

Grit Schwarzkopf und Hannah Monyer*

Das kantische Raummodell in der Neurobiologie

DOI 10.1515/kant-2017-0018

Abstract: The neurobiological findings of the Nobel laureates John O’Keefe, May-Britt Moser and Edvard Moser have been widely discussed in the context of a “Kantian View of Space”. Thus, spatially tuned cells have been considered the physiological substrate of Kant’s a priori representation of space. Based on neuroscientific and philosophical considerations, the authors maintain that such an interpretation is misleading. Referring to Kant’s own arguments in dealing with Soemmerring’s assertion according to which the cerebral fluid of the ventricles constitutes the physiological substrate of the soul, the authors argue that attributing epistemic functions to a physiological substrate constitutes a vitium subreptionis. However, when used as an analogy, the transfer of concepts from one discipline to another can promote the interdisciplinary dialogue, as shown here on the example of the a priori representation of space.

Keywords: space, neuroscience, Soemmerring, vitium subreptionis, philosophy of science.

I

John O’Keefe und Lynn Nadel schreiben 1978 in ihrem Standardwerk über den Hippocampus:

When we first began to entertain the notion that the hippocampus provided organisms with an a priori Euclidean spatial framework, we found little support or sympathy in the writings of contemporary psychology of neuroscience. [...] As it is this neo-Kantian position which

Anmerkung: Der vorliegende Aufsatz ist ein Ergebnis unserer Zusammenarbeit im Rahmen der Forschungsgruppe „Anthropologie und Ethik“ am Marsilius-Kolleg der Universität Heidelberg, gefördert durch die Exzellenzinitiative II des Bundes und der Länder.

***Kontakt:** Dr. Grit Schwarzkopf, Marsilius-Kolleg der Universität Heidelberg, 69120 Heidelberg; g.schwarzkopf@uni-heidelberg.de; Prof. Dr. Hannah Monyer, Abtlg. für Klinische Neurobiologie, Medizinische Fakultät der Universität Heidelberg, 69120 Heidelberg; h.monyer@Dkfz-Heidelberg.de

we shall be adopting in this book, it is worth restating the two main features of the argument: 1. Three-dimensional Euclidean space is a form imposed on experience by the mind. 2. The unitary framework, conveying the notion of an all-embracing, continuous space, is a prerequisite to the experiencing of objects and their motions. [...] It is our contention that no theory denying these principles can succeed.¹

Vor kurzem bekräftigte O'Keefes Forschungsgruppe diese Sicht: „The hippocampal cognitive map has been proposed as a Kantian synthetic a priori system, partly or wholly formed genetically, to serve as a scaffold for representing experiential information about the external environment.“²

Im Oktober 2014 erhielt O'Keefe für seine Entdeckung der Ortszellen (place cells) den Nobelpreis für Medizin, zusammen mit May-Britt und Edvard Moser, die die ebenfalls raumbildenden Gitterzellen (grid cells) erforschten. Auch sie deuten ihre Arbeit im Bezug auf Kant:

Although the British empiricists of the seventeenth and eighteenth centuries thought that all knowledge about the world was ultimately derived from sensory impressions, Kant argued that some ideas exist as a priori intuitions, independent of specific experience. One of these ideas is the concept of space, which he considered an innate organizing principle of the mind, through which the world is, and must be, perceived. [...] In agreement with the general ideas of Kant, place cells and grid cells in the hippocampal and entorhinal cortices may determine how we perceive and remember our position in the environment as well as the events we experience in that environment.³

In der Zeitschrift *Science* wurden diese neurowissenschaftlichen Theorien der Raumwahrnehmung eigens unter dem Titel „A Kantian View of Space“ dargestellt. Diese Darstellung schließt mit den Sätzen:

Kant believed he had established the a priori [...] status of space as a ‚transcendental condition‘ of our representation of the world. This is, however, quite compatible with the existence of a neurobiological substrate of the mental functions he identifies, so he would likely to be fascinated and delighted by these investigations.⁴

In den folgenden Überlegungen werden wir der Analogie zwischen der neurowissenschaftlichen und der kantischen Theorie des Raumes genauer nachgehen.

¹ O'Keefe, J.; Nadel, L.: *The Hippocampus as a Cognitive Map*. Oxford 1978, 6 und 23 f.

² Wills, T. J.; Cacucci, F.; Burgess, N.; O'Keefe, J.: „Development of the Hippocampal Cognitive Map in Prewaning Rats“. In: *Science* 328, 2010, 1573–1576, hier 1573.

³ Moser, E. I.; Kropff, E.; Moser, M. B.: „Place Cells, Grid Cells, and the Brain's Spatial Representation System“. In: *Annual Review of Neuroscience* 31, 2008, 69–89, hier 69.

⁴ Palmer, L.; Lynch, G.: „A Kantian View of Space“. In: *Science* 328, 2010, 1487–1488, hier 1488.

Die Analogie zu Kants Raumtheorie ermöglicht der Neurowissenschaft offenbar ein Verständnis ihrer Forschungen, das die gewonnenen Ergebnisse auf eine wissenschaftlich fruchtbare Weise zu interpretieren erlaubt. Dieses Verständnis lässt sich historisch untersuchen, indem der durch bestimmte Begriffe geprägte Horizont erkundet wird, der es anleitet. Es lässt sich aber auch systematisch betrachten. Dann gelangt die Analogie der Theorien selbst in den Blick und ermöglicht ein vertieftes Verständnis des Verhältnisses, das Wissenschaften zueinander einnehmen. Für uns ist der zweite Gesichtspunkt von Interesse. Gegenstand unserer Überlegungen ist das Verhältnis zweier Wissenschaften: der Philosophie und der Neurowissenschaft, das in jener Selbstdeutung durch O'Keefe zur Sprache kommt.

Wir gehen in fünf Schritten vor. Zunächst umreißen wir die Interpretation des Hippocampus als eines Apriori. Danach erinnern wir Kants Raumtheorie in ihren Grundzügen. Drittens führen wir Kants Auseinandersetzung mit der Hirnforschung des Anatomen Samuel Thomas Soemmerring ins Feld, um über das Verhältnis von Wissenschaften zueinander Klarheit zu gewinnen. Daraufhin beleuchten wir die genauere Beschaffenheit der Analogie, um abschließend ihren Sinn im Verhältnis verschiedener Wissenschaften freizulegen.

II

Die im Jahr 2014 mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Neurobiologen John O'Keefe, May-Britt und Edvard Moser vertreten die These, dass die Raumrepräsentation des Gehirns an ein Raumapriori gebunden ist. Hierin besteht die Gemeinsamkeit, die sie zu dem Raumapriori sehen, das Kant im Rahmen seiner Erkenntnistheorie einführt.

Wie erklären ihre Theorien und neurobiologischen Experimente räumliche Repräsentation? Ausgangspunkt bildet O'Keefes Entdeckung von Ortszellen (place cells) in Nagetieren.⁵ Ortszellen sind Neuronen, die im Hippocampus – einer Gehirnstruktur, die mit Lernen und Erinnerung verbunden ist⁶ – verortet sind. Sie werden an einem bestimmten Ort im Raum aktiv und sind insofern stabil, als eine Zelle oz_1 jedes Mal feuert, wenn das Tier den Ort o_1 aufsucht, während eine Zelle oz_2 jedes Mal am Ort o_2 feuert usw. Wenn nun ein Tier einen Raum erkundet, erzeugt die fortlaufende Aktivität der zahlreichen Ortszellen in

5 O'Keefe, J.; Dostrovsky, J.: „The Hippocampus as a Spatial Map. Preliminary Evidence from Unit Activity in the Freely-moving Rat“. In: *Brain Research* 34, 1971, 171–175.

6 Squire, L. R.: „Memory and the Hippocampus: a Synthesis from Findings with Rats, Monkeys, and Humans“. In: *Psychological Review* 99, 1992, 195–231.

ihrer Summe eine räumliche Landkarte o_1, o_2, \dots, o_n . Hierbei hängt die gesamte Aktivität einer Ortszelle (das Aktionspotential eines Neurons), die während des Aufenthaltes an einem bestimmten Ort stattfindet, von der Bewegungsgeschwindigkeit des Tiers ab. Umso schneller sich das Tier bewegt, umso höher ist die Frequenz der Aktionspotentiale der Ortszellen.⁷ Diese Verknüpfung von Räumlichem und Zeitlichem trägt zur Erzeugung der räumlichen Landkarten bei.

Im Gefolge von O'Keefes Entdeckung der Ortszellen wurde die Existenz anderer Zelltypen bekannt, die für die Raumrepräsentation bedeutsam sind.⁸ Diese Zelltypen umfassen Gitterzellen (grid cells), Grenzzellen (border cells) und Richtungszellen (head direction cells). Sie befinden sich im mittleren entorhinalen Kortex und angrenzenden Gehirnregionen, die dem Hippocampus eine Vielzahl an Informationen übertragen und umgekehrt von diesem erhalten.

