

Meilensteine

auf dem Weg zur modernen Narkoseüberwachung
mittels EEG (Elektroencephalogramm)



Den Nutzen hat der Patient

Folgende Vorteile sind wissenschaftlich belegt:

- Einsparung von Narkosemitteln (= geringere Substanzbelastung): 20 bis 40%
- Zeitverkürzung zwischen Hautnaht und Aufwachen: 30%
- Verringerung von Übelkeit und Erbrechen nach der Narkose: bis zu 40% (abhängig von den verwendeten Narkosemitteln)
- Zeitverkürzung bis zur Entlassung aus dem Aufwachraum: 25%
- Verringerung des Risikos intraoperativer Wahrnehmungen (sog. Awareness) von 0,2 auf 0,04%

Vor 160 Jahren wurde die Anästhesie eingeführt

Vor gut 160 Jahren, am 30. September 1846 gelang es dem amerikanischen Zahnarzt Thomas Green Morton aus Carleton in Massachusetts, einem Patienten im Ätherrausch völlig schmerzfrei einen Zahn zu ziehen. Bereits am 16. Oktober desselben Jahres setzte der Chirurg John Collins Warren seinen Kollegen Morton als Anästhesisten bei einer Operation



Johann Ferdinand Heyfelder , erste Äthernarkosen in Deutschland 1847



**Halstumor- Entfernung in Äthernarkose
Gemälde von Robert Hinckley (1882)**

ein. In einem mit Kollegen und Studenten vollbesetzten Hörsaal des Massachusetts General Hospital entfernte er einem jungen Mann einen gutartigen Halstumor. Vor dem Eingriff hatte der Patient einige tiefe Atemzüge aus einem mit einer klaren Flüssigkeit gefüllten Behälter getan und war daraufhin in einen schlafähnlichen Zustand gefallen. Noch im selben Jahr wurde das Verfahren in England und Frankreich begeistert aufgenommen. Hierzulande wurde die erste Operation unter Narkose allerdings erst im Jahre 1847 in Erlangen durchgeführt. Es vergingen dann 113 Jahre, bis 1960 Professor Rudolf Frey zum ersten Lehrstuhlinhaber für Anästhesiologie in Deutschland, an die Universitätsklinik in Mainz berufen wurde.

Tele- Narkose

Wiederum Erlangen setzte vor gut zwei Jahren die Fachwelt in Erstaunen, als Wissenschaftler der dortigen Universität einen Patienten in München narkotisierten –per Fernnarkose. Es war die weltweit erste Tele-Narkose.

Durchgeführt wurde die Narkose bei einem großen Baueingriff im Klinikum rechts der Isar. Dort wurden die Hirnströme (EEG) des 47jährigen Patienten abgeleitet und zeitgleich über ein schnelles digitales Netz (Forschungsnetz) in die Klinik für Anaesthesiologie der Universität Erlangen geschickt. Hier wurden die Daten per Computer ausgewertet. Anhand eines speziell entwickelten Verfahrens wurde in Erlangen der akute Narkosemittelbedarf für den Patienten in München fortlaufend



Tele- Narkose

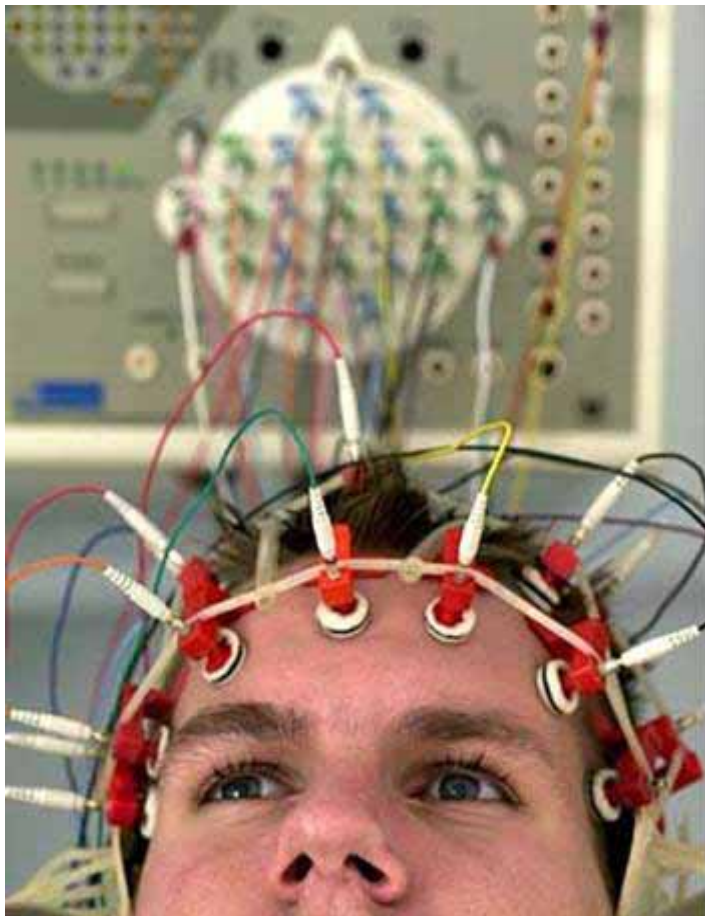
aktualisiert und die Dosierungsanweisung für die Narkosemittelpumpe im Klinikum rechts der Isar erstellt. Die Ansteuerung der Pumpe erfolgte von Erlangen aus automatisch über die bestehende digitale Verbindung. Der Zeitverzug durch die Übertragung, Auswertung des EEG und Ansteuerung der Infusionspumpe in München liegt im Millisekundenbereich und ist für die klinische Anwendung zu vernachlässigen.

Natürlich war in München ständig ein Anästhesieteam im OP-Saal anwesend, um im Zweifelsfall sofort wieder die „Handsteuerung“ zu übernehmen, aber alles lief völlig problemlos und vollautomatisch ab. Für die außenstehenden Beobachter war die Durchführung der Anästhesie nicht von einer „normalen“ Narkose zu unterscheiden. Die in dieser Form bisher erstmalig durchgeführte Narkose war im Vorfeld ausführlich mit dem Patienten besprochen worden.

Um welche Erkenntnis ging es bei diesem Experiment? Es sollte nicht etwa ein neues Verfahren zur Einsparung von Narkoseärzten entwickelt werden, sondern eine prinzipielle Machbarkeit demonstriert werden. Vielleicht wird es einmal notwendig werden, solche Fernbehandlungen bei Raumschiffbesatzungen oder auf hoher See durchzuführen. So ganz nebenbei markiert dieser Test jedoch außerdem den vorläufigen Endpunkt einer langen Suche nach Möglichkeiten, Narkosen präziser und zuverlässiger anhand der Hirnstromkurven zu steuern. Bislang orientiert sich der Anästhesist bei der Verabreichung seiner Medikamente nämlich in erster Linie an Körpergewicht und Größe des Patienten, an Reaktionen des Kreislaufs, sowie der Hautfeuchtigkeit und -Farbe, sowie an Erfahrungswerten. Wirkliche Messwerte für die Schlaftiefe stehen ihm nicht zur Verfügung.

Inzwischen wurde das Experiment an 11 weiteren Patienten im Rahmen einer groß angelegten wissenschaftlichen Studie wiederholt und in der Fachliteratur veröffentlicht. (Ihmsen, Naguib et al. 2007).

Technische Entwicklung ging schleppend voran

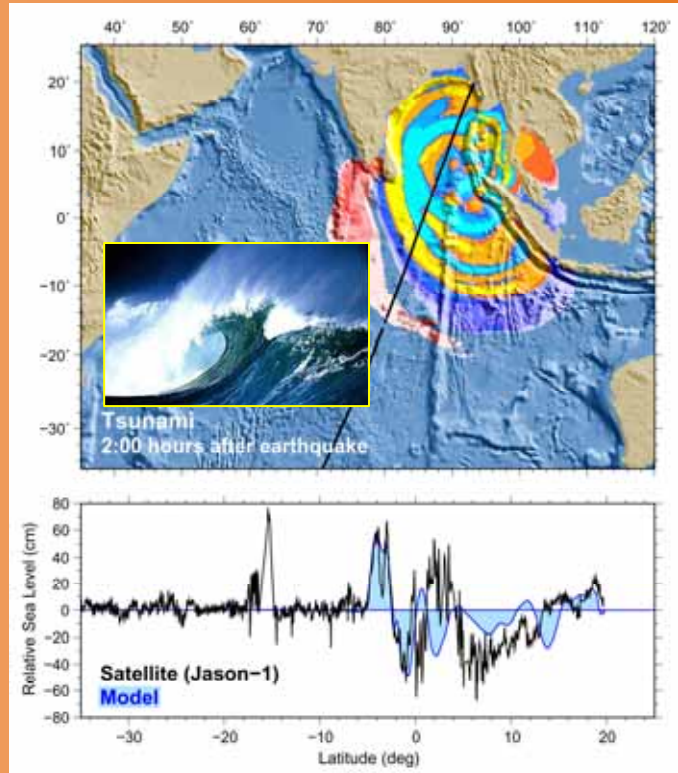


Klassische EEG- Ableitung. Für die Routine der Narkosesteuerung völlig unpraktikabel

Bereits 1933 hatte man erkannt, dass sich während einer Chloroformnarkose das EEG von Patienten veränderte. Der Bostoner Mediziner F.A Gibbs konnte die Zusammenhänge 1937 erstmals umfassend analysieren und beschreiben. 12 Jahre danach wurde das erste maschinelle Monstrum entwickelt, welches die Narkosemittel- Dosierungen anhand von EEG- Veränderungen steuerte. Seither wurden viele Anstrengungen unternommen, die Auswertung von Hirnstromkurven (=EEG) zur Steuerung von Narkosen heranzuziehen. Die EEG- Signale erwiesen sich jedoch als viel zu störanfällig, denn die ableitbaren Stromstärken sind 1000 mal schwächer, als die der Herz-Überwachung (EKG). Außerdem waren die Kurven viel zu komplex, um eine schnelle Auswertung zu ermöglichen und die Geräte waren groß und unhandlich. Massen von Elektroden mussten am Kopf des Patienten angebracht werden. Kurzum, das Verfahren war gänzlich unpraktikabel und nahezu unerschwinglich.

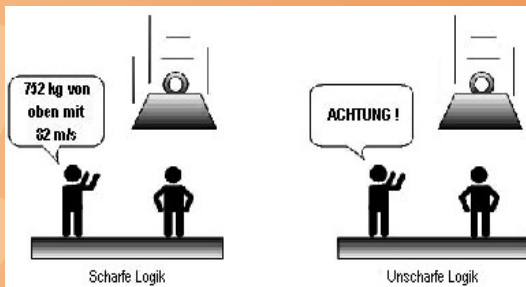
Hilfe aus der Tsunami- Forschung

Unerwartete Hilfe kam von einer ganz anderen Seite: In den 60er Jahren fand ein mathematisches Verfahren Einzug in die Erforschung komplexer Schwingungsvorgänge ganz anderer Dimension. Es war geeignet, die Bewegung der Wellen in Ozeanen (Hasselmann 1963), atmosphärische Druckschwankungen (McDonald 1963), seismische Aktivität (Haubrich 1965) und Sonnenflecken (Brillinger 1967) zu analysieren. Es handelt sich dabei um die sog. **bispektrale Analyse** (Barnett 1971, Dummermuth 1971). Auf die feinen Wellen der Hirnströme angewandt, war nun eine Methode gefunden worden, die spezifisch den Grad der so genannten Synchronisation im EEG in einem einfachen Zahlenwert ausdrücken konnte. Das Verfahren wurde in den 90er Jahren zur Serienreife entwickelt und steht in den großen Kliniken bei speziellen Fragestellungen für Überwachungszwecke zur Verfügung.



Hilfe durch die Tsunamiforschung

Unschärfe Logik



Die Fuzzy Logic ist ein Verfahren, das subjektives, umgangssprachliches Expertenwissen der Berechnung zugänglich macht. Damit ergänzt sie die bisherigen objektiven Methoden und ermöglicht die **schnelle** Lösung von nichttechnischen und technischen Aufgaben. Ihre Stärke sind komplexe, nichtlineare Vorgänge. Daraus erklärt sich ihr ständig wachsender Einsatz auf praktisch allen Gebieten von der Lebensmittelproduktion bis zur Prozessautomatisierung.

Erst der modernen Mikroelektronik ist es zu verdanken, dass nun brauchbare Gerätelösungen existieren, die eine Anwendung auch im Rahmen der Routine ermöglichen. Dabei wird ein einfaches Signal, welches über drei Klebeelektroden an der Stirn des Patienten abgeleitet werden kann, in einen Mikrocomputer geleitet und mittels bispektraler Analysen, sowie komplexer mathematischer Umformungen und Vergleiche (sog. **Fuzzy- Logik**) in einen Zahlenwert umgewandelt, der die Tiefe der Narkose sehr zuverlässig repräsentiert. Gleichzeitig werden Störquellen erkannt und herausgefiltert, so dass nur verlässliche Signalanteile zur Messung herangezogen werden. Das Gerät ist nicht viel größer, als ein Taschenrechner.



Kleines Gerät, große Wirkung: Die Narkosesteuerung wird dem einzelnen Patienten optimal angepasst.