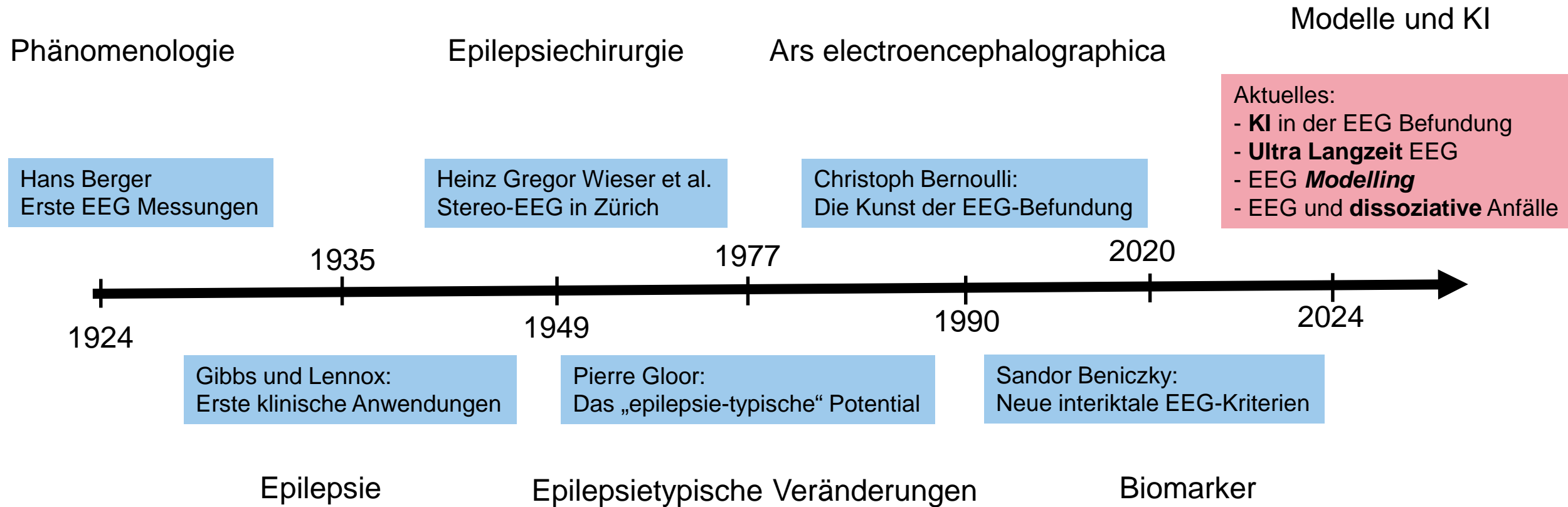




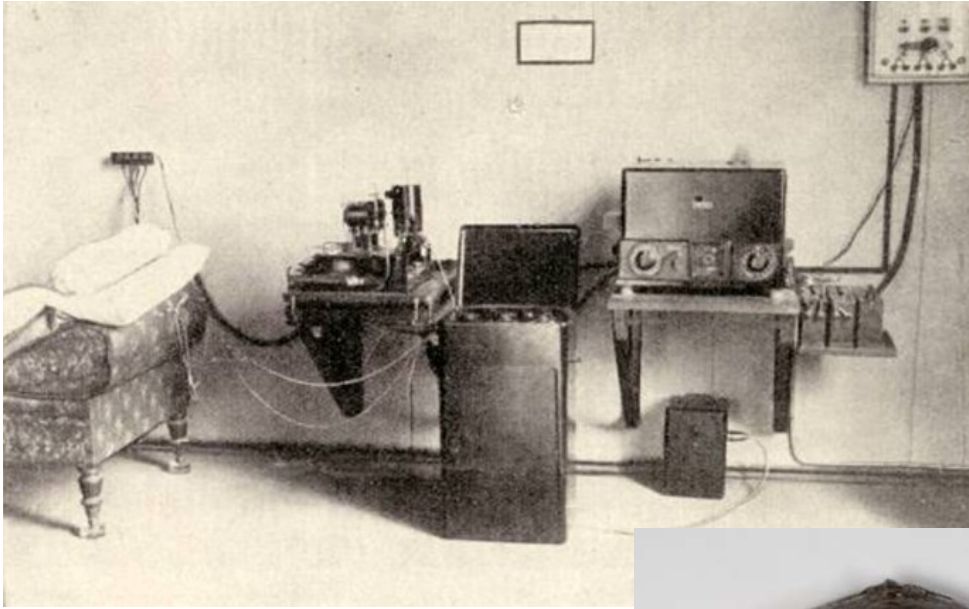
# EEG und Epilepsie: Von der "Kunst der EEG-Befundung" zur digitalisierten EEG Analyse in der Epileptologie

PD Dr. Lukas Imbach, Medizinischer Direktor  
Schweizerisches Epilepsiezentrum, Klinik Lengg

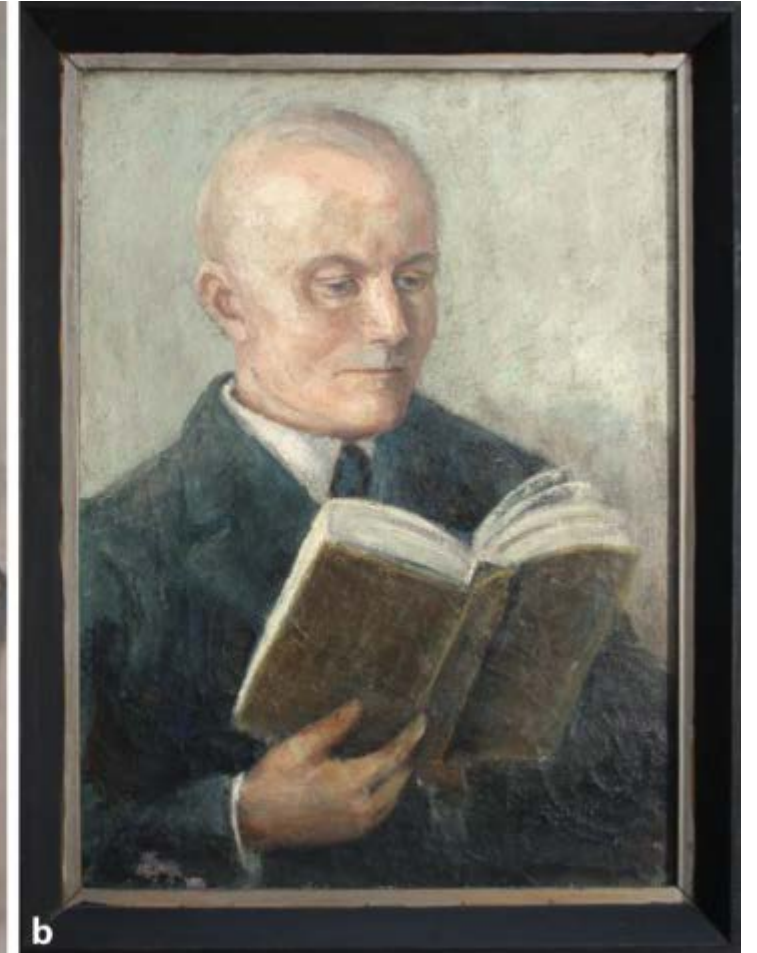
# 100 Jahre EEG in der Epileptologie: Meilensteine



# Hans Berger: Apparat, Gemähld, Totenmaske



Universitätsarchiv Jena  
Bestand V Abt XLVI Nr 43



Universitätsarchiv Jena Bestand V Abt XLVI Nr 21



[Lemke, Kluger und Krämer, CEPI 2024]



# Erste EEGs 1924 und Publikation 1929

**Aus Hans Berger**

9. März 1924: Habe gerade einen Knochendefekt mit einer

2. Juni 1924: D[ie] Idee eines trepanierten Menschen

14. Juni 1924: Es kam zu mehreren Leuten mit Schädeldefekten

6. Juli 1924: Habe auch ein Saitengalvanometer angeschlossen. Heute Versuche bei Z[ur]n. Wohl positive Ergebnisse

Zentralnervensystems vor uns haben. Es waren vorwiegend praktische Gesichtspunkte, die mich immer wieder seit vielen Jahren an dieser Aufgabe arbeiten ließen, namentlich auch die Frage, ob man vielleicht, ähnlich wie das beim Elektrokardiogramm für die Herzkrankheiten der Fall ist, eine objektive Untersuchungsmethode für krankhafte Veränderungen in der Tätigkeit des Zentralnervensystems auffinden könne, was dann natürlich auch diagnostisch von allergrößter Bedeutung werden könnte. Ich habe auch bereits in dieser Richtung eine Reihe von Untersuchungen angestellt. Bestimmte Angaben kann ich aber auch da nicht machen, da eindeutige Ergebnisse noch nicht vorliegen. Die Untersuchungen werden aber ebenso, wie die Untersuchungen der oben angedeuteten Fragen, so weit mir dies meine Zeit erlaubt, fortgesetzt, und ich hoffe, später darüber berichten zu können. Wünschenswert wäre es natürlich auch für die Verfolgung dieser Fragen, wenn zu diesen Untersuchungen noch empfindlichere Instrumente, wie sie die Technik in der Tat herzustellen imstande ist, verwendet werden könnten<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> M. Gildemeister: „Die Elektrizitätserzeugung der Haut und der Drüsen“, Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, VIII, S. 776, 1928.

<sup>2</sup> Siemens und Halske hat mir auf meine Anfrage hin schon 1927 eine entsprechende Apparatur angeboten, deren Anschaffung aber für mich an den Kosten scheiterte.

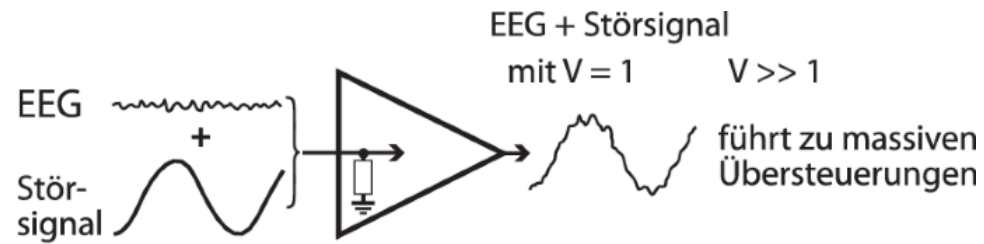
des Menschen.

na.

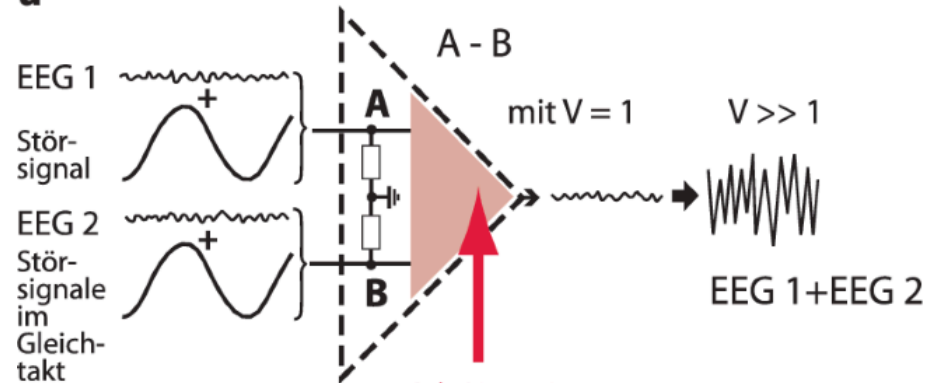
er Elektrophysiologie, fehlgehen, wenn man Natur die Fähigkeit an bezeichnet solche normalen Lebenserscheinungen unterscheiden von den Träumen, die man als



# Differenzverstärkung und Sensitive Galvanometer



**a**

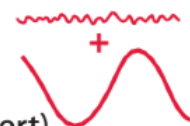


Von Eingang A

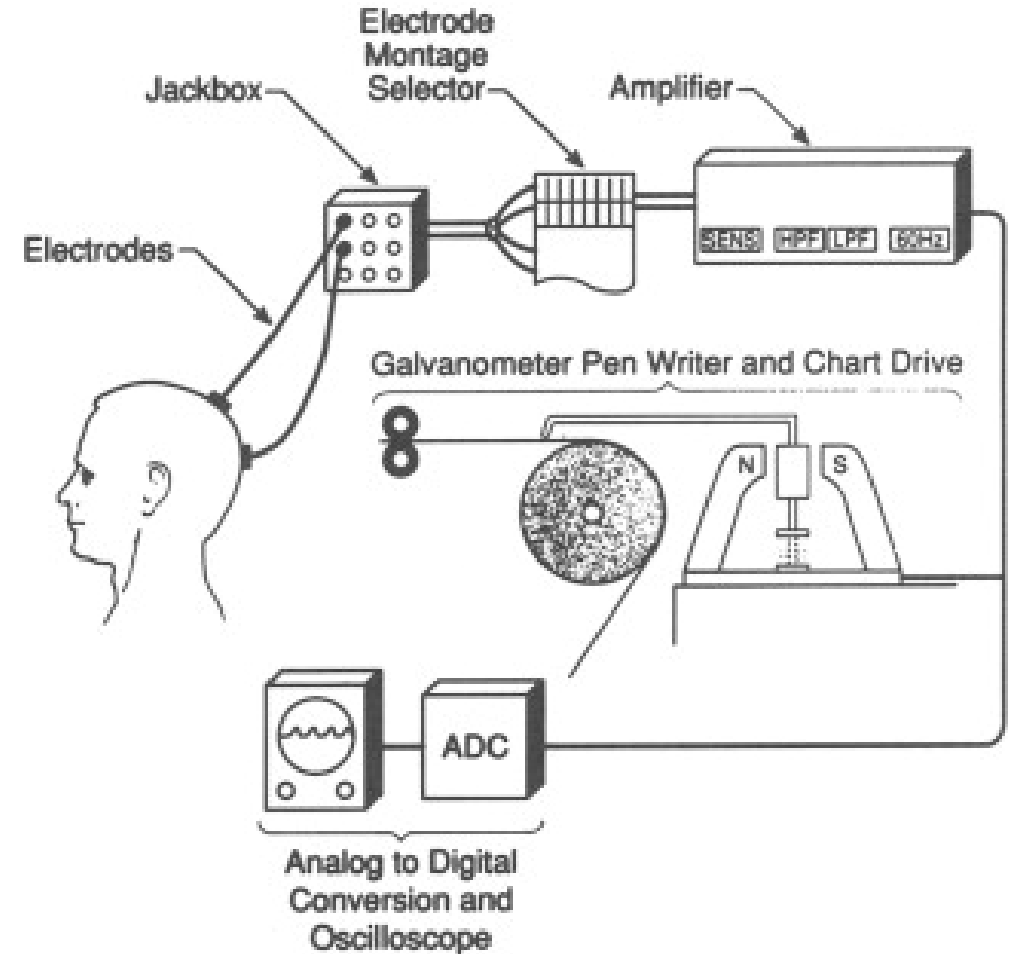


+ = Gleichtakt-  
unterdrückung

Von Eingang B  
(Signal wird im  
Verstärker invertiert)



**b**



# Erste Epilepsie Studien

## Archives of Neurology and Psychiatry

VOLUME 34

DECEMBER 1935

NUMBER 6

### THE ELECTRO-ENCEPHALOGRAM IN EPILEPSY AND IN CONDITIONS OF IMPAIRED CONSCIOUSNESS

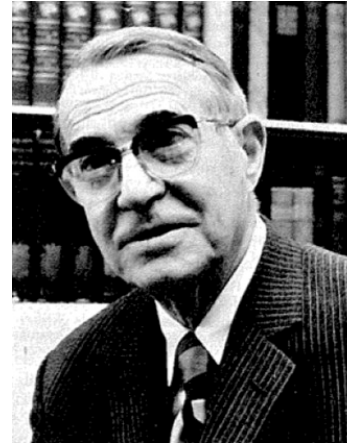
F. A. GIBBS, M.D.

