

1 Die Wahrheit über das Lügen: Neurophysiologische Prozesse und psychopathische Persönlichkeitszüge

Ahmed A. Karim, Niels Birbaumer und Andreas J. Fallgatter

Die Verwendung der modernen bildgebenden Verfahren ermöglicht interessante Einblicke in die neuronalen Korrelate von verschiedenen Formen des Lügens. Sie geben aber keine Auskunft darüber, ob diese Areale auch kausal beteiligt sind. Durch die Verwendung der transkraniellen Kortexstimulation konnten Karim et al. (2006; 2009) zum ersten Mal zeigen, dass eine transiente Inhibition des präfrontalen Kortex lügenhaftes Verhalten und einhergehende psychophysiologische Korrelate verändern kann. Die Implikationen dieser Ergebnisse sowie Befunde aus bildgebenden Verfahren und Lösungsstudien für das Verständnis der Pathophysiologie neuropsychiatrischer Störungen, die mit pathologischem Lügen (z.B. Psychopathie; s. Yang et al. 2005) oder der Unfähigkeit zu Lügen (Autismus; s. Happe 1994) einhergehen, werden diskutiert und therapeutische Perspektiven aufgezeigt.

1.1 Funktionelle Neuroanatomie von Falschaussagen

Seit der Dokumentation des berühmten Falles Phineas Gage (Damasio et al. 1994) wurde deutlich, dass nach Läsion der orbitalen, ventralen und vorderen medialen Anteile des präfrontalen Kortex (PFC) pseudopsychopathisches Verhalten bei vormals gut sozialisierten Personen auftritt (siehe Fuster 1989). Obwohl die einzelnen Areale des präfrontalen Kortex unterschiedliche Funktionen haben, kann die Literatur generalisierend dahingehend zusammengefasst werden, dass die orbitalen und anterior-medialen Teile des Präfrontalkortex in Aufgaben involviert sind, welche soziale, emotionale und appetitive Reize steuern, während die mehr dorsalen Regionen eher bei der kognitiven Verarbeitung von Reizen wie Form, Ort und sequenzielle Ordnung im Rahmen von Arbeitsgedächtnisfunktionen involviert sind. Miller und Cohen (2001) entwickelten eine integrative Theorie des prä-

frontalen Kortex, welche nahelegt, dass die verschiedenen Anteile des präfrontalen Kortex „top-down-bias“-Signale (im deutschen am besten übersetzt mit „von zentral nach peripher gerichtete Gewichtungen“) auf andere Gehirnregionen und den dortigen Informationsfluss ausüben. Bei allen willentlichen Entscheidungsakten und komplexen Planungsvorgängen, vor allem in sozialen Kontexten, wird der präfrontale Kortex aktiv. Eines der herausstechenden Merkmale orbitaler Läsionen mit pseudopsychopathischem Zustandsbild besteht darin, dass die Personen den Unterschied zwischen falschen und wahren Aussagen entweder nicht mehr erkennen oder die Konsequenz von Falschaussagen nicht mehr negativ bewerten (Stuss et al. 2001).

Vor allem im Zusammenhang von Untersuchungen zum empathischen Verhalten bei Gesunden und Patienten mit Autismus wurde deutlich, dass die präfrontalen Funktionen und deren inhibitorischer „top-down“-Einfluss für die Verschleierung von Sachverhalten und das Leugnen von Tatbeständen wichtig sind. Nach Läsionen oder bei Dysfunktionen präfrontaler Hirnregionen, wie z.B. bei Autismus und einigen Schizophrenieformen, sowie nach bilateralen medial-frontalen Läsionen ist die Fertigkeit, falsche Aussagen bei anderen zu erkennen und sich in diese hineinzusetzen („detection of deception“), deutlich beeinträchtigt (Stone et al. 1998, Stuss et al. 2001). Seit der Pionierarbeit von Spence et al. (2001) wurden eine Reihe von Studien publiziert, die anhand von bildgebenden Verfahren (fMRT, PET und NIRS) zeigen, dass die Generierung von Lügen mit höherer Aktivität im PFC und im anterioren Cingulum einhergeht (Abe et al. 2007, Ganis et al. 2003, Kozel et al. 2004 und 2005, Lee et al. 2002, Mohamed et al. 2006). Die genaue Beteiligung der Einzelregionen im PFC ist jedoch zwischen den Studien unterschiedlich. In der Literatur zu neuronalen Korrelaten von Lügen wurden v.a. in den folgenden kortikalen Regionen ein höherer hämodynamischer Verbrauch bei der Generierung von Falschaussagen im Vergleich zu wahren Aussagen registriert:

- der rechte anteriore PFC (BA 10; Abe et al. 2007, Ganis et al. 2003, Izzetoglu et al. 2003, Lee et al. 2002, Nunez et al. 2005),
- der dorsolaterale präfrontale Kortex DLpFC (BA 8/9; Abe et al. 2007, Lee et al. 2002, Mohammed et al. 2006, Nunez et al. 2005),
- der ventrolaterale PFC (BA 47/11; Spence et al. 2001, Phan et al. 2005) und
- der inferior frontale PFC (BA44/45; Kozel et al. 2004 und 2005, Nunez et al. 2005).