Die Gitterzellen repräsentieren Abstände im Raum. Anders als die Ortszellen werden sie nicht nur an einem einzigen Ort im Raum aktiv, sondern an sechs Orten eines festen Feldes (Hexagon). So feuert eine Gitterzelle gz_1 an den Orten o_1, o_2, \dots, o_6 , aber nicht an o_7, \dots, o_n . Die Feuerfelder jeder dieser Zellen bilden auf diese Weise eine hexagonale Struktur, die an ein Gitter erinnert. Die Summe hexagonaler Strukturen tausender Gitterzellen, die sich überlappen, erzeugt ein Raster des zu erfassenden Raumes. Hierbei variiert der Abstand zwischen den Feuerfeldern von Zelle zu Zelle, bleibt aber im Falle einer bestimmten Zelle konstant. Jede Zelle weist also ihre eigene Gitterstruktur auf, von einem sehr feinen zu einem grobmaschigen Hexagon. Auf diese Weise können die verschiedenen Gitterzellen verschiedene Abstände im Raum und in ihrer Summe das Netz der räumlichen Relationen repräsentieren. Gitterzellen setzen damit die Informationen der Ortszellen in ein Abstandsverhältnis.

Die beiden anderen Zelltypen, die Richtungszellen und die Grenzzellen, liefern weitere notwendige Informationen über den Raum. Eine Richtungszelle rz_1 ist aktiv, wenn sich das Tier in die Richtung r_1 bewegt, eine Richtungszelle rz_2 , wenn in die Richtung r_2 usw. Grenzzellen wiederum zeigen Aktivität, wenn das Tier sich der Begrenzung des Raumes nähert. Mit der Repräsentation der Raumbegrenzung verankert das Tier seine räumliche Landkarte, die zuvor wie in einem Schwebezustand verbleibt, in ihrem festen Rahmen. Die Raumbegrenzung fixiert den Rahmen, in den die Abstände, Orte und Richtungen integriert werden, so dass mit ihr der Raum als endlicher Raum mit einheitlichen Koordinaten erfasst

7 McNaughton, B. L.; Barnes, C. A.; O'Keefe, J.: „The Contributions of Positions, Direction, and Velocity to Single Unit Activity in the Hippocampus of Freely-moving Rats“. In: *Experimental Brain Research* 52, 1983, 41–49.

8 Moser, E. I.; Kropff, E.; Moser, M. B.: a.a.O. (Anm. 3).

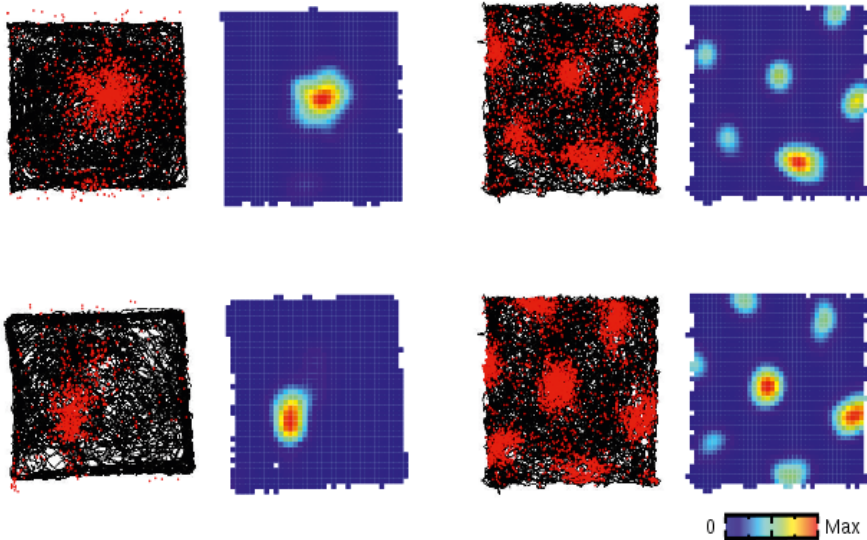


Abb. 1: Feuerfelder von zwei Ortszellen und zwei Gitterzellen. Schwarz wird der zurückgelegte Weg des Tieres angezeigt, die roten Punkte sind die jeweiligen Aktionspotentiale der Orts- und Gitterzellen. Die Felder mit blauem Hintergrund sind ‚firing rate maps‘: die Farbkodierung von Blau zu Rot entspricht einer zunehmenden Feuerrate. Die Messwerte geben die maximale Feuerrate der Zellen an.

werden kann. Für diese Integration besitzt kein Zelltyp eine höhere Funktion, sondern ihre verschiedenen Funktionen fallen netzwerkartig ins Lot.

Die vier Zelltypen liefern gemeinsam alle Informationen, die zur Erzeugung einer räumlichen Landkarte benötigt werden: Verortung (Ortszellen), Abstand (Gitterzellen), Richtung (Richtungszellen) und Verankerung der räumlichen Landkarte (Grenzzellen). Jeder Typ fungiert als ein besonderer Merkmalsmelder zu bestimmten Aspekten der Raumrepräsentation. Die vier Zelltypen bilden darum für O’Keefe und Moser/Moser das „neurobiological substrate“ der räumlichen Wegintegration eines sich bewegenden Tieres. Hierbei hängt die Aktivität der Zellen von der Selbstbewegung des Tieres ab.⁹ Die Zeit, in der das Tier einen Weg im Raum zurücklegt, bildet einen Faktor der räumlichen Repräsentation. Raumerfassung ist immer zeitlich strukturiert. Alle vier Zelltypen erzeugen eine konstante räumliche Landkarte, die zugleich die in der Zeit zurückgelegte Entfernung als einen Faktor enthält. Diese Landkarte steht in den Koordinaten des dreidimensionalen euklidischen Raums.

⁹ McNaughton, B. L.; Battaglia, F. P.; Jensen, O.; Moser, E. I.; Moser, M. B.: „Path Integration and the Neural Basis of the ‚Cognitive Map‘“. In: *Nature Reviews Neuroscience* 7, 2006, 663–678.

Warum wurde nun die Aktivität dieser Zellen von ihren Entdeckern wiederholt mit Kants Raumapriori in Verbindung gebracht? Die Zelltypen führen Programme aus, die von der Selbstbewegung des Tieres aktiviert werden. Das Zellprogramm selbst kann entweder erfahrungsabhängig (a posteriori) oder erfahrungsunabhängig (a priori) sein. Wäre es erfahrungsabhängig, so müssten mindestens zwei Bedingungen erfüllt sein: Das Zellprogramm müsste sich im Verlauf der Raumerfahrung bilden; und es müsste abhängig von den Aktivitäten der anderen Zelltypen sein, weil Raumerfahrung nur im Zusammenspiel der vier Zelltypen möglich ist. Durchgeführte Experimente zeigen aber, dass diese beiden Bedingungen von den untersuchten Zellen nicht erfüllt werden. Bei Jungtieren sind Ortszellen und Gitterzellen bereits unmittelbar nach dem Öffnen der Augen mit Beginn der Umwelterkundung aktiv. Zudem befinden sich die Ortszellen – entgegen den Eingangshypothesen – in einem bereits fortgeschrittenen Reifestadium.¹⁰ Auch die Programme der Grenzzellen und Richtungszellen sind vom Beginn der ersten Raumerkundung an entwickelt, wobei beide Zelltypen Eigenschaften aufweisen, die denen erwachsener Tiere gleichen.¹¹ Auf der Grundlage dieser Ergebnisse lässt sich annehmen, dass die Zellen unabhängig voneinander und bereits vor der ersten aktiven Raumrepräsentation weit ausgebildet sind. Das fortgeschrittene Entwicklungsstadium der vier Zelltypen vor der aktiven Raumerkundung führte die Biologen daher zu dem Schluss, dass diese Neuronen, die die Struktur des Raumes repräsentieren, erfahrungsunabhängig funktionieren.

Unbenommen davon unterliegen Gitterzellen und Ortszellen – wie die Zellen aller Sinneswahrnehmungen – zugleich einem Entwicklungsprozess, der ihre Aktivitäten mehr und mehr verfeinert (fine tuning). Dementsprechend hat sich in der Neurobiologie die folgende Theorie herausgebildet: Die erste Aktivität der Zellen, die die räumliche Landkarte bilden, ist erfahrungsunabhängig, also a priori. Sie stellt eine Aktivität fest programmierter, neuronaler Netzwerke dar und ist insofern angeboren. Während ihrer Entwicklung durchlaufen diese Neuronen wie andere Neuronen des Gehirns erfahrungsabhängige Veränderungen (quantitative und qualitative synaptische Modifikationen); ihre dadurch erfol-

10 Langston, R. F.; Ainge, J. A.; Couey, J. J.; Canto, C. B.; Bjerknes, T. L.; Witter, M. P.; Moser, E. I.; Moser, M. B.: „Development of the Spatial Representation System in the Rat“. In: *Science* 328, 2010, 1576–1580. Wills, T. J.; Cacucci, F.; Burgess, N.; O’Keefe, J.: a.a.O. (Anm. 2).