H. DAVIS, M.D.

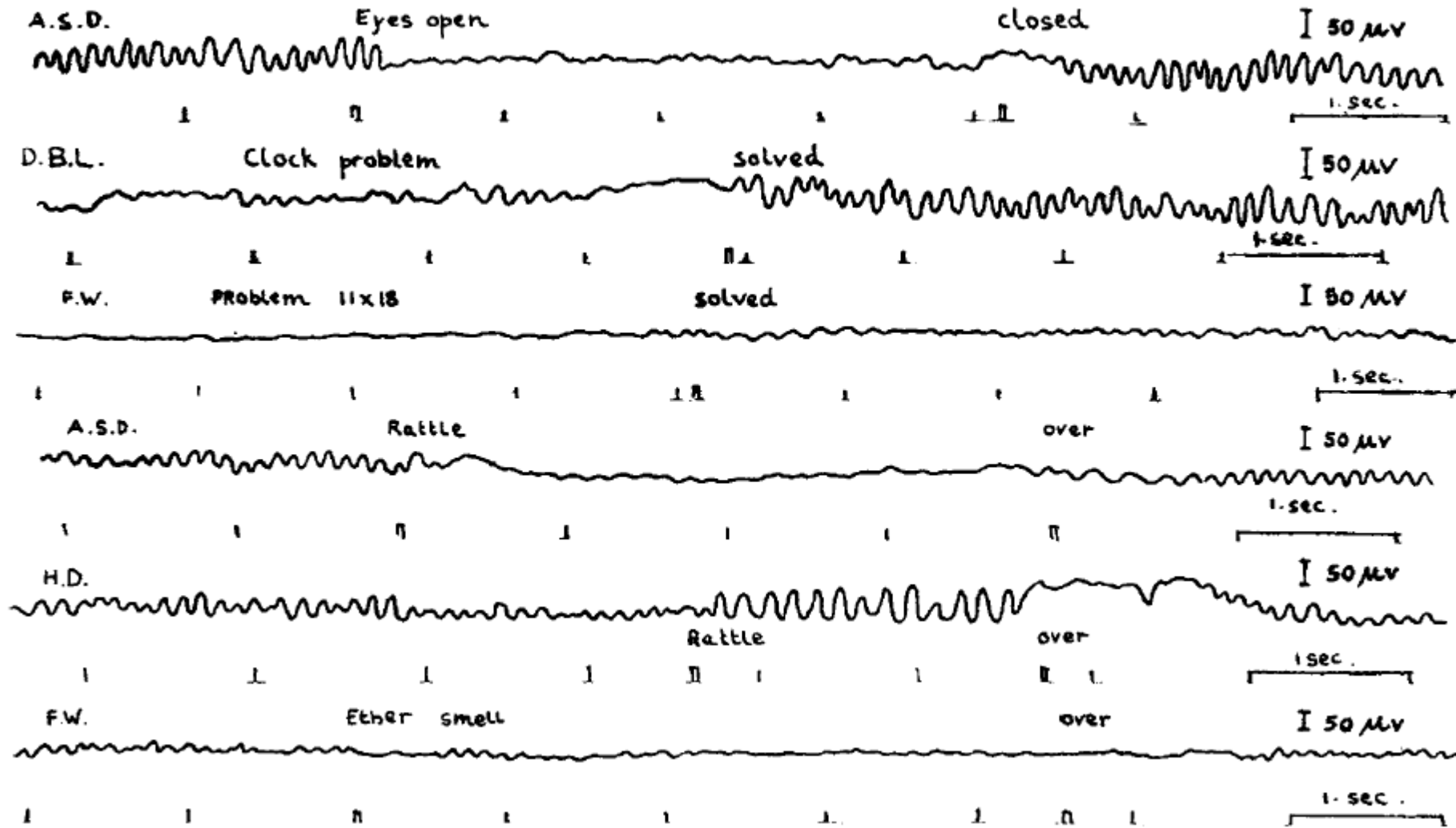
AND

W. G. LENNOX, M.D.

BOSTON

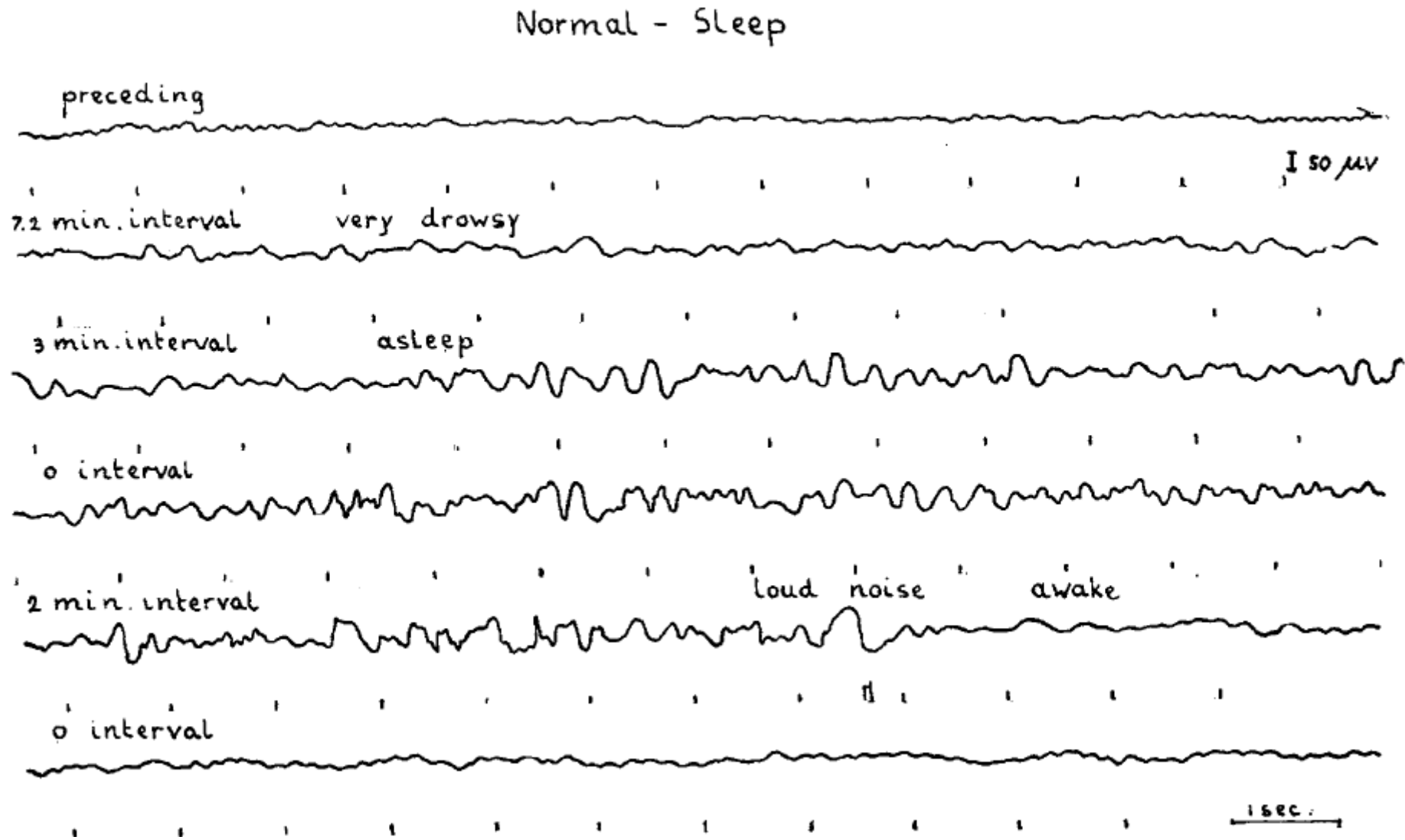


# Alpha Rhythmus

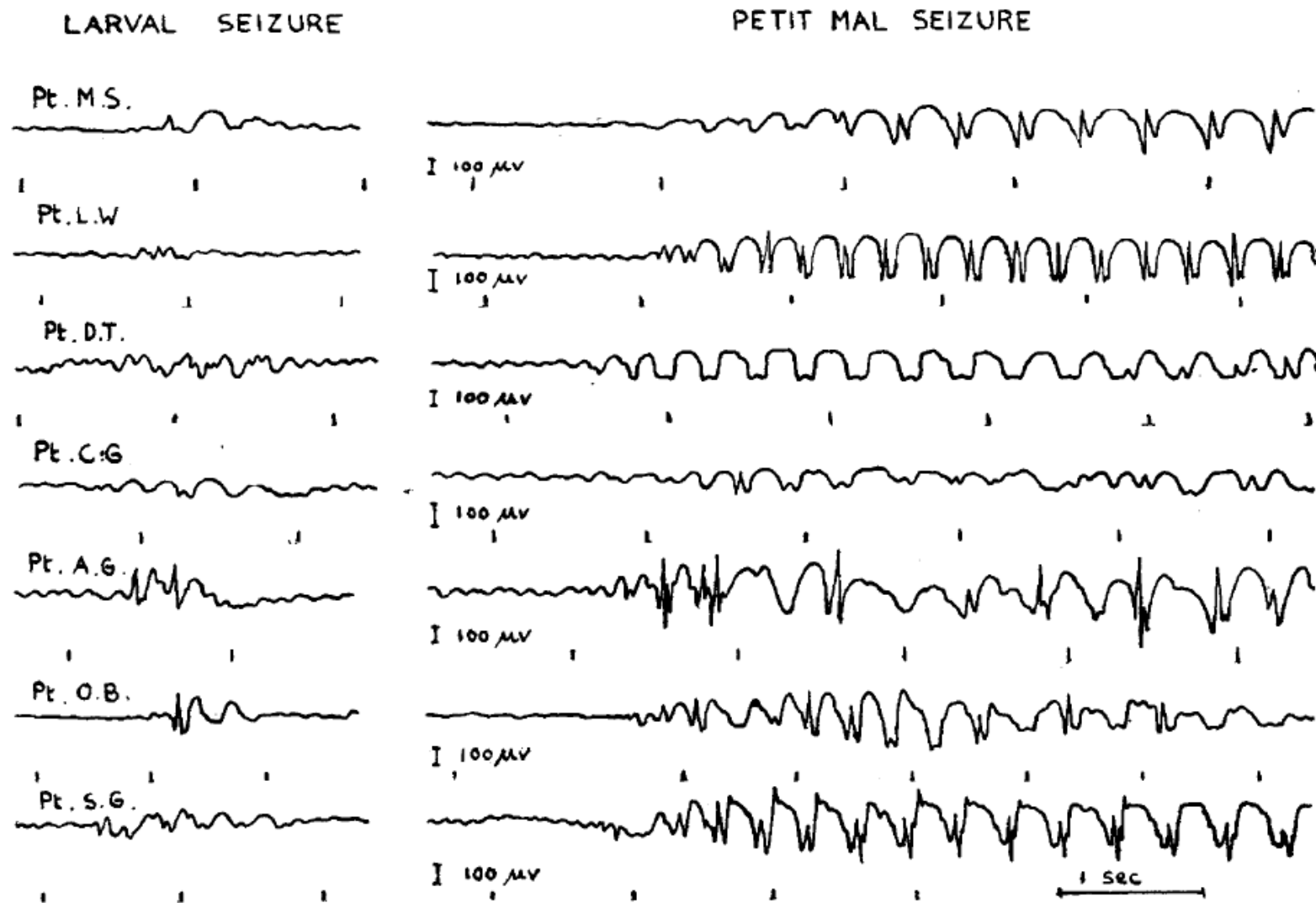




# Schlaf EEG



# Absence Seizures



# Hypoxisches EEG

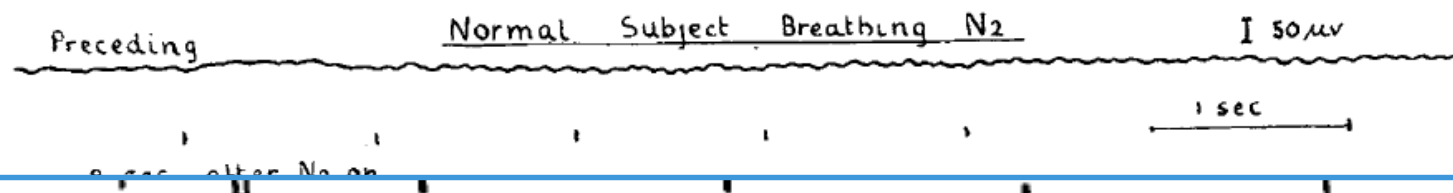
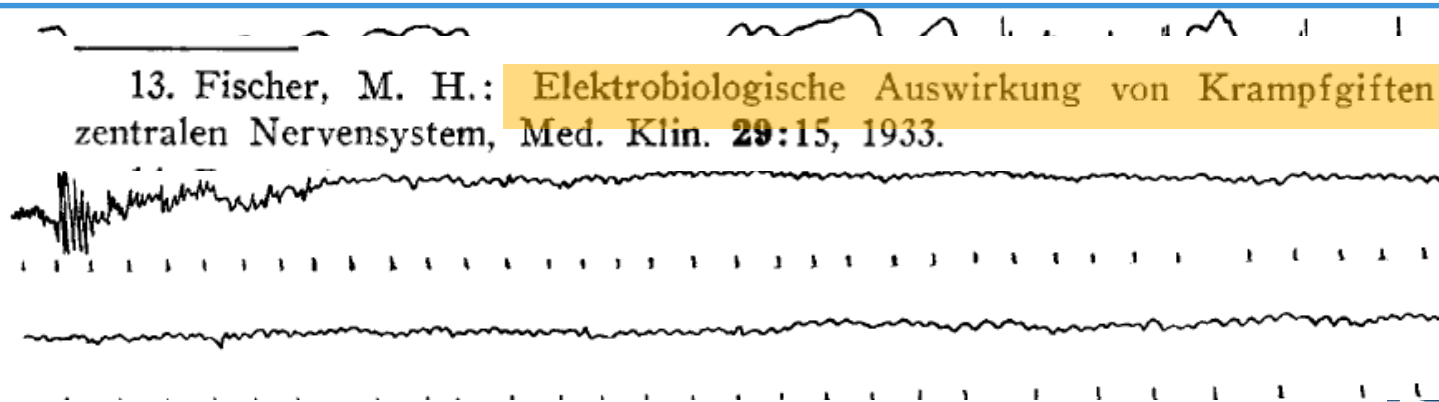


Chart 6.—Alteration of the electro-encephalogram with induced syncope and induced petit mal seizure. Syncope was induced by tipping the patient into the vertical head-up position after he had been given 4 grains of **sodium nitrite**. As soon as the patient became unconscious, he was tipped back to horizontal. Instead of regaining consciousness at once he had a petit mal seizure. The height of the *I* at the end of the first strip shows the deflection produced by a 100 microvolt signal. The vertex becoming electrically negative to the ear gives an upward deflection. The vertical lines at the bottom of each strip give the time in seconds. There is no interval between the strips.

13. Fischer, M. H.: **Elektrobiologische Auswirkung von Krampfgiften** am zentralen Nervensystem, *Med. Klin.* **29**:15, 1933.





## Pressemitteilung 1948

Potentialschwankungen heißt Elektroencephalographie (EEG).