Die Unterschiede zwischen den einzelnen Studien liegen zum einen an unterschiedlichen Auswertungsmethoden (z.B. unterschiedliche *a priori* Definitionen der „Region of interest“), zum anderen an den unterschiedlichen experimentellen Bedingungen, bei denen die Probanden falsche Aussagen generiert haben (Karim et al. 2010). Ganis et al. (2003) nahmen dabei die interessante Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Formen von Lügen vor. Ihre Daten zeigen, dass gut geplante Lügen, die in eine kohärente Geschichte passen, v.a. mit höherer Aktivität im rechten aPFC (BA 10) einhergehen, während spontane Lügen, die nicht zu einer kohärenten Geschichte passen, eher mit Aktivität im anterioren Cingulum einhergehen. In einer neueren PET-Studie haben Abe et al. (2007) die interessante Hypothese getestet, dass Lügen als rein *exekutive Funktion*, bei der die wahre Antwort inhibiert wird und stattdessen eine falsche Antwort generiert wird, andere präfrontale Regionen beanspruchen als die *soziale Intention*, jemanden zu täuschen. Die Autoren haben dabei die folgenden vier experimentellen Bedingungen getestet:

1. **Ehrlich-Wahrheit (honest-truth):** In dieser Bedingung haben die Probanden gegenüber dem Versuchsleiter die Wahrheit über ihre autobiografischen Daten erzählt.
2. **Ehrlich-Lüge (honest-lie):** Probanden wurden vom Versuchsleiter instruiert über ihre autobiografischen Daten zu lügen, wobei sie die Instruktion befolgten.
3. **Unehrlich-Wahrheit (dishonest-truth):** Probanden wurden vom Versuchsleiter instruiert über ihre autobiografischen Daten zu lügen, wobei sie die Instruktion *nicht* befolgten und den Versuchsleiter täuschten, indem sie die Wahrheit sagten.
4. **Unehrlich-Lüge (dishonest-lie):** Probanden wurden vom Versuchsleiter instruiert, die Wahrheit über ihre autobiografischen Daten zu sagen, wobei sie die Instruktion ebenfalls nicht befolgten und den Versuchsleiter täuschten, indem sie über ihre autobiografischen Daten logen.

Die Auswertung dieser Bedingungen ergab, dass der linke DLPFC und der rechte aPFC mit dem Prozess des Leugnens der wahren Antwort assoziiert waren, während der ventromediale PFC und die Amygdala mit dem Prozess des Täuschens des Versuchsleiters assoziiert waren. Bemerkenswerterweise zeigte sich, dass allein der rechte aPFC (BA 10) in beiden Formen der Täuschung involviert war.

1.2 Psychophysiologische Messung von Falschaussagen

Seit den 20er-Jahren des vorigen Jahrhunderts hält die Diskussion um die Validität psychophysiologischer Messungen zur Erfassung von Falschaussagen („Lügendetektor“) an (siehe auch das Editorial in Nature, 428, 2004, 692–694 über die Aktualität des Problems). Die Überblicksarbeiten von Iacono (1997) und Lykken (1998) zeigen deutlich, dass die von den forensischen Psychophysiologen verwendete Methode des sogenannten Control Question Test (CQT) mit Ableitung von Herzrate, elektrodermaler Aktivität (EDA), Blutdruck und Atmung, eher Ängstlichkeit als Falschaussagen erfassen. Beim CQT findet ein Vergleich zwischen allgemeinen (z. B. „Haben Sie schon jemals etwas gestohlen?“) und verbrechensspezifischen Fragen (z. B. „Haben Sie gestern eine braune Brieftasche gestohlen?“) statt. Die Validität solcher polygraphischer Tests ist niedrig und deren Einsatz zu juristischen Zwecken ist daher nur in einigen Bundesstaaten der USA vor Gericht zulässig. In Europa ist unseres Wissens in keinem Land der Lügendetektor vor Gericht zugelassen, wengleich immer wieder in besonders schwierigen Fällen Ausnahmen erfolgen, die für heftige Diskussionen in der Öffentlichkeit sorgen.

Beim Guilty-Knowledge-Test (GKT) handelt es sich um eine spezielle Befragungsmethode in der Tathergangsdiagnostik, die zuerst von Lykken (1959, 1960) beschrieben wurde. Diese Vorgehensweise unterscheidet sich vom häufig in der Praxis verwendeten Control-Question-Test (CQT) insofern, als dass hier Vergleiche zwischen Items innerhalb einer Frage angestellt werden. Beim GKT werden zu einem Sachverhalt, der nur der schuldigen Person bekannt sein kann, mehrere Antwortalternativen nacheinander dargeboten, von denen jeweils eine den tatsächlichen Gegebenheiten entspricht. Solch ein Frageblock könnte folgendermaßen aussehen:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| ■ Das Hemd des Opfers war braun? | Entspricht nicht den Tatsachen |
| ■ Das Hemd des Opfers war grün? | Entspricht nicht den Tatsachen |
| ■ Das Hemd des Opfers war gelb? | Entspricht nicht den Tatsachen |
| ■ Das Hemd des Opfers war blau? | Entspricht den Tatsachen, tatrelevant |

Die Items müssen so gewählt sein, dass nur der Täter die Antwortalternative kennt, die der Wahrheit entspricht. Zeigt der Verdächtige konsistent bei den wahren Antwortalternativen höhere EDA-Amplituden als bei den unwahren Antwortalternativen, wird angenommen, dass der Verdächtige über Tatwissen verfügt, das nur der Täter kennen kann.