11 Tan, H. M.; Bassett, J. P.; O’Keefe, J.; Cacucci, F.; Wills, T. J.: „The Development of the Head Direction System Before Eye Opening in the Rat“. In: *Current Biology* 25, 2015, 479–483. Bjerknes, T. L.; Langston, R. F.; Kruge, I. U.; Moser, E. I.; Moser, M. B.: „Coherence Among Head Direction Cells Before Eye Opening in Rat Pups“. In: *Current Biology* 25, 2015, 103–108. Bjerknes, T. L.; Moser, E. I.; Moser, M. B.: „Representation of Geometric Borders in the Developing Rat“. In: *Neuron* 82, 2014, 71–78.

gende Feinabstimmung macht sie selektiver, und ihr Informationsgehalt steigt an. So wird zum Beispiel das Raumfeld einer Ortszelle im Laufe ihrer Entwicklung zunehmend kleiner und dadurch präziser. In dieser Hinsicht ist ihre Aktivität a posteriori. Der Grundplan ihres angeborenen Programms stellt hingegen sicher, dass das Zusammenspiel der vier Zelltypen bereits zu einer frühen Entwicklungsstufe den Raum kodiert. Sie bilden eine kohärente räumliche Landkarte, die nach Art eines Apriori fungiert. Aus diesem Grund werden die vier Zelltypen als das „neurobiologische Substrat“ eines Raumaprioris verstanden und zu Kants Raumapriori in Beziehung gesetzt.

Einwenden ließe sich, dass diese von O’Keefe und Moser/Moser hervorgehobene Struktur auch für andere Repräsentationen als die Repräsentation des Raumes gilt. Die Repräsentation des Geruchs oder des Geräuschs beruht ebenso auf fest programmierten Zellnetzwerken wie die Repräsentation des Raums. Dass die Raumwahrnehmung eine erfahrungsunabhängige Komponente besitzt, könnte daher trivial erscheinen. Allerdings spricht für die funktionale Hierarchie der Raumwahrnehmung, dass mit der Kodierung des Raums alle anderen Repräsentationen räumlich integriert werden. Jede Ortszelle kodiert mehr als nur die Raumstelle; so wird zum Beispiel ein Geruch einer bestimmten Raumstelle zugeordnet. Folglich besitzt das Apriori des Raums die übergeordnete Funktion einer Synthetisierung aller Repräsentationen. Die anderen Repräsentationen wie Geruch oder Geschmack sind in dieser Hinsicht nachgeordnet. Der euklidische Raum, den die räumliche Landkarte der vier Zelltypen als Apriori aufweist, bildet deshalb das Repräsentationsapriori schlechthin. Kein Weltaspekt wird repräsentiert, ohne in die dreidimensionale Landkarte eingetragen zu sein.

Noch eine weitere Beobachtung könnte die Sonderstellung der Raumrepräsentation stützen, wie sie O’Keefe und Moser/Moser annehmen. Im Gegensatz zu allen anderen Sinneszellen sind die Zellen, die den Raum repräsentieren (Ortszellen), nicht ihrem Funktionsablauf gemäß im Gehirn benachbart. So korreliert das Feuern zweier benachbarter Ortszellen nicht unbedingt mit zwei im Raum nebeneinander liegenden Positionen. Diese anatomische Besonderheit spricht für eine höhere Komplexität ihrer Funktion. Bislang gibt es aber für diese Besonderheit noch keine gut eingeführte Interpretation.

Abschließend sei auf eine alternative neurobiologische Interpretation hingewiesen. Eichenbaum und andere verstehen den Raum als einen „Erinnerungsraum“ (memory space). Sie gehen davon aus, dass die Raumrepräsentation ein Relationengefüge von Erinnerungen darstellt, das durch Erfahrung gebildet wird.¹²

12 Eichenbaum, H.; Cohen, N. J.: „Can We Reconcile the Declarative Memory and Spatial Navigation Views on Hippocampal Function?“ In: *Neuron* 83, 2014, 764–769.

Hier ist der Raum erfahrungsabhängig. Auffällig ist, dass die Experimente, auf die sich diese Theorie beruft, humanmedizinische Untersuchungen an pathologischen Gehirnstrukturen wie etwa Unfallverletzungen vornehmen, während O’Keefe und Moser/Moser mit Experimenten an Nagetieren arbeiten. Eichenbaums Argument umgeht die Problematik fest programmierter Netzwerke, die sich bislang an Menschen nicht untersuchen lassen, und schweigt daher zur Grundproblematik des Raumapriori.

III

Konfrontieren wir nun die neurowissenschaftliche Raumtheorie mit der Theorie Kants. Kant bestimmt den Raum als „reine Form der Anschauung“¹³. Diese Bestimmung beinhaltet zweierlei. Erstens schränkt sie den Geltungsbereich des Raumes ein. Als ‚Form der Anschauung‘ ist der Raum nichts, was unabhängig von den Funktionen der Anschauung Geltung besäße. Er betrifft also nicht die Dinge an sich, sondern die Dinge nur insofern, als sie Gegenstände einer möglichen Anschauung sind. Zweitens grenzt sie den Raum gegenüber den Tatsachen der Erfahrung ab. Als ‚reine‘ Form ist der Raum etwas, das eine erfahrungsunabhängige Geltung besitzt. Er wird nicht auf der Grundlage von Erfahrung gebildet, sondern stellt eine Voraussetzung aller Erfahrung von Gegenständen dar. Auf diese Weise besitzt die Raumform Allgemeingültigkeit für alle Gegenstände unserer Erfahrung und ist selber erfahrungsunabhängig. In Kants Sprache heißt das: Sie gilt a priori.

Die Erfahrungsunabhängigkeit der Raumform steht im Widerspruch zu empiristischen Theorien, die die Form des Raumes aus der Erfahrung herleiten. Zu ihrer Begründung führt Kant zumal drei Argumente an. Zwei von ihnen finden sich im Abschnitt der Transzendentalen Ästhetik über den Raum, und eines in den Antizipationen der Wahrnehmung. Das erste Argument lautet auf die Verortung von Wahrnehmungsgegenständen. In der äußeren Sinneswahrnehmung (Sehen, Hören usw.) werden Empfindungen auf etwas „außer mir“¹⁴ bezogen. „Außer mir“ heißt extra me, nicht praeter me.¹⁵ In dem „außer mir“ steckt daher die räumliche Vorstellung des Außer- und Nebeneinanders. Um aber etwas außer mir zu verorten, bedarf ich eines Raumes, in dem ich es verorte. Die äußere Sinneswahrnehmung eines Gegenstandes setzt also die Form des Raumes voraus.

¹³ KrV, B 36; AA 03: 51.10–13.

¹⁴ KrV, B 38; AA 03: 52.22.

¹⁵ Vgl. dazu Brandt, Reinhard: *Immanuel Kant – was bleibt?* Hamburg 2010, 20 f.

Entsprechend steht alle Erfahrung von Gegenständen mittels äußerer Sinneswahrnehmung unter der Bedingung dieser Form. Und das bedeutet: die Form des Raumes gilt a priori. Das zweite Argument lautet auf das asymmetrische Verhältnis von Raum und räumlichen Gegenständen. Während räumliche Gegenstände sich nicht ohne den Raum denken lassen, lässt sich der Raum durchaus ohne räumliche Gegenstände denken. Indiz hierfür ist der Sachverhalt, dass die Raumstelle – der Ort – ohne einen Gegenstand, der ihn einnimmt, gedacht werden kann, wie es Kants mathematisches Vorbild Leonhard Euler dargelegt hatte; umgekehrt werden alle geometrischen Gegenstände in Bezug auf ihren Ort konstruiert.¹⁶ Der Raum ist daher eine Bedingung für die Erfahrung räumlicher Gegenstände, nicht aber ist diese eine Bedingung für ihn.¹⁷ Das dritte Argument lautet auf die Kontinuität des Raumes. Da zu jeder Raumgröße eine kleinere Größe gefunden werden kann, bildet die Form des Raumes ein fließendes Kontinuum. Raumgrößen entstehen aus Einschränkungen dieses Kontinuums.¹⁸ Wenn das aber so ist, dann kann die Form des Raumes nicht aufgrund von Gegenstandserfahrung gelten. Der Raum ist ja kein Resultat von Relationen zwischen Gegenständen oder aus räumlichen Größen zusammengesetzt. Es verhält sich gerade umgekehrt: Räumliche Gegenstände sind die Resultate der Einschränkungen seines Kontinuums. Die Raumform ist daher nicht das Ergebnis einer Gegenstandserfahrung, sondern deren Bedingung. Sie gilt a priori.

