





# Gedankenlesen und Bauchgefühl

## Mind Reading and Gut Feelings

Dorothe Poggel und Reto Weiler

Mit Hilfe moderner bildgebender Verfahren können Zeitverläufe und neuronale Mechanismen von Entscheidungsprozessen untersucht werden. Damit lassen sich Erkenntnisse über eine kognitive Leistung des menschlichen Gehirns erlangen, die eng mit philosophischen Fragen verknüpft und von erheblicher Bedeutung für unser Alltagsleben sind.

With the help of modern imaging technologies, we can now investigate the time course and neuronal mechanisms of decision-making processes. This provides an insight into a cognitive function of the human brain that relates closely to philosophical questions and is of considerable relevance for everyday life.

Die kognitiven Leistungen des menschlichen Gehirns im Blick: Neuronale Mechanismen von Entscheidungsprozessen.

Examining the cognitive abilities of the human brain: The neuronal mechanisms of decision-making processes.



Blick in die neurowissenschaftliche Methodenkiste: Die Elektroenzephalographie (EEG) liefert Informationen über Hirnmechanismen und deren Zeitverläufe.  
 A look at the methods of the neurosciences: The electroencephalogram (EEG) supplies information on brain mechanisms and their time courses.

**B**eim Lesen der Speisekarte im Restaurant, vor dem Warenregal im Kaufhaus, beim Wandern an einer Wegkreuzung, bei der Auswahl eines Studienfachs oder der Ausbildungsrichtung, vor dem Traualtar oder in der Wahlkabine: Wir fällen im täglichen Leben ständig Entscheidungen. Dies können ganz einfache, spontane, sogar triviale Vorgänge sein oder auch hochkomplexe Abläufe mit weit reichenden Folgen. Viele davon sind uns oftmals nicht bewusst – oder wissen Sie, warum Sie diesen Artikel lesen?

Der Ursprung für Entscheidungsprozesse ist in der Evolution zu finden. In ihrem Verlauf haben sich immer komplexere neuronale Strukturen entwickelt, die zwischen der Aufnahme von Reizen und der Reaktion des Organismus vermitteln. Während einfache Lebewesen nur reflexhaft auf äußere Bedingungen reagieren konnten, hat sich bei evolutionär höher stehenden Organismen die Fähigkeit herausgebildet, Verhaltensweisen in Abwägung innerer und äußerer Umstände auszuwählen. Für komplexere Entscheidungsvorgänge sind kognitive Fähigkeiten erforderlich, die vor allem auf der Funktion der Großhirnrinde (Kortex) beruhen. Der Vorteil ist eine größere Unabhängigkeit von Umweltbedingungen, so dass Handlungen aufgeschoben oder optimal angepasst werden können.

### Von der Introspektion zu bildgebenden Verfahren

**W**ie Entscheidungen getroffen werden, hat die akademische Psychologie seit ihren Gründungstagen im späten 19. Jahrhundert beschäftigt. In den Anfängen der psychologischen Forschung dominierte die Methode der Introspektion, also die subjektive Beschreibung innerer Vorgänge. Später orientierte sich die Entscheidungsforschung am Vorbild des wissenschaftlichen Experiments. In den 1960er Jahren rückten kognitive Prozesse in den Fokus der Forschung. Mit Hilfe von Verhaltensexperimenten untersuchten nun WissenschaftlerInnen, wie Entscheidungsprozesse ablaufen, auf welchen Informationen sie basieren und wie sich die Beurteilung einer Situation durch Einflussfaktoren wie Zeitdruck, emotionale Zustände, erlernte Informationen oder Risiken bei Fehlentscheidungen ändert. Das beginnende Computerzeitalter und die Forschung im Bereich der Künstlichen Intelligenz machten

eine objektive Definition von Entscheidungsprozessen erforderlich, um automatisierte Entscheidungsabläufe von einfachen Maschinen und Computerprogrammen bis hin zum Schachcomputer oder den komplexen Steuerungsmechanismen eines Flugzeugs zu planen.