Elaad (1998) untersuchte die Validität des GKT-Verfahrens in einer Metaanalyse von 15 Laborexperimenten mit fiktivem Verbrechen. Er fand eine durchschnittliche Trefferrate für Unschuldige von 95,9% (SD = 6,96%) und für Schuldige von 80,6% (SD = 14,01%). Die jeweilige Trefferwahrscheinlichkeit hängt mitunter von der Anzahl der Fragen ab (Ben-Shakhar u. Elaad 2003).

1.3 Transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS)

Eine zentrale Limitation der bildgebenden Verfahren besteht darin, dass sie nur korrelative Aussagen über die Beteiligung von Hirnarealen an Verhaltensprozessen zulassen. Eine Möglichkeit, um non-invasiv zu überprüfen, ob ausgewählte kortikale Regionen auch *kausal* an Verhaltensprozessen beteiligt sind, bietet die transkranielle Kortexstimulation (transkranielle Magnetstimulation oder transkranielle Gleichstromstimulation), bei der in Abhängigkeit von den Stimulationsparametern ausgewählte kortikale Regionen transient inhibiert oder fazilitiert werden können (für einen Überblick s. Karim et al. 2007).

Bei der transkraniellen Stimulation mit schwachem Gleichstrom werden zerebrale Areale über Oberflächenelektroden polarisiert und hierdurch Veränderungen des neuronalen Ruhemembranpotenzials induziert. Zur Anwendung kamen beim Menschen Stromstärken bis zu 2 mA, die unterhalb der Wahrnehmungsschwelle liegen bzw. keine neuronalen Aktionspotenziale auslösen (Bogdanov et al. 1994, Elbert et al. 1981, Lolas 1977, Priori et al. 1998). Die Elektroden sind zur Vermeidung von lokal irritativen Effekten mit bis zu etwa 25 cm² relativ großflächig (Priori et al. 1998) ausgeführt und können an unterschiedlichen Stellen des Kopfes positioniert werden.

Rush und Driscoll (1968) wiesen an Affen und Dymond et al. (1975) am Menschen mit Hilfe invasiver Elektroden innerhalb der Epilepsiediagnostik nach, dass eine solche Gleichstromstimulation über Oberflächenelektroden einen intrazerebralen Stromfluss erzeugt, dessen Stärke unter anderem von der Elektrodenposition und der applizierten Stromstärke abhängig ist.

Als grundlegender Effekt der Gleichstromstimulation ist in der elektrodennahen kortikalen Schicht eine Verschiebung des neuronalen Ruhemembranpotenzials zu betrachten, wie in einer Reihe von neurophysiologischen Untersuchungen am Tier bei Verwendung epiduraler oder intrazerebraler Reizelektroden belegt wurde (Creutzfeldt et al. 1962, Purpura u. McMurtry 1964): So wurden an der Katze depolarisierende Auswirkungen anodaler Polarisierung an den Somata von Pyramidenbahnneuronen und an nicht pyramidalen kortikalen Neuronen (Summenpotenzialableitungen) nachgewiesen, wogegen kathodale Polarisierung zu einer Hyperpolarisierung dieser Neurone führte. Nitsche und Paulus (2000) konnten zeigen, dass anodale tDCS beim Menschen die Exzitabilität des Motorkortex während des Stromflusses und nach Ende der Stimulation erhöht, während kathodale tDCS entgegengesetzte Effekte hervorruft. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass anodale Gleichstromstimulation bei

einfachen Reaktionszeitaufgaben zu beschleunigten Reaktionen führt (Elbert et al. 1981). Wie sich transkranielle Gleichstromstimulation auf die EEG-Aktivität auswirkt, wurde von Pfurtscheller (1970) untersucht. Er wies nach, dass schwache kathodale Gleichströme eine Zunahme der langsamen Frequenzen im EEG hervorrufen. Eine anodale Stimulation führt dagegen zu einer Abnahme von Theta- und Alpha-Wellen und zu einer Zunahme der schnelleren Beta-Tätigkeit. In einer neueren Studie konnten Karim et al. (2004) anhand von langsamen kortikalen Potenzialen zeigen, dass anodale tDCS die kortikale Exzitabilität erhöht, während kathodale tDCS den entgegengesetzten Effekt hervorruft. Nitsche et al. (2003) wiesen darauf hin, dass anodale tDCS des motorischen Kortex implizites motorisches Lernen mit der kontralateralen Hand verbessern kann. Darüber hinaus konnten Fecteau et al. (2007) mit tDCS demonstrieren, dass eine Inhibition des linken DLPFC bei gleichzeitiger Fazilitierung des rechten DLPFC risikofreudiges Verhalten reduzieren kann. Ein Befund, der therapeutisch z.B. für pathologisches Glücksspiel relevant sein kann.

