

Lenken per Gedanken?

Autor und Referent:
Dipl.-Biol. **Mario Rembold**
(Wissenschaftsjournalist)

Kontakt Daten und weitere Infos:
www.mariorembold.de

Deutscher Remarketing Kongress
26. Februar 2019 in Würzburg
Skript zum Vortrag

© 2019 Mario Rembold

Lenken per Gedanken?

Angenommen Ihr Auto weiß genau, wo Sie langfahren möchten. Das Radio schaltet automatisch einen Sender ein mit der Musik, die Sie in diesem Moment gerade mögen. Wie von selber verstellt sich der Sitz in eine bequemere Position, als sich Ihre Schultern verspannen. Sie lenken, doch das Auto weiß schon vorher, was Sie vorhaben. Es unterstützt Ihre Bewegungen, alles geht viel weicher. Alles nur, weil der Bordcomputer Ihre Hirnaktivität ausliest.

Science Fiction? Im Moment lautet die Antwort: Ja! Doch tatsächlich gibt es viele Möglichkeiten, mit Hilfe der Hirnströme Geräte zu steuern. Körperlich beeinträchtigte Personen nutzen diese in einigen Fällen schon.

Könnte das „Gedankenlesende Auto“ aber bald zum Alltag gehören? Macht es unsere Fahrten komfortabler und womöglich sogar sicherer?

Nissan experimentiert

Nissan hat vor einem Jahr tatsächlich ein System vorgestellt, das irgendwann einmal in dieser Art funktionieren könnte. Noch befindet es sich in der Entwicklung und kommt nur am Fahrsimulator zum Einsatz. Das System nennt sich **Brain-to-Vehicle** oder kurz **B2V**.

Hier ein Videoclip von Nissan zu B2V von deren YouTube-Kanal:

<https://youtu.be/oCi6tall6Yo>

Hier ein Clip von Nissan zur CES 2018 – dort wurde B2V im Januar 2018 vorgestellt:

<https://youtu.be/98s1WOBYL7M>

Weitere Infos in folgender Nissan-Pressemeldung vom 03.01.2018:

<https://germany.nissannews.com/de-DE/releases/release-426213421#>

Hirn-Computer-Schnittstellen

Will man ein Gerät durch Hirnsignale steuern, braucht man eine sogenannte Hirn-Computer-Schnittstelle. Im Englischen spricht man von *Brain Computer Interface* oder kurz **BCI**. Die Abkürzung „BCI“ findet man daher auch im Deutschen häufig, wenn „Hirn-Computer-Schnittstellen“ gemeint sind.

Am häufigsten werden die Hirnsignale aufgezeichnet, indem man Hirnströme durch Elektroden auf der Kopfhaut misst. Man nennt das Elektroenzephalografie oder kurz: **EEG**. Das ist vollkommen unschädlich, kann aber unbequem sein. Denn für ein gutes und genaues EEG-Signal muss man eine Kappe mit vielen Elektroden tragen, die dann auch noch mit einem nassen, leitenden Gel eingeschmiert sind. Nicht gut für die Frisur.

Cyathlon

An der ETH Zürich und anderen Einrichtungen entwickeln, erforschen und testen Wissenschaftler Assistenzsysteme für Menschen mit Behinderungen. Doch diese Geräte sollen nicht nur im Labor funktionieren, sondern auch im echten Leben.

2016 initiierte die ETH Zürich dann den ersten „Cyathlon“: Ein Wettkampf, bei dem beeinträchtigte Menschen solche Assistenzsysteme einsetzen. 2016 gab es in diesem Rahmen auch ein „BCI-Rennen“ für Wettkämpfer mit Gehirn-Computer-Schnittstellen. Mittels Hirnsignalen haben die Teilnehmer Figuren in einem Computerspiel durch einen Parcours gesteuert.

Weitere Infos zum Cyathlon auf der offiziellen Webseite:

<http://www.cyathlon.ethz.ch/de>

Cyathlon-Videos speziell zu den BCI-Wettkämpfen:

<https://www.youtube.com/watch?v=5jGcNbQhbg8>

<https://www.youtube.com/watch?v=0hFB6L3oHpU>

Gedanken lesen?

„Dem kannst du nicht in den Kopf schauen“, ist ein bekannter Spruch. Forscher machen das trotzdem, und zwar mittels **Magnetresonanz**. Man sagt ja manchmal, dass jemand „in die Röhre geschoben“ wird. Diese Röhre ist ein sogenannter Magnetresonanz-Tomograph – kurz: **MRT**. Unten eine Abbildung.