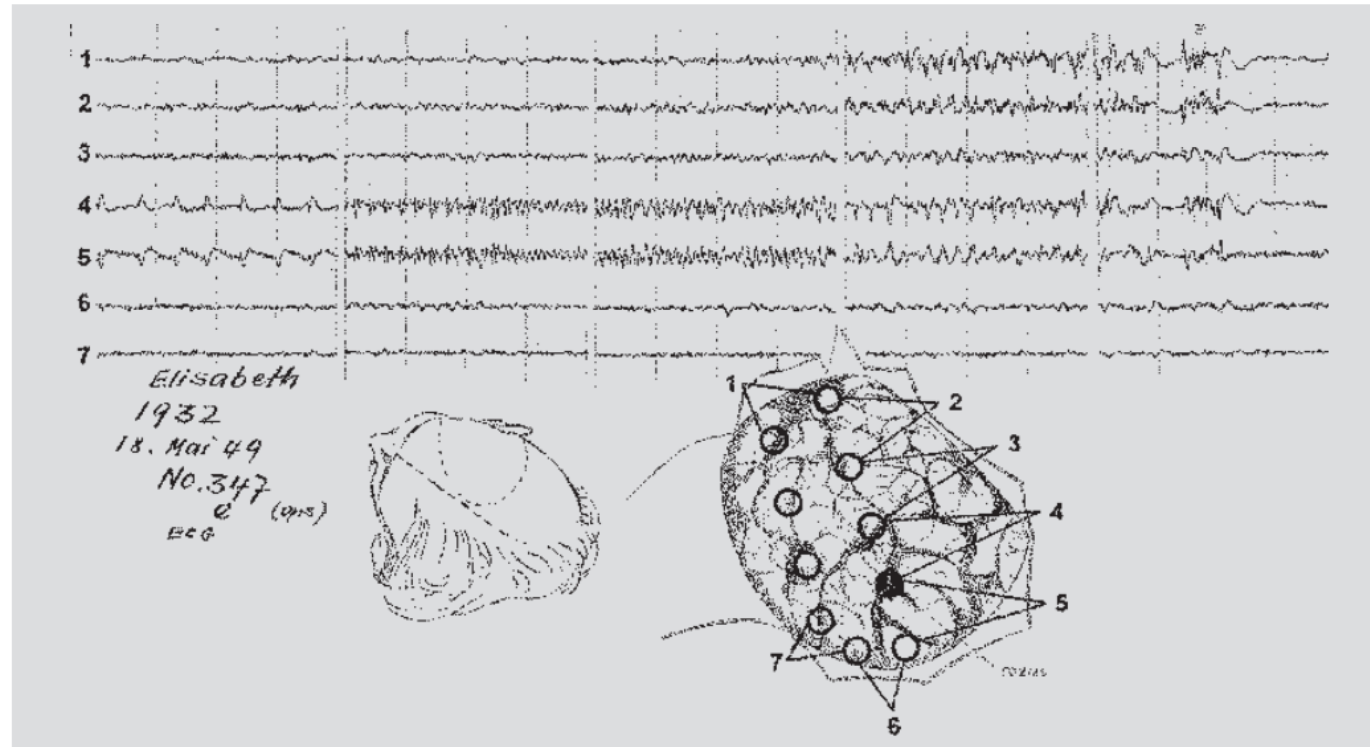
Die Schweiz. Anstalt für Epileptische ist in der glücklichen Lage seit einigen Wochen einen solchen Apparat zu besitzen, der von dem dänischen Ingenieur Kaiser bei der Firma Schou in Kopenhagen hergestellt wurde. Die Beschreibung des Apparates und seine vielseitige Anwendung müssen wir uns auf eine spätere Mitteilung versparen. Der Apparat erlaubt uns festzustellen, ob es sich um eine genuine Epilepsie oder um eine symptomatische Epilepsie handelt, und wenn eine solche vorliegt, den Ort der Störung zu lokalisieren, ohne daß ein Röntgenbild dazu notwendig ist. Er erlaubt es auch, das Wesen der Anfälle zu differenzieren, Angaben über deren Natur und deren Heilungsaussichten zu machen, und wir hoffen von ihm manchen Hinweis über die anzuschlagende medikamentöse Behandlungsweise zu erfahren.

Im folgenden sind zur Illustration einige von unserem Elektroencephalographen aufgenommenen Kurven dargestellt.

1<sup>st</sup> EEG device  
in Switzerland 1948



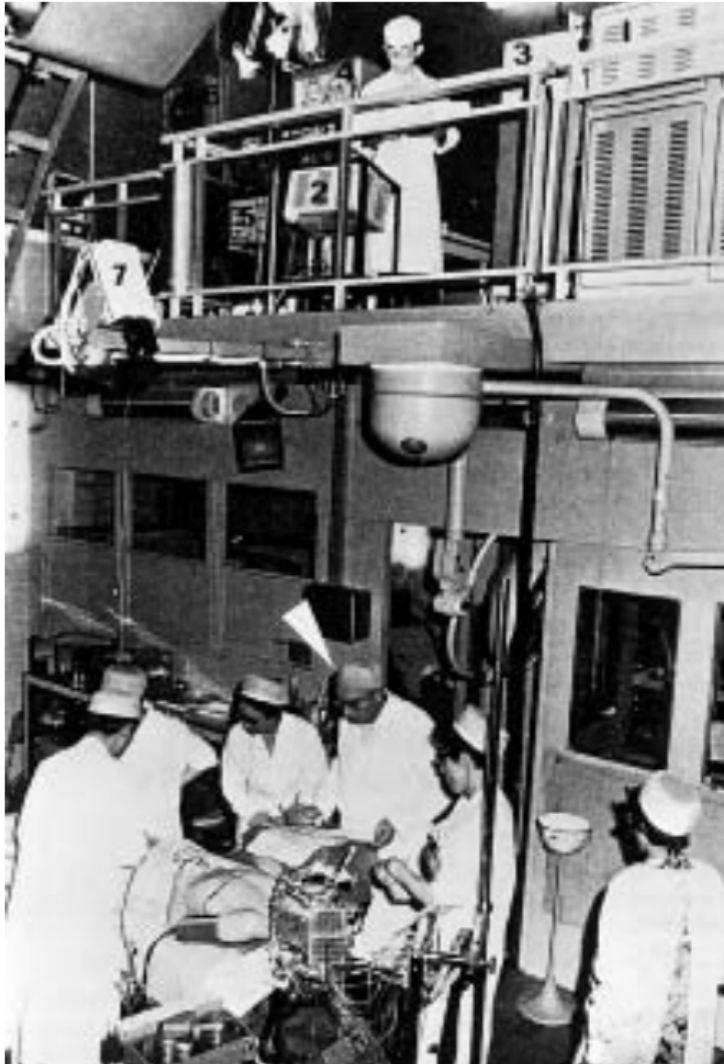
# Stereo EEG



Erste Temporallappen-Resektion in Zürich (Prof. Hugo Krayenbühl) unter elektrokortikographischer Kontrolle (Prof. Rudolf Hess) bei Patientin Elisabeth am 18. Mai 1949, Kantonsspital Zürich.



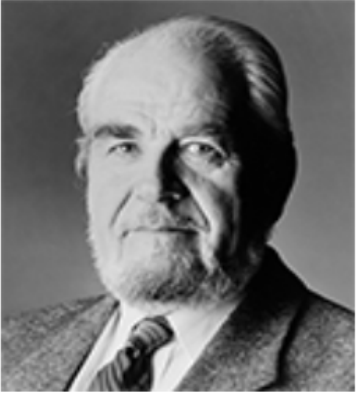
# Stereo-EEG in Zürich: Hess, Bernoulli, Siegfried



Erste «akute» Stereo-EEG-Exploration am 20. Februar 1970 im Kantonsspital Zürich (Monakow-Labor) bei Patient M. S. (geb. 1959).

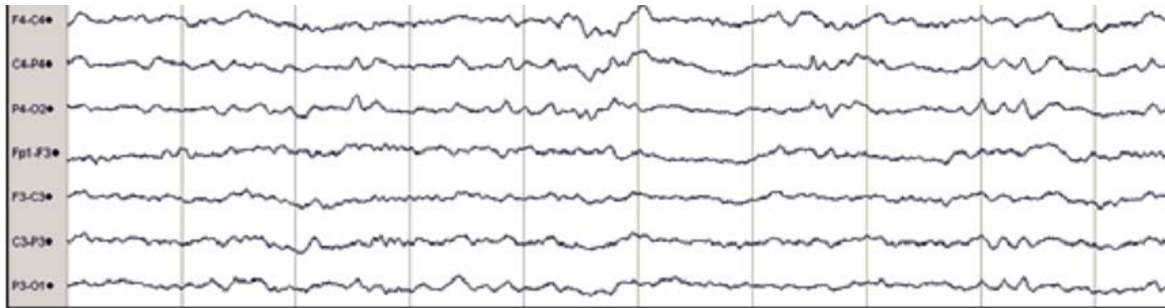


## Pierre GLOOR, PhD



A native of Switzerland, Pierre Gloor (1923-2003) received his medical education at the University of Basel, Switzerland, and did his postgraduate work in neurology and neurosurgery at l'hôpital Louis Pasteur in Colmar, France. He joined McGill's Montreal Neurological Institute in 1952 as a fellow in electroencephalography and neurophysiology, where he studied with Wilder Penfield and Herbert Jasper, receiving his Ph.D. from McGill in 1957. He began lecturing at McGill in 1954 as an Assistant Professor, became a Full Professor in 1968 in the department of Neurology and Neurosurgery, and a McGill Emeritus Professor in 1998. Pierre Gloor worked closely with the clinical and research teams at the Montreal Neurological Institute in

the treatment of epilepsy. His work in understanding and treating this disorder earned him a worldwide reputation.



1. Epileptiform spikes and sharp waves are usually asymmetrical, the rise time to peak often being shorter than the fall from peak to baseline. Non-epileptiform sharp transients are in contrast mostly symmetrical.
2. Epileptiform spikes and sharp waves are usually followed by a slow wave, which has a longer duration than the predominant background activity.
3. Epileptiform spikes and sharp waves are polyphasic (usually 2 or 3 phases) non-epileptiform transients are mostly monophasic.
4. Epileptiform spikes and sharp waves have a different frequency (duration) from the background activity and are not simply abrupt increases in amplitude of the ongoing activity.
5. Epileptiform spikes and sharp waves interrupt the ongoing activity and there is often slowing before and after the sharp transient.

Gloor P. The EEG and Differential Diagnosis of Epilepsy. In Van Duijn H, Donker DNJ. Van Huffelen AC., eds. Current concepts in clinical neuro - physiology. N.V: Drukkerij Trio, The Hague Netherlands, 1977: 9–21

# Klinische EEG: Die Kunst der Interpretation

## Die «ars electroencephalographica» von Christoph Bernoulli

Dr. Dr. Christoph Bernoulli  
Leitender Arzt für

Stereotaxie  
für Elektro-  
graphie  
spital  
Patienten  
(Archiv)  
tologie  
phalographie  
logische  
Klinik

**Befund:**  
Sr. Margrit  
Problematik  
1. Dominant  
offenen Auge  
2. Intermitt  
rhythmische  
3. Häufige,  
bei offenen  
4. Steile Po  
Prädilektion  
Schwerpunkt  
200 ff. Somn  
akustischen

**Fotostimulat**  
und Ausbreit.  
Hz.

### Beurteilung:

Das Gnosch i  
EEG-Fritz is  
Das Uehrige

### Befund:

Das ganze EEG-Team + Mutter bemühen sich um Knaben in der wohlgemeinten Absicht, ihm etwas Bioelektrisches zu entlocken. Die Ableitung scheitert an seinem psycho-physischen Widerstand - verträgt Nichts "am Kopf" laut Mutter, will absolut nicht und wehrt sich erfolgreich - und muss nach 110 sec. abgebrochen werden.

Es werden links frontal mit Maximum am Pol und diskreter Propagation zur Gegenseite 10 sharp-slow-wave-Komplexe registriert, die sehr wahrscheinlich echt sind und somit "epilepsiebeweisend".  
The rest is silence ...

### Beurteilung:

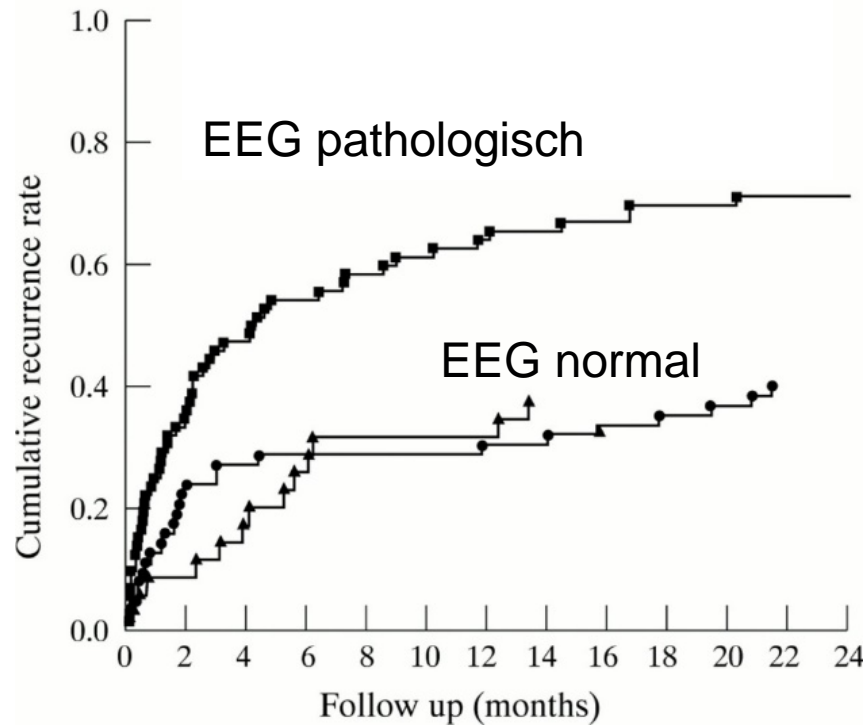
Solche Uebungen sollte und könnte man allen Beteiligten ersparen. Das essentielle Problem ist in derartigen Fällen - die Epilepsie ist anamnestisch gesichert - die Therapie und nicht die Diagnose.

Honni soit qui mal y pense.

*Bernoulli*  
Dr. Ch. Bernoulli

elagerte  
d asymmetri-  
ik" vor.  
sche  
und staunt  
Apparat.

# Wo stehen wir heute?



**Epilepsietypische Potentiale** nach einem erstmaligen Anfall weisen auf eine Rezidivrate von ca 70% und sind somit **Epilepsie-definierend**.