1.4 Modulation von Lügen und deren neurophysiologischen Korrelate durch transkranielle Gleichstromstimulation (tDCS)

In einer Serie von Experimenten untersuchten Karim et al. (2006b, 2009, 2010), ob eine transiente Inhibition des aPFC (BA10) mittels transkranieller Gleichstromstimulation (tDCS) lügenhaftes Verhalten und einhergehende psychophysiologische Korrelate beeinflussen kann. Hierzu nahmen 44 gesunde Probanden an einem Rollenspiel teil, bei dem sie Geld stahlen und danach an zwei Verhören mit dem Guilty-Knowledge-Test teilnahmen. In einem Doppelblinddesign erhielten die Probanden während des Verhörs kathodale, anodale oder Placebo-tDCS.

Als abhängige Variablen wurden die Lügenhäufigkeit, die Reaktionszeit und Schuldgefühle beim Lügen sowie die Hautleitfähigkeit als Maß für sympathische Erregung erfasst. Außerdem entwickelten wir einen sogenannten Lügenquotienten (LQ) als Maß für geschicktes Lügen (s. Karim et al. 2009). Bemerkenswerterweise führte die Inhibition des aPFC mittels kathodaler tDCS nicht zu einer Beeinträchtigung sondern zu einer signifikanten Verbesserung des Lügenverhaltens. Dieser Effekt zeigte sich in höheren LQ, schnelleren Reaktionszeiten, geringere Schuldgefühle und geringeren Hautleitfähigkeitsreaktionen bei der Generierung von Lügen im Vergleich zu einer Placebo-Stimulation. Darüberhinaus waren die Befunde polaritätsspezifisch, d.h. ausschließlich bei einer kathodalen tDCS des aPFC konnten diese Effekte induziert werden, eine anodale tDCS des aPFC führte hingegen nicht zu den genannten Effekten. Da die Probanden gegenüber der Stimulationsbedingung blind waren und zwischen kathodaler und anodaler transkranieller Stimulation nicht unterscheiden können, sind unspezifische Effekte der tDCS als Erklärungsalternative auszuschließen. Die Ergebnisse von Karim et al. (2006b, 2009) zeigen erstmals, dass lügenhaftes Verhalten und deren psychophysiologische Korrelate durch transkranielle Kortexstimulation moduliert werden kann. Darüber hinaus liefern sie kausale Evidenz für die Rolle des aPFC beim Lügen, die bislang nur anhand korrelativer Daten aus fMRT- und PET-Studien postuliert wurde. Die Befunde von Karim et al. (2006b, 2009) stehen außerdem im Einklang mit klinischen Daten, wonach Psychopathen, die als pathologische Lügner klassifiziert wurden, weniger graue Substanz im präfrontalen Kortex aufweisen (Yang et al. 2005) und im Vergleich zu gesunden Probanden bei der Ge-

nerierung von Lügen geringere Hautleitfähigkeitsreaktionen aufweisen (Verschuere et al. 2005). Wie kann jedoch erklärt werden, dass eine Inhibition des aPFC mittels kathodaler tDCS zu einer Verbesserung des Lügenverhaltens geführt hat?

Untersuchungen von Greene et al. (2001) und Moll et al. (2005) weisen darauf hin, dass der aPFC auch bei der Bearbeitung von moralischen Dilemma-Aufgaben eine zentrale Rolle spielt und dass Probanden bei der Beobachtung von normverletzendem Verhalten (z.B. Bilder von Diebstahl und Mord) ebenfalls eine erhöhte Aktivität des aPFC zeigen. Es kann daher angenommen werden, dass die Generierung von Lügen, um unrechtmäßig persönliche Vorteile zu erzielen (wie etwa beim Leugnen eines Diebstahls), mit einem moralischen Konflikt einhergeht, der sich unter anderem auch in einer höheren Aktivität des aPFC widerspiegelt. Wenn Probanden von solch einem moralischen Konflikt erlöst werden, können sie ungehinderter lügen mit schnelleren Reaktionszeiten, geringeren Schuldgefühlen und geringerer sympathischer Erregung. Um diese Interpretation unserer Daten zu validieren, wurden zwei weitere Experimente durchgeführt, in denen mittels funktioneller Magnetresonanztomografie (fMRT) und transkranieller Gleichstromstimulation (tDCS) die funktionelle Beteiligung des aPFC bei moralischen Entscheidungen untersucht wurde. Hierzu wurden die moralischen Dilemma-Aufgaben von Greene et al. (2001) ins Deutsche übersetzt. In unserer fMRT-Studie führte die Bearbeitung von moralischen Dilemma-Aufgaben zu erhöhtem metabolischen Verbrauch des aPFC und des posterioren Cingulum. In der tDCS-Studie konnte hypothesenkonform gezeigt werden, dass eine Inhibition des aPFC zu einem signifikanten Anstieg von utilitaristischen Entscheidungen sowie zu schnelleren Reaktionszeiten bei der Bearbeitung von moralischen Dilemma-Aufgaben führt (Karim et al., in Vorbereitung). In einer weiteren Studie wurde untersucht, inwiefern psychopathische Persönlichkeitszüge den Einfluss transkranieller Gleichstromstimulation (tDCS) des aPFC auf lügenhaftes Verhalten und einhergehende psychophysiologische Korrelate modulieren können. Wie in der Studie von Karim et al. (2009) nahmen Probanden an einem Rollenspiel teil, bei dem sie Geld stehlen und danach in zwei Verhören mit dem Guilty-Knowledge-Test ihre Unschuld beweisen sollten. Zur Messung von psychopathischen Persönlichkeitszügen wurde die deutsche Version des *Psychopathic Personality Inventory-Revised* (PPI-R; Alpers u. Eisenbarth, 2008) verwendet. Bemerkenswerterweise war „Machiavellistischer Egoismus (ME)“ die einzige Skala, die mit der sympathischen Hautleitfähigkeitsreaktion beim Lügen signifikant korrelierte ($r = -.375$; $p = .025$). Zur weiteren Analyse trennten wir die Stichprobe anhand des Medians in Probanden mit hohem und niedrigem ME. Die Inhibition des aPFC während des Verhörs mittels tDCS führte zu einer signifikanten Verringerung der Schuldgefühle und der sympathischen Hautleitfähigkeitsreaktion nur bei Probanden mit niedrigem ME. Bei Probanden mit hohem ME hatte die tDCS jedoch keinen Effekt (Karim et al., eingereicht).