Bildquelle:

KasugaHuang [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]

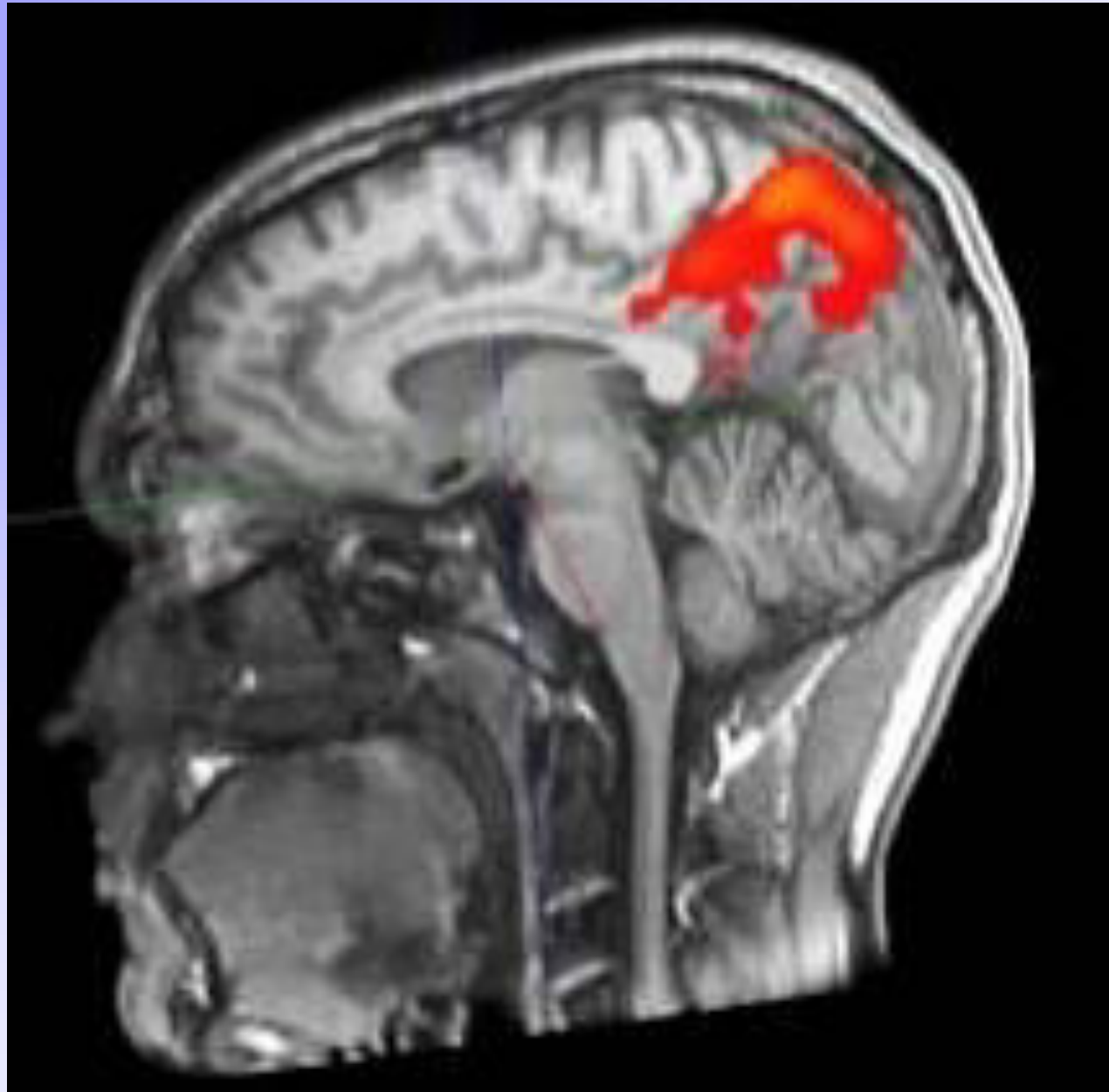
Gedanken lesen?

Ach ja, warum heißt es eigentlich „Magnetresonanz“? Ohne jetzt tief in die Physik einzusteigen: Je nach dem, wie sich Atome zu Molekülen verbinden, haben sie andere magnetische Eigenschaften. Im MRT wird ein starkes Magnetfeld angelegt, um diese Eigenschaften zu messen. So kann man Strukturen im Körper sichtbar machen.