## A reappraisal of the value of interictal EEG findings in diagnosing epilepsy plus a critical review of controversial “normal variants”, utilising long-term ambulatory EEG recordings<sup>1</sup>

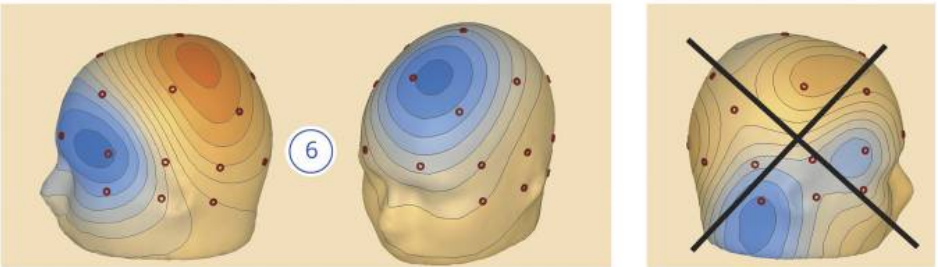
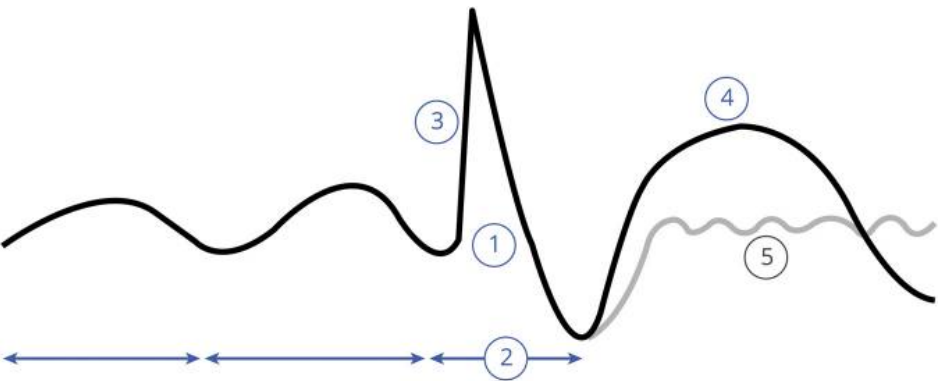
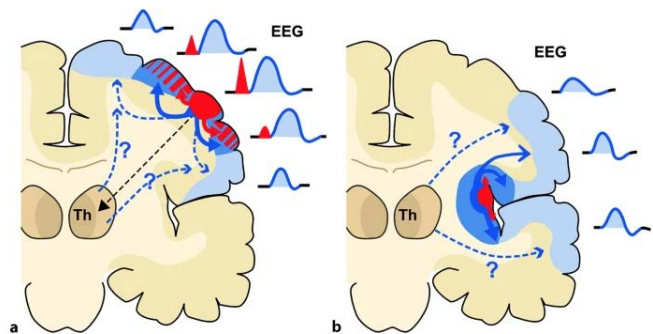
Ian W. Mothersill, Margarethe Cenus, Julia Bothman, Handan Kronauer, Peter Hilfiker, Thomas Grunwald

Swiss Epilepsy Centre, Zurich, Switzerland

- Monozentrische Studie (Mothersill 2012): Langzeit-EEG wies bei einer *vordiagnostizierten* einer Epilepsie (a posteriori) eine Sensitivität von 98% auf.
- Andere Studien (Renzel et al 2020) finden eine geringere Sensitivität um 60-70%
- Insgesamt können so an spezialisierten Zentren 80-90% der Patienten früh und korrekt diagnostiziert werden




# Vom „Epi-Phänomen“ zum Biomarker: Kural und Beniczky 2020



		Sensitivity (95%CI)	Specificity (95%CI)	Accuracy (95%CI)	Agreement coefficient AC1 (95% CI)
Subjective expert scoring		91.43% (76.94– 98.20%)	85.71% (69.74– 95.19%)	88.57% (78.72– 94.93%)	0.68 (0.54–0.80)
Combinations of IFCN criteria	1–2– 4–6	74.29% (56.74– 87.51%)	97.14% (85.08– 99.93%)	85.71% (75.29– 92.93%)	0.73 (0.61–0.85)
	1–2– 4	74.29% (56.74– 87.51%)	97.14% (85.08– 99.93%)	85.71% (75.29– 92.93%)	0.76 (0.64–0.87)
	1–4– 6	88.57% (73.26– 96.80%)	97.14% (85.08– 99.93%)	92.86% (84.11– 97.64%)	0.66 (0.52–0.79)

- (1) Bi- oder triphasische spitze Welle;
- (2) Dauer der spitzen Welle hebt sich von Grundaktivität ab;
- (3) asymmetrische Konfiguration der spitzen Welle mit steilem Anstieg und langsamer absteigendem Schenkel (kann auch umgekehrt sein);
- (4) anschließende langsame Nachschwankung;
- (5) die Hintergrundaktivität wird von der interiktualen epilepsietypischen Aktivität unterbrochen.
- (6) Die Verteilung der negativen und positiven Potenziale auf der Kopfhaut lässt auf eine Signalquelle im Gehirn schließen





NATIONAL INSTITUTES  
OF HEALTH

## NIH Public Access

### Author Manuscript

*Curr Opin HIV AIDS*. Author manuscript; available in PMC 2011 November 1.

Published in final edited form as:  
*Curr Opin HIV AIDS*. 2010 November ; 5(6): 463–466. doi:10.1097/COH.0b013e32833ed177.

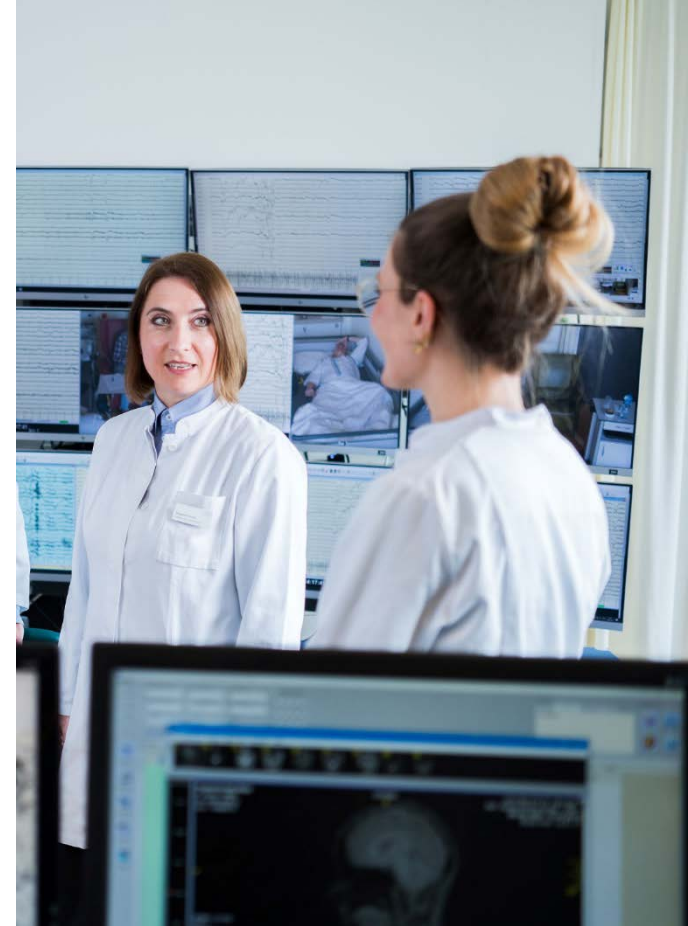
### What are Biomarkers?

**Kyle Strimbu and Jorge A. Tavel, M.D.**  
Division of Clinical Research, National Institute of Allergy and Infectious Diseases National  
Institutes of Health, Bethesda, MD

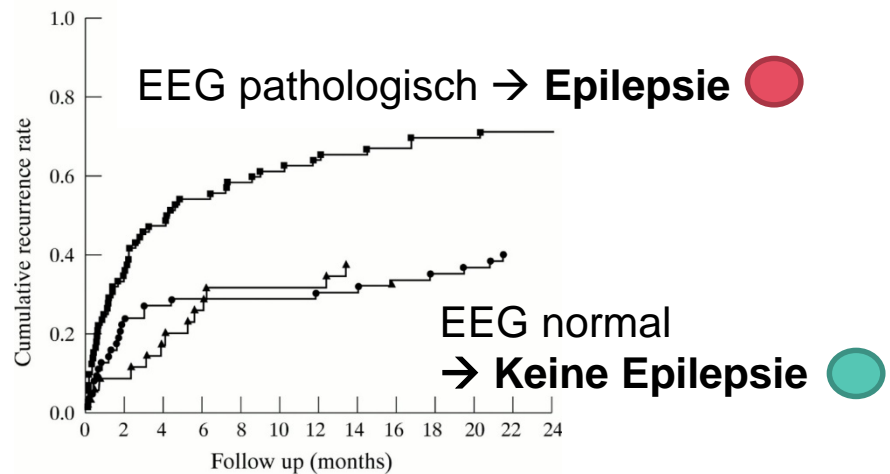
“The term “biomarker”, a portmanteau of “biological marker”, refers to a broad subcategory of medical signs – that is, **objective** indications of medical state observed from outside the patient – which can be **measured accurately** and **reproducibly**.”

“All (...) types of (**personalized**) biomarkers have a clinical role in narrowing or guiding treatment decisions and follow a sub-categorization of being either **predictive, prognostic, or diagnostic**.”

# KI in der EEG-Diagnostik



# Epilepsie-Diagnostik: Grosse Datenmengen, viele Fragen



4 571

EEG-Untersuchungen  
in 2023

68 626

Stunden EEG-Auf-  
zeichnungen in 2023

## EEG-Diagnostik

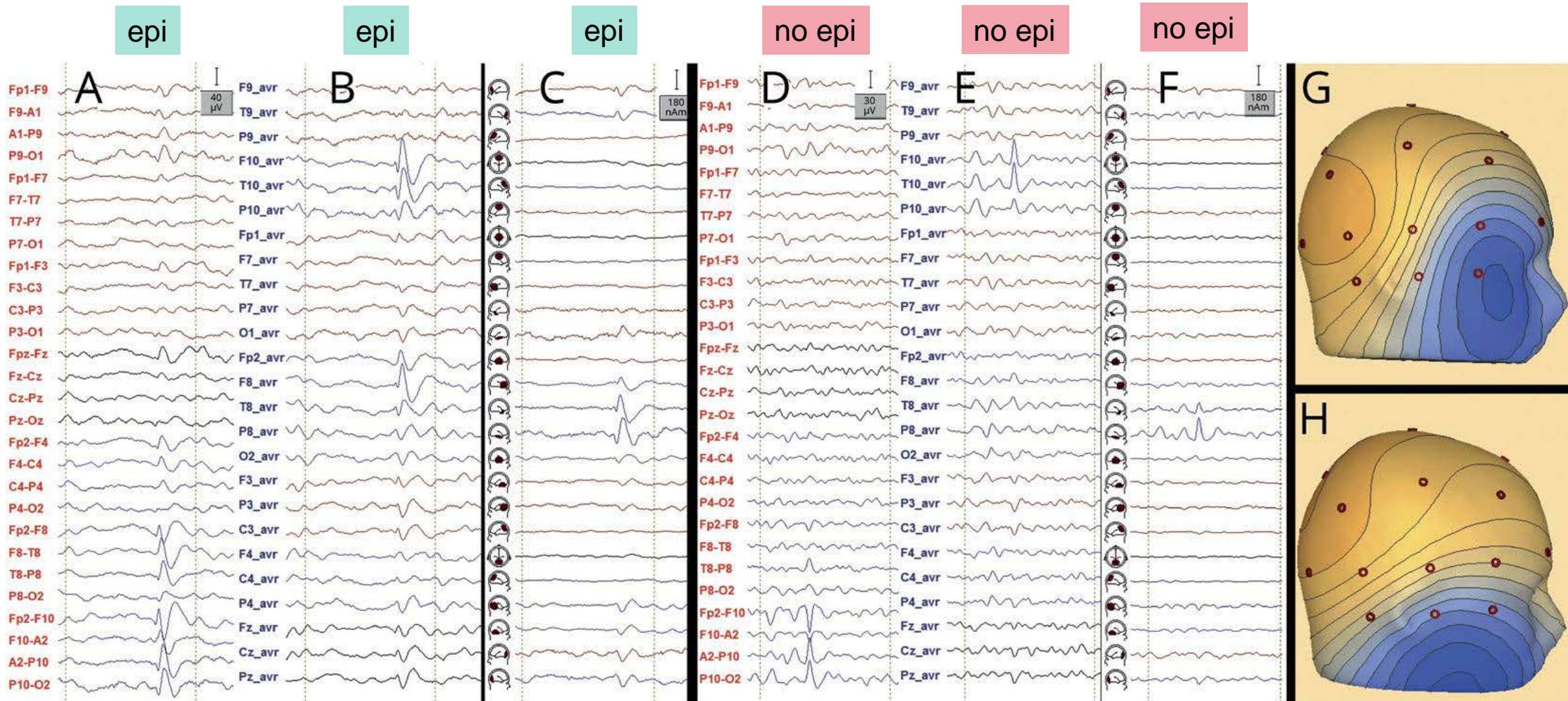
	2023	2022
Standard-EEG	3 193	3 295
Intensivmonitoring	442	441
Intensivmonitoring mit implantierten Elektroden	6	6
Nachtableitungen	407	361
Vigilanztests (MSLT/MWT)	24	22
Radio-Telemetrie	50	54
Orthostase-EEG	24	26
Wada-Test	8	2
Mobiles Langzeit-EEG	408	399
Intraoperative Elektrokortikographie	7	5
<b>Total</b>		
<b>EEG-Untersuchungen</b>	<b>4 571</b>	<b>4 611</b>

## Fragestellungen ans EEG:

- Liegt eine Epilepsie vor?
- Wo ist der epileptische Fokus?
- Was ist die optimale Therapie?
- Besteht Fahreignung?
- Kann ein epilepsie-chirurgischer Eingriff durchgeführt werden?



# Klinische Fragestellungen: EEG Diagnostik

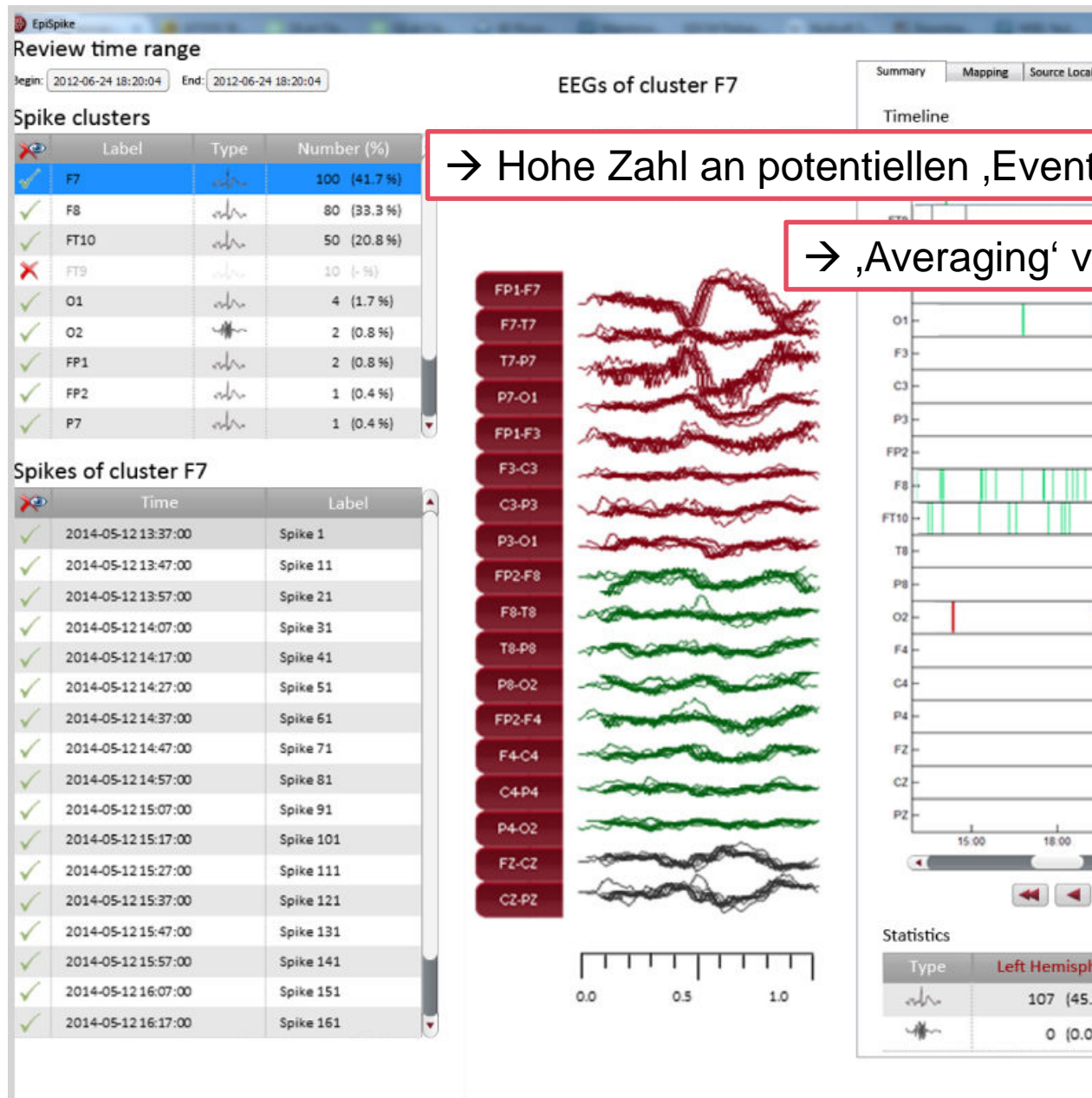


[Jehi, Epilepsy Curr, 2018]

[Tamila et al, Front Neurol 2017] [Kural et al, Neurology 2020]