Die durchgeführten Studien liefern zentrale Erkenntnisse zum Verständnis der Neurobiologie von Lügen und moralischen Entscheidungen und der Pathophysiologie von psychopathischen Persönlichkeitszügen.

1.5 Diskussion und Ausblick

Die Verwendung von modernen bildgebenden Verfahren wie fMRT, PET und NIRS ermöglicht zwar interessante Einblicke in die neuronalen Korrelate von verschiedenen

Formen des Lügens. Sie geben jedoch keine Auskunft darüber, ob diese Areale auch kausal beteiligt sind. Obwohl die Studien von Karim et al. (2006b, 2009, eingereicht) erstmals empirische Evidenz dafür liefern, dass der anteriore präfrontale Kortex (aPFC; BA 9/10) bei der Generierung von Lügen kausal beteiligt ist, können die Befunde dieser Studien nicht dahingehend interpretiert werden, dass der aPFC die einzige oder die zentrale Region ist, die für die Generierung von Lügen verantwortlich ist. FMRT-Studien weisen darauf hin, dass auch andere kortikale Areale außer BA10 ebenfalls beteiligt sind (Abe et al. 2007, Kozel et al. 2004, Lee et al. 2002, Mohamed et al. 2006, Nunez et al. 2005, Phan et al. 2005). Aufgrund dieser Studien kommen dabei v.a. der rechte und linke DLPFC (BA 8/9), der superiore temporale Sulcus (STS) sowie der rechte inferior frontale Kortex (BA 44/45) infrage.

Zukünftige Studien müssten hierzu vermehrt bei verschiedenen Arten von Lügen Untersuchungen mit kombinierter fMRT *und* neuronavigierter TMS bzw. tDCS durchführen, um mit ersterer einen korrelativen Zusammenhang und mit letzterer die kausale Involvierung zu prüfen. Insbesondere sollten die Effektstärken der Stimulation von verschiedenen kortikalen Regionen bei verschiedenen Formen von Lügen verglichen werden. Einige Autoren glauben, dass mithilfe der bildgebenden Verfahren eine zuverlässigere Lügendetektion erzielbar sei, im Vergleich zu peripherphysiologischen Maßen wie der Hautleitfähigkeit (Kozel et al. 2004, Langleben et al. 2002, Mohamed et al. 2006). Einen vielversprechenderen Ansatz als die üblichen fMRT-Kontrastanalysen könnte jedoch die Verwendung von nichtlinearen Klassifikationsalgorithmen wie Support Vector Machines (SVM) oder Hidden Markov Models (HMM) liefern. In unserer Arbeitsgruppe werden seit mehreren Jahren Gehirn-Computer-Schnittstellen (Brain-Computer Interfaces, BCI) für schwergelähmte Patienten entwickelt, um ihnen zu ermöglichen mit der Außenwelt zu interagieren (s. z.B. Birbaumer et al. 1999, Karim et al. 2006a). In einer neueren Studie konnten Sitaram et al. (2006) zeigen, dass die Vorstellung von Rechter-Hand- versus Linker-Hand-Bewegung anhand von SVM-Algorithmen mit einer Trefferrate von 73% und anhand von HMM-Algorithmen mit einer Trefferrate von 89% klassifiziert werden konnten. Zukünftige Studien und v.a. entsprechende Metaanalysen müssen jedoch erst empirische Evidenz dafür liefern, dass bildgebende Verfahren tatsächlich eine zuverlässigere „Lügendetektion“ bieten (mit hoher Spezifität *und* Sensitivität; s. Ben-Shakhar u. Elaad, 2003) als die Ableitung von peripherphysiologischen Maßen. Unabhängig von dieser Fragestellung kann jedoch davon ausgegangen wird, dass die Verwendung von bildgebenden Verfahren dabei helfen wird, die Pathophysiologie neuropsychiatrischer Störungen, die mit pathologischem Lügen (z.B. Psychopathie; Yang et al. 2005) oder der Unfähigkeit zu Lügen (Autismus; s. Happe 1994) einhergehen, besser zu verstehen. Ein besseres Verständnis der Pathophysiologie würde auch neue therapeutische Perspektiven eröffnen. Falls sich z.B. die Annahme erhärtet, dass eine Unterfunktion frontolimbischer Strukturen für antisoziales Verhalten ursächlich ist (s. Birbaumer et al. 2005, Veit et al. 2002), wäre therapeutisch denkbar, dass Patienten lernen, durch ein fMRT-BCI-System die hypoaktiven Hirnregionen hochzuregulieren. Dies müsste jedoch in einem verhaltenstherapeutischen Kontext geschehen, in dem zunächst in einer Verhaltensanalyse nach Kanfer und Saslow (1965) die Situationen, in denen antisoziale Verhaltensweisen (z.B. pathologisches Lügen, aggressives Verhalten oder mangelnde Impulskontrolle) verstärkt vorkommen, sowie die begleitenden Kognitionen, Emotionen und physiologische Reaktionen identifiziert werden. Anschließend müsste in dem Neurofeedback-Training *situationskontingent*