Wollen Forscher nun auf die Aktivität in einer bestimmten Gehirnregion schließen, verwenden sie einen Trick: Blut, das viel Sauerstoff gebunden hat, hat andere magnetische Eigenschaften als Blut mit wenig Sauerstoff. Ist eine Hirnregion gerade aktiv, so verbraucht sie Sauerstoff – und das kann man sichtbar machen.

Man nennt das Verfahren „funktionelle Magnetresonanz-Bildgebung“ und benutzt meist die Abkürzung **fMRI** (für das englische Wort „*functional magnetic resonance imaging*“).

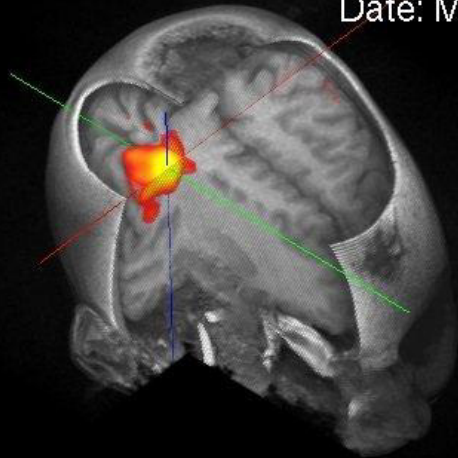
In den ausgewerteten Bildern stellt man die Hirnaktivität dann gern als farbige Kleckse dar. Auf den folgenden zwei Folien ein paar Beispielbilder.



Bildquelle: M.R.W.HH at German Wikipedia [Public domain]