Kants Auffassung, dass die Form des Raumes a priori gilt, versteht somit räumliche Einzelgrößen (Gegenstände) als Regionen eines allumfassenden, kontinuierlichen Raumes, die durch dessen Einschränkungen möglich werden. Räumliche Gegenstände werden nicht in einen fertigen Raum gesetzt, sondern mittels der Form des Raumes hervorgebracht. Das heißt, die Form des Raumes geht mit einem konstruktiven Grundakt der Wahrnehmung einher, der die Einzelgrößen aufbaut.¹⁹ Da räumliche Gegenstände von solchen Wahrnehmungsakten unter der Form des Raumes konstruiert werden, liegt die Geltung dieser Form der Gegenstandserfahrung voraus und kann nicht aus dieser begründet werden.

Kants Auffassung steht allerdings unter zwei Voraussetzungen. Die erste Voraussetzung sagt, dass der äußere Sinn räumlich zu interpretieren sei. Der äußere Sinn ist der Sinn eines Wesens an einer bestimmten Raumstelle, der sich auf Gegenstände an anderen Raumstellen richtet. Wenn hingegen das „außer mir“

16 Euler, Leonhard: „Réflexions sur l'espace et le temps“. In: *Histoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles Lettres de Prusse* 4, 1750, 324–333, § xv.

17 KrV, B 39; AA 03: 53.01–04.

18 KrV, B 211; AA 03: 154.04–26.

19 Cassirer, Ernst: *Kants Leben und Lehre*. Berlin 1921, 172.

nicht räumlich (*extra me*), sondern logisch (*praeter me*) verstanden wird, kann die Bedingtheit des äußeren Sinnes durch die Form des Raumes nicht hergeleitet werden. Die zweite Voraussetzung versteht die Raumform nach Art der euklidischen Geometrie. Wenn der Raumort und der Gegenstand, der ihn einnimmt, nicht nach Art der geometrischen Abstraktion getrennt und die Raumgrößen nicht nach Art geometrischer Konstruktionen in einem Raumkontinuum begriffen werden, dann vermag die Bedingtheit der Gegenstände durch die Form des Raumes nicht begründet zu werden.²⁰ Wir können Kants Auffassung daher wie folgt präzisieren: Die Geltung a priori, die sich der Form des Raumes zuschreiben lässt, bezieht sich auf einen euklidischen Raum, vermittels dessen die Wahrnehmung, die an einer bestimmten Raumstelle geschieht, räumliche Gegenstände konstruiert.

Auch diese Präzisierung erfasst jedoch noch nicht den vollen systematischen Sinn von Kants Raumverständnis. Er wird vor dem historischen Horizont der Philosophie des Raumes deutlich.²¹ Die beiden Hauptströmungen des neuzeitlichen Raumverständnisses bestimmten den Raum entweder als absoluten Raum (Newton) oder als relativen Raum (Leibniz). In der ersten Bestimmung lässt sich der Raum von allen räumlichen Einzelgrößen scheiden, in der zweiten Bestimmung bildet der Raum stattdessen nur deren Relationen. Beide Theorien stimmen darin überein, dass sie Theorien von den Dingen, wie sie an sich sind, sein wollten. Leonhard Euler diskutierte diese Theorien sodann als Theorien unterschiedlicher Reichweite. Er argumentierte: Während die Theorie des relativen Raumes der Erfahrung von Gegenständen angemessen ist, ist die Theorie des absoluten Raumes der mathematischen Naturwissenschaft angemessen. Denn von einem Raum ohne räumliche Gegenstände können wir keine Erfahrung erlangen, so dass der Raum unter dem Gesichtspunkt seiner Erfahrung nur in den Relationen der Gegenstände bestimmbar ist. Unter dem Gesichtspunkt der Physik hingegen benötigt man die Abstraktion auf einen absoluten Raum, um das Newton'sche Beharrungsgesetz exakt formulieren zu können. Mit Eulers Interpretation ist der erste Schritt zu einer neuen Sichtweise auf den Raum getan. In ihr gewinnt die Bestimmung des Raumes ihre Geltung durch ihre Funktion innerhalb bestimmter Zusammenhänge.

Kants eigene Theorie geht diesen Schritt zu Ende. Sie betrachtet die Funktion der Raumform im Zusammenhang möglicher Erkenntnis. Wenn Kant immer

20 Zum Verhältnis von apriorischer Raumvorstellung und euklidischer Geometrie vgl. grundsätzlich Reich, Klaus: „Zum Problem der ‚Anschauung als Erkenntnisquelle‘“. In: *Zeitschrift für philosophische Forschung* 2, 1948, 580–586, hier 584–586.

21 Cassirer, Ernst: *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit* II. Berlin, 3. Auflage 1922, 463–484.

wieder betont, dass die Raumform nicht die Dinge an sich betrifft, sondern die Dinge als Gegenstände unserer Erfahrung, dann schränkt er ihre Untersuchung auf ihre Funktion innerhalb möglicher Erfahrung ein. Diese Funktion betrifft genauer die äußere Anschauung von Gegenständen. Und hier sieht Kant sich gezwungen, eine Trennung zwischen empirischer Anschauung und reiner Anschauung einzuführen. Die empirische Anschauung ist eine materiale Anschauung mit konkretem Gehalt. Die reine Anschauung hingegen ist die Form, in der das Material geordnet wird. Ohne eine solche Form wäre der Anschauungsgehalt nicht fasslich. Im Blick auf diese Funktion der Anschauungsform gewinnen die angeführten Argumente ihre Verbindlichkeit. Sie legen dar, dass die Form des Raumes a priori gilt und darum unabhängig von dem erlangten Gehalt der Anschauung ist.

Demnach lässt sich der systematische Sinn von Kants Raumverständnis folgendermaßen zusammenfassen. Im Gefüge möglicher Erkenntnis erfolgt der unmittelbare Bezug auf einen Gegenstand durch dessen Anschauung. Eine Möglichkeit seiner Anschauung ist seine äußere Wahrnehmung. Diese Wahrnehmung erfolgt in der Form des Raumes. Hierzu konstruiert sie räumliche Einzelgrößen als Regionen eines kontinuierlichen euklidischen Raumes durch dessen Einschränkungen. Es ist ersichtlich, dass die Raumform selbst in diesem konstruktiven Wahrnehmungsakt vorausgesetzt wird. Ihre Funktion besteht somit darin, die Bildung räumlicher Einzelgrößen in deren Wahrnehmung zu ermöglichen. Das ist ihre Geltung a priori.

IV

Die neurowissenschaftliche und die kantische Theorie eines Raumapriori sind in verschiedenen Wissenschaftsbereichen angesiedelt. Der Unterschied dieser Bereiche lässt sich an einem historischen Fall der Wissenschaftsgeschichte darlegen, in dem Kant seinerzeit mit einer medizinischen Theorie konfrontiert wurde, die das hirnpfysiologische Substrat zur Erkenntnistheorie zu liefern versuchte.

Im Jahre 1796 erscheint von dem Mainzer Mediziner Samuel Thomas Soemmerring, einem der führenden Anatomen seiner Zeit, das Buch *Über das Organ der Seele*.²² Soemmerring legt hier dar, dass die Flüssigkeit in den Gehirnhöh-

²² Soemmerring, Samuel Thomas: *Über das Organ der Seele*. Königsberg 1796. Zum Kontext vgl. McLaughlin, Peter: „Soemmerring und Kant: Über das Organ der Seele und den Streit der Fakultäten“. In: *Samuel Thomas Soemmerring und die Gelehrten der Goethezeit. Beiträge eines Symposiums in Mainz vom 19. bis 21. Mai 1983*. Hrsg. von Gunter Mann und Franz Dumont. Stuttgart und

len (die Ventrikelfeuchtigkeit) der Sitz und das Organ der Seele ist. Sein Werk besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil (§§ 1–33) stellt eine deskriptive Anatomie des Gehirns dar. Soemmerring beschreibt hier den Verlauf von Hirnnerven und Rückenmarksnerven, die bis an die Wände der Hirnhöhlen (Ventrikel) verfolgt werden können, und kommt zu dem Schluss, dass dort das gemeinsame Empfindungsvermögen zu verorten sei, das *sensorium commune*. Weil die Herleitung aus einem festen Körper scheitert, sieht Soemmerring das *sensorium commune* in der Flüssigkeit, mit der die Hirnhöhlen gefüllt sind (Ventrikelfeuchtigkeit). Empfindung entsteht aufgrund materieller Wechselwirkungen zwischen Nerven und Flüssigkeit. Der zweite Teil des Werkes (§§ 34–66) stellt die Verbindung von Anatomie und Metaphysik her. Soemmerring interpretiert hier das *sensorium commune* als den Sitz und das Organ der Seele. Zu diesem Ergebnis kommt er, nachdem er die Frage danach, ob eine Flüssigkeit überhaupt als organisierte, belebte, animierte Materie zu verstehen ist, positiv beantwortet hat. Ist dies der Fall, so könnten sich psychische Fähigkeiten aus materiellen Konstellationen der Hirnhöhlen und ihrer animierten Flüssigkeit ableiten lassen. Von seinen Zeitgenossen, zu denen nicht nur seine Fachkollegen, sondern auch Goethe, Humboldt oder Schiller gehörten, wurde Soemmerrings wie selbstverständlich vollzogener Schritt von der Organisation der Flüssigkeit „zum innersten Sitze der Seele“²³ sehr kritisiert. Anstelle dieser Diskussionen interessiert uns jedoch das Folgende.