durch *in sensu* oder *in vivo* Exposition die entsprechenden Hirnregionen reguliert werden. Für die therapeutische Arbeit könnte NIRS-Neurofeedback eine weitaus kostengünstigere Alternative bieten als fMRT. Darüber hinaus könnte die Kombination von fMRT/NIRS-Neurofeedback mit transkranieller Kortexstimulation den Lernprozess noch weiter beschleunigen. Erste Studien von Karim et al. (2003, 2004) zeigen, dass EEG-Neurofeedback durch transkranielle Kortexstimulation beschleunigt werden kann. In einer weiteren Studie konnten Karim et al. (2006c) zeigen, dass die Kombination von taktilem operantem Lernen mit transkranieller Kortexstimulation über dem primären somatosensorischen Kortex zu persistenteren Leistungsverbesserungen führen, als es mit operantem Lernen oder mit transkranieller Kortexstimulation allein möglich wäre.

Danksagung

Die Autoren möchten sich bei den folgenden Personen für ihre Mitarbeit und für ihre Unterstützung bei den erwähnten Studien herzlich bedanken: Markus Schneider, Judy Kipping, Rebecca Erschens, Natalie Kempel, Stephan Schleim, Balint Varkuti, Ranganatha Sitaram, Ralf Veit, Martin Lotze, Christoph Braun und Boris Kotchoubey. Die genannten Studien wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), von der Volkswagenstiftung (European Platform for Life Sciences, Mind Sciences and the Humanities) und von der BIAL Foundation gefördert.

Literatur

- Abe N, Suzuki M, Mori E, Itoh M, Fujii T (2007) Deceiving others: distinct neural responses of the prefrontal cortex and amygdala in simple fabrication and deception with social interactions. *Journal of Cognitive Neuroscience* 19(2):287–295
- Alpers GW, Eisenbarth H (2008) *Psychopathic Personality Inventory Revised (PPI-R)*. Hogrefe Verlag, Göttingen
- Ben-Shakar G, Elaad E (2003) The validity of psychophysiological detection of information with the Guilty Knowledge Test: A meta-analytic review. *Journal of Applied Psychology* 88(1):131–151
- Birbaumer N, Veit R, Lotze M, Erb M, Hermann C, Grodd W, Flor H (2005) Deficient fear conditioning in psychopathy: a functional magnetic resonance imaging study. *Archives of General Psychiatry* 62:799–805
- Birbaumer N, Ghanayim N, Hinterberger T, Iversen I, Kotchoubey B, Kübler A, Perelmouter J, Taub E, Flor S (1999) A spelling device for the paralysed. *Nature* 398:297–98
- Bogdanov OV, Pinchuk DY, Pissar'kova EV, Shelyakin AM, Sirbiladze KT (1994) The Use of the Method of Transcranial Micropolarization to Decrease the Severity Hyperkineses in Patients with Infantile Cerebral Palsy. *Neuroscience and Behavioral Physiology* 24(5):442–445
- Creutzfeldt OD, Fromm GH, Kapp H (1962) Influence of transcortical d-c currents on cortical neuronal activity. *Experimentl Neurology* 5:436–452
- Damasio H, Grabowski T, Frank R, Galaburda AM, Damasio AR (1994) The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science* 264(5162):1102–1105
- Dymond AM, Coger RW, Serafetinides EA (1975) Intracerebral current levels in man during electrosleep therapy. *Biological Psychiatry* 10:101–104
- Elaad E (1998) The challenge of the concealed knowledge polygraph test. *Expert Evidence* 6:161–187
- Elbert T, Lutzenberger W, Rockstroh B, Birbaumer N (1981) The influence of low-level transcortical DC-currents on response speed in humans. *International Journal of Neuroscience*: 14:101–114
- Fecteau S, Knoch D, Fregni F, Sultani N, Boggio P, Pascual-Leone A (2007) Diminishing risk-taking behavior by modulating activity in the prefrontal cortex: a direct current stimulation study. *Journal of Neuroscience* 27:6212–6218
- Fuster JM (1989) *The prefrontal cortex*. Raven Press, New York

