

Wissenschaftsrecht

Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht

Herausgegeben von Christian von Coelln · Volker Epping
Klaus Ferdinand Gärditz · Bernhard Kempen
Ute Mager · Andreas Schlüter

Beiheft 26

Klaus Ferdinand Gärditz

Cephalopoden im Tierversuchsrecht

Eine Fallstudie zu biowissenschaftlicher Grundlagen-
forschung, Modellorganismen und epistemischer
Lastenverteilung im Verwaltungsrecht



Mohr Siebeck

Wissenschaftsrecht

Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht

Herausgegeben von Christian von Coelln · Volker Epping
Klaus Ferdinand Gärditz · Bernhard Kempen
Ute Mager · Andreas Schlüter

Beiheft 26

Klaus Ferdinand Gärditz

Cephalopoden im Tierversuchsrecht

Eine Fallstudie zu biowissenschaftlicher Grundlagen-
forschung, Modellorganismen und epistemischer
Lastenverteilung im Verwaltungsrecht



Mohr Siebeck

Klaus Ferdinand Gärditz, geboren 1975; Studium der Rechtswissenschaften in Bonn 1995–1998; Referendardienst in Rheinland-Pfalz 1999–2001; Promotion 2001 in Bonn; 2002–2004 Verwaltungsrichter in Rheinland-Pfalz und Rechtsanwalt in Bonn; 2004–2009 Wiss. Assistent an der Universität Bayreuth; Habilitation 2009; seit Sommersemester 2009 Professor für Öffentliches Recht an der Universität Bonn; 2014–2021 stellv. Richter am VerfGH NW; 2015–2021 Richter im Nebenamt am OVG NW. Seit 2020 Mitglied der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften und der Künste.

ISBN 978-3-16-162600-5 / eISBN 978-3-16-162720-0
DOI 10.1628/978-3-16-162720-0

ISSN 0948-1478 (Wissenschaftsrecht: Beiheft)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <https://dnb.de> abrufbar.

© 2023 Mohr Siebeck Tübingen. www.mohrsiebeck.com

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für die Verbreitung, Vervielfältigung, Übersetzung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das Heft wurde von Laupp & Göbel in Gomaringen gesetzt, auf alterungsbeständiges Werkdruckpapier gedruckt und von der Buchbinderei Nädle in Nehren gebunden.

Printed in Germany.

Vorwort

Die vorliegende Untersuchung behandelt ein sehr spezielles Thema, das freilich nur auf den ersten Blick peripher wirkt, aber schnell in zentrale Fragen des Wissenschaftsrechts (einschließlich einer eigentümlich forschungsnahen epistemischen Dimension) führt. Der Text ist aus einer schlichten Laune heraus entstanden. Ich beschäftige mich wissenschaftlich in unterschiedlichen Bereichen mit dem Tierversuchsrecht, nicht zuletzt über einen lebendigen und lehrreichen Austausch mit meinen Kolleginnen und Kollegen am Universitätsklinikum Bonn, die mit Tierversuchen arbeiten, sowie als Mitglied in der „Ständigen Senatskommission für tierexperimentelle Forschung“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Normalerweise wird man dort ausschließlich mit heute hochstandardisierten und überwiegend gentechnisch veränderten Labortieren konfrontiert. Gearbeitet wird mit Mäusen und Ratten, selten einmal mit Schweinen. Bei dieser Arbeit war mir aufgefallen, dass die EU-Tierversuchsrichtlinie im Jahr 2010 zwar den Schutzzumfang um Cephalopoden ergänzt hat, es aber keine deutschsprachige Literatur zu den Hintergründen und auch keine deutschen Debatten hierzu gibt. Geweckter Neugierde folgte – wie üblich – Recherche, die dann im Ergebnis mehr Fragen aufwarf als beantwortete. Auch als dringend nötiger Ausgleich für Belastungen mit verschiedensten Aufgaben ist dann sukzessive dieser Text entstanden. Ich verbinde trotz des anekdotischen Anlasses der Entstehung damit die Hoffnung, zur Aufhellung beizutragen, wie unser Tierversuchsrecht strukturiert und warum am Ende alles viel komplizierter ist, als es auf den ersten Blick erscheint. Es ist zugleich ein Appell an die Rechtswissenschaften, mehr interdisziplinäre Sensibilität zu zeigen und sich gerade im Wissenschaftsrecht auf die Eigenesetzlichkeiten der Fächer einzulassen, die rechtlich reguliert werden.