# KI in der EEG Diagnostik

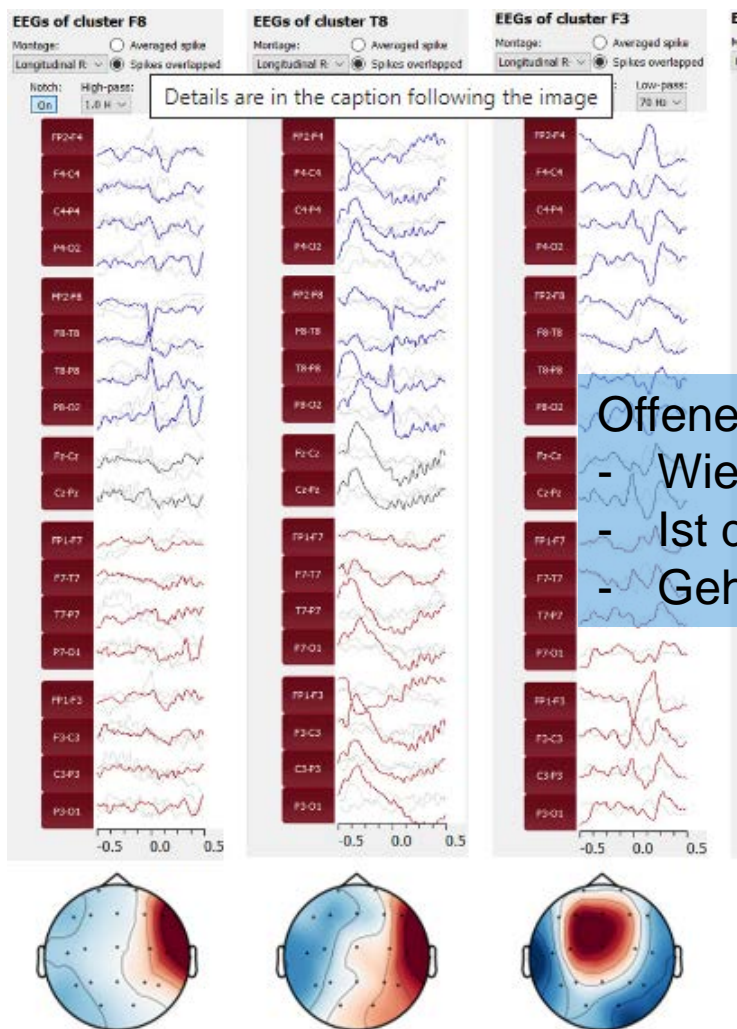


→ Hohe Zahl an potentiellen ,Events‘

→ ,Averaging‘ von hunderten von Potentialen

→ Spike Clustering: wo sind die Veränderungen am Häufigsten?

# Validierung: Sensitivität und Spezifität

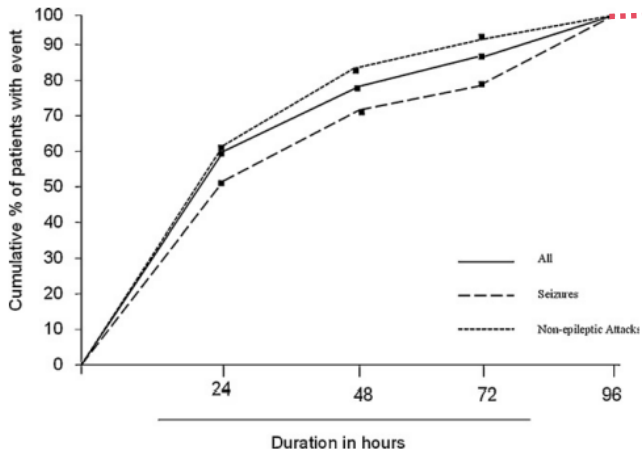


Offene Fragen:

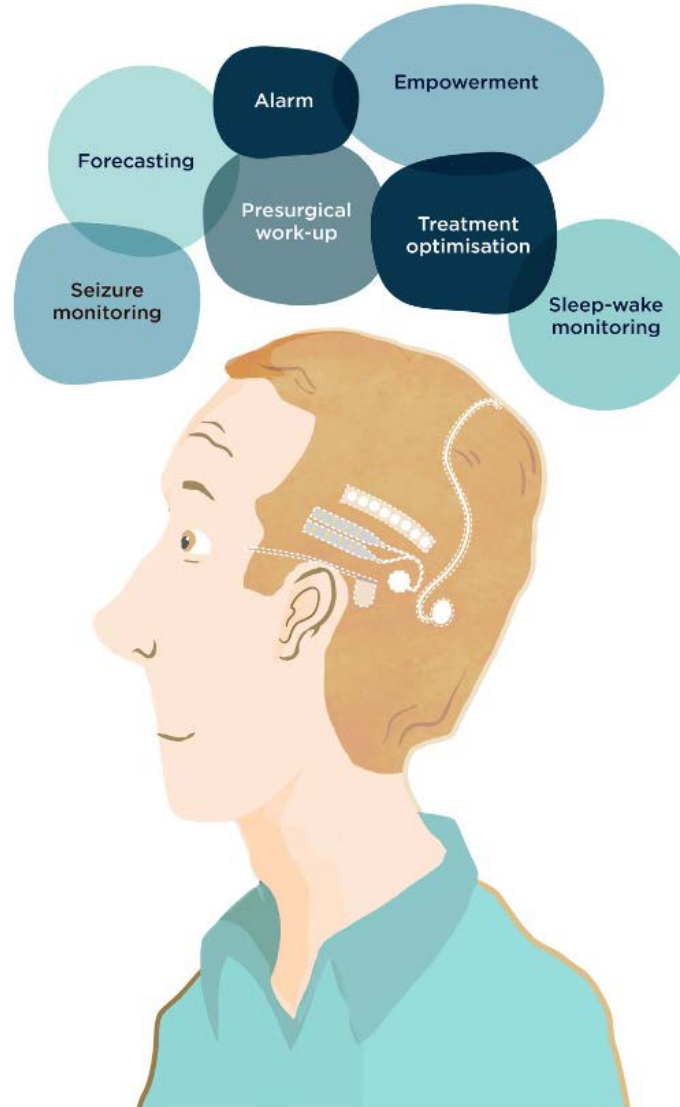
- Wie gross ist die Zeitersparnis
- Ist die schlechtere Spezifität akzeptabel?
- Geht längerfristig Expertise verloren?

	Sensitivity (95% CI)	Specificity (95% CI)	Accuracy (95% CI)
Conventional visual assessment	93.33% (77.93–99.18)	73.33% (55.11–87.72)	83.33% (71.48–91.70)
Fully automated			
Encevis	96.67% (82.78–99.92)	16.67% (5.64–34.72)	56.67% (43.24–69.41)
SpikeNet	66.67% (47.19–82.71)	63.33% (43.86–80.07)	65.00% (51.60–76.87)
Persyst	100.00% (88.43–100.00)	3.33% (0.08–17.22)	51.67% (38.39–64.77)
Hybrid approach			
Encevis	93.33% (77.93–99.18)	93.33% (77.93–99.18)	93.33% (77.93–99.18)
SpikeNet	56.67% (37.43–74.54)	96.67% (82.78–99.92)	76.67% (63.96–86.62)
Persyst	76.67% (57.72–90.07)	96.67% (82.78–99.92)	86.67% (75.41–94.06)

# Implantierbare EEG zur Langzeit Messung



**Fig. 1.** The latency to recording events (in the 167 of 324 patients who had events). Data expressed as percentages of patients who had any event (black line), seizures (blue line) or non epileptic attacks (red line) against time in hours from onset of recording.



- Rationale und aktuelle klinische Herausforderungen
- Einsatz im Therapiemonitoring
- Diagnostische Implikationen

[Dunn-Henriksen et al, Epilepsia 2020]



# Verfügbare Geräte

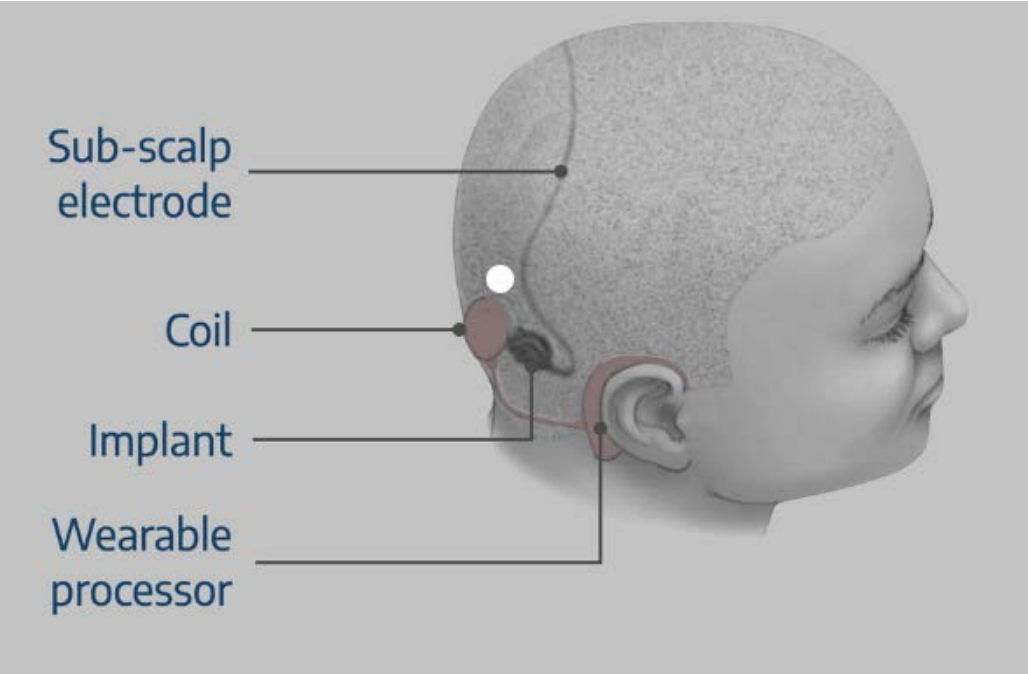
Device	Channels/montage	Recording modalities	EEG sampling rate	Battery	Wearable companion	Continuous raw data available	Status
CE-approved devices							
24/7 EEG SubQ	2 channels/unilateral	EEG + 3 axis accelerometry	207 Hz	External/24 h rechargeable	Yes	Yes	CE-marked by April 2019
Devices in validation phase							
Minder	2 channels/bilateral	EEG	<sup>a</sup>	External/24 h rechargeable	Yes	Yes	Clinical trial is ongoing
EASEE	4 channel/unilateral Laplacian	EEG	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	Yes	<sup>a</sup>	Clinical trial is ongoing
Epios	7 channels/temporal OR 14 channels/bitemporal OR 28 channels/full montage	EEG + ECG + audio + 3 axis accelerometer	250 Hz	External/24 h rechargeable	Yes	Yes	Clinical trial to start in 2020
Neuroview Technology	1 or 2 channels/unilateral	EEG + 3 axis accelerometry	256	Internal/1 y	No	No; only relevant epochs	Clinical trial to start in 2020
UltimateEEG	Up to 8 channels/unilateral	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	<sup>a</sup>	Clinical trial to start in 2020

[Stirling et al., Frontiers in Neurology, 2021]

[Dunn-Henriksen et al, Epilepsia 2020]



[Bildquelle: SubQ/EEG]



# Monitoring der Anfallsfrequenz: State of the Art: Anfallskalender

Table 2. Documentation Quality: Seizure Level

Type of Seizure	Total No. of Seizures (Video-EEG)	No. (%) Undocumented by Patient	SFPM <sup>a</sup>		P Value <sup>b</sup>
			Video-EEG	Patient	
Total	582	323 (55.5)	Total: 55%	7.1	<.001
Awake state	328	105 (32.0)		8.0	<.001
Sleep	254	218 (85.8)	77.4	0	<.05
SPS	187	49 (26.2)	SPS: 49%	4.2	<.001
Awake state	150	17 (11.3)		6.7	<.01
Sleep	37	32 (86.5)	19.9	0	<.01
CPS	347	254 (73.2)	CPS: 73%	0	<.001
Awake state	150	79 (52.7)		6.5	<.001
Sleep	197	175 (88.8)	10.0	0	<.001
sGTCS	48	20 (41.7)	GTCS: 42%	6.3	<.01
Awake state	28	9 (32.1)		6.2	<.01
Sleep	20	11 (55.0)		4.0	<.05

[Hoppe et al, Arch Neurol 2009]

[Elger et al., Lancet Neurology 2018]

## Diagnostic challenges in epilepsy: seizure under-reporting and seizure detection

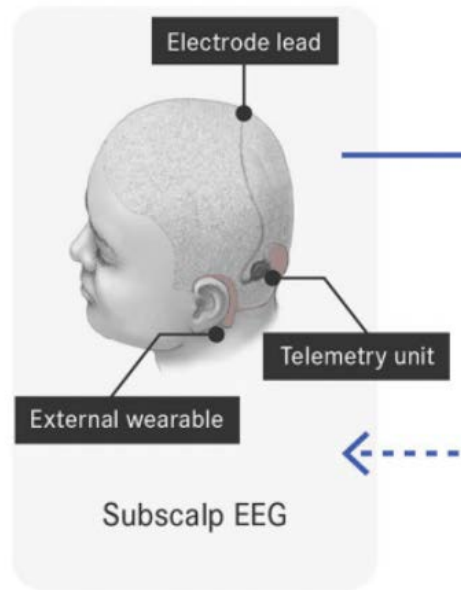
Christian E Elger, Christian Hoppe

Epileptic seizures vary greatly in clinical phenomenology and can markedly affect the patient's quality of life. As therapeutic interventions focus on reduction or elimination of seizures, the accurate documentation of seizure occurrence is essential. However, patient self-evaluation compared with objective evaluation by video-electroencephalography (EEG) monitoring or long-term ambulatory EEG revealed that patients document fewer than 50% of their seizures, on average, and that documentation accuracy varies significantly over time. For good clinical practice in epilepsy, novel and feasible seizure detection techniques for ambulatory long-term use are needed. Generalised tonic-clonic seizures can already be detected reliably by methods that rely on motion recording (eg, surface electromyography). However, the automatic detection of other seizure types, such as complex partial seizures, will require multimodal approaches that combine the measurement of ictal autonomic alterations (eg, heart rate) and of characteristic movement patterns (eg, accelerometry). Innovative and feasible tools for automatic seizure detection are likely to advance both monitoring of the outcome of a treatment in a patient and clinical research in epilepsy.