- Ganis G, Kosslyn SM, Stose S, Thompson WL, Yurgelun-Todd DA (2003) Neural Correlates of Different Types of Deception: An fMRI Investigation. *Cerebral Cortex* 13:830–836
- Greene JD, Sommerville RB, Nystrom LE, Darley JM, Cohen JD (2001) An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science* 293(5537):2105–2108
- Happé FG (1994) Current psychological theories of autism: the „theory of mind“ account and rival theories. *Journal of Child Psychology & Psychiatry* 35:215–229
- Iacono WG, Lykken DT (1997) The validity of the lie detector: two surveys of scientific opinion. *Journal of Applied Psychology* 82(3)
- Izzetoglu K, Yurtsever G, Bozkurt A, Yazici B, Bunce S, Pourrezaei K, Onaral B (2003) NIR spectroscopy of measurements of cognitive load elicited by GKT and target categorization. Paper presented at the Proceedings of the 36th Hawaii international conference on system sciences (HICSS '03)
- Kanfer FH, Saslow G (1965) Behavioral analysis: An alternative to diagnostic classification. *Archives of General Psychiatry* 12:529–538
- Karim AA, Birbaumer N, Siebner HR (2007) Transkranielle Kortexstimulation. In: R.S.U. Ziemann (Ed.), *Das TMS-Buch*. Springer Medizin Verlag, Heidelberg
- Karim AA, Hinterberger T, Richter J, Mellinger J, Flor H, Kübler A, Birbaumer N (2006a) Neural Internet: Web surfing with brain potentials for the completely paralyzed. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 20:508–515
- Karim AA, Kammer T, Lotze M, Nitsche MA, Godde B, Hinterberger T, Cohen LG, Birbaumer N (2004) Effects of TMS and tDCS on the physiological Regulation of cortical excitability in a Brain-Computer Interface. *Biomedical Engineering* 49(1):55–57
- Karim AA, Lotze M, Schneider M, Weber C, Braun C, Birbaumer N (2006b). Inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior. *Psychophysiology* 43(Suppl. 1)
- Karim AA, Schneider M, Lotze M, Scheridan C, Weber C, Veit R, Sauseng P, Braun C, Birbaumer N (2009) The truth about lying: Inhibition of the anterior prefrontal cortex improves deceptive behavior. *Cerebral Cortex* 20:205–213
- Karim AA, Schneider M, Krippel M, Birbaumer N (2010) Zur Neurobiologie des Lügens. In J. Müller (Ed.), *Neurobiologie forensisch-relevanter Störungen* Kohlhammer Verlag, Stuttgart
- Karim AA, Schuler A, Hegner YL, Friedel E, Godde B (2006c) Facilitating effect of 15-Hz repetitive transcranial magnetic stimulation on tactile perceptual learning. *Journal of Cognitive Neuroscience* 18(9):1577–1585
- Karim AA, Schlem S, Schneider M, Birbaumer N, Henrik W (in Vorbereitung). Inhibition of frontopolar cortex reduces moral conflict.“
- Karim AA, Kipping J, Schneider M, Kotchoubey B, Birbaumer N (eingereicht). Psychopathic traits and the psychophysiology of deception: A transcranial direct current stimulation (tDCS) study. *Frontiers in Neuroscience*
- Kozel FA, Johnson KA, Mu Q, Grenesko EL, Laken SJ, George MS (2005) Detecting deception using functional magnetic resonance imaging. *Biological Psychiatry* 58(8):605–613
- Kozel FA, Padgett TM, George MS (2004) A replication study of the neural correlates of deception. *Behavioral Neuroscience* 118(4):852–856
- Langleben DD, Schroeder L, Maldjian JA, Gur RC, McDonald S, Ragland JD, O'Brien CP, Childress AR (2002) Brain Activity during Simulated Deception: An Event-Related Functional Magnetic Resonance Study. *Neuroimage* 15:727–732
- Lee TMC, Liu H-L, Tan L-H, Chan CCH, Mahankali S, Feng C-M, Hou J, Fox PT, Gao J-H (2002) Lie Detection by Functional Magnetic Resonance Imaging. *Human Brain Mapping* 15:157–164
- Lolas F (1977) Brain polarization: Behavioral and therapeutic effects. *Biological Psychology* 12:37–47
- Lykken DT (1959) The GSR in the detection of guilt. *Journal of Applied Psychology* 43:385–388
- Lykken DT (1960) The validity of the guilty knowledge technique: The effects of faking. *Journal of Applied Psychology* 44:258–262
- Lykken DT (1998) *A tremor in the blood. Uses and abuses of the lie detector*. Plenum Press, New York
- Miller, EK, Cohen JD (2001) An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience* 24:167–202
- Mohamed FB, Faro SH, Gordon NJ, Platek SM, Ahmad H, Williams JM (2006) Brain Mapping of Deception and Truth Telling about an Ecologically Valid Situation: Functional MR Imaging and Polygraph Investigation – Initial Experience. *Neuroradiology* 238(2):679–688

