

Heinrichs | Caspers | Schnitzler | Seitz

Bildgebung in den Neurowissenschaften

Medizinische, rechtliche und
ethische Aspekte



VERLAG KARL ALBER

A

Ethik in den Biowissenschaften – Sachstandsberichte des DRZE

Im Auftrag des
Deutschen Referenzzentrums für Ethik in den Biowissenschaften

Herausgegeben von
Dieter Sturma und Dirk Lanzerath

www.drze.de

Band 24

Jan-Hendrik Heinrichs | Svenja Caspers
Alfons Schnitzler | Frederike Seitz

Bildgebung in den Neurowissenschaften

Medizinische, rechtliche und ethische Aspekte



VERLAG KARL ALBER

A

Diese Publikation wird als Vorhaben der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste im Rahmen des Akademienprogramms von der Bundesrepublik Deutschland und dem Land Nordrhein-Westfalen gefördert.

Redaktion: Laura Summa

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Auflage 2023

© Jan-Hendrik Heinrichs, Svenja Caspers, Alfons Schnitzler, Frederike Seitz

Publiziert von

Verlag Karl Alber – ein Verlag in der Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG

Waldseestraße 3–5 | 76530 Baden-Baden

www.nomos.de

Gesamtherstellung:

Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG

Waldseestraße 3–5 | 76530 Baden-Baden

ISBN (Print): 978-3-495-99790-1

ISBN (ePDF): 978-3-495-99791-8

DOI: <https://doi.org/10.5771/9783495997918>



Onlineversion
Nomos eLibrary



Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz.

Inhalt

Vorwort	11
I. Bildgebung in den Neurowissenschaften:	
Medizinische Aspekte	15
1. Grundlagen der medizinischen Neurobildgebung	15
1.1 Magnetresonanztomographie (MRT)	16
1.2 Computertomographie (CT)	21
1.3 Magnetenzephalographie (MEG)	22
1.4 Elektroenzephalographie (EEG)	27
1.5 Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS)	29
2. Neurobildgebung in der Forschung	30
2.1 Paradigmenwechsel – von kleinen Studien zu großen Kohorten	30
2.2 Aktuelle ausgewählte Felder neurowissenschaftlicher Forschung	35
2.2.1 Gehirnnetzwerke	35
2.2.2 Gehirnalterung	39
2.2.3 Gehirn, Genetik und Umwelt	42
2.2.4 Prädiktion aus Neurobildgebungsdaten	44
3. Neurobildgebung in der exemplarischen klinischen Anwendung	46
3.1 Schlaganfall	47
3.1.1 Bildgebung des Infarktkerns und der Penumbra	48
3.1.2 Bildgebung und Zeitpunkt des Schlaganfallbeginns	49
3.1.3 Bildgebung und Funktionserholung nach Schlaganfall	50
3.1.4 MEG und Schlaganfall	54
3.2 Neurodegenerative Erkrankungen	55

II. Bildgebung in den Neurowissenschaften:	
Rechtliche Aspekte	81
1. Einleitung	81
2. Bildgebende Verfahren	82
2.1 Auf ionisierender Strahlung/radioaktiven Stoffen basierende bildgebende Verfahren	83
2.2 Nicht auf ionisierender Strahlung/radioaktiven Stoffen basierende Verfahren	84
3. Der Einsatz bildgebender Verfahren zum Zwecke von ärztlicher Heilbehandlung und klinischer Forschung	85
3.1 Ärztliche Heilbehandlung, individueller Heilversuch und klinische Forschung	85
3.2 Klinische Forschung	86
3.2.1 Anwendbarkeit des Strahlenschutzgesetzes	86
3.2.1.1 Anwendbarkeit des StrlSchG im Rahmen der medizinischen Forschung	87
3.2.1.2 Genehmigung- und Anzeigeverfahren, §§ 31, 32 StrlSchG	87
3.2.1.3. Forschung an nicht Einwilligungsfähigen und Minderjährigen	88
3.2.2 Klinische Studien zum Zwecke der Einführung neuer bildgebender Verfahren	88
3.2.2.1 Anwendbarkeit von MDR und MPDG	89
3.2.2.2 Übersicht der Voraussetzungen	90
3.2.2.3 Forschung an nicht Einwilligungsfähigen und Minderjährigen	90
3.2.2.4 Strahlenschutzgesetz	91
3.2.3 Klinische Studien unter Einsatz von bildgebenden Verfahren zur Erprobung von Arzneimitteln	91

3.2.3.1 Anwendbarkeit des AMG	91
3.2.3.2 Übersicht der Voraussetzungen	91
3.2.3.3 Forschung an nicht Einwilligungsfähigen und Minderjährigen	92
3.2.3.4 Strahlenschutzgesetz	92
3.2.4 Klinische Studien unter Einsatz von bildgebenden Verfahren zu anderen Zwecken	92
3.2.4.1 Allgemeine Voraussetzungen der klinischen Forschung zu anderen Zwecken	93
3.2.4.2 Einwilligungsunfähige bzw. in ihrer Einwilligungsfähigkeit beschränkte Personen	94
3.2.4.2.1 Erwachsene	95
3.2.4.2.2 Minderjährige	96
3.2.4.2.3 Strahlenschutzgesetz	96
3.3 Einsatz bildgebender Verfahren zum Zwecke der Heilbehandlung	97
3.3.1 Behandlungsvertrag	97
3.3.2 <i>Informed Consent</i>	98
3.3.2.1 Inhalt und Umfang	98
3.3.2.2 Form und Zeitpunkt	99
3.3.2.3 Einwilligungsunfähige bzw. in ihrer Einwilligungsfähigkeit beschränkte Personen	99
3.3.2.4 Bildgebende Verfahren und Zufallsbefunde	99
4. Zufallsbefunde	100
4.1 Heilbehandlung	100
4.2 Klinische Forschung	101

5. Neurodeterminismus, Lügendetektoren, der Einsatz bildgebender Verfahren zur Feststellung der Schulpflichtigkeit und die Frage nach gefährlichen Gehirnen	104
5.1 Neurodeterminismus und Schuldstrafrecht	105
5.2 Einsatz bildgebender Verfahren im Strafprozess	108
5.2.1 Einsatz als Beweismittel	109
5.2.2 Einsatz zur Prävention von Straftätern	111
5.2.3 Zur Feststellung der Schulpflichtigkeit	112
6. Fazit und Ausblick	113
 III. Bildgebung in den Neurowissenschaften:	
Ethische Aspekte	119
1. Einleitung	119
2. Anwendungsübergreifende Herausforderungen	120
2.1 Risiko-Nutzen-Bilanz	120
2.1.1 Risiken von <i>Imaging</i> -Verfahren	121
2.1.2 Nutzen von <i>Imaging</i> -Verfahren – Grenzen und Missverständnisse	125
2.1.2.1 Klinischer Nutzen und die diagnostisch-therapeutische Fehleinschätzung	126
2.1.2.2 Forschungsnutzen und das diagnostische Missverständnis . .	128
2.1.2.3 Rollenmissverständnisse – Ethische Pflichten jenseits des Arzt-Patienten-Verhältnisses	129
2.2 Informierte Einwilligung	131
2.2.1 Breite und Blanko-Einwilligung	135
2.3 Zufallsbefunde	137
2.3.1 Einschlägige Rechte und Pflichten	140
2.3.2 Nutzen und Schaden der Mitteilung von Zufallsbefunden	144
3. Ethische Aspekte der Neurobildgebung in der Forschung	145
3.1 Rekrutierung von Proband*innen und gleicher Forschungszugang	145
3.2 Datenschutz und Privatsphäre	148

3.3 Gehirn- und <i>Imaging</i> -Datenbanken	150
4. Ethische Aspekte der Neurobildgebung in der klinischen Anwendung: Frühdiagnose / Vorsorgeuntersuchungen	152
5. Neue Herausforderungen der Privatsphäre: <i>Decoding</i> und <i>Consumer Neurotechnologies</i>	154
5.1 <i>Decoding</i> und <i>Mindreading</i>	154
5.2 <i>Consumer Neurotechnologies</i>	160
6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung	161
Kontaktinformationen	169

Vorwort

Bildgebende Verfahren in der Medizin ermöglichen einen Blick ins Körperinnere, ohne dass ein Schnitt in die Haut oder das Einführen eines Instruments in den Körper notwendig wären. Diese nicht-invasiven Verfahren helfen Ärzt*innen insbesondere bei der Diagnose einer Erkrankung, der Feststellung des Schweregrads einer Krankheit, der Verlaufskontrolle von erkrankten Personen sowie der präzisen Planung der Heilbehandlung. Viele dieser Verfahren sind schon länger als Untersuchungsformen im medizinischen Alltag fest etabliert. Doch auch die weitergehenden Ansätze der anatomischen und funktionellen Forschung in der Medizin haben erheblich von bildgebenden Verfahren profitiert. Gerade die Forschung am menschlichen Gehirn ist auf diese nicht-invasiven Verfahren angewiesen, wie etwa Magnetresonanztomographie (MRT), Computertomographie (CT) oder Elektroenzephalographie (EEG). So hat die Neurobildgebung in den letzten Dekaden durch experimentelle Untersuchungen unmittelbar am Menschen wesentlich zum Verständnis der Organisation und Funktionsweise des Gehirns beigetragen. Dies betrifft nicht nur Erkenntnisse über funktionelle Störungen oder den Verlauf verschiedener neurodegenerativer oder psychiatrischer Erkrankungen wie etwa Demenz, Morbus Parkinson, Depression oder Schizophrenie. Bildgebende Verfahren helfen auch über den Rahmen der medizinischen Heilbehandlung hinaus, die neuronalen Korrelate von Denk- und Entscheidungsprozessen gesunder Menschen grundsätzlich besser zu verstehen, da sie Muster verschiedener Aktivitäten im Gehirn abbilden und sichtbar machen können. Jedoch sind viele interpretatorische Schritte notwendig, um die so generierten Bilder auch tatsächlich als Korrelate von Denkprozessen im Gehirn zu interpretieren und zu bewerten.

Neben den enormen Chancen und Potenzialen, die bildgebende Verfahren in den Neurowissenschaften auf diese Weise eröffnen, werden durch sie zugleich auch neue normative Herausforderungen erzeugt, die sowohl Gegenstand der rechtlichen als auch der philosophisch-ethischen Reflexion sind. Die Abwägung von Schaden und

Nutzen im Zusammenhang mit der Strahlenbelastung spielen hier genauso eine Rolle wie der Umgang mit möglichen Zufalls- oder Nebenbefunden sowie die Frage, ob sich Denk- und Entscheidungsprozesse an neuralen Korrelaten ablesen oder gar vorhersagen lassen. Nicht zuletzt haben bildgebende Verfahren so zu einer Renaissance der philosophischen Debatte um die Willens- und Handlungsfreiheit beigetragen, aus der heraus auch das Problem der Schuldfähigkeit und die Feststellung der Schuld im Strafrecht neu eingeordnet werden müssen. Aus medizinethischer Sicht ist besonders auffällig, dass bildgebende Verfahren immer frühere Krankheitsdiagnosen oder Prognosen über Krankheitsverläufe ermöglichen, denen oft keine oder keine angemessenen therapeutischen oder präventiven Mittel gegenüberstehen. Hier ist zu erörtern, in welchen kommunikativen Rahmen solche Befunde eingebettet werden müssen, damit die medizinethischen und medizinrechtlichen Prinzipien der Autonomie und des Nichtschadens gleichermaßen gewahrt und das Recht auf Nichtwissen angemessen berücksichtigt werden können. Darüber hinaus stellen sich vermehrt Probleme des Datenschutzes. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Bilder in Datenbanken längerfristig gespeichert und von dort weiterverarbeitet oder an dritte Parteien weitergegeben werden.

Der *erste Teil* dieses Sachstandsberichts stellt die neueren Methoden der nicht-invasiven Neurobildgebung in systematischer Weise aus *medizinischer* Sicht mit ihren verschiedenen Einsatzmöglichkeiten, aber auch Begrenzungen vor. Daran anschließend werden beispielhaft aktuelle Forschungsfelder und klinische Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt, in denen die aktuellen bildgebenden Verfahren zum Einsatz kommen, um Funktionsweisen und Funktionsstörungen des Gehirns besser zu verstehen. Der *zweite Teil* beleuchtet die *rechtlichen* Fragestellungen, die sich im Rahmen der klinischen Forschung und der medizinischen Heilbehandlung ergeben. Neben den grundsätzlichen Fragen zur Schadensvermeidung und zur Achtung der informationellen Selbstbestimmung in medizinischer Praxis und Forschung werden Problemfelder des Schuldstrafrechts diskutiert. Dazu gehören u.a. der Einsatz von bildgebenden Verfahren bei der Erstellung von Gutachten zur Feststellung der Schuldfähigkeit, die Problematik des Einsatzes von Lügendetektoren mit simultaner Neurobildgebung sowie den Beitrag, den bildgebende Verfahren grundsätzlich zur Diskussion um einen Neurodeterminismus leisten. Im *dritten Teil* wird der Einsatz bildgebender Verfahren in den Neurowis-

senschaften aus *ethischer* Perspektive erörtert. So wird aufgegriffen, dass Diagnosen zu einer erheblichen Belastung führen können, wenn keine entsprechenden Therapien verfügbar sind. Dies führt in der Medizinethik zu einer Debatte um das Recht auf Nichtwissen. In der Ethik hat sich zudem über die juristische Fachdiskussion hinaus eine eigene Diskussion über die Verwendung von bildgebenden Verfahren im Zusammenhang mit der Strafverfolgung entwickelt, sowie eine Debatte über die Rechtfertigung der Anwendung einfacher Geräte im Alltag, etwa zur Beobachtung des Verhaltens von Verbraucher*innen. Der vorliegende Sachstandsbericht stellt einen interdisziplinären Überblick über die aktuelle Diskussion zum Thema aus medizinischer, rechtlicher und ethischer Perspektive dar.

Dirk Lanzerath