Study: 50413
Series: 603

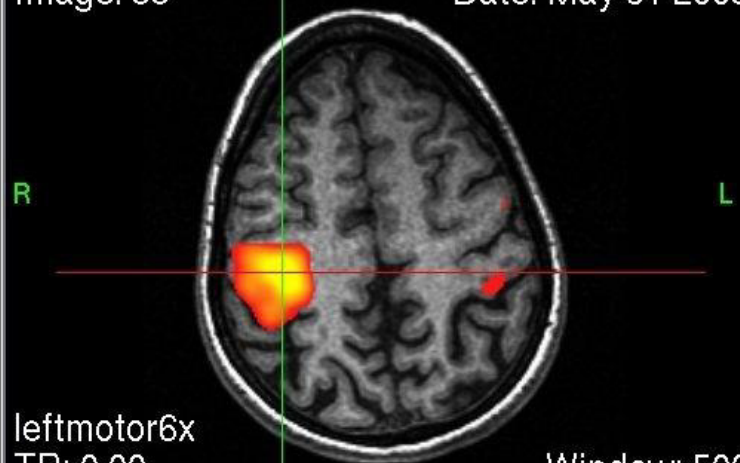
ID: service
Date: May 31 2005



leftmotor6x

Study: 50413
Series: 603
Image: 95

ID: service
Date: May 31 2005

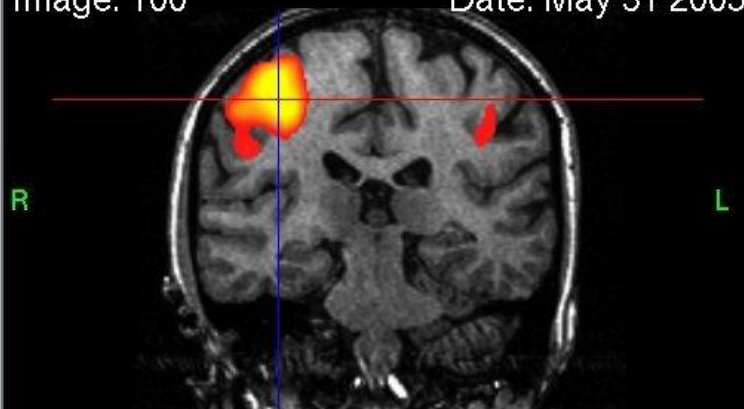


leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200

Study: 50413
Series: 603
Image: 100

ID: service
Date: May 31 2005

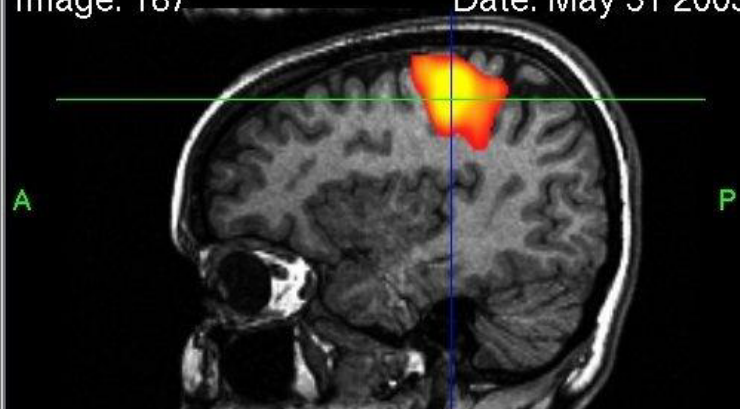


leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200

Study: 50413
Series: 603
Image: 167

ID: service
Date: May 31 2005



leftmotor6x
TR: 0.00
TE: 0.00

Window: 500
Level: 200

An der Universität Kalifornien in Berkeley schauen Jack Gallant und seine Kollegen anderen Menschen ins Gehirn. Zum Beispiel haben sie Probanden Ausschnitte aus Filmen und Videotrailern gezeigt und dabei mittels fMRI deren Hirnaktivität gemessen. Ein Computer hat versucht, aus diesen Hirnaktivitäten wieder Bilder zu rekonstruieren - so wie rechts abgebildet.

Sie finden das Video auf Jack Gallants offiziellem YouTube-Kanal:

<https://youtu.be/nsjDnYxJ0bo>

Und hier ist die (englischsprachige) Webseite des „Gallant-Labors“:

<http://gallantlab.org/>

Original-Video



Aus Hirnaktivität rekonstruiert



Quelle: Gallant Lab
(Universität Kalifornien, Berkeley)

Wie aber können Jack Gallant und seine Kollegen anhand der Hirnaktivität rekonstruieren, was ein Proband sieht? Das Stichwort lautet: Maschinelles Lernen. Zunächst gab es nämlich eine Trainingsphase, in der jeder Proband etliche Stunden Videomaterial angesehen hat. Dabei wurde mittels fMRI die Hirnaktivität aufgezeichnet. Ein Computerprogramm hat sowohl die Videosequenzen als auch die zugehörigen Hirnaktivierungsmuster gespeichert.

Bekommt der Proband nun *neue* Filme zu sehen, so vergleicht der Computer die jetzt messbare Hirnaktivität mit den gespeicherten Aktivitäten. Dann sucht er die Bilder aus seiner Lernbibliothek, die zuvor ähnliche Aktivitäten ausgelöst hatten und rekonstruiert daraus ein wahrscheinliches Video. Auch hierzu gibt es auf Gallants YouTube-Kanal ein Video:

<https://youtu.be/KMA23JJ1M1o>



Die Forscher aus Berkeley wollten aber mehr: In einer anderen Studie haben sie das zum Trainieren gespeicherte Bildmaterial auch mit Schlüsselwörtern versehen – so ähnlich wie auch bei YouTube Tags zu Videos notiert sind, damit man sie einfacher findet. Nun wollten die Wissenschaftler testen, ob der Computer auch dann, wenn den Probanden neue Filmschnipsel gezeigt werden, die richtigen Begriffe zuordnet. Das würde bedeuten, dass man aus der Hirnaktivität auch auf einen *Sinn* dessen schließen kann, was die Person sieht. Also zum Beispiel, wenn jemand gerade *spricht* oder *fällt*.

Aber schauen Sie selbst. Das folgende Video stammt vom Vimeo-Kanal von Jack Gallant:

<https://vimeo.com/278747509>

Und dieses Video zeigt, wie sich die per fMRI gemessene Hirnaktivität ändert, während ein Proband Videomaterial anschaut:

<https://vimeo.com/127782731>

Für die Experten

Hier finden Sie die Original-Publikationen des Teams um Jack Gallant, zu denen Sie eben die Videos gesehen haben:

Shinji Nishimoto, An T. Vu, Thomas Naselaris, Yuval Benjamini, Bin Yu, Jack L. Gallant:
"Reconstructing Visual Experiences from Brain Activity Evoked by Natural Movies"

(Current Biology 21, Oktober 2011)

<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2011.08.031>

Alexander G. Huth, Tyler Lee, Shinji Nishimoto, Natalia Y. Bilenko, An T. Vu, Jack L. Gallant:
"Decoding the Semantic Content of Natural Movies from Human Brain Activity"

(Frontiers in Systems Neuroscience 10; Oktober 2016)

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnsys.2016.00081/full>

Gedanken lesen?