Ein Jahr vor Veröffentlichung (1795) hat Soemmerring sein Manuskript *Über das Organ der Seele* mit der Bitte um Prüfung an Immanuel Kant nach Königsberg gesandt. Kant, an der wissenschaftstheoretischen Analyse der sich hier zeigenden Schwierigkeit interessiert, antwortete, und seine Stellungnahme wurde als Nachwort in Soemmerrings *Über das Organ der Seele* (1796) abgedruckt.²⁴ Kant sieht mit der Frage nach dem körperlichen Sitz der Seele (*sedes animae*) einen Streit der Fakultäten um ihre Gerichtsbarkeit eröffnet. Auf der einen Seite steht die medizinische Fakultät mit ihrem anatomisch-physiologischen Fach, auf der anderen Seite die philosophische Fakultät mit ihrem metaphysisch-psychologischen Fach. Kant schlägt vor, den Begriff eines Seelensitzes zunächst ganz aus dem Spiel zu lassen, da er eine lokale Gegenwart der Seele verlangt, obwohl diese nur eine virtuelle Gegenwart besitzt. Wenn der Begriff des Seelensitzes wegfällt, dann ist die Erforschung des *sensorium commune* eine rein physiologi-

New York 1985, 191–201, sowie Marino, Luigi: „Soemmerring, Kant and the Organ of the Soul“. In: *Romanticism in Science. Science in Europe, 1790–1840*. Hrsg. von Stefano Poggi und Maurizio Bossi. Dordrecht 1994, 127–142.

²³ Soemmerring, Samuel Thomas: a.a.O. (Anm. 22), 42.

²⁴ Br, AA 12: 31.01–35.15.

sche Aufgabe. Im Rahmen dieser Aufgabe lautet die Frage nur, ob eine Flüssigkeit organisiert sein kann. Denn allein dann kann die Ventrikelfeuchtigkeit als organisierte Vereinigung aller Empfindungen begriffen werden. Als ein „in der Naturkunde nicht ganz Unbewanderte[r]“²⁵ weist Kant darauf hin, dass die Organisation der Flüssigkeit dynamisch, nicht mechanisch zu verstehen sei. Nach Lösung dieser physiologischen Aufgabe bleibt die Frage, ob das sensorium commune sich in einem zweiten Schritt nicht doch noch als Sitz der Seele verstehen lässt. Zur Beantwortung dieser weiteren Frage ist der Metaphysiker und nicht mehr der Physiologe kompetent. Die Frage nach dem Sitz der Seele erweist sich dem Metaphysiker aber als eine widersprüchliche Frage. Denn eine Seele, die einen Sitz hätte, müsste sich mit dem äußeren Sinn im Raum anschauen lassen. Sie hätte sich also außer sich selbst zu versetzen, was einen klaren Widerspruch darstellt.

Für Kant ist der Physiologe im Recht, den Metaphysiker zur Beantwortung der Anschlussfrage an seine anatomische Untersuchung des sensorium commune aufzufordern. Der Metaphysiker aber hat daraufhin zu zeigen, dass die verlangte Antwort auf eine unmögliche Größe führt.²⁶ Denn sie beruht auf einer „Subreption“²⁷, die das Erfahrbare mit dem Erfahrungsunabhängigen vermengt. Im Hintergrund dieser Überlegung steht der Begriff vom „Fehler der Erschleichung“ (vitium subreptionis), mit dem Kant in Weiterentwicklung der Schulphilosophie in seiner Dissertation das Kernproblem der metaphysischen Methode bestimmt hatte.²⁸ Eine Subreption begeht, wer Sinnliches und Intellektuelles vertauscht (permutatio intellectualium et sensitivorum).²⁹ Kant unterscheidet drei Arten einer solchen Erschleichung; für uns ist die erste Art wichtig. Sie besteht darin, die sinnliche Bedingung der Möglichkeit der Anschauung eines Gegenstandes als Bedingung der Möglichkeit des Gegenstandes selbst zu nehmen. Das Beispiel für einen solchen Fehler ist der Satz: Alles, was ist, ist irgendwann und irgendwann. Hier werden die raum-zeitlichen Bedingungen der möglichen Anschauung eines Seienden (Ort und Zeitpunkt) mit den Bedingungen seiner Möglichkeit selbst verwechselt.

²⁵ Br, AA 12: 31.10–11.

²⁶ Br, AA 12: 35.08–15.

²⁷ Br, AA 12: 32.10.

²⁸ Material zur Geschichte des Begriffs bei Birken-Bertsch, Hanno: *Subreption und Dialektik bei Kant. Der Begriff des Fehlers der Erschleichung in der Philosophie des 18. Jahrhunderts*. Stuttgart-Bad Cannstatt 2006. Auf Seite 131 findet sich ein kurzer Verweis auf Kants Schreiben an Samuel Thomas Soemmerring, dort als „Theodor Sömmering“ aufgeführt. Eine systematische Diskussion im Blick auf Kants Transzendente Dialektik bietet Grier, Michelle: *Kant's Doctrine of Transcendental Illusion*. Cambridge 2001, 57–65 und 239–247.

²⁹ MSI, AA 02: 412.07–08.

Daher machen sich leere Fragen nach den Örtern der unstofflichen Substanzen der Körperwelt [...], nach dem Sitz der Seele und nach anderem dieser Art breit, und da man das Sinnliche mit dem Intellektuellen wie das Viereckige mit dem Runden unschicklich vermischt, so trifft es sich gewöhnlich, dass einer der Streitenden den Bock zu melken, der Andere ein Sieb unterzuhalten scheint. Aber die Gegenwart des Unstofflichen in der Körperwelt ist virtuell, nicht lokal.³⁰

Bereits in der Dissertation aus dem Jahre 1770 also wird die Frage nach dem Sitz der Seele als fehlerhaft widerlegt. Kant orientiert sich hierbei abermals an Euler, der die Rede vom Sitz der Seele als eine uneigentliche Rede bestimmt und dargelegt hat, dass die Seele zwar in einem gewissen Ort wirkt, aber nicht an einem gewissen Ort existiert.³¹ Bei Kant wird daraus der Unterschied zwischen der virtuellen und der lokalen Gegenwart der Seele.

Kants vorkritische Überlegung kehrt in der späten Schrift zurück. Wer wie Soemmerring den Sitz der Seele in einem Organ sucht, sitzt der Subreption auf, eine raum-zeitliche Möglichkeitsbedingung der Anschauung eines Dinges (den physischen Ort) mit einer Möglichkeitsbedingung des Dinges selbst zu verwechseln. Daher kann er nach der anatomischen Lokalisation der Seele suchen. Die Seele ist aber nicht räumlich, sondern Gegenstand des inneren Sinns „und so fern nur nach Zeitbedingungen bestimmbar“³². Und wenn die Seelenkräfte in einem Organ wirken, ohne dass die Seele räumlich anwesend ist, dann lässt sich eben nur von einer „virtuellen Gegenwart“ sprechen, „welche bloß für den Verstand gehört, eben darum aber auch nicht örtlich ist“³³.