Eine Wende für die Entscheidungsforschung – und für viele andere psychologische Forschungsbereiche – brachte der Beginn der Nutzung bildgebender Verfahren in den 1990er-Jahren. Diese neuen Methoden, wie etwa die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) lieferten Informationen über Hirnmechanismen und deren Zeitverläufe, die Befunde aus Verhaltensexperimenten ergänzten. Viele Hirnstrukturen bzw. neuronale Netzwerke, die im Rahmen von Entscheidungsprozessen aktiviert sind, konnten identifiziert und individuelle Unterschiede objektiviert werden.

### Areale der Entscheidung

**E**ntscheidungsprozesse beruhen auf einer Vielzahl von Faktoren: zum Beispiel Umgebungseinflüssen, Lernerfahrungen, emotionalen und rationalen Aspekten. Daher ist es nicht erstaunlich, dass an Entscheidungsprozessen weitreichende neuronale Netzwerke beteiligt sind: Wahrnehmungsinformationen aus der Umwelt, die beispielsweise im Hörkortex verarbeitet werden, müssen berücksichtigt werden: Lauert ein Raubtier im Gebüsch, oder stammt das Geräusch von einem Vogel? Auch Informationen aus dem Gedächtnis – hier werden der Temporalkortex und der Hippocampus aktiv – fließen in Entscheidungsvorgänge ein: Wie hat man sich beim letzten Mal verhalten, als das Raubtier aus dem Gebüsch sprang, und welche Konsequenzen hatte dieses Verhalten? Zusätzlich spielen emotionale Prozesse – vermittelt zum Beispiel durch die Amygdala und weitere subkortikale Strukturen – eine wichtige Rolle: Ist die Angst so groß, dass man weglaufen möchte, oder stellt man sich der Situation? Nicht zuletzt hängt die Entscheidung natürlich auch davon ab, welches Repertoire an Handlungsweisen zur Verfügung steht. An dieser Stelle kommen der motorische Kortex und exekutive Zentren im Frontallappen ins Spiel: Ein Affe wird beim Anblick des Raubtiers auf einen Baum flüchten, während ein Mensch eher zur Waffe greift.

When we read a menu in a restaurant, when we stand in front of a shelf in a supermarket, when we are out walking and reach a crossroads, when we choose a university course or area of professional training, when we exchange vows at the altar or cast our vote in a polling booth: every day we are constantly making decisions. These decisions may be simple, spontaneous or even trivial processes, or highly complex processes with far-reaching consequences. Oftentimes we are not even aware of our decisions – or do you know why you are reading this article? The origins of decision-making processes can be found in evolution. In its course, increasingly complex neuronal structures have developed that mediate between an organism's perception and reaction. While simple life forms only show reflex-like reactions to external conditions, more highly evolved organisms have developed the ability to select their behavioural responses according to internal and external factors. Complex decision-making procedures require cognitive abilities that are primarily associated with cerebral cortex functions. This allows more independence from environmental conditions because actions can be postponed or optimised.

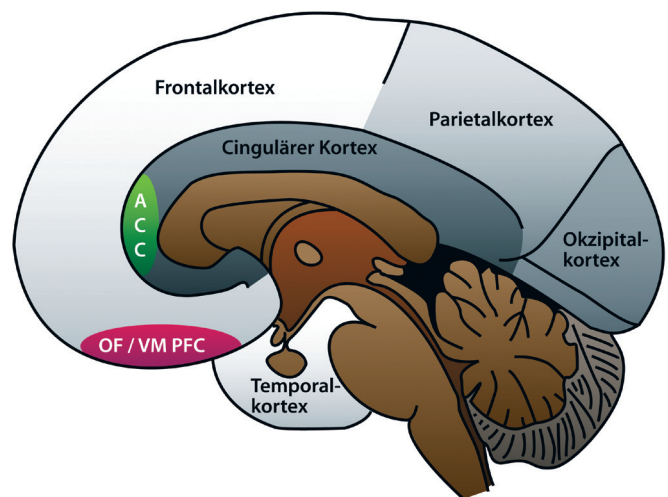
### From introspection to imaging technologies