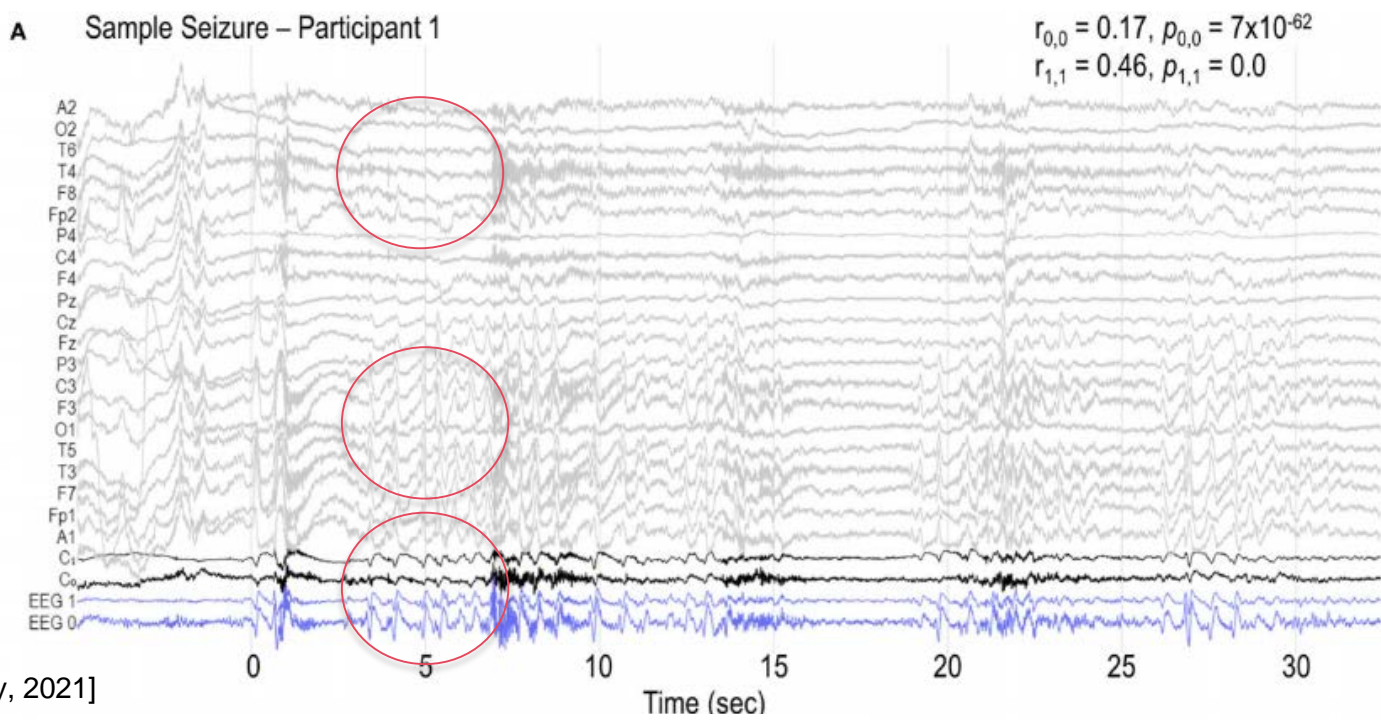




# Können Anfälle detektiert werden?



[Stirling et al., Frontiers in Neurology, 2021]

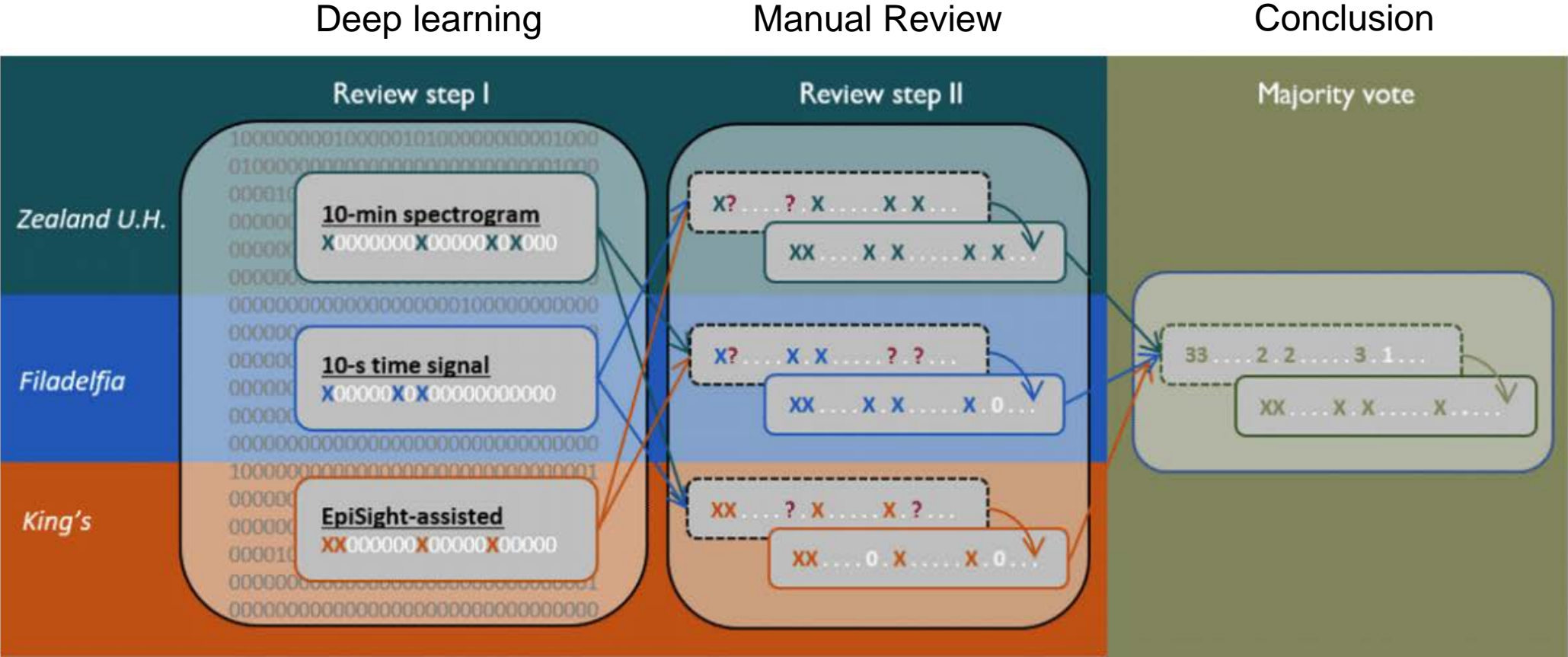


**TABLE 2 |** Clinically relevant EEG events during the two 7-day EEG sessions.

Participant	Interictal EA discharges	Seizures	Patient reported seizures (confirmed events)
1	S1: 1476	S1: 27	S1: 7 (6)
	S2: 5981	S2: 17	S2: 1 (1)
2*	S1: 245	S1: 3	S1: 6 (0)
	S2: 52	S2: 0	S2: 0
4	S1: 179	S1: 3	S1: 4 (3)
	S2: 52	S2: 0	S2: 0
5	S1: 519	S1: 0	S1: 3 (0)
	S2: 110	S2: 0	S2: 0
6	S1: 5783	S1: 5	S1: 1 (0)
	S2: 2084	S2: 0	S2: 0

Bei guter Lokalisation:  
hohe Sensitivität

# Sensitivität und Spezifität: Frage der Auswertung



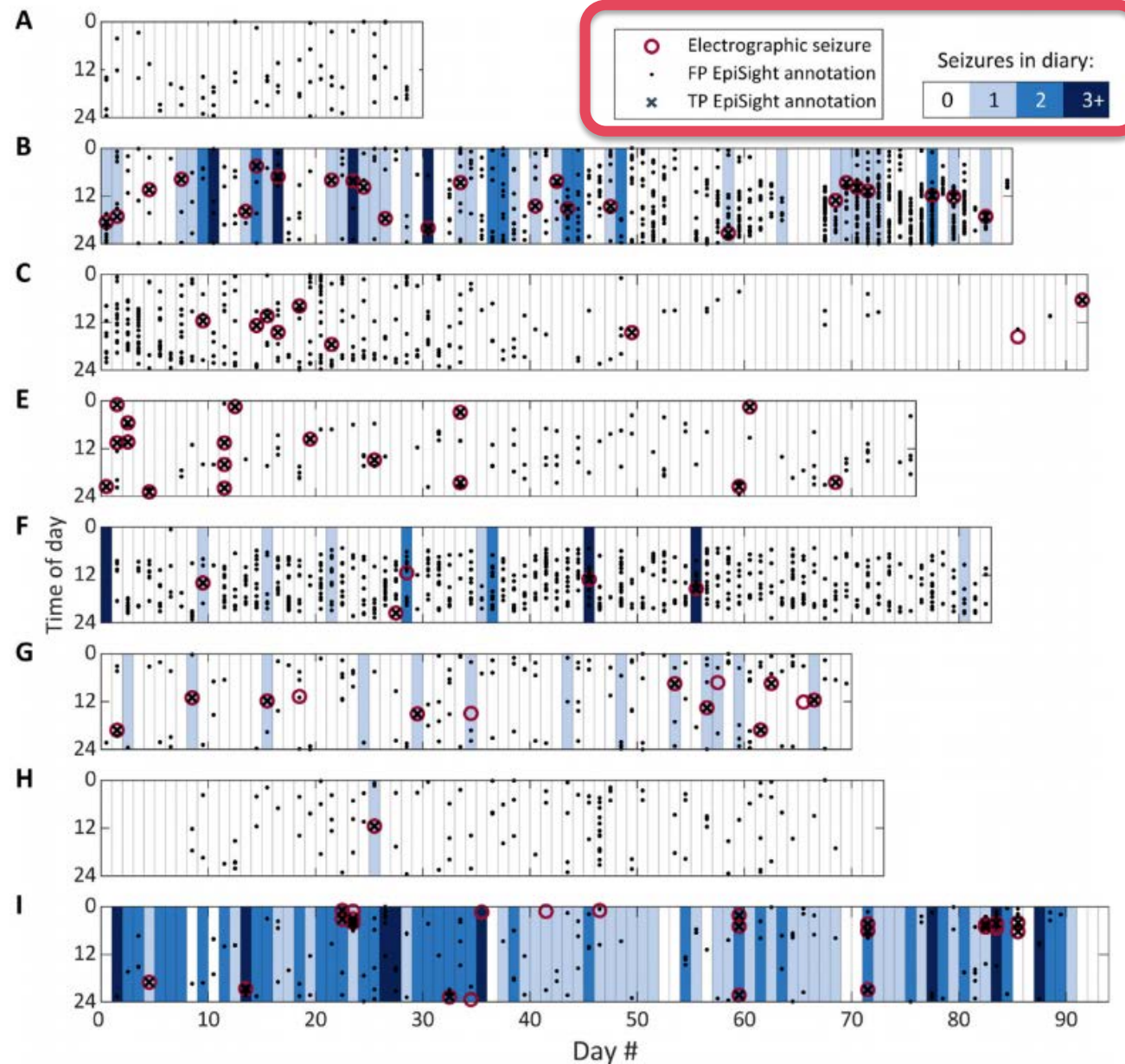
Rohdaten:  
Wochen bis Monate

Events:  
2-10/ Tag

Anfallsmuster:  
2-10/ Monat

[Remvig et al, Clin Neurophysiology 2022]

# Sensitivität und Spezifität: Resultate



Viele subjektiv nicht bemerkte Anfallsmuster

Sehr hohe Anzahl falsch positiver Events

Gute Korrelation zum Anfallskalender

Sehr schlechte Korrelation zum Anfallskalender





# Schlaf und zikardiane Rhythmen

## Anfallskalender

### Empfehlungen für Menschen mit Epilepsie:

1. Lückenlose Medikamenteneinnahme. 2. Arztkontrolle wie vereinbart. 3. Vermeiden anfallsfördernder Umstände. 4. Einnahme zusätzlicher Medikamente (z.B. Antibiotika, Antibabypille) mit Spezialisten klären.

ANUAR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
06-10																																
10-14																																
14-18																																
18-22																																
22-06																																
TOTAL																																
Besonderes:																																

FEBRUAR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
06-10																																
10-14																																
14-18																																
18-22																																
22-06																																
TOTAL																																
Besonderes:																																

MÄRZ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
06-10																																
10-14																																
14-18																																
18-22																																
22-06																																
TOTAL																																
Besonderes:																																

APRIL

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
06-10																																
10-14																																
14-18																																
18-22																																
22-06																																
TOTAL																																
Besonderes:																																

MAI

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
06-10																																
10-14																																
14-18																																
18-22																																
22-06																																
TOTAL																																
Besonderes:																																

- × Patient
- × Angehörige

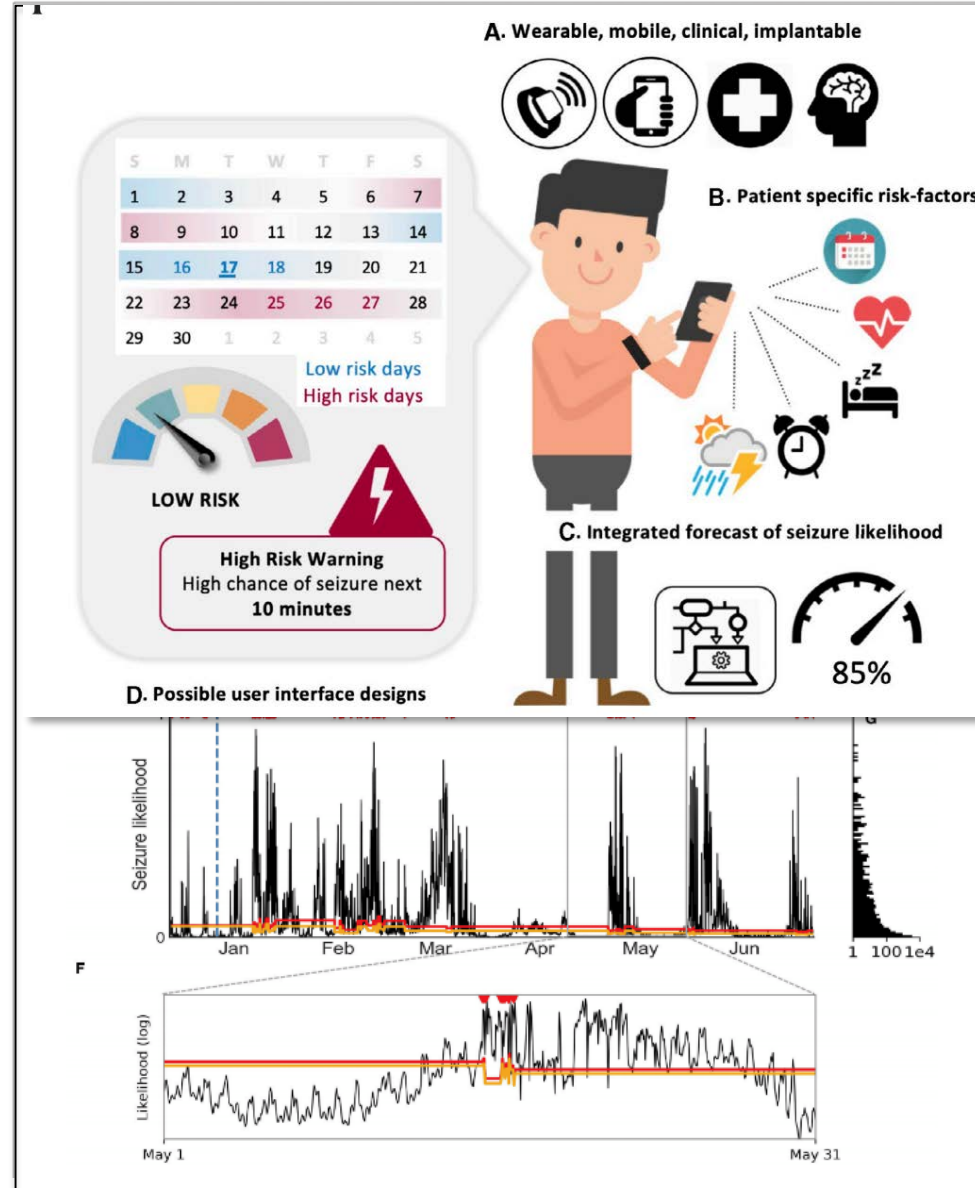
## Klinische Vignette

- 18-jährig, in Ausbildung
- hohe Anfallsfrequenz
- Statusneigung
- Anfälle mit Sättigungsabfall
- Dazwischen anfallsfreie Phasen
- Hoher Leidensdruck
- Berufswahl...?