Mit der Aufdeckung der Subreption wird das Feld frei für die Befriedung des Streits zwischen Anatomie und Metaphysik, wie sie Kants oben angegebene Argument leistet. Worauf Kant hier aufmerksam macht, ist der Streit der Fakultäten, den er in seiner zwei Jahre später erscheinenden gleichnamigen Schrift noch einmal unter anderem Aspekt ausführlich darlegen wird: Wer hat die wissenschaftliche Kompetenz, zu der einen oder anderen Frage Stellung zu beziehen? Kant zielt bekanntlich auf die Abgrenzung der verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und ihrer voneinander unterschiedenen Gegenstände, die sie jeweils untersuchen. Die Medizin mit ihrem anatomisch-physiologischen Fach hat die Anatomie des Gehirns zum Gegenstand: einen Gegenstand des äußeren Sinns, der unter empirischen Prinzipien erklärt wird und empirische Erkenntnis zum

³⁰ MSI, AA 02: 414.02–09.

³¹ Euler, Leonhard: *Briefe an eine deutsche Prinzessin über verschiedene Gegenstände aus der Physik und Philosophie*. Zweyter Theil. Leipzig 1769, 49–52.

³² Br, AA 12: 32.03.

³³ Br, AA 12: 32.05–06.

Ziel hat. Die Philosophie mit ihrem psychologisch-metaphysischen Fach hingegen untersucht die introspektive Erkenntnis der Seele: einen Gegenstand des inneren Sinnes, der „zu oberst Gründe a priori verlang[t]“³⁴ und apriorische Erkenntnis zum Ziel hat. Worüber sich nach Kant nicht diskutieren lässt, ist das Verhältnis von Gegenständen zueinander, die verschiedene Fachwissenschaften untersuchen. Was sich hingegen diskutieren lässt, ist der Zusammenhang der verschiedenen Fachwissenschaften. Deshalb ist das Verhältnis von Ventrikelflüssigkeit und Seele wissenschaftlich nicht zu behandeln, sehr wohl aber die Ordnung der Fragen, die die Anatomie an die Metaphysik und umgekehrt zu stellen vermag. Damit hat Kant die Grenzen gesetzt, die zu beachten sind, seitdem der „ganze Inbegriff der Gelehrsamkeit (eigentlich die derselben gewidmeten Köpfe) gleichsam *fabrikenmäßig*, durch Vertheilung der Arbeiten“³⁵ in Fachwissenschaften behandelt wird.

Kants Stellungnahme ist bahnbrechend, weil sie an die Stelle eines ontologischen Dualismus von Körper und Seele und seine verschiedenen Überwindungsversuche den methodologischen Pluralismus setzt. Seinen Überlegungen zufolge wird der Mensch nicht gespalten in Körper und Seele, deren Interaktion dann einen körperlichen Sitz der Seele benötigt (*homo duplex*); es gibt nach Kant keine Wissenschaft, die den Zusammenhang von Körper und Seele zum Gegenstand haben kann. Stattdessen wird der Mensch aus verschiedenen Fachperspektiven (Fakultäten) betrachtet, die jeweils ihren eigenen Gegenstand in Bezug auf ihn haben, und die Einheit der Wissenschaften entsteht nur durch deren Streitgespräch. Diskutieren lässt sich dann der Zusammenhang der verschiedenen Wissenschaften, nicht aber der Dualismus auf dem Boden eines Wissenschaftsgebiets. Folgen wir Kants Überlegungen, so ist ein Zurück zu einem ontologischen Dualismus von Körper und Seele nicht mehr möglich, da dieser ein einheitliches Wissensgebiet voraus setzt. Seitens der Wissenschaftsgeschichte wird hier der „Abschied vom Seelenorgan“³⁶ angelegt gesehen. Denn die Theorien eines Seelenorgans beabsichtigten, den *homo duplex*, den Dualismus von Körper und Seele, zu harmonisieren. Diesem Programm wird von Kant die Grundlage entzogen, weil ein solcher Dualismus von keiner Wissenschaft ausgesagt und daher auch nicht überwunden werden kann.

Was Kant als Antwort auf die Fehlleistung eines Einzelwissenschaftlers postuliert, ist somit ein methodologischer Pluralismus, in dem sich die Fakultäten

34 Br, AA 12: 31.24.

35 SF, AA 07: 17.02–04.

36 Hagner, Michael: *Homo cerebrialis. Der Wandel vom Seelenorgan zum Gehirn*. Frankfurt am Main 2008, 83–87.

gegenüberstehen. Die Hirnforschung muss den Verlust der philosophischen Dimension hinnehmen und sich auf die Empirie beschränken, umgekehrt muss die Philosophie den Verlust der empirischen Dimension hinnehmen.

V

Im Horizont der versammelten Gesichtspunkte lässt sich nun folgende These vertreten. Als O’Keefe 1978 den Hippocampus als eine kognitive Landkarte beschrieb, deren Grundkoordinaten die Wahrnehmungen des Raumes strukturieren, lautete seine Annahme, dass diese Landkarte von konkreten Raumwahrnehmungen unabhängig und in ihrer Funktion mit einem kantischen Raumapriori vergleichbar sei. Moser/Kropff/Moser stützten diese Idee durch die Untersuchung weiterer Zelltypen. Daraus schlossen Palmer/Lynch auf ein „neurobiological substrate“ von Erkenntnisfunktionen. Tatsächlich ist das Verhältnis jedoch komplizierter. O’Keefes Theorie einer apriorischen Raumstruktur liefert kein neurobiologisches Substrat des Raumapriori. Vielmehr bildet sie eine Analogie zur kantischen Raumauffassung aus einer anderen Fachperspektive im *Streit der Fakultäten*.

Die Neurobiologie ist eine Erfahrungswissenschaft, die ihre Theorien in Experimenten beglaubigt. Kants Erkenntnistheorie hingegen ist eine Vernunftwissenschaft, die sich durch die begrifflich-argumentative Arbeit verfasst. Entsprechend spricht jene über Erfahrungsgegenstände, in ihrem Fall über Organe und deren Beschaffenheit, während diese über die Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung spricht. Nun ist die Möglichkeit von Erfahrung kein empirischer Sachverhalt, sondern die Voraussetzung dafür, dass empirische Sachverhalte beschrieben werden können. Geht man davon aus, dass das, was in den Erfahrungswissenschaften beschrieben werden kann, empirische Sachverhalte sind, dann lässt sich sagen: Indem Kants Erkenntnistheorie die Voraussetzung dafür untersucht, dass empirische Sachverhalte beschrieben werden können, untersucht sie eine Voraussetzung der empirischen Sachverhalte selbst. In Kants eigenen Worten heißt das: „die Bedingungen der *Möglichkeit der Erfahrung* überhaupt sind zugleich Bedingungen der *Möglichkeit der Gegenstände der Erfahrung*“³⁷. Während also die Neurobiologie empirische Sachverhalte erforscht und erklärt, untersucht die Erkenntnistheorie Bedingungen empirischer Sachverhalte. Aufgrund dieser unterschiedlichen Ausrichtung beider Wissenschaften kann keine von ihnen ein Substrat für die Ergebnisse der anderen liefern. Die Sachverhalte der Erkenntnis-

37 KrV, A 158; AA 04: 110.36–111.01.

theorie und die Sachverhalte der Neurobiologie gehören grundlegend verschiedenen Bereichen an, die sich nicht aufeinander zurückführen lassen. Damit zeigt sich hier dasselbe Problem, über das Kant bereits in der Auseinandersetzung mit Soemmerrings Seelensitz reflektiert hat. Für das erkenntnistheoretische Raumapriori ein neurobiologisches Substrat in der Form eines genetischen Raumapriori der Zelltypen setzen zu wollen, ist eine Subreption, denn ein solches Substrat würde das Erkenntnisgefüge hinsichtlich der Raumwahrnehmung in bestimmten Zelltypen und ihrem Zusammenhang verorten. Damit stellt sie es unter die sinnlichen Bedingungen, unter denen seine Anschauung möglich wäre, nämlich den Raum, und versteht sie als Bedingungen seiner Möglichkeit selbst. Aber das Erkenntnisgefüge ist – erkenntnistheoretisch gesehen – kein empirischer Sachverhalt. Es gibt daher keine sinnlichen Bedingungen seiner Anschauung, und es kann kein biologisches Substrat einer reinen Form der Anschauung geben. Die Ergebnisse, die die Neurobiologie und die philosophische Erkenntnistheorie mit dem Apriori vorlegen, sind daher Antworten auf wissenschaftliche Fragen unterschiedlicher Reichweite, die sich nicht miteinander kurzschließen lassen.

Über diese bereits von Kant selbst formulierte Kritik hinaus möchten wir den folgenden wissenschaftstheoretischen Sachverhalt festhalten. O'Keefes Raumapriori ist anders zu verstehen als ein neurobiologisches Substrat der kantischen Raumtheorie; es stellt eine wissenschaftliche Analogiebildung dar. Analogien zeichnen sich dadurch aus, dass sie ihre Vergleichsgrößen nicht identifizieren, sondern auf elliptischen Strukturgleichheiten beruhen – elliptisch insofern, als nicht alles, was eine oder beide der Vergleichsgrößen ausmacht, für sie in Betracht gezogen werden muss.³⁸ Eine solche elliptische Strukturgleichheit liegt zwischen der neurowissenschaftlichen und der kantischen Raumtheorie vor. Beide Theorien nehmen ein Bedingungsverhältnis zwischen einem erfahrungsunabhängigen euklidischen Raum und der Raumwahrnehmung an. Ihre jeweilige Interpretation des Raumapriori ist allerdings gemäß ihrer unterschiedlichen Fragestellung verschieden. Während es sich bei Kant um ein epistemisches Apriori handelt, das im Rahmen einer Erkenntnistheorie fungiert, handelt es sich in der Neurowissenschaft um ein genetisches Apriori, das im Rahmen der Zellphysiologie seine Leistung erbringt.

Dieser inhaltliche Unterschied zeigt sich unter anderem daran, dass Kant im Gegensatz zur Neurowissenschaft die apriorische Form des Raumes nicht ‚angeboren‘ nennt. Es geht in seiner Theorie des Raumes nicht um die Ausstattung eines Organismus und seines lebendigen Erkenntnisapparates, sondern um eine Bedingung möglicher Erkenntnis. Die Erkenntnisvermögen Sinnlichkeit, Ein-

38 Hempel, Carl G.: *Aspekte wissenschaftlicher Erklärung*. Berlin 1977, 157.

bildungskraft und Denken werden auf ihre Erfahrungsabhängigkeit oder Erfahrungsunabhängigkeit bestimmt. Zwar könnte Kants folgender Satz auf die biologische Ausstattung des Lebewesens Mensch hindeuten: „Wir können demnach nur aus dem Standpunkte eines Menschen vom Raum [...] reden“³⁹; doch bei genauer Lektüre folgt aus Kants Argumentation nur die Einschränkung der Raumform auf den Zusammenhang möglicher Gegenstandserfahrung. Welche Wesen diese Erfahrung machen können, ist damit nicht gesagt, weil die besondere psychophysische Sinnesausstattung kein Thema der *Kritik der reinen Vernunft* darstellt; „auch geometrietreibende Fledermäuse wären gute Kandidaten“.⁴⁰ Die einzige Voraussetzung ist die Eigenschaft, dass die in Betracht kommenden Wesen sich mittels des äußeren Sinnes auf Weltausschnitte beziehen. Sofern diese Voraussetzung erfüllt ist, kann für die apriorische Geltung der Raumform argumentiert werden. Der Begriff ‚angeboren‘ besitzt also im Rahmen der kantischen Raumauffassung keine Bedeutung. Anders in der Neurobiologie, hier bedeutet ‚erfahrungsunabhängig‘ ‚angeboren‘ oder ‚genetisch angelegt‘. Der Ausdruck ‚a priori‘ bezeichnet hier eine Beschaffenheit des Gehirns, die vor aller Erfahrung, die ein Lebewesen macht, gegeben ist und diese Erfahrung auf eine bestimmte Weise prägt.

Obwohl der Ausdruck ‚a priori‘ in beiden Theorien zur Kennzeichnung von Erfahrungsunabhängigkeit dient, bedeutet er in ihnen Unterschiedliches. Beide Theorien setzen den erfahrungsunabhängigen Raum, den euklidischen Raum a priori, als Bedingung der konkreten Raumerfahrung und stellen die Relation ‚Raumapriori – Raumaposteriori‘ auf. Diese Strukturgleichheit darf aber gerade nicht mit einer identischen Interpretation der Strukturglieder ‚Raumapriori‘ und ‚Raumaposteriori‘ verwechselt werden. Vielmehr variiert die Interpretation der Strukturglieder gemäß den verschiedenen Wissenschaftsbereichen. Die Neurowissenschaften interpretieren das Raumapriori in Bezug auf Erfahrungsgegenstände: als genetische Beschaffenheit von Organen; die kantische Lehre hingegen interpretiert es in Bezug auf die Bedingungen möglicher Erfahrung: als funktionales Merkmal des Erkenntnisverhältnisses. Ihren Grund besitzen die unterschiedlichen Interpretationen der Strukturglieder in den unterschiedlichen Wissenschaftsbereichen, in denen sie stattfinden.

Das zeigt, dass wir hier dasselbe Problem haben, das Kant bereits in der Auseinandersetzung mit Soemmerring erkannt und dargelegt hat. Kant benennt die grundlegenden Wissenschaftsbereiche als Fakultäten. Die neurowissenschaft-

³⁹ KrV, A 25; AA 04: 33.32–33.

⁴⁰ Brandt, Reinhard: „Transzendente Ästhetik §§ 1–3“. In: *Immanuel Kant. Kritik der reinen Vernunft*. Hrsg. von Georg Mohr und Marcus Willaschek. Berlin 1998, 81–106, hier 88.

liche Erklärung der Raumwahrnehmung gehört in den Bereich der medizinischen Fakultät und ihrer naturwissenschaftlichen Umgebung, da sie die Anatomie und Physiologie des Gehirns betrifft. Die kantische Lehre vom Raum hingegen gehört in den Bereich der philosophischen Fakultät, da sie die Bedingungen möglicher Erkenntnis behandelt. Wird zwischen beiden eine Analogie gebildet, so werden dementsprechend die beiden Fakultäten in ein Verhältnis zueinander gesetzt. Die umrissene Analogie stellt somit keine Analogie zwischen *Sachverhalten eines Theoriebereichs* namens Raumtheorie dar, sondern eine Analogie zwischen *Raumtheorien zweier wissenschaftlicher Bereiche*.

VI

So wie Euler die Theorien des relativen und absoluten Raums als Theorien unterschiedlicher Reichweite diskutierte, die ihre Geltung durch ihre Funktion innerhalb bestimmter Zusammenhänge erlangen, so verhält es sich auch mit dem euklidischen Raumapriori. Die neurobiologische Theorie des Raumapriori hat ihre Geltung innerhalb empirischer Gehirnforschung und gibt eine Antwort auf die Frage nach der biologischen Verfasstheit und Funktionsweise von Sinnesorganen und ihren Zellaktivitäten; Kants Theorie des Raumapriori hat ihre Geltung innerhalb der philosophischen Erkenntnistheorie, die auf die Frage antwortet, was die Bedingungen der Möglichkeit von Erkenntnis ist. Doch indem die Analogie zwischen der neurowissenschaftlichen und der kantischen Theorie des Raumes eine Zuordnung zweier verschiedener Wissenschaftsbereiche oder Fakultäten vornimmt, zeigt sich im Verhältnis von Neurobiologie und Philosophie eine gemeinsame Sache: die Raumwahrnehmung. In der Auseinandersetzung mit ihr artikuliert sich die Verschiedenheit der Wissenschaften, ihrer Gegenstände und Methoden. Die gemeinsame Sache aber ist nicht vorweg gegeben, sondern bildet sich im Gespräch der verschiedenen Wissenschaften. Dieses Gespräch ist, wie wir in Anlehnung an Kants *Streit der Fakultäten* sagen können, ein Streitgespräch. Das bedeutet: Die Streitsache, in unserem Fall die Raumwahrnehmung, existiert nicht über oder hinter den Fachperspektiven, vielmehr steht sie im Fadenkreuz verschiedener Wissenschaften und des entsprechenden Methodenpluralismus, ohne sich von einer Wissenschaft einseitig entscheiden zu lassen.

Die Aufgabe der Analogie ist es, dieses Streitgespräch zwischen Neurobiologie und Philosophie zu konstituieren. In der Wissenschaftstheorie werden Analogien zwischen Sachverhalten oft Funktionen im Entdeckungszusammenhang einer Wissenschaft zugewiesen. Ein klassisches Beispiel sind die Analogien zwischen elektromagnetischen und mechanischen Phänomenen, Kraftlinien

einerseits und Röhren mit Flüssigkeit andererseits, die Maxwell zu seinen Gleichungen für das elektromagnetische Feld verhalten.⁴¹ Etwas Ähnliches scheint auch in unserem Kontext zu gelten. Zwar besteht die Analogie nicht zwischen Sachverhalten, sondern zwischen Theorien, nämlich zwischen der neurobiologischen und der kantischen Raumtheorie. Aber O’Keefe formuliert sie in einem Entdeckungszusammenhang der Neurobiologie. Die Ortszellen hat er gerade erst nachgewiesen; die heute vorliegende Komplexität empirischer Beschreibung von Raumwahrnehmung mittels verschiedener Zelltypen und ihres Zusammenspiels mit anderen Sinnessystemen war noch nicht bekannt. Zu diesem Zeitpunkt greift O’Keefe auf eine kantische Überlegung zurück, analog zu der er den euklidischen Raum als genetisch fixiert voraus setzt. Gemäß seiner Selbstaussage wendet sich O’Keefe damit gegen die in seiner Fachwissenschaft verbreitete Sichtweise, Raum würde egozentrisch gesetzt werden und sei damit erfahrungsabhängig. Die Analogie erfüllt hier die polemische Aufgabe, eine Neuinterpretation gegen etablierte Positionen in Stellung zu bringen. Und sie erfüllt eine heuristische Aufgabe. Sie leitet neue Hypothesenbildung und entsprechende Versuchsanordnungen an. So wurde etwa der oben erwähnte Versuch mit den Jungtieren Jahre später zur empirischen Überprüfung der Apriori-Struktur der Ortszellen durchgeführt. Die Analogie hilft also dabei, einen Sachverhalt wie einen anderen Sachverhalt zu sehen, ihn entsprechend zu erforschen und neue Theorien gegenüber gut eingeführten Theorien zu profilieren. All das gehört in den Entdeckungszusammenhang der Neurobiologie.

Aber leistet die Analogie nicht mehr, als bei der Entdeckung neuer Sachverhalte oder neuer Beziehungen von Sachverhalten zu helfen? In der Tat reicht die Aufgabe der Analogie über den Entdeckungszusammenhang hinaus.⁴² Wenn wir Wissenschaftsgebiete, Kant würde sagen: Fakultäten, als jeweils besondere „Räume von Gründen“⁴³ verstehen, dann sind Wissenschaften durch ihre Argumentationen – also das Geben und Nehmen von Gründen – bestimmt und verfasst. Die Analogie zwischen den Raumtheorien kann nun als ein Element innerhalb des neurobiologischen ‚Raumes der Gründe‘ angesehen werden. Indem sie die neurobiologische Raumtheorie ‚wie eine andere Raumtheorie‘ zu sehen verhilft, erlaubt sie eine Interpretation empirischer Daten, die in den Rechtfertigungszusammenhang der Wissenschaft eingeht. Das heißt, O’Keefe rechtfertigt seine

41 Nagel, Ernst: *The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York 1961, 107 f.

42 Im Anschluss an Hesse, Mary: *Models and Analogies in Science*, Notre Dame 1966, sind die verschiedenen Funktionen wissenschaftlicher Analogiebildungen vielfach untersucht worden.

43 Sellars, Winfrid: *Empiricism and the Philosophy of Mind*. With an Introduction by Richard Rorty and a Study Guide by Robert Brandom. Cambridge, Mass. 1997, 76.

Interpretation empirischer Daten unter anderem durch den Rückgriff auf eine philosophische Raumtheorie. Die Analogie liefert somit einen Grund für seine Interpretation. Dieser Grund ist natürlich schwächer als eine empirische Bestätigung oder die interne Kohärenz einer Theorie. Aber er ist nichtsdestoweniger ein Grund, weil er die Interpretation der Daten stützt. Die Analogie nimmt demnach an dem Geben und Nehmen von Gründen innerhalb der Neurobiologie teil.

Somit ist die Analogie kein sonntäglicher Aufputz für Vorworte, von der die Alltagsarbeit der wissenschaftlichen Argumentation nicht berührt wird. Die Analogie besitzt vielmehr eine eigene argumentative Funktion. Das gilt auch umgekehrt für das philosophische Verständnis der Raumwahrnehmung. Die Analogie lässt sich auch in seine Richtung gewinnbringend lesen. Denn die Deutung der kantischen Raumargumente gewinnt dadurch ihr Profil, dass sie sich von den neurobiologischen Thesen eines Raumapriori herausfordern lässt und sich in Auseinandersetzung mit ihnen bewährt. Der neurobiologische Bezug auf Kant erfordert, den Eigensinn der kantischen Raumtheorie abzugrenzen; dadurch erhält deren Deutung eine schärfere Kontur. In diesem Zuge bricht der innerphilosophische Diskurs über Kants Raumtheorie auf und verändert den Blick auf sein Thema, indem er fremde Perspektiven in sich aufnimmt. Konkret heißt das: O'Keefes zentraler Begriff ‚cognitive map‘ für das Raumapriori kann einen neuen hermeneutischen Zugang zu Kants Gedanken einer apriorischen Form der Anschauung bieten. Diese lässt sich dann als eine kognitive Landkarte verstehen, die keine empirische Topologie darstellt, sondern ein holistisches Netz von Raumstellen, in das sich die räumlichen Gegenstände abbilden lassen müssen, um überhaupt räumliche Gegenstände sein zu können.⁴⁴ Die Frage, was es bedeute, den Raum als eine reine Form der Anschauung zu verstehen, erhält dann die Antwort: eine kognitive Landkarte als Konstruktionsvoraussetzung räumlicher Gegenstände anzusehen. Auf diese Weise liefert die neurobiologische Theorie ein Interpretament der kantischen Konzeption. Die Analogie der beiden Raumtheorien macht dies möglich. Das Verhältnis der Wissenschaften besteht nach alledem darin, dass sie Strukturen der jeweils anderen Wissenschaft so transformieren, dass sie als Gründe ihrer eigenen Verstehenszusammenhänge dienen können.

⁴⁴ Eine Parallele bietet Gareth Evans, der O'Keefes Begriff der kognitiven Landkarte in seine kantianische Referenztheorie aufnimmt; Evans, Gareth: *The Varieties of Reference*. Oxford 1982, 151–170.

VII

Drei Momente sollen abschließend den systematischen Gehalt unserer Überlegungen zusammenfassen.

Erstens: Das Problem, das sich an der neurobiologischen Übernahme des kantischen Raummodells zeigt, ist nicht neu. Kant selbst hat bereits darauf hingewiesen; es setzt mit der Herausbildung der Fachwissenschaften ein. Wissenschaftliche Ergebnisse besitzen ihre Geltung unter den Fragestellungen, auf die sie antworten. Sie sind daher nicht direkt in fremde Fakultäten übertragbar, auch nicht als Konkretisierungen. Das gilt in der Regel ebenso für fremde Fachwissenschaften innerhalb einer Fakultät. Die Übertragung, die in unserem Fall vorliegt, besteht in der physiologischen Konkretion erkenntnistheoretischer Ergebnisse. Sie begeht eine Subreption, weil sie empirische Sachverhalte mit epistemischen Sachverhalten vermengt.

Zweitens: Die Verwahrung gegen eine direkte Übertragung von wissenschaftlichen Ergebnissen darf nicht mit einem Begriffskrieg zwischen den Wissenschaften verwechselt werden. Ein solcher Begriffskrieg, der die Frage nach der berechtigten Anwendung von Begriffen zu klären vorgibt, ist wenig fruchtbar und würde zudem eine Hegemonie innerhalb der Wissenschaften errichten, die nicht besteht. Denn, wie Kant betont, keine Wissenschaft oder Fakultät vermag über das Ganze eine Aussage zu treffen. In unserem Fall heißt das, der Biologie nicht den Gebrauch des Begriffs ‚a priori‘ von Seiten der Philosophie verbieten zu wollen, sondern den Irrtum aufzulösen, das neurobiologische Apriori sei das Substrat des erkenntnistheoretischen.

Drittens: Ebenso darf die Verwahrung gegen eine direkte Übertragung von wissenschaftlichen Ergebnissen nicht mit der Isolierung der Fachwissenschaften verwechselt werden. Vielmehr muss an ihre Stelle das Streitgespräch der Wissenschaften treten. Es gründet in der fabrikmäßigen Arbeitsteilung der Wissenschaften. Sie erzeugt für die Fachdisziplinen das Problem, in der Konzentration auf ihr jeweiliges Fachgebiet dazu zu neigen, ihren Teil für das Ganze zu setzen. Aus dieser Schiefelage führt das Streitgespräch der Wissenschaften heraus. Es setzt jeder Wissenschaft ihre Grenzen und versetzt sie zugleich in eine Reflexion auf ihre eigene Reichweite, die sich von der Reichweite anderer Disziplinen abhebt. In diesem Streit werden Ergebnisse präzisiert, und sie werden sogar auf Umwegen gesichert. So gerät mit dem neurobiologischen Aufgriff der kantischen Überlegung eine philosophische Raumtheorie auf neue Weise in die wissenschaftliche Aufmerksamkeit, während umgekehrt die Biologie sich über ihre Grundannahmen der Raumwahrnehmung verständigt. Das vorliegende Beispiel des Raumapriori zeigt zudem, dass ein geeignetes Verfahren für ein interdisziplinäres Streitgespräch in Analogiebildungen besteht. Solche Analogiebildungen

können innerhalb wissenschaftlicher Entdeckungszusammenhänge ebenso wie innerhalb von Rechtfertigungszusammenhängen vollzogen werden und so das Streitgespräch eröffnen.