Ever since psychology was first established as an academic discipline in the late 19th century, the question of how decisions are made has played an important role. Initially, psychological research was dominated by the method of introspection, i.e. the subjective description of internal processes. Eventually, more objective experimental methods were adopted for the psychological research of decision-making. In the 1960s, cognitive processes gained importance in academic research. With the help of behavioural experiments, scientists studied the different stages of decision-making processes, what information they were based on and how the assessment of situations changes under the influence of factors such as time pressure, emotional states, learned information or the risks involved in making a wrong decision. The dawn of the computer era and research in the field of artificial intelligence necessitated an objective definition of decision-making processes for automated decision processes in applications ranging from simple machines and computer programmes to chess computers or the complex control mechanisms of airplanes.

The use of novel neuroimaging methods starting in the 1990s constituted a turning point for decision-making research – and for many other areas of psychological research. These new methods, such as functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), provided information about brain mechanisms and their time course, thereby complementing the findings of behavioural experiments. These neuroimaging methods allowed the identification of many brain structures or neuronal networks, respectively, that are activated in the process of decision-making; moreover, individual differences could be assessed in an objective manner.

### Areas of decision-making

Decision-making processes are based on various factors: e.g. external influences, past experiences, and emotional as well as rational aspects. It is therefore not surprising that extensive neuronal



Schematische Ansicht des menschlichen Gehirns (Medianschnitt) mit Arealen, die bei Entscheidungsprozessen aktiviert sind: ACC = anteriorer cingulärer Kortex, OF / VM PFC = orbitofrontaler und ventromedialer Präfrontalkortex.

Diagram of the human brain (medial section) showing the areas that are activated during decision-making processes: ACC = anterior cingulate cortex, OF / VM PFC = orbitofrontal cortex and the ventromedial prefrontal cortex.

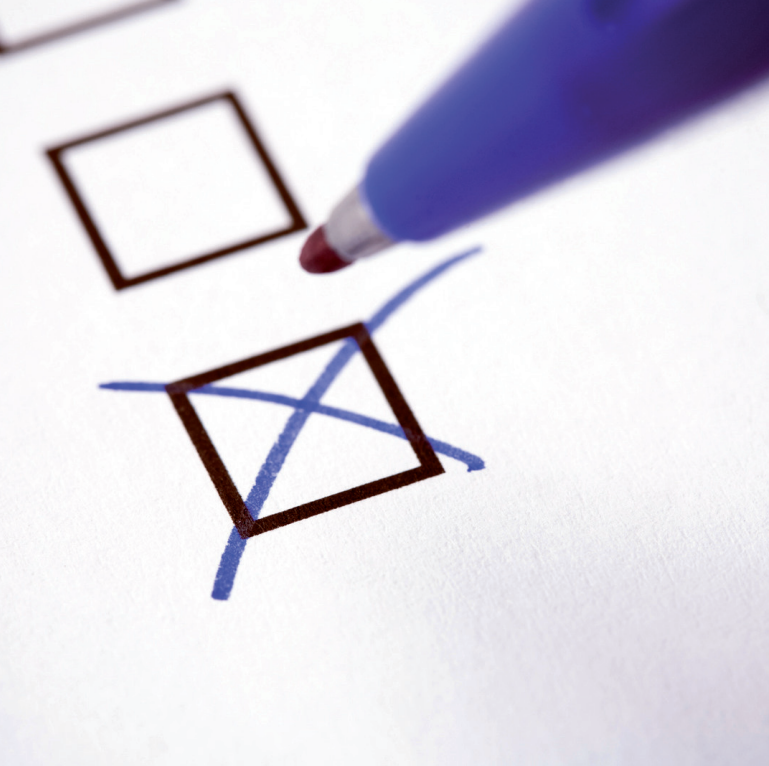
networks are involved in the decision-making process. Perceptual information from the environment that is processed, for instance, by the auditory cortex must be taken into consideration: is there a predator lurking in the bushes or does the sound come from a bird? Moreover, information from memory – represented in the temporal cortex and hippocampus – is incorporated into the decision process: how did I respond the last time when a predator emerged from the bushes, and what were the consequences? In addition, emotional processes – mediated for example by the amygdala and other subcortical structures – play a key role: is the fear so intense that one would run away, or would one rather confront the situation? Last but not least the decision naturally also depends on the range of available repertory of motor actions. At this stage the motor cortex and the frontal lobes come into play: a monkey would climb up a tree if it saw a predator while a human being would be more likely to reach for a weapon.