Nun kann man fragen: Ist das wirklich eine Form von „Gedankenlesen“? Vor allem haben die Forscher ja rekonstruiert, was der Proband gerade *sieht*. Andererseits, wenn man bis zu einem gewissen Grad rückschließen kann, was das Gesehene für den Probanden *bedeutet*, geht das schon ein Stück weit in Richtung *Gedankenlesen*. Doch Forscher sprechen da lieber etwas sachlicher vom *Brain Reading*, also dem Lesen im Gehirn.

Es gibt aber sogar Forscher, die versuchen, ihren Probanden beim Träumen zuzusehen. Oder aus der Hirnaktivität zu dekodieren, woran sie gerade denken. Einer dieser Wissenschaftler ist Yukiyasu Kamitani von der Universität Kyoto.

Hier ein englischsprachiger Artikel über die Forschung seines Teams:

http://www.kyoto-u.ac.jp/cutting-edge/cutting_edge/page113.html

Autofahren mit Magentrezonanz?

Sagen wir so: Die Geräte sind eher unhandlich und müssen auf frische -270°C runtergekühlt werden. Sie brauchen also eine gute Klimaanlage. Falls Sie mit Elektroantrieb fahren, dann laden Sie also besser Ihre Akkus voll!



Bildquelle:

KasugaHuang [CC BY-SA 3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]

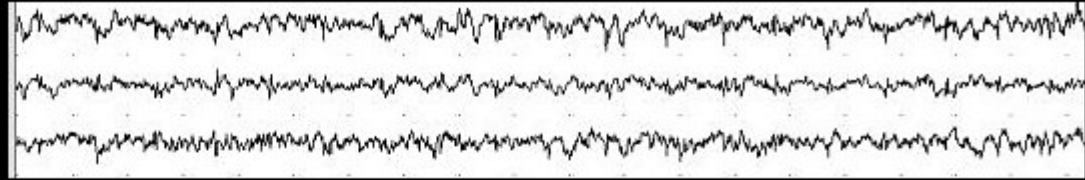
Autofahren mit EEG?

Spaß beiseite: Derzeit kommt für alltagstaugliche BCI-Systeme nur das EEG in Frage – also das Messen der Hirnströme durch Elektroden, die die Kopfhaut berühren.

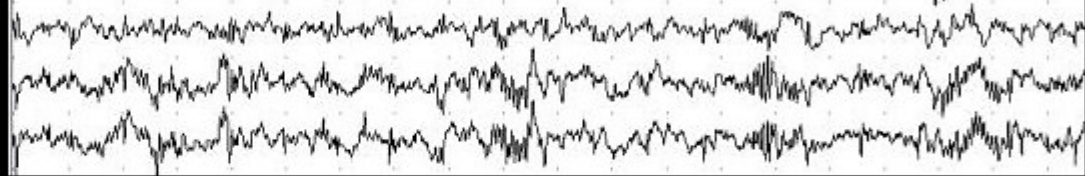
Das EEG hat jedoch eine schlechte Ortsauflösung. Im Gegensatz zur Magnetresonanz kann man aus den Daten also nur schwer herauslesen, *wo* im Gehirn gerade welche Aktivität stattfindet. Das Wirrwarr von Zacken hat dafür einen anderen Vorteil: Es ist zeitlich sehr gut auflösend. Man kann Änderungen millisekundengenau messen. Aber nur, wenn sie stark genug sind – also wenn viele Nervenzellen zur selben Zeit mehr oder weniger das gleiche machen.

Im EEG können Neurologen zum Beispiel sehen, in welcher Schlafphase sich ein Mensch gerade befindet. Ein Beispiel hierfür auf der nächsten Folie.