Epilepsie-Liga · Seefeldstrasse 84 · CH-8008 Zürich · Tel. 043 488 67 77 · PC 80-5415-8 · info@epi.ch · www.epi.ch

Zeichenerklärung siehe Seite 2

# Anfallsvorhersage (2): *multidien rhythms*



Klinische Anfälle und  
automatische Detektion  
korrelieren im Langzeitverlauf

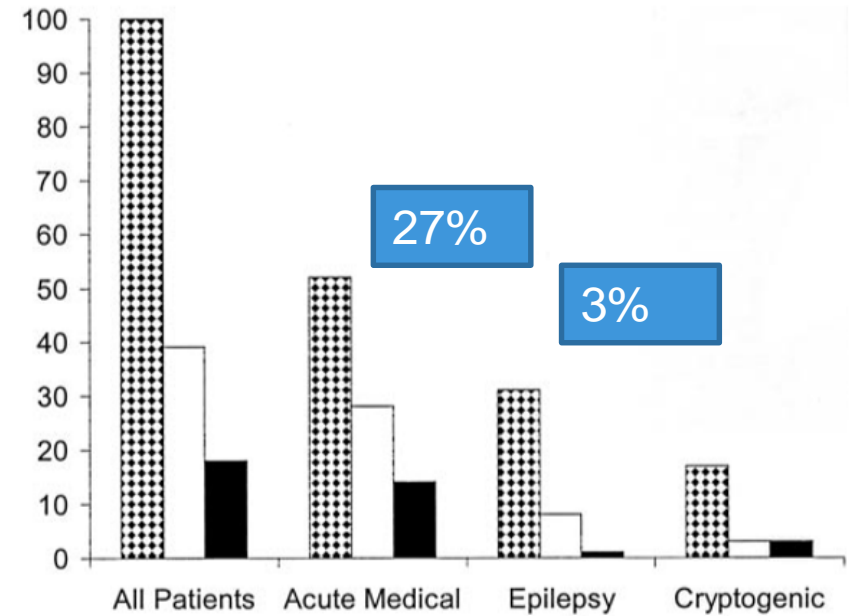
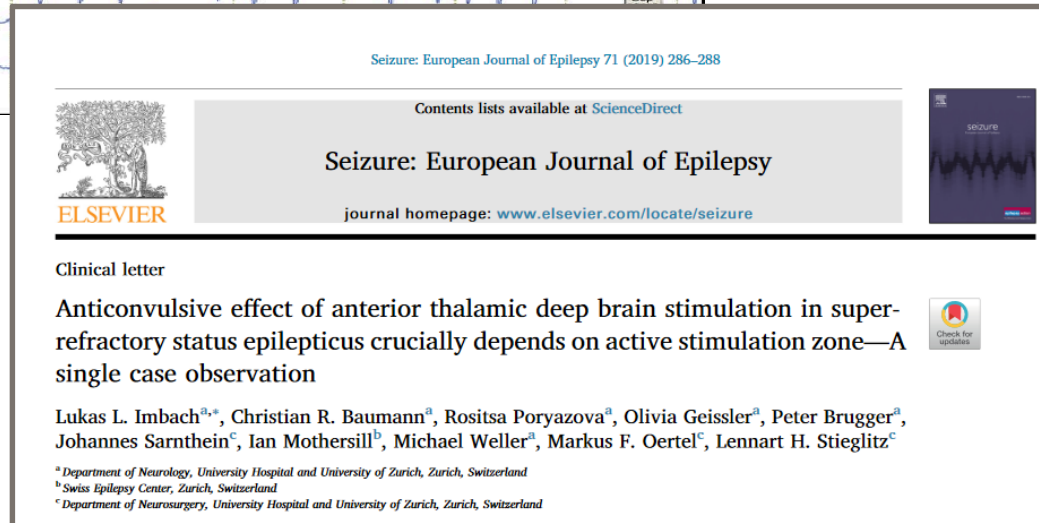
Anfallsmuster zeigen eine  
zeitliche Periodizität

Die Periodizität der  
Anfallswahrscheinlichkeit kann  
in einem Modell vorhergesagt  
werden.

Das vorhergesagte  
Anfallsrisiko steigt **vor** dem  
klinischen Anfallscluster an.



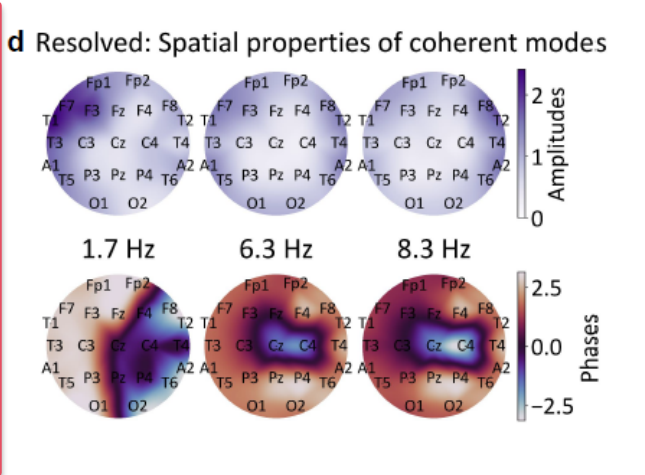
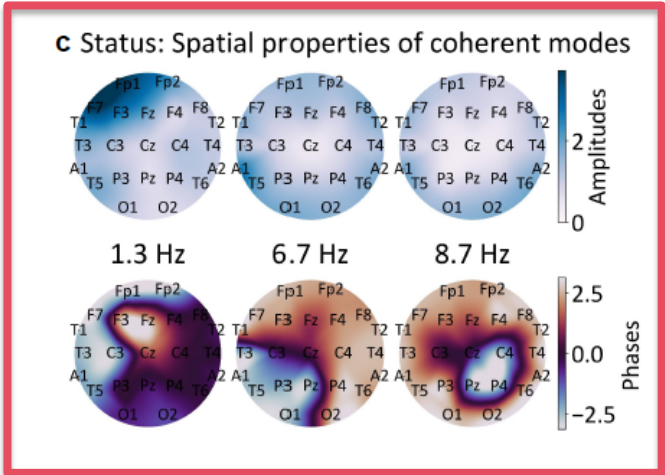
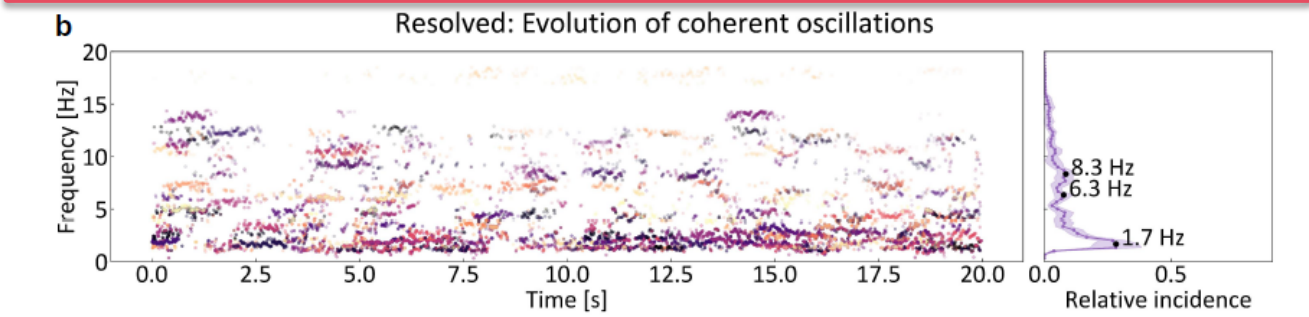
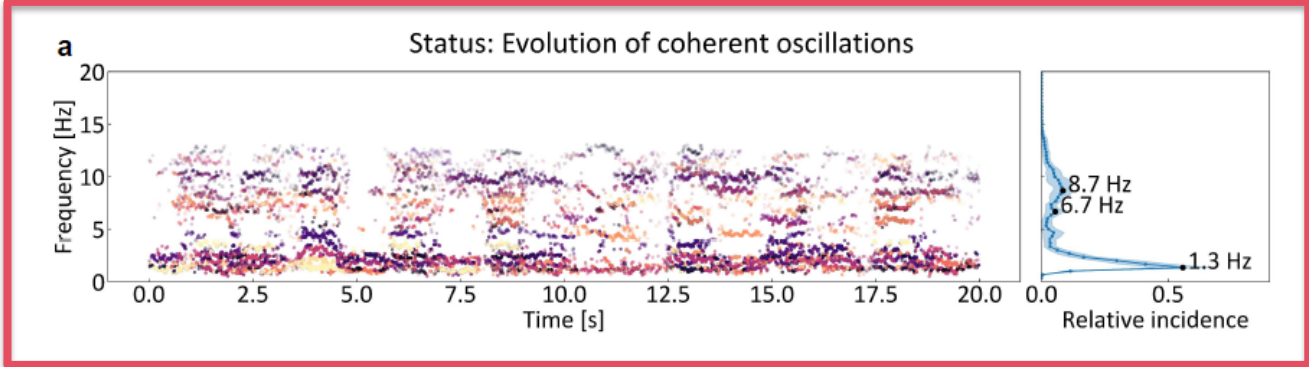
# EEG-Modellierung: Status epilepticus



[Shneker et al, Neurology 2003]

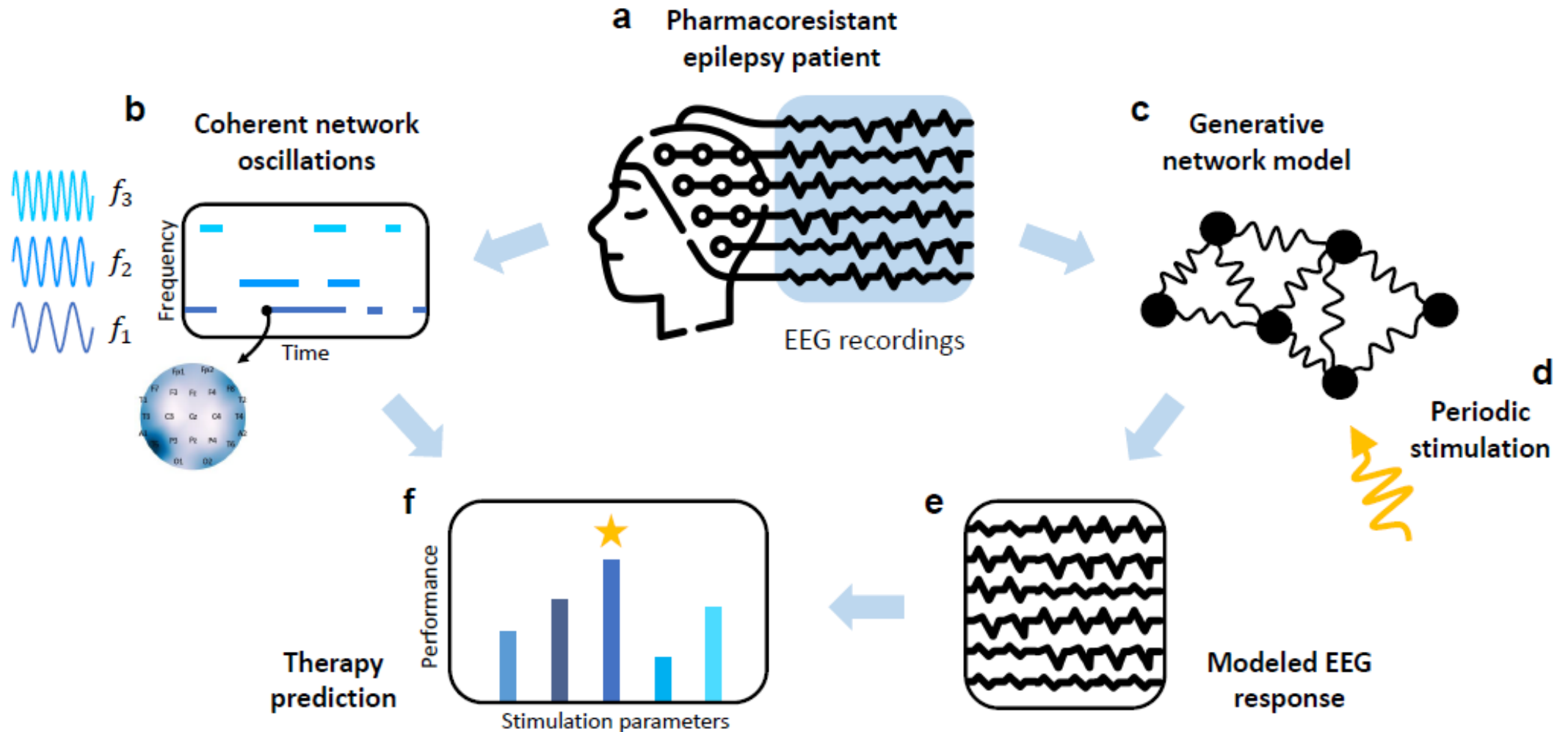
[Leitlinger et al, Epilepsy and Beh 2015]

# EEG-Modellierung: Status epilepticus



# EEG driven networks model to *test* stimulation effects

Personalized EEG-driven modeling of epileptic network dynamics and their modulation





# Alpha-activity and -attenuation

Alpha decrease/blockade

Hans Berger's 14-year-old daughter Ilse calculating (196÷7).

Alpha Increase

**Painful Stimulus**

Neurophysiologie Clinique  
Volume 51, Issue 3, June 2021, Pages 209-218

Original article

EEG changes reflecting pain: is alpha suppression better than gamma

Brain Research Reviews 29 (1999) 169–195

Full-length review

Comparative Study > Arch Ital Biol. 1993 Jan;131(1):25-35.

**EEG-blocking before and during voluntary movements: differences between the eyes-closed and the eyes-open condition**

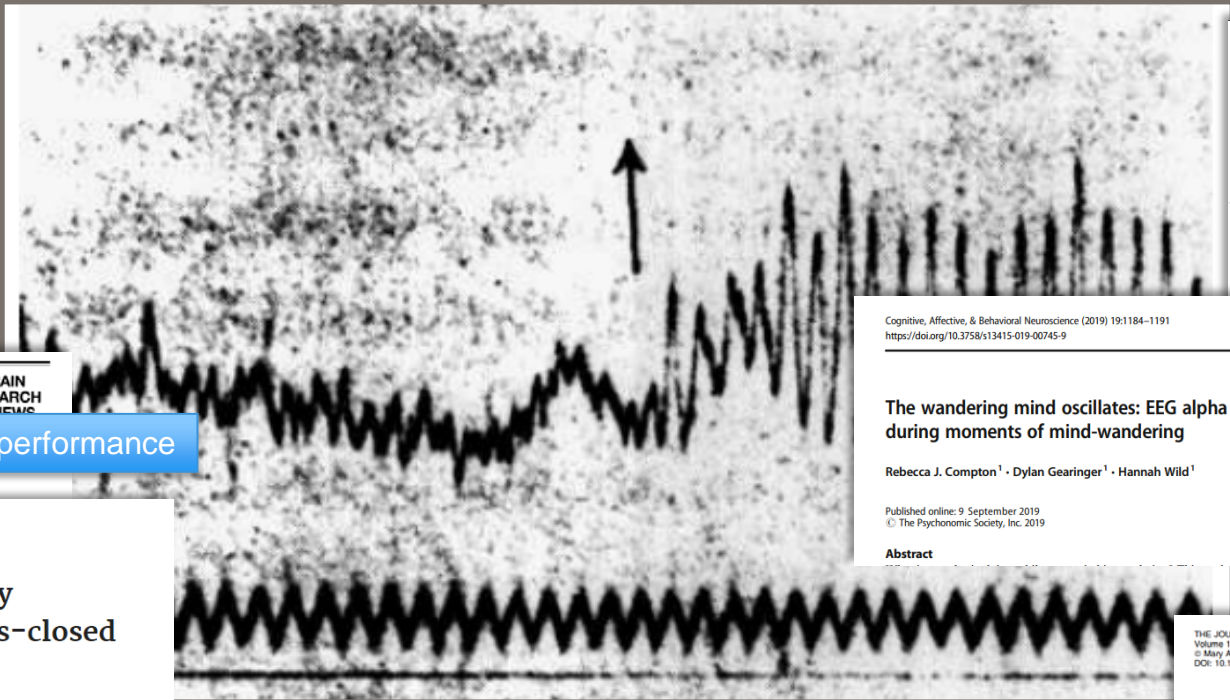
K P Westphal <sup>1</sup>, B Grözinger, V Diekmann, H H Kornhuber

Affiliations + expand

PMID: 8481083

**Cognitive performance**

**Voluntary Movement**



[Niedermeyer, 1997]