The frontal cortical areas of our brains in particular have specialised in the complex assessment of such information. In fMRI studies on decision-making behaviour, it is generally the orbitofrontal and ventromedial prefrontal cortex, as well as the anterior cingulate cortex, that show activation. The activation patterns change according to the extent to which emotions are involved in the decision process, but they also depend on the actual agent, i.e. whether the decision was self-controlled by the individual or based on external instructions.

### Decision researchers at the Hanse-Wissenschaftskolleg (HWK)

In November 2011, the renowned economist Professor Ernst Fehr, during his Fellowship of the Hanse-Wissenschaftskolleg (HWK-Institute for Advanced Study), will talk about his work in the field of neuroeconomics in a scientific seminar and in a public lecture. One of the focus points of his research is the stimulation of brain areas in order to investigate neuronal mechanisms involved in decision-making processes and to determine causal factors.

Other former fellows of the HWK have studied different aspects of decision-making processes. In 2002 and 2003, Prof. Dr. Ivan Bodis-Wollner of the State University of New York conducted a project on voluntary movements (in collaboration with Prof. Dr. Mark W. Greenlee, Department of Psychology, University of Regensburg, who was professor of psychology at the University of Oldenburg from 1999 to 2003). This project was also relevant for clinical research because patients suffering from Parkinson's disease often have problems initiating voluntary movements. Dr. Franz Mechsner of the Max Planck Institute for Psychological Research (Munich) was also a Fellow at the HWK, where he conducted research on human movement control. Prof. Dr. Frank Rösler (University of Marburg) used his stay at the HWK in 2008/2009 for a book project on control of action and decision-making as an intrinsic feature of the nervous system.



Inwieweit kann sich der Mensch frei entscheiden? Die Neurowissenschaften versuchen auch auf diese Frage eine Antwort zu geben.

To what extent can humans decide freely? The neurosciences are attempting to answer this question, too.

Auf solche komplexen Abwägungen von Informationen haben sich besonders die frontalen kortikalen Areale unseres Gehirns spezialisiert. In fMRT-Studien zum Entscheidungsverhalten sind üblicherweise der orbitofrontale und ventromediale präfrontale Kortex sowie der anteriore cinguläre Kortex aktiviert. Die Aktivierungsmuster ändern sich je nach der emotionalen Beteiligung an den Entscheidungsvorgängen. Sie sind aber auch davon abhängig, ob die Entscheidung aus sich selbst heraus oder auf Anweisung einer anderen Person getroffen wird. PatientInnen, die Schädigungen im frontalen Hirnbereich aufweisen, leiden häufig unter Entscheidungsproblemen. Diese können verschiedenste Ausprägungen annehmen: So neigen einige PatientInnen beispielsweise zu starker Impulsivität, andere haben Schwierigkeiten, komplexe Informationen zu ihrem Vorteil abzuwägen und das angemessene Verhalten auszuwählen. Es gibt Hinweise darauf, dass Informationen zur subjektiven Zuverlässigkeit der Entscheidung im Parietalhirn repräsentiert sind, das mit frontalen Hirnarealen in enger Verbindung steht. Besonders bei unsicheren Entscheidungen, etwa bei Informationsmangel zur Ausgangssituation oder den möglichen Konsequenzen der Entscheidung, spielen außerdem noch subkortikale Hirngebiete eine Rolle, die den Entscheidungsprozess durch emotionale Komponenten unterstützen. Mit Hilfe bildgebender Verfahren wurde auch festgestellt, dass viele Entscheidungsabläufe, besonders wenn es sich um Bewegungen oder fast automatisierte Reaktionen handelt, gar nicht bewusst werden.