Ich habe am 28. März 2023 ein strukturiertes Gespräch mit Professor Dr. *Gilles Laurent*, Dr. *Antje Berken* und Dr. *Emily Northrup* vom Max-Planck-Institut für Gehirnforschung in Frankfurt am Main über die Forschungsansätze, Herausforderungen und Erfahrungen mit Cephalopoden im Tierversuch geführt. Ich danke sehr herzlich für das aufschlussreiche Gespräch, das wesentlich dazu beigetragen hat, diese Untersuchung abzuschließen. Die hieraus gewonnenen qualitativen Erkenntnisse sind in die vorliegende Untersuchung eingegangen und an entsprechenden Stellen zitiert.

Ferner möchte ich zwei Personen danken, die sich um diese kleine Untersuchung sehr verdient gemacht haben: Meine Mitarbeiterin Frau *Karoline Linzbach* hat mich in das bezeichnete Gespräch mit dem MPI begleitet und mit mir meine hieraus gezogenen Schlussfolgerungen engagiert diskutiert. Sie hat zudem die Mühe auf sich genommen, das Manuskript auf Schreibfehler und Unklarheiten gegenzulesen. Danken möchte ich ferner Dr. *Hjördis Czesnick*, die liebenswürdigerweise aus eigener Neugierde meine Manuskriptfassung angesehen und als Biologin sehr wichtige Rückfragen zu den rechtswissenschaftlichen Folgerungen gestellt hat, die mir nicht zuletzt Anlass für die eine oder andere notwendige Präzisierung gaben. Ganz herzlichen Dank!

Bonn, Mai 2023

Klaus Ferdinand Gärditz

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

I. Hintergrund 1

II. Tiermodelle in den Life Sciences 4

 1. Modellorganismen 5

 a) Konservierung von Strukturen als Erkenntnischance . . . 6

 b) Geeignete Modellorganismen 8

 c) Invertebraten als Modelle 11

 d) Holistische Perspektive 13

 2. Evolutionäre Entwicklungsbiologie 14

III. Cephalopoden und tierexperimentelles Interesse 18

 1. Hochkomplexes Nervensystem als Proprium 21

 2. Cephalopoden als Modell in der Wissenschaftsgeschichte . . . 27

 a) Die Riesenaxone und der Anfang der modernen
 Neurophysiologie 27

 b) Der kybernetische Oktopus 28

 3. Forschungsinteressen 29

 a) Neurowissenschaften 30

 b) Weitere Forschungsfelder 33

 c) Zwischenbilanz 36

IV. Einbeziehung in das Tierschutzrecht 39

 1. Richtlinienerlass und Motiv der Schutzerweiterung 40

 2. Epistemische Unsicherheit, Nozizeption, Vorsorge
 und Fiktion 43

 3. Deutsches Recht 47

V.	Epistemische Folgelasten	49
	1. <i>Empfindungsfähigkeit als Definitions- und Erkenntnisproblem</i>	49
	2. <i>Cephalopoden als Grenzfall</i>	54
	3. <i>Die Fallstricke einer Vergeisteswissenschaftlichung</i>	58
VI.	Konfliktverlagerung ins Tierversuchsrecht	62
	1. <i>Genehmigungsrecht</i>	63
	2. <i>Ethische Rechtfertigung</i>	65
	a) <i>Ermittlung der Belastung</i>	66
	b) <i>Ermittlung der wissenschaftlichen Bedeutung</i>	70
	aa) <i>Wissenschaftsfreiheit als Grenze der Kognitionstiefe</i>	71
	bb) <i>Epistemische Verfahrensrationalität als Grenze der Kognitionstiefe</i>	73
	cc) <i>Neