., Lember, J., & Allik, J. (2017). Discrimination of numerical proportions: A comparison of binomial and Gaussian models. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 267-282.

Cohen, M. X. (2014). *Analyzing neural time series data: theory and practice*. MIT press.

Luck, S. J. (2005). An introduction to event related potentials and their neural origins. *An introduction to the event related potential technique*, 11.

Cohen, M. X., & van Gaal, S. (2014). Subthreshold muscle twitches dissociate oscillatory neural signatures of conflicts from errors. *Neuroimage*, 86, 503-513.

Raidvee, A., Lember, J., & Allik, J. (2017). Discrimination of numerical proportions: A comparison of binomial and Gaussian models. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 79(1), 267-282.

Luck, S. J., & Kappenman, E. S. (Eds.). (2011). *The Oxford handbook of event-related potential components*. Oxford university press.



Aitäh!

Küsimused