



## 10. Physiologie und Zeit

### Gehirn und Bewusstsein

Drogen wirken auf das Gehirn und können das Bewusstsein beeinflussen. Bestimmte kortikale Hirnbereiche sind mit ganz bestimmten Bewusstseinsfunktionen verknüpft, es gibt einen visuellen Cortex, einen motorischen, sensorischen usw.. Höhere Funktionen des Gehirns wie Denken, Ethik, Erkennen von Gegenständen und ähnliches stehen in Zusammenhang mit den Frontallappen des Gehirns.

Die Funktion von Nervenzellen und Neuronalen Netzen sind sehr gut bekannt. Auch über die Funktion des Bewusstseins wissen wir manches. Sinneseindrücke und Gedächtnisinhalte werden dabei zu einem konsistenten Bild verarbeitet. Es wird exzerptiert, spatialisiert, narrativiert und kompatibelisiert.

Völlig unklar jedoch ist der Zusammenhang zwischen Physiologie und tatsächlicher Wahrnehmung der Bewusstseinsinhalte. Irgendwie nehmen wir das Bild der Welt wahr, das unser Gehirn produziert, aber wie? Das werden wir auch hier nicht klären.

### Beobachtung der elektrischen Aktivität des Gehirns

#### *Elektro-Enzephalographie (EEG)*

1929 beschäftigte sich der österreichische Psychiater Hans Berger mit der Messung bioelektrischer Aktivitäten am Gehirn mit Hilfe von Elektroden an der Kopfhaut. Er entwickelte die Elektro-Enzephalographie (EEG). Die ist auch heute noch ein wichtiges Werkzeug, um Informationen über die Gehirnfunktion zu erhalten.

Die Signale vom Gehirn, die man über die Elektroden auf der Kopfhaut empfängt, sind völlig ungeordnet und überaus komplex. Sie zeigen, was über 100 Milliarden mehr oder weniger korrelierter Neuronen an elektrochemischer Aktivität erzeugen.

Bei geschlossenen Augen jedoch läuft eine 10 Hz-Welle über den gesamten Cortex, die sogenannte alpha-Welle. Diese Welle kann mit der EEG aufgezeichnet werden. Störungen dieser Wellen in einzelnen Gehirnbereichen können auf gestörte Hirnfunktionen hinweisen.

#### *Gemittelte Potenziale*

1965 setzten die deutschen Neurologen Hans Kornhuber und Lüder Deecke die EEG ein, um hirnelektrische Begleitvorgänge bei wiederholten Willkürbewegungen am Menschen zu untersuchen. Um Ordnung in das völlige Durcheinander der elektrischen Signale zu bringen, fanden Sie einen genialen Trick.

Eine Versuchsperson wird aufgefordert, ganz spontan eine Willkürbewegung auszuführen, etwa mit dem Finger zu schnippen. In der EEG macht sich die Hirnaktivität zu dieser Bewegung nicht

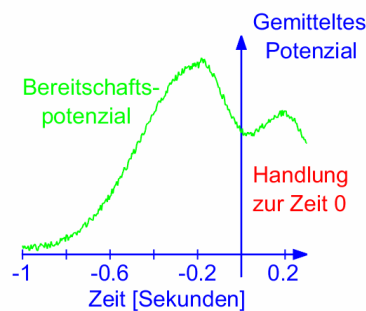
bemerkbar, sie geht in der unüberschaubaren Zahl aller Aktivitäten völlig unter. Wiederholt man jedoch diesen Versuch oft und triggert man die Signalaufzeichnung mit der Schnippbewegung, so kommt man zu sogenannten gemittelten Potenzialen. Alle Signale, bis auf die der Schnippbewegung, mitteln sich heraus. Nur die zur Schnippbewegung gehörenden Signale sind immer gleich und addieren sich. So werden sie sichtbar.

### *Bereitschaftspotenziale*

Das Ergebnis ist überraschend. Die Veränderungen im elektrischen Feld einer Hirnregion beginnt etwa eine Sekunde **vor** der Schnippbewegung! Man spricht von einem Bereitschaftspotenzial.

Auf der einen Seite ist es klar, dass es so ein Bereitschaftspotenzial geben muss. Die Gehirnaktivität beruht auf elektrochemischen Prozessen und ist damit relativ langsam. Es braucht Zeit, um die Bewegung vorzubereiten.

Auf der anderen Seite ist die zeitliche Abfolge jedoch sehr erstaunlich. Der Proband führt eine spontane Handlung aus eigenem Antrieb aus. Er entscheidet sich und tut es, innerhalb von Millisekunden. Es vergeht keine Sekunde zwischen Entscheidung und Handlung. Trotzdem ist das Gehirn schon ein Sekunde vor der Handlung aktiv, ja sogar eine Sekunde vor der Entscheidung!



*Abbildung 10-1* Gemittelttes Potenzial: Die Aufzeichnung der Elektrodensignale wird mit dem Fingerschnippen gestartet. Das wird zig-fach wiederholt und die Kurven werden addiert. Die mit dem Schnippen in Verbindung stehenden Signale addieren sich, alle anderen mitteln sich heraus.  
Bereitschaftspotenzial: Die zum Fingerschnippen gehörende Gehirnaktivität beginnt ca. 1 Sekunde vor der spontanen Bewegung des Fingerschnippens.

## Die Physiologie bewusster Handlungen

Zwischen bewusster Entscheidung und Handlung verstreicht keine Sekunde, das würden wir merken! Ein freier Wille setzt voraus, dass der Entschluss zur Handlung nicht erst eine Sekunde nach der Gehirnaktivität gefasst wird.

In den 70'er Jahren untersuchte der US-amerikanische Physiologe Benjamin Libet genauer, wann der freie Entschluss zur Handlung gefasst wird. Zur Festlegung des zeitlichen Ablaufs wurden verschiedene Messungen durchgeführt:

- der Moment des Einsetzens des Bereitschaftspotenzials durch Kopfelektroden
- der Moment der Entschlussfassung durch verbales Verkünden der Versuchsperson
- der Moment der Bewegung durch die elektrische Aktivität der Hand

Er erhielt sehr gute Ergebnisse mit einer überzeugenden Statistik. Allerdings war das Ergebnis wieder äußerst überraschend. Das Bereitschaftspotenzial setzte 0.5 Sekunden und der bewusste Wille 0.2 Sekunden vor der Handlung ein.

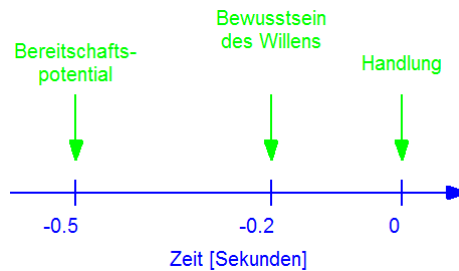


Abbildung 10-2 Das Bereitschaftspotenzial setzt eine halbe Sekunde und das Bewusstseins des Willens eine fünfteil Sekunde vor der Handlung ein.

### Illusionen

Unser Bewusstsein lässt uns glauben, es treffe Entscheidungen und sei Urheber derselben. Im Moment der Entscheidung ist es jedoch gar nicht präsent.

Bewusstsein ist mit materiellen Vorgängen im Gehirn verknüpft, es kann nicht primär sein. Das bewusste Erleben eines freien Willens ist eine Illusion, wie Raum, Zeit, Lichtstrahlen, Elektronen, Atome, Kräfte und ähnlichem.

### Hirnreizung

In den 60'er Jahren wurden grobe Hirnoperationen durchgeführt. Man erinnere sich an das US-amerikanische Filmdrama von Miloš Forman aus dem Jahr 1975: 'Einer flog über das Kuckucksnest'.

Zur Schmerztherapie, der Behandlung von Parkinson und anderem wurden Lobotomien gemacht, d.h. es wurden die Nervenbahnen zwischen Thalamus und Frontallappen sowie Teile der grauen Substanz durchtrennt. Als Folge der Lobotomie traten Persönlichkeitsänderungen mit Störung des Antriebs und der Emotionalität auf.

Die Operation fand am offenen Gehirn bei vollem Bewusstsein des Patienten statt. Dies ermöglichte einen Vergleich der Außen- und Innensicht des Gehirns.

Eine elektrische Reizung direkt am sensorischen Cortex wird in den Körper hineinprojiziert. Die Versuchsperson empfindet diese als Berührung an einer entsprechenden Hautstelle. Dazu muss die Reizung jedoch länger als eine halbe Sekunde dauern, erst dann wird dem Patienten die scheinbare Hautberührung bewusst. Im Gegensatz dazu erlebt man eine Hautberührung unmittelbar, es vergehen nur ein paar Millisekunden zwischen Berührung und dem bewussten Erleben derselben. Und die tatsächliche Hautberührung kann sehr kurz sein.

### Evozierte Potenziale und zeitlicher Rückbezug

Durch Störung der elektrochemischen Aktivität im sensorischen Cortex ist es möglich, das Gefühl einer tatsächlichen Hautberührung zu unterbinden. Und das Paradoxe daran ist, dass dies in einem Zeitraum einer halben Sekunde nach der Berührung möglich ist.

Normalerweise empfindet der Proband eine Hautberührung unmittelbar nachdem diese stattgefunden hat. Stört man den Cortex jedoch ein paar zehntel Sekunden nach der Berührung, so empfindet der Proband nichts. Hier gerät unsere klassische Vorstellung des Zeitablaufs völlig aus

den Fugen. Der Proband reagiert vielleicht auf die Berührung. Er weiß aber nach der Störung nicht mehr, warum er reagiert hat – die Empfindung der Hautberührung wurde ja gestört.

Libet stellte folgendes fest:

- bei einer geringfügigen Hautreizung wird ein sogenanntes evoziertes oder hervorgerufenes Potenzial auf dem Cortex registriert. Die Hautreizung wird jedoch nicht bewusst erlebt
- eine starke Hautreizung wird bewusst erlebt, dies kann jedoch durch eine Cortexstörung unterbunden werden
- eine Hirnreizung am entsprechenden Cortexbereich führt ebenfalls zu einem Bewusstsein der Hautreizung. Es gibt jedoch kein evoziertes Potenzial und das Bewusstsein tritt verspätet auf

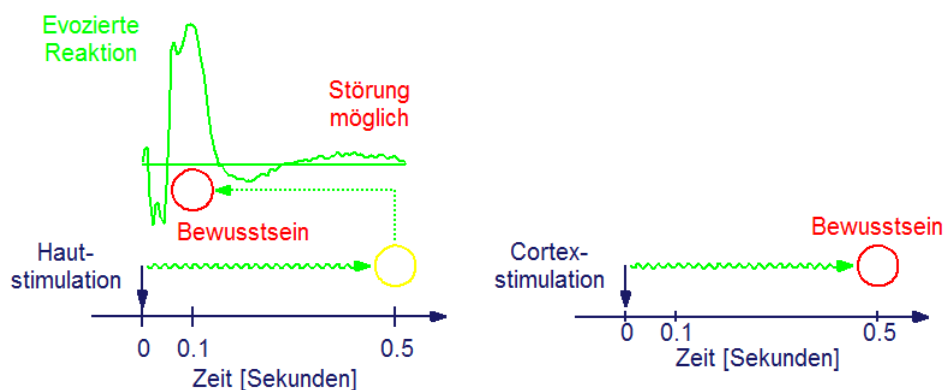


Abbildung 10-3 0,1 Sekunden nach der Hautreizung wird ein evoziertes Potenzial registriert. Dieser Zeitpunkt fällt mit dem Bewusstwerden der Hautreizung zusammen. Die Signalverarbeitung im Gehirn dauert aber bis zu einer halben Sekunde und kann gestört werden. Die Störung verhindert das Bewusstwerden. Bei einer Cortex-Stimulation gibt es kein Evoziertes Potenzial, das Bewusstsein stellt sich eine halbe Sekunde nach der Reizung ein.

Libet stellte die Hypothese auf, dass das evozierte Potenzial zu einer zeitlichen Einordnung der Hautreizung dient. Das Gehirn braucht eine gewisse Zeit, um das Hirnsignal der Reizung auszuwerten und ordnet dann das Ergebnis entsprechend dem evozierten Potenzial zeitlich ein. Nach der Aufarbeitung des Signals findet eine Rückdatierung des Bewusstseins auf den Zeitpunkt des evozierten Potenzials statt.

### Thalamus-Stimulationen

Der Thalamus ist eine im Vergleich zum Cortex ältere Hirnregion. Er gehört zum Mittelhirn und sitzt zwischen Rückenmark und Cortex. Alle Signale von Sinnesorganen gelangen über den Thalamus in den Cortex.

Genau wie im Cortex kann auch die elektrische Reizung des Thalamus zum Bewusstsein einer Hautreizung führen.

- das EEG des Cortex entspricht dem einer tatsächlichen Hautreizung mit evoziertem Potenzial
- das Bewusstsein tritt unmittelbar mit der Thalamus-Stimulation auf

Diese Ergebnisse unterstützen die Hypothese einer Rückdatierung des Bewusstseins durch das evozierte Potenzial.

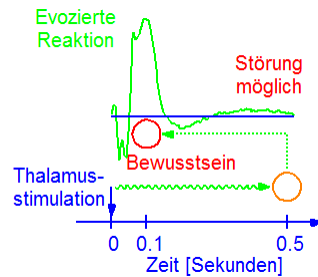


Abbildung 10-4 Eine Stimulation am Thalamus kann ebenfalls das Gefühl einer Hautreizung hervorrufen. Die Hautreizung wird zeitgleich mit der Stimulation erlebt und das EEG des Cortex weist ein evoziertes Potenzial auf, genau wie bei einer tatsächlichen Hautreizung. Dies unterstützt die These, dass im Cortex das evozierte Potenzial generiert wird, um eine korrekte zeitliche Einordnung der Hautreizung in den Bewusstseinsstrom zu ermöglichen.

## Aktuelle Untersuchungen der unbewussten Faktoren im menschlichen Gehirn bei freien Entscheidungen (2008)

In Nature Neuroscience Vol. 11 No 5 veröffentlichten Soon, Brass, Heize und Haynes 2008 neuste Ergebnisse zur Untersuchung von Hirnaktivitäten vor freien Willensentscheidungen. Die Probanden sahen auf einem Bildschirm einen Buchstaben, der alle halbe Sekunde durch einen anderen ersetzt wurde. Etwa alle 20 Sekunden sollten sie auf mit dem rechten Zeigefinger auf eine Taste rechts oder mit dem linken Zeigefinger auf eine Taste links drücken und sagen, welchen Buchstaben sie gerade gesehen haben.

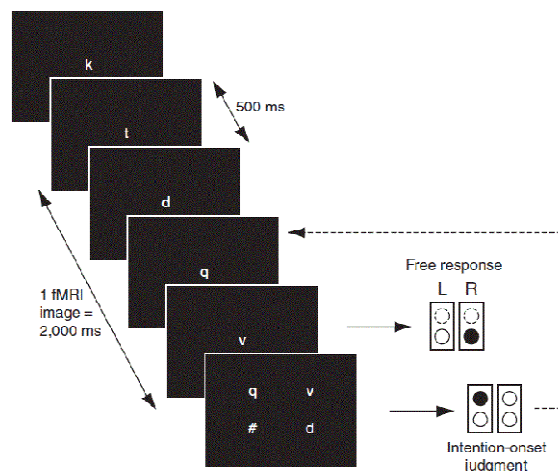


Abbildung 10-5 Auf dem Monitor vor den Probanden wurde ein Buchstabe dargestellt. Dieser ändert sich alle 500 Millisekunden. Die Probanden drückten aus freiem Willen etwa alle 20 Sekunden entweder auf eine rechte Taste oder eine linke. Sie gaben an, welchen Buchstaben sie dabei gesehen hatten.

Die Probanden befanden sich dabei in einem Kernspin-Tomographen (MRI) und es wurden ihre Gehirnaktivitäten aufgezeichnet. Aus den Mustern im Präfrontallappen des Gehirns konnte bis zu 10 Sekunden vor der Handlung festgestellt werden, ob der Proband die rechte oder linke Taste drücken würde.

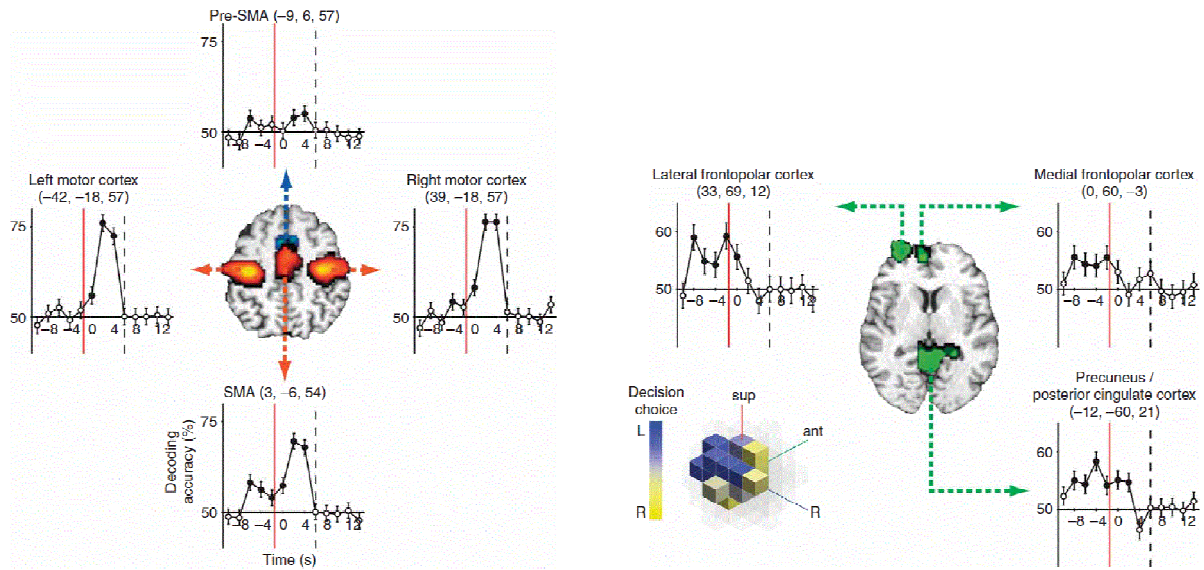


Abbildung 10-6 In der linken Bildhälfte sind die Zeitabläufe im motorischen Cortex dargestellt, in der rechten die anderer Gehirnregionen. Die Kästchengraphik halbrechts unten zeigt die räumliche Verteilung der Aktivität im Frontal-polar-Cortex eines Probanden in Abhängigkeit seiner Rechts-Links-Wahl.

## Modell der mannigfaltigen Konzepte nach Daniel Dennett (1994)

Der US-amerikanische Philosoph Daniel Clement Dennett (1942-heute) weist darauf hin, dass der Bewusstseinsstrom nicht so gleichförmig dahinfließt, wie wir ihn erleben. Er geht davon aus, dass verschiedene Konzepte gleichzeitig vorhanden sind und laufend revidiert werden.

Dieses Modell passt sehr gut zu den Superpositionen der Quantenmechanik. Ähnlich wie in einem Quantencomputer werden alle Möglichkeiten mit verschiedenen Wahrscheinlichkeiten überlagert. Eine der Möglichkeiten manifestiert sich und wird bewusst.

Der Zeitablauf ist dann auch nicht absolut, sondern erscheint im Bewusstsein passend zu einer plausiblen und geschlossenen Darstellung der Sinneseindrücke.

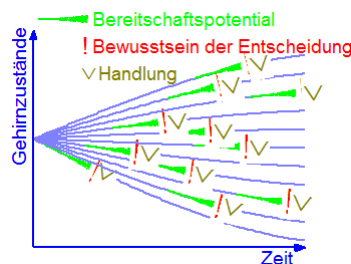


Abbildung 10-7 Im Modell der mannigfaltigen Konzepte werden im Gehirn gleichzeitig viele verschiedene Konzepte des Wirklichkeitserlebens entwickelt, nur eines davon wird erlebt. Das erinnert sehr an die Superpositionen und Manifestationen im Formalismus der Quantenmechanik.

Beim Fingerschnippen enthält jedes Konzept das Bereitschaftspotenzial, das Erleben der bewussten Entscheidung und die Handlung. Die tatsächliche Entscheidung ist nicht das Erleben der bewussten Entscheidung, sondern die unbewusste Wahl des speziellen Konzeptes.

Die bewusst erlebte Entscheidung zum Beispiel zum Fingerschnippen ist ein Teil jeder der superponierten Möglichkeiten. Die tatsächliche Entscheidung, welche Möglichkeit sich manifestiert, liegt in einem dem Bewusstsein nicht zugänglichen Bereich, im Transzendenten.



## Zeitlicher Rückbezug bei Wigners 'Delayed Choice Experiment'

Zu einer scheinbaren Rückdatierung wie beim evozierten Potenzial kommt es auch beim Quanteninterferometer, wenn die Entscheidung für oder gegen einen Wegedetektor sehr spät getroffen wird, erst nachdem das Wirkungsquantum den ersten Strahlteiler passiert hat.

Klassisch gesehen wird durch den Wegedetektor über Wellen- und Teilchennatur des Wirkungsquantums entschieden. Ohne Wegedetektor propagiert das Quantum wie eine Welle durch beide Zweige des Strahlengangs und interferiert an den Ausgängen konstruktiv und destruktiv. Mit Wegedetektor erscheint es wie ein Teilchen, das entweder den einen oder den anderen Zweig nimmt. Der Unterschied zwischen den beiden Arten muss bei klassischer, objektiver Betrachtung vor dem ersten Halbspiegel bzw. Strahlteiler getroffen werden. Als Teilchen wird das Quantum dort entweder reflektiert, oder es geht ungehindert durch den Halbspiegel. Als Welle wird ein Teil reflektiert, der andere Teil geht durch den Halbspiegel. Am Detektor kommen beide Teile wieder zusammen und interferieren.

Entweder passiert das Quantum das Interferometer als Teilchen oder als Welle. Klassisch objektiv geht nur das eine oder das andere. Wenn nun aber die Entscheidung für oder gegen einen Wegedetektor und damit die Entscheidung für das Teilchen- oder Wellenverhalten erst getroffen wird, nachdem das Quantum den ersten Halbspiegel passiert hat, passt der Zeitablauf nicht mehr zu unseren klassischen Vorstellungen, genauso wie er bei der Hautreizung nicht passt. Klassisch objektiv sieht es so aus, als würde eine zeitliche Rückdatierung stattfinden. Die Entscheidung für oder gegen den Wegedetektor wird getroffen und wirkt sich auf das Verhalten des Quantums zu einem früheren Zeitpunkt aus.

Diese paradoxe Situation wird aufgelöst durch die Quantenmechanik. Das Wirkungsquantum propagiert als Wahrscheinlichkeitswelle durch den Interferometer. Dabei sind beide Wege durch den Interferometer möglich und vorhanden. Erst durch die Beobachtung, entweder am Wegedetektor oder an den Ausgängen des Interferometers, manifestiert sich eine der Möglichkeiten.

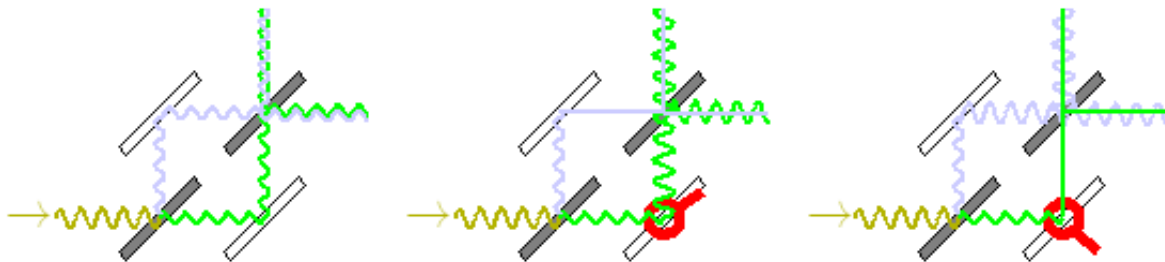


Abbildung 10-8 Zeitliche Rückdatierung beim Quanteninterferometer. Ohne Wegedetektor (links) propagiert das Wirkungsquantum als Welle durch den Interferometer und interferiert an den Ausgängen. Mit Wegedetektor (Mitte und rechts) manifestiert sich einer der Wege und das Quantum erscheint als Teilchen, ohne Interferenz. Schaltet man den Wegedetektor erst ein, nachdem das Quantum den ersten Halbspiegel passiert hat, so scheint klassisch, als ob von Anfang an ein Teilchencharakter vorgelegen hätte.

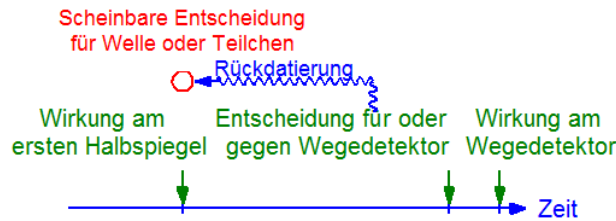


Abbildung 10-9 Zeitliche Rückdatierung beim ‚Wignerschen Delayed Choice Experiment‘: Die Entscheidung für oder gegen einen Wegedetektor wird getroffen, nachdem das Wirkungsquantum den ersten Halbspiegel passiert hat. Damit wird auch entschieden, ob es als Welle oder als Teilchen erscheint. Klassisch gesehen müsste der Teilchen- oder Wellencharakter schon beim Passieren des ersten Halbspiegels festliegen. Das entspräche einer Rückdatierung der Entscheidung für oder gegen den Wegedetektor.

## Die Veto-Theorie der Ethik

In der christlichen Theologie des Alten Testament werden 10 Gebote aufgeführt. Es sind Anweisungen, wie man nicht handeln soll. Man soll nicht töten, nicht ehebrechen usw. Offensichtlich wird davon ausgegangen, dass das Auftreten einer Absicht unbewusst ist und sich nicht verhindern lässt. Die Ausführung jedoch, also der motorische Akt lässt sich bewusst verhindern, durch ein bewusstes Veto.

Ganz anders ist das im Neuen Testament. Da heißt es etwa in der Bergpredigt: 'Ich aber sage Euch, wer eine Frau ansieht, sie zu begehren, der hat schon mit ihr die Ehe gebrochen in seinem Herzen'. Bereits der Gedanke macht schuldig. Es wird ein unbewusstes Veto gefordert!

Wie soll das gehen? Quantenmechanik und Hirnphysiologie legen nahe, dass selbst das bewusste Veto eine Illusion ist, eine klassische Darstellung transzendenter Inhalte im Bewusstsein.

Im Neuen Testament wird der Mensch nicht mit seinem Bewusstsein identifiziert, er wird als Ganzes gesehen, mit allen ihm bewussten und unbewussten Aspekten.

## Albert Einstein und der 'Freie Wille'

In 'Mein Glaubensbekenntnis' äußert sich Albert Einstein 1932 so:

' ...

Ich glaube nicht an die Freiheit des Willens. Schopenhauers Wort: 'Der Mensch kann wohl tun, was er will, aber er kann nicht wollen, was er will', begleitet mich in allen Lebenslagen und veröhnt mich mit den Handlungen der Menschen, auch wenn sie mir recht schmerzlich sind. Diese Erkenntnis von der Unfreiheit des Willens schützt mich davor, mich selbst und die Mitmenschen als handelnde und urteilende Individuen allzu ernst zu nehmen und den guten Humor zu verlieren.

...'