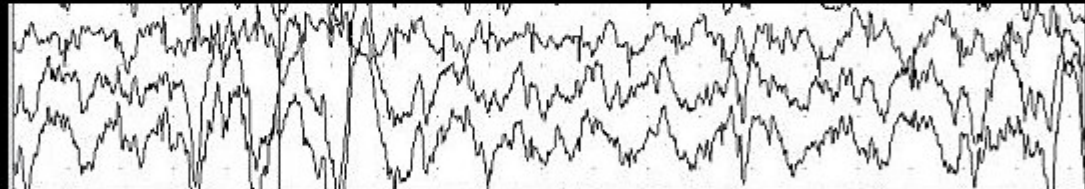
Stadium I



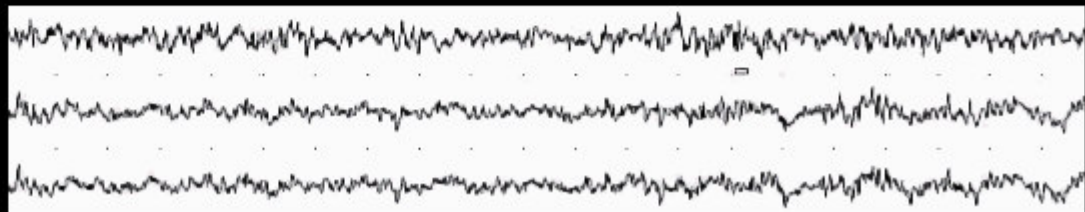
Stadium II



Stadium III



REM

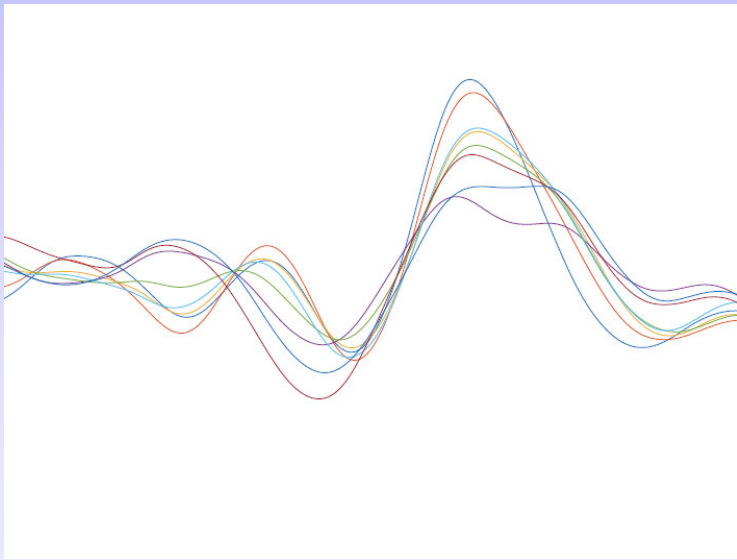


Bildquellen: MrSandman at English Wikipedia [Public domain]

EEG

Außerdem gibt es bei besonderen Reizen von außen ganz charakteristische Ausschläge im EEG. Man nennt diese Ausschläge „ereigniskorrelierte Potentiale“.

Ein besonderer Reiz kann etwa sein, wenn es bei Ihnen an der Tür klingelt. Oder wenn Ihr Handy geht. Sie werden dann besonders aufmerksam, und das sieht man nach etwa 300 Millisekunden auch im EEG-Signal. Das geht dann kurz steil nach oben – wie auf dem Bild hier:



Quelle: Brain Sciences 2018, 8, 199; doi:10.3390/brainsci8110199
(Lizenz: CC BY; <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Buchstabieren mit EEG

Ereigniskorrelierte Potentiale kann man nutzen, um über EEG-Signale einen Computer zu steuern. Körperlich schwer beeinträchtigte Menschen können auf diese Weise zum Beispiel eine E-Mail buchstabieren – auch wenn sie weder sprechen noch ihre Hände bewegen können.

Der Nutzer trägt dann eine EEG-Kappe und sieht auf dem Computer nacheinander Buchstaben. Angenommen, er möchte das Wort „Hallo“ schreiben. Dann wartet er zunächst auf den Buchstaben ‚H‘. Leuchtet dieser Buchstabe auf, dann gibt es kurz danach einen charakteristischen Ausschlag im EEG.

Umgekehrt weiß der Computer also: Wenn etwa 300 Millisekunden nach dem Buchstaben ein hoher Ausschlag zu messen ist, will der Nutzer diesen Buchstaben notieren. Man nennt diese Art des Buchstabierens **p300-Spelling**.

Natürlich ist es sehr umständlich, auf diese Weise eine E-Mail zu schreiben. Dennoch ist dieses System für viele Betroffene eine große Erleichterung. Zumal man das Buchstabierverfahren auch ein bisschen optimieren kann – indem in einer Tabelle zeilen- und spaltenweise mehrere Zeichen gleichzeitig leuchten.

Skizziert ist das auf den folgenden beiden Folien.