- Moll J, Zahn R, de Oliveira-Souza R, Krueger F, Grafman J (2005) The neural basis of human moral cognition. *Nature Neuroscience* 6:799–809
- Nitsche MA, Paulus W (2000) Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *The Journal of Physiology* 527:633–639
- Nitsche MA, Schauenburg A, Lang N, Liebentz D, Exner C, Paulus W, Tergau F (2003) Facilitation of Implicit Motor Learning by Weak Transcranial Direct Current Stimulation of the Primary Motor Cortex in the Human. *Journal of Cognitive Neuroscience* 15(4):619–626
- Nunez JM, Casey BJ, Egner T, Hare T, Hirsch J (2005) Intentional false responding shares neural substrates with response conflict and cognitive control. *Neuroimage* 25:267–277
- Pfurtscheller G (1970) Änderungen in der evozierten und spontanen Hirnaktivität des Menschen bei extracranialer Polarisation. *Zeitschrift für die gesamte experimentelle Medizin* 152:284–293
- Phan KL, Magalhaes A, Ziemlewicz TJ, Fitzgerald DA, Green C, Smith W (2005) Neural correlates of telling lies: a functional magnetic resonance imaging study at 4 Tesla. *Academic Radiology* 12(2):164–172
- Priori A, Berardelli A, Rona S, Accornero N, Manfredi M (1998) Polarization of the human motor cortex through the scalp. *NeuroReport* 9:2257–2260
- Purpura DP, McMurtry JG (1964) Intracellular activities and evoked potential changes during polarization of motor cortex. *Journal of Neurophysiology* 28:166–185
- Rush S, Driscoll DA (1968) Current distribution in the brain from surface electrodes. *Anaesthesia and Analgesia Current Research* 47:717–723
- Sitaram R, Haihong Z, Cuntai G, Monoj T, Yoko H, Akihiro I, Koji S, Birbaumer N (2006) Temporal classification of multichannel near-infrared spectroscopy signals of motor imagery for developing a brain-computer interface. *NeuroImage* 34:1416–1427
- Spence SA, Farrow TFD, Herford AE, Wilkinson ID, Zheng Y, Woodruff PWR (2001) Behavioral and functional anatomical correlates of deception in humans. *NeuroReport* 12(13):2849–2853
- Stone VE, Baron-Cohen S, Knight RT (1998) Frontal lobe contributions to theory of mind. *Journal of Cognitive Neuroscience* 10:640–656
- Stuss DT, Gallup Jr. GG, Alexander MP (2001) The frontal lobes are necessary for 'theory of mind'. *Brain* 124:279–286
- Veit R, Flor H, Erb M, Hermann C, Lotze M, Grodd W, Birbaumer N (2002) Brain circuits involved in emotional learning in psychopathy and fear. *Neuroscience Letters* 328:233–236
- Verschuere B, Crombez G, De Clercq A, Koster EH (2005) Psychopathic traits and autonomic responding to concealed information in a prison sample. *Psychophysiology* 42(2):239–245
- Yang Y, Raine A, Lencz T, Bihrls S, Lacasse L, Colletti P (2005) Prefrontal white matter in pathological liars. *British Journal of Psychiatry* 187:320–325

2 Look where the emotion is: Blickbewegungen psychopathischer Patienten bei der Betrachtung emotionaler Gesichtsausdrücke

Hedwig Eisenbarth, Georg W. Alpers, Antje B.M. Gerdes,
Sarah Spanner und Michael Osterheider

Menschen mit einer hohen Ausprägung psychopathischer Eigenschaften haben oft Schwierigkeiten mit der Wahrnehmung von Emotionen, sowohl im Gegenüber als auch bei sich selbst (Cleckley 1964). Johns und Quay (1962) prägten dafür eine passende Beschreibung: „They know the words, but not the music.“ (Seite 217). Welche Funktionen bei der Wahrnehmung emotionaler Gesichtsausdrücke beeinträchtigt sind und wie diese Beeinträchtigungen mit den verschiedenen Subtypen bzw. Faktoren der Psychopathie zusammenhängen, ist noch unklar. Dieser Beitrag soll einen Überblick über den bisherigen Forschungsstand zum Thema Wahrnehmung von Gesichtsausdrücken bei Psychopathie geben und einen möglichen Ansatz zur Untersuchung vorstellen.

2.1 Aufmerksamkeit für emotionale Reize

2.1.1 Aufmerksamkeitsprozesse bei gesunden Menschen

Emotional relevante Reize, und vor allem bedrohliche Reize ziehen die Aufmerksamkeit des Menschen auf sich. Diese erhöhte Aufmerksamkeitsauslenkung hat sich als evolutionär sinnvoll erwiesen, um das Überleben des Organismus zu sichern. Erhöhte Aufmerksamkeit auf bedrohliche Reize konnte bereits in verschiedenen Experimenten, wie z.B. in sogenannten Dot-probe Paradigmen gezeigt werden: In diesem Paradigma werden gleichzeitig zwei Wörter (oder Bilder) nebeneinander auf einem Bildschirm gezeigt und kurz darauf erscheint an der Stelle eines der beiden Wörter ein Punkt. Die Aufgabe der Probanden ist es, mit einem Tastendruck anzuzeigen, auf welcher Seite der Punkt erschienen war. Erscheint der Punkt nach Wörtern/Bildern, die bedrohlichen Inhaltes sind, kann schneller mit einem Tastendruck geantwortet