Clinical Neurophysiology  
Volume 126, Issue 3, March 2015, Pages e35-e36

18. The occurrence of alpha activity during cyclical repetitive movement

D.L. Pánek <sup>a</sup>, L. Kovářová <sup>b</sup>, D. Pavlů <sup>a</sup>, V. Krajčů <sup>a</sup>, E. Pospíšilová <sup>a</sup>

**Qi Gong Movements**

**Mind Wandering**

**Meditation**

Increased Theta and Alpha EEG Activity During Nondirective Meditation

Jim Lagopoulos, Ph.D., F.A.I.N.M.,<sup>1,2,3</sup> Jian Xu, M.D.,<sup>4</sup> Inge Rasmussen, M.D.,<sup>4</sup> Alexandra Vik, M.Sc.,<sup>4</sup> Gin S. Mahi, M.D.,<sup>1,2,3</sup> Carl F. Elissen, M.Sc.,<sup>1,2,3</sup> Ingrid E. Arntsen, M.Sc.,<sup>5</sup> Jørdar G. Sæther, M.Sc.,<sup>5</sup> Stig Holup, Ph.D.,<sup>6</sup> Are Holen, M.D.,<sup>4</sup> Svend Davanger, M.D.,<sup>7</sup> and Øyvind Ellingsen, M.D.<sup>4</sup>

# Alpha rhythm: a potential EEG biomarker of dissociative seizures

## ALPHA RHYTHM : A POTENTIAL EEG BIOMARKER OF DISSOCIATIVE SEIZURES

TENA DUBCEK, MERET KÜNZLER, MATTHIAS SCHMUTZ, IAN W. MOTHERSILL,  
LUKAS IMBACH, AND DEBORA LEDERGERBER

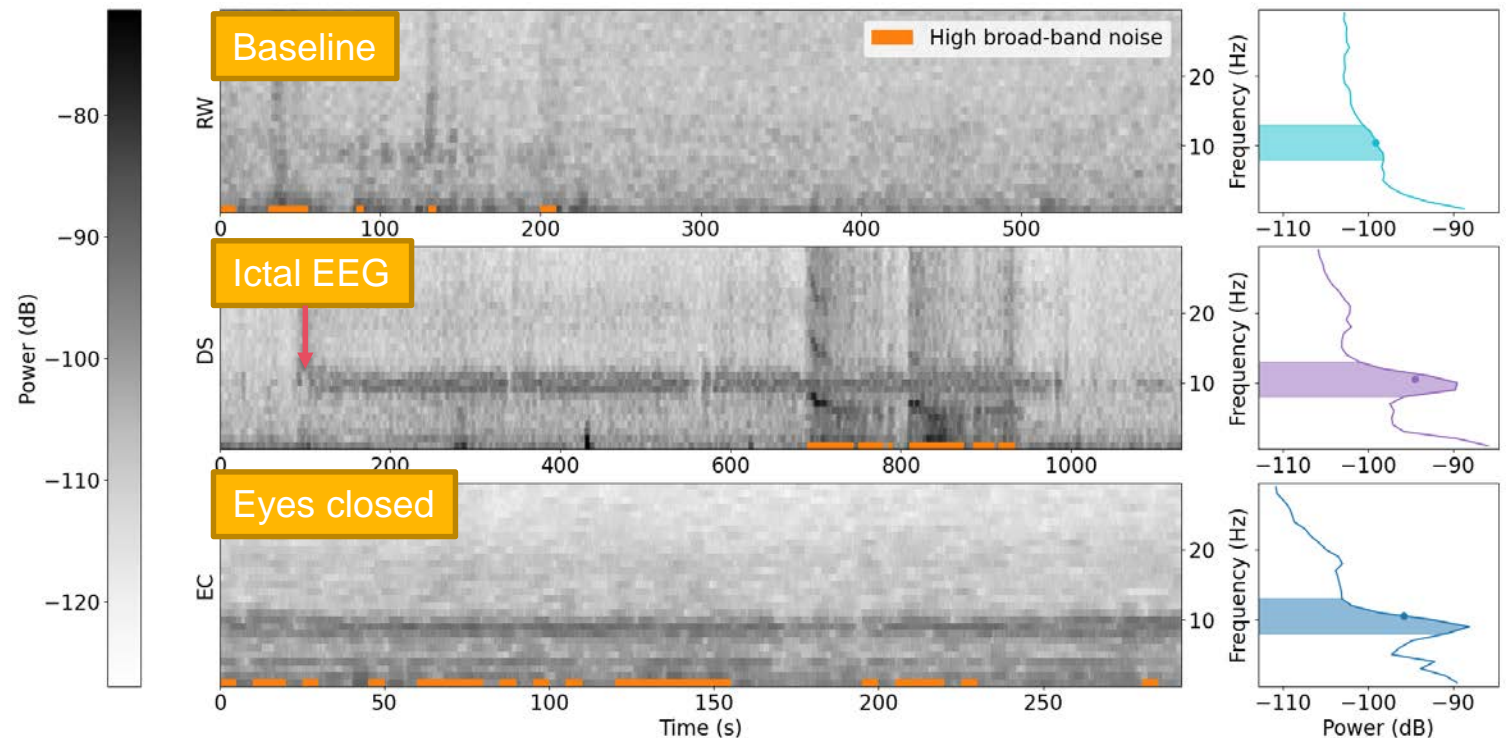
**Cohort:** 56 patients diagnosed with DS in the Swiss Epilepsy Center

**States:** Comparison of 3 types of EEG recordings for each patient:

- RW: Relaxed Wakefulness (with movements)
- DS: Dissociative Seizure
- EC: Eyes Closed

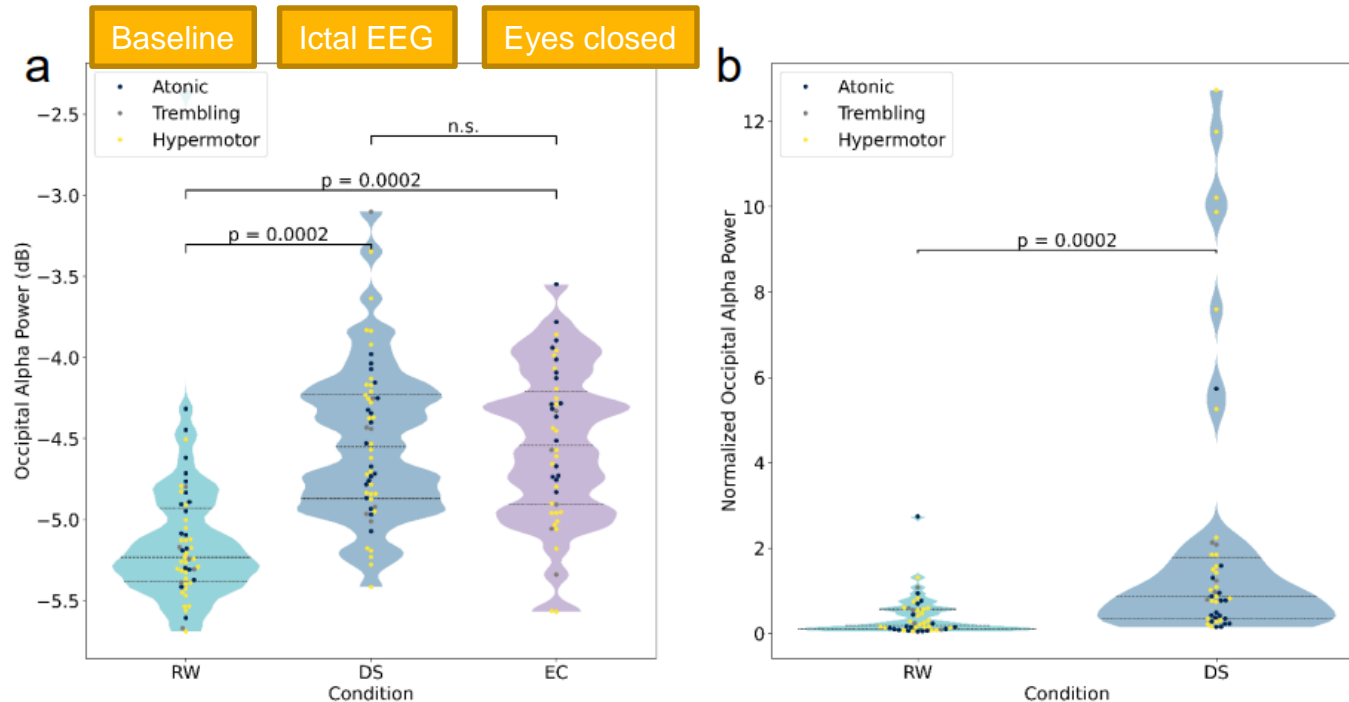
### Ictal EEG Analysis

- Spectral Analysis with artifact rejection in 5s epochs.
- Filtering and epoching: All recordings were high-pass filtered at 1 Hz epoched to 5 s long epochs.
- Broad-band noise: Epochs with significant broad-band noise were excluded via a data-driven algorithm, based on k-means clustering ( $k=2$ ) of the total 0-30 Hz power of each epoch.
- Statistical analysis: The p-values for individual connectivity matrices were obtained by permutation testing ( $n=200$ ), i.e. by randomly and channel-independently permuting the epochs to evaluate the null distribution.

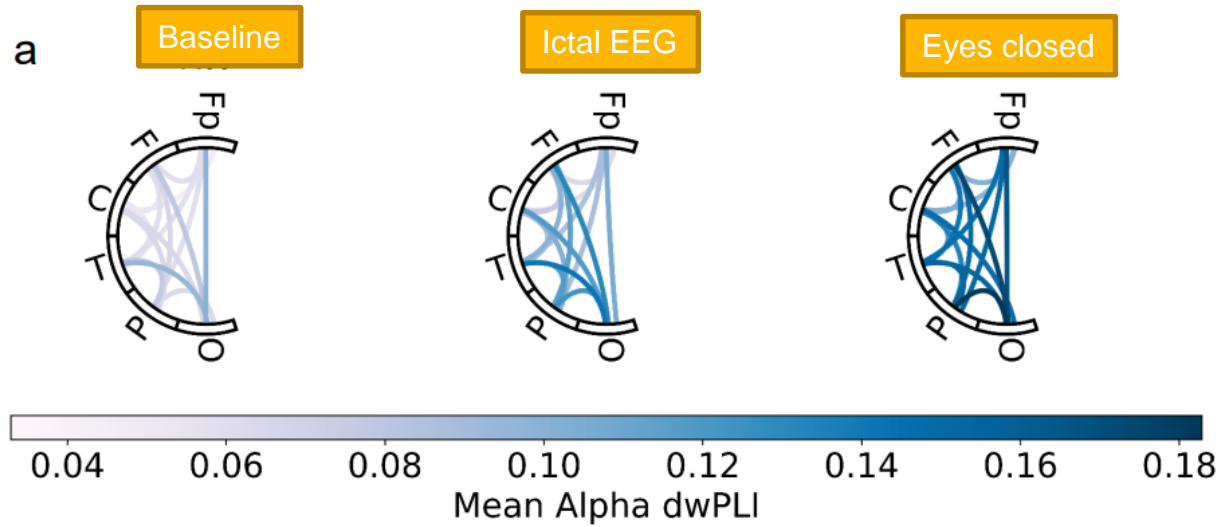


[Dubcek et al., in prep]

# „Bergers‘ Alpha Rhythmus als Biomarker für Dissoziative Anfälle

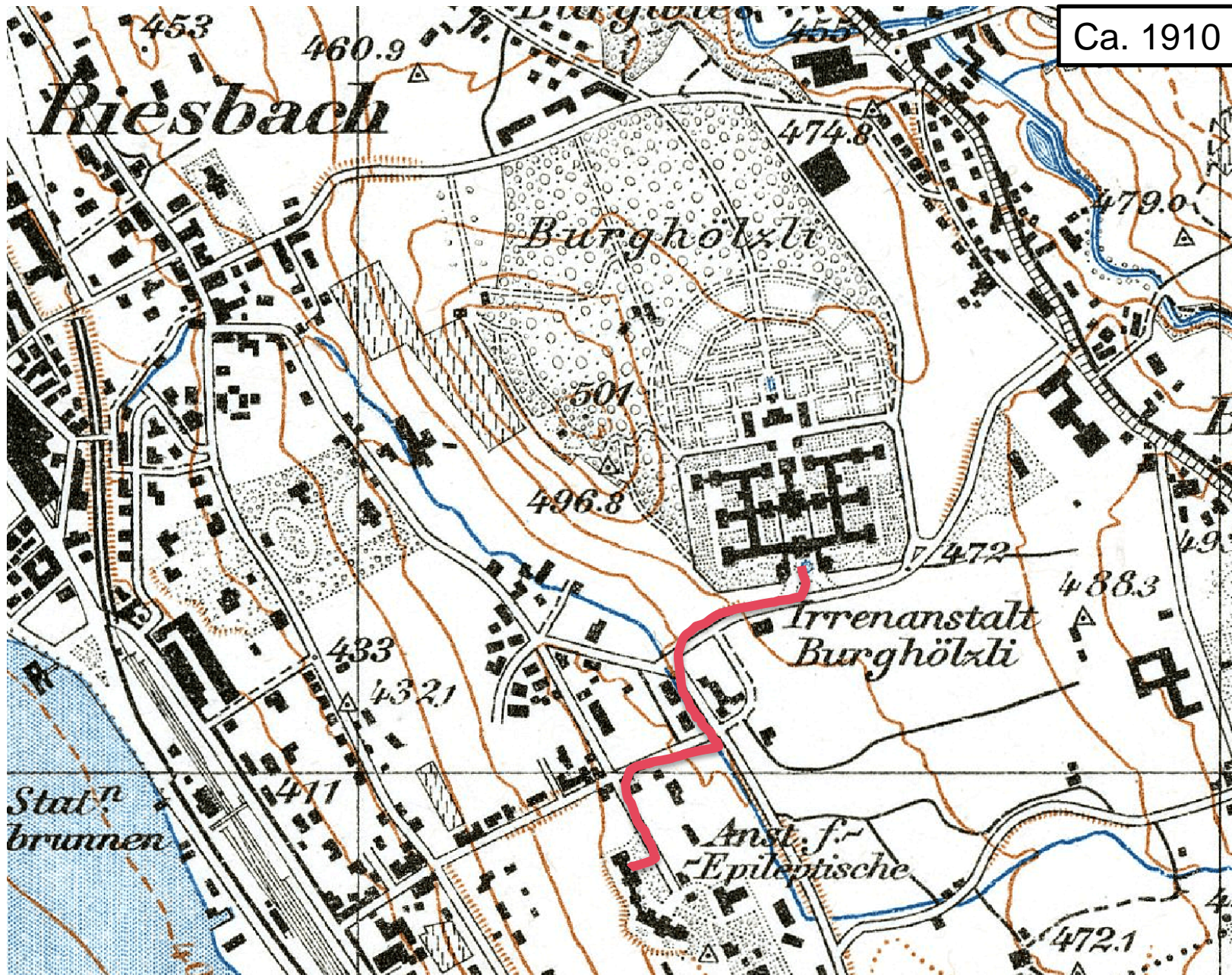


- Alpha EEG als möglicher positiver EEG-Biomarker für Dissoziation.
- Die Befunde sind robust in Bezug auf die Semiologie der dissoziativen Anfälle.
- Es sind prospektive Validierungsstudien erforderlich, um die diagnostische Genauigkeit und Zuverlässigkeit dieses neuen Biomarkers zu bestätigen.



[Dubcek et al., in prep]





Ca. 1910

Ethik-Tagung der  
Schweizerischen Epilepsie-  
Stiftung, „Herausforderungen  
und Chancen von digitalen  
Biomarkern und KI für  
Menschen mit Behinderungen“  
Donnerstag, 24. Oktober 2024  
von 13.30 bis 17.00 Uhr  
[www.swissepi.ch/ethik-tagung](http://www.swissepi.ch/ethik-tagung)

„Epilepsy Research  
Symposium“  
Freitag, 22. November 2024 von  
14.00 bis 18.00 Uhr  
<https://kliniklengg.ch/news/epilepsy-research-symposium>