Buchstabieren mit EEG

Nehmen wir an, wir wollen das Wort „Hallo“ schreiben und warten gespannt darauf, dass der erste Buchstabe ‚H‘ aufleuchtet. Auf dem Bildschirm erscheint diese Matrix mit Schriftzeichen:

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	0

Und nun passiert auf dem Bildschirm folgendes (siehe nächste Folie):

Buchstabieren mit EEG

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	0

Das ‚H‘ leuchtet nicht – daher kein Ausschlag im EEG. Also macht der Computer weiter:

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	0

Das ‚H‘ leuchtet – der Computer registriert einen Ausschlag. Doch es könnte auch ein ‚B‘, ‚N‘, ‚T‘, ‚Z‘ oder die Ziffer ‚6‘ gemeint sein. Daher geht es nun spaltenweise weiter:

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	0

Hier bleibt das EEG unauffällig – Der Computer macht weiter

A	B	C	D	E	F
G	H	I	J	K	L
M	N	O	P	Q	R
S	T	U	V	W	X
Y	Z	1	2	3	4
5	6	7	8	9	0

Nun kommt es erneut zu einem ereigniskorrelierten Potential. Der Computer weiß jetzt, dass das ‚H‘ gemeint war. Weiter geht es mit dem nächsten Zeichen....

Notbrems-Assistent

Schon 2011 haben Wissenschaftler ein EEG-System fürs Auto getestet. Hinter der Studie standen Forscher um Benjamin Blankertz von der TU Berlin.

Die Probanden saßen am Computer an einer Fahrsimulation. Dabei wurde das EEG aufgezeichnet, aber auch die Muskelspannung in den Beinen gemessen.

Die Aufgabe: Die Studienteilnehmer sollten in dem Computerspiel nah hinter einem vorausfahrenden PKW herfahren. Der bremste zwischendrin immer wieder unerwartet. Auch dabei kommt es zu den auffälligen Ausschlägen im EEG. Das konnte der Computer auswerten und bis zu 130 Millisekunden früher bremsen. Das klingt nicht nach viel. Doch bei 100 km/h sind das mehr als dreieinhalb Meter, die man früher zum Stehen kommt.

Publikation:

Stefan Haufe, Matthias S. Treder, Manfred F. Gugler, Max Sagebaum, Gabriel Curio and Benjamin Blankertz:
"EEG potentials predict upcoming emergency brakings during simulated driving"

(Journal of Neural Engineering 8(5), Juli 2011)

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1741-2560/8/5/056001/meta>

Nissan: Brain-to-Vehicle (B2V)

Zurück zu Nissan. Eine ganz praktische Herausforderung für den Alltag: B2V soll das Fahren für die Kunden ja angenehmer machen. EEG-Kappen aus Gummi mit einem nassen Gel werden die Käufer kaum überzeugen. Daher experimentiert der Autohersteller mit Trockenelektroden. Man sieht sie zwischendrin im Videoclip, der hier noch mal verlinkt ist:

<https://youtu.be/oCi6tall6Yo>

Die Modelle sehen auch modischer aus als die Kappen, die in Laboratorien und bei medizinischen Untersuchungen üblich sind. Bislang läuft B2V laut Nissans Rückmeldung (Stand: Februar 2019) nur am Fahrsimulator. Für die Straße sei noch einiges zu tun. Die Szenen im Clip, die den Fahrer im echten Auto zeigen, dienen Studienzwecken: Die Nissan-Entwickler wollen wissen, was während einer echten Autofahrt im Straßenverkehr im EEG-Signal zu sehen ist und sammeln hierzu Forschungsdaten.

Nissan: **Brain-to-Vehicle (B2V)**

Das Lenkrad wird man wohl auch mit B2V noch benutzen. Das System ist aber für Fahrzeuge vorgesehen, die auch autonomes Fahren beherrschen.

In der Nissan-Pressemeldung vom 03.01.2018 heißt es, das System solle Handlungen des Fahrers vorhersehen und unterstützen, um die Reaktionszeiten zu verkürzen. Im autonomen Modus, so schreibt Nissan, könnten sich die Fahreinstellungen anpassen, falls der Fahrer sich unwohl fühlt:

<https://germany.nissannews.com/de-DE/releases/release-426213421#>

Ich bekam auf Anfrage von Nissan die Rückmeldung, dass man mit einer Entwicklungszeit von 5 bis 10 Jahren rechne.

Mit EEG auf die Straße

Kann man denn nun ein *echtes* Auto mit EEG-Signalen steuern?

2013 hat das ein Forscherteam aus Berlin probiert, auf dem stillgelegten Flughafen Tempelhof. Verwendet haben sie einen umgebauten VW Passat. Die Testperson hatte sogar einen der „modischeren“ EEG-Vorrichtungen auf. Die Autoren schreiben aber, dass sie dennoch ein Gel benutzt haben, damit der Kontakt zur Kopfhaut sichergestellt ist.

Auch wenn die Testperson den Wagen steuern konnte, hatte sie Schwierigkeiten, die Spur zu halten. Mit Unterstützung durch ein autonomes Fahrsystem gelang es dem Fahrer aber, seine Route recht sicher über EEG-Signale zu beeinflussen.

Interessant sein dürfte dieses BCI-System vor allem für körperlich beeinträchtigte Menschen. Für andere Studien verwendet das Team daher auch einen Rollstuhl. Die Originalarbeit ist unter folgendem Link frei verfügbar – darin auch ein Foto des Testfahrzeugs, der verwendeten Elektroden und des Rollstuhls:

http://www.mi.fu-berlin.de/inf/groups/ag-ki/publications/Semi-autonomous_Car_Control/brain-driver-ias12.pdf

Daniel Göhring, David Latotzky, Miao Wang, Raúl Rojas:

"Semi-autonomous Car Control Using Brain Computer Interfaces"

(aus "Intelligent Autonomous Systems 12", 2013 Springer Berlin Heidelberg)

Ausblick

Offensichtlich bleibt noch einiges zu tun, bis ein BCI-System den Weg in den PKW und auf die Straße findet. Ob ein Notbremsassistent wirklich zu mehr Sicherheit führt, müsste man dann sorgfältig testen. Fatal wäre ja, falls das System einmal Hirnsignale falsch interpretiert oder einfach nur eine Elektrode des EEG-Systems verrutscht – und der Bordcomputer löst eine Vollbremsung aus.

In Sachen Komfort und Bequemlichkeit könnte ein EEG-System mit trockenen Elektroden sicher interessant sein, um intuitiver zu fahren oder auch andere Systeme im Auto „nebenher“ zu steuern (Radio, Fahrersitz, ...).

Und natürlich könnte solch eine Technik ein Segen für viele Menschen mit Behinderungen sein – falls es zuverlässig funktioniert und idealerweise mit einem autonomen Fahrsystem kombiniert ist.

Hirn-Datenschutz

In Punkto Datenschutz stellen sich jedoch viele Fragen, falls BCI-Techniken den Weg zum Verbraucher finden. Gerade dann, wenn die Systeme vernetzt sind. Schon 2003 konnten Wissenschaftler in einer Studie zeigen, dass sich bestimmte EEG-Signale bei verschiedenen sexuellen Vorlieben unterscheiden (siehe hierzu <https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1022448308791>).

Stellen Sie sich vor, was Google, Facebook, Amazon und Co. über Sie erfahren könnten, während Sie (modern vernetzt) mit EEG-Kappe im Auto unterwegs sind und auf Werbeplakate schauen! Gefallen Ihnen die leicht bekleideten Männer oder die Frauen besser?

Möglicherweise wird sich auch Ihre Krankenkasse oder Autoversicherung für die EEG-Daten interessieren, die der Bordcomputer auswertet. Oder die Polizei nach einem Unfall.

Wie auch beim autonomen Fahren stellen sich darüber hinaus juristische Fragen: Wer haftet bei einem Unfall? Der Fahrer? Der Entwickler des Bordcomputers? Die Firma, die die EEG-Kappe herstellt?

Es warten also auch gesellschaftliche Herausforderungen, falls es die BCIs in unseren Alltag schaffen.

Weiterführende Artikel von mir

Im Jahr 2018 sind zwei Artikel von mir zum Thema „Hirn-Computer-Schnittstellen“ erschienen. Einer der Beiträge geht auch auf die Thematik des Autofahrens mit BCI ein, nämlich dieser hier:

Mario Rembold: „**Ich denke, also fahre ich**“

erschieden in Gehirn&Geist, November 2018

<https://www.spektrum.de/magazin/hirn-computer-schnittstelle-autofahren-per-gedankenkraft/1589562>

Frei zugänglich ist ein Beitrag im Laborjournal, der sich vor allem mit ethischen und juristischen Aspekten von Hirn-Computer-Schnittstellen beschäftigt:

Mario Rembold: „**Gläserner Gehirne?**“

erschieden in Laborjournal 1-2/2018

Direktlink zum Laborjournal-Artikel:

http://www.laborjournal-archiv.de/epaper/LJ_18_01/20/#zoom=z

Gesamte Heftausgabe frei herunterladen:

http://www.laborjournal.de/epaper/LJ_18_01.pdf