## Entscheidungsfreiheit oder neuronale Vorherbestimmung?

Die Befunde aus den Neurowissenschaften warfen tiefer gehende philosophische Fragen auf: Inwieweit kann der Mensch wirklich frei entscheiden? Gibt es überhaupt einen „freien Willen“, oder sind die Entscheidungen, die wir treffen, durch die neuronalen Mechanismen eindeutig festgelegt? Besondere Brisanz erhielt das Thema, als in der Presse die fMRT-Methode als Mittel zum Gedankenlesen gefeiert wurde: In einer Studie von 2008 (Nature Neuroscience) zeigten John-Dylan Haynes und Kollegen, dass sie mit Hilfe von fMRT-Signalen die Entscheidung, einen von zwei Knöpfen zu drücken, bereits annähernd fünf Sekunden vor der eigentlichen Ausführung der Handlung vorhersagen konnten. Ähnliche Versuche wurden auch mit Hilfe von Elektroenzephalographie (EEG) oder Blickbewegungsmessungen unternommen. Auch die lang gehegte Auffassung, dass Entscheidungen kühl und rational getroffen werden sollten, um das „beste“ Ergebnis zu erreichen, wurde durch neurowissenschaftliche Ergebnisse zumindest in Zweifel gezogen: Antonio Damasio zeigte, dass eine Schädigung der subkortikalen Emotionszentren (im so genannten Limbischen System) massive Entscheidungsprobleme bei PatientInnen hervorrufen kann, selbst dann, wenn die intellektuellen, rationalen Fähigkeiten voll erhalten sind. Wir brauchen also offenbar unser „Bauchgefühl“, um Entscheidungen treffen zu können.

## Anwendungsgebiete der Entscheidungsforschung

Neurowissenschaftlern steht also eine Werkzeugkiste an Methoden zur Verfügung, mit denen ein tiefer Einblick in die Mechanismen und Zeitverläufe von Entscheidungsprozessen möglich ist, teilweise sogar deren Vorhersage. Entsprechend groß ist das Interesse, dieses Wissen für Anwendungen innerhalb und außerhalb der Neurowissenschaften zu nutzen. Ein Beispiel ist die klinische Forschung, wo durch neurowissenschaftliche Erkenntnisse Krankheitsbilder besser verstehbar werden, die u.a. von Entscheidungsproblemen gekennzeichnet sind (Schizophrenie, Schädigungen des Frontalhirns). Sowohl die Diagnosestellung könnte durch die modernen Methoden verbessert werden als auch die Schaffung neuer Behandlungsformen. Besonders starken Einfluss hat der Neuro-Aspekt auf die Marketing-Branche gewonnen: Hier werden neurowissenschaftliche Erkenntnisse genutzt, um Kundenpräferenzen zu erfassen. Diese Erkenntnisse könnten vermutlich auch zur Manipulation genutzt werden, wenn die Mechanismen erst einmal bekannt sind. Es ist jedoch fraglich, ob dies über die Effekte der herkömmlichen Werbemaßnahmen hinausgehen würde. Weitere Anwendungsgebiete, beispielsweise in der Lebensberatung (Entscheidungen bei der Partnerwahl), militärischen Strategieplanung (Vorhersage von Entscheidungsprozessen des Gegners) und sozialpolitische Anwendungen (Präferenzen für PolitikerInnen, Lebensstile), sind denkbar, aber voraussichtlich erst in einer fernerer Zukunft realisierbar.

---

## Entscheidungsforscher am Hanse-Wissenschaftskolleg (HWK)

Im November 2011 wird der bekannte Wirtschaftswissenschaftler, Prof. Ernst Fehr, als Fellow des Hanse-Wissenschaftskollegs (HWK) über seine Arbeiten aus der Neuroökonomie in einem wissenschaftlichen Seminar und in einem öffentlichen Vortrag reden. In seinem Forschungsbereich geht es beispielsweise darum, Hirngebiete zu stimulieren, um neuronale Mechanismen von Entscheidungsprozessen zu klären und kausale Faktoren zu bestimmen.

Auch andere ehemalige Fellows des HWK befassten sich mit verschiedenen Aspekten von Entscheidungsprozessen. Prof. Dr. Ivan Bodis-Wollner von der State University of New York bearbeitete 2002 und 2003 ein Projekt zu willkürlichen Bewegungen (in Kooperation mit Prof. Dr. Mark W. Greenlee, Hochschullehrer für Experimentelle Psychologie an der Universität Regensburg, der von 1999 bis 2003 an der Universität Oldenburg unterrichtete). Unter anderem war dieses Projekt auch für die klinische Forschung relevant, weil PatientInnen mit Parkinson häufig Probleme haben, willkürliche Bewegungen zu initiieren. Ebenfalls 2003 war Dr. Franz Mechsner vom Max-Planck-Institut für Psychologische Forschung (München) zu Gast am HWK, wo er Forschung zur menschlichen Bewegungssteuerung durchführte. Prof. Dr. Frank Rösler (Universität Marburg) nutzte seinen Aufenthalt am HWK 2008/2009 für ein Buchprojekt zum Thema „Handlungskontrolle und Entscheidungsfindung: Immanente Eigenschaften des Nervensystems?“.

Patients with damage to the frontal areas of the brain often have problems making decisions. These problems may manifest themselves in different ways: some patients tend to be highly impulsive, while others have difficulties assessing complex information to their advantage and selecting the appropriate response. There is evidence that information on the subjective reliability of a decision is represented in the parietal lobe, which is closely linked to certain areas of the frontal lobe. In particular when it comes to decisions with an uncertain outcome, e.g. due to a lack of information on the initial situation or on the potential consequences, subcortical brain areas supporting the decision-making process by adding emotional components play an important role. Neuroimaging techniques also revealed that many decisions remain below the level of consciousness, especially simple movements or automatic responses.

### Freedom of choice or neuronal predetermination?

These neuroscientific findings raised far-reaching philosophical questions. To what extent are human beings able to make “free” decisions? Is there such a thing as „free will“, or are all the decisions we make predetermined by neuronal mechanisms? This subject gained even more importance when the press started hailing fMRI as a mind-reading tool: in a 2008 study published in *Nature Neuroscience*, John-Dylan Haynes and his colleagues demonstrated that fMRI signals could predict the button the subject would eventually press, almost five seconds before the subject actually responded. Similar experiments have also been conducted using electroencephalography (EEG) and eye tracking (i.e. monitoring eye movements).

The long-held view that decisions should be made cool and rationally to achieve the „best“ result has at the very least been called into que-

stion by neuroscientific findings: Antonio Damasio demonstrated that damage to the subcortical emotional centres of the brain (in the limbic system) can cause massive decision-making problems in patients, even when their intellectual, rational abilities are unimpaired. Thus we obviously need our „gut feelings“ to make decisions.

### Fields of application for decision research

Neuroscientists have a whole range of methods at their disposal for gaining deeper insights into the mechanisms and the time course of decision-making processes, and in some cases even for predicting decisions. This has generated a great deal of interest in using this knowledge for applications both within and beyond the realm of the neurosciences. One example is clinical research, where neuroscientific findings can be used to gain a better understanding of diseases characterized, among other aspects, by difficulties in making decisions (schizophrenia, damage to the frontal lobes). These modern methods could help to make more accurate diagnoses and find new forms of treatment. The neuroscientific view has gained a particularly strong influence in the marketing sector: for example, neuroscientific findings are used to better understand consumer preferences. Presumably, these insights could also be used manipulatively once the mechanisms will have been revealed. However it is questionable whether the impact would go beyond that of traditional advertising methods. Other areas of application, for example in the area of counselling (decisions pertaining to choice of partner), military strategic planning (predicting the decisions of the opponent) and socio-political applications (preferences for particular politicians, lifestyles) are also conceivable, but might be feasible only in the distant future.

## Die Autoren The authors



Dr. Dorothe Poggel, seit September 2010 Referentin für den Bereich Neuro- und Kognitionswissenschaften am Hanse-Wissenschaftskolleg, studierte Psychologie an der Technischen Universität Berlin und der Universität Oxford (Großbritannien) und promovierte 2002 in Magdeburg. An der Universität München war sie am Aufbau des Sehlabs und an Forschungsprojekten zur Wahrnehmung von Zeit beteiligt. Von 2003 bis 2009 arbeitete sie in Boston (USA) als Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Boston Retinal Implant Project (VA Medical Center, Harvard Medical School, MIT). Dort setzte sie sich unter anderem mit fMRT-Untersuchungen

kortikaler Plastizität bei Kandidaten für Retinainplantate auseinander. Anschließend wirkte sie an der Universität Göttingen an einem Projekt zum Zusammenhang von Hirnanatomie, der Topographie elektrischer Hirnsignale und von fMRT-Signalen mit.

Dr. Dorothe Poggel has been Research Manager for the area of Neurosciences and Cognitive Sciences at the Hanse-Wissenschaftskolleg (HWK – Institute for Advanced Studies) since September 2010. She studied psychology at the Technical University of Berlin and Oxford University (UK) and received her PhD from the University of Magdeburg in 2002. At the University of Munich she was involved in setting up the Vision Lab and in diverse research projects on temporal perception. From 2003 to 2009 she worked in Boston (USA) as a postdoctoral research fellow with the Boston Retinal Implant Project (VA Medical Center, Harvard Medical School, MIT). There she carried out among other things fMRI-assisted research into cortical plasticity in candidates for retinal implants. She went on to work on a project about the connection between brain anatomy, the topography of electrical brain signals and fMRI signals at the University of Göttingen.



Prof. Dr. Reto Weiler, Rektor des Hanse-Wissenschaftskollegs, ist seit 1986 Hochschullehrer für Neurobiologie an der Universität Oldenburg, deren Vizepräsident für Forschung er von 2005 bis 2008 war. Nach seinem Biologiestudium in Zürich ging Weiler zunächst an die Universität München, wo er 1977 promovierte und 1982 habilitierte. Forschungsaufenthalte führten ihn nach Italien, Kanada und in die USA. 1990 wurde er mit dem Max-Planck-Forschungspreis ausgezeichnet. Seit 2004 ist Weiler Mitglied im Fachkollegium Neurowissenschaften der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie Direktor des Forschungszentrums Neurosensorik

der Universität Oldenburg. Der Biologe war maßgeblich an der Einrichtung des ersten DFG-Sonderforschungsbereichs „Neurokognition“ der Universität Oldenburg und der Universität Bremen beteiligt. Seit 2006 ist er Sprecher der DFG-Forschergruppe „Dynamik und Stabilisierung retinaler Verarbeitung.“ Prof. Dr. Reto Weiler, Rector of the Hanse-Wissenschaftskollegs (HWK – Institute for Advanced Studies), has been professor for neurobiology at the University of Oldenburg since 1986. Between 2005 and 2008 he was Vice-President of Research at Oldenburg University. After taking his degree in biology in Zurich Weiler moved to the University of Munich, where he obtained his PhD in 1977 and qualified as a university lecturer in 1982. Research work led him to Italy, Canada and the US. In 1990 he was awarded the Max Planck Research Award. Since 2004, Weiler has been a member of the review board for neurosciences at the German Research Foundation (DFG), as well as director of the Research Centre Neurosensory Science at the University of Oldenburg. He played a key role in setting up the first DFG special research area „Neurocognition“ at the University of Oldenburg and the University of Bremen. Since 2006 he has been the spokesperson for the DFG research group „Dynamics and Stabilisation of Retinal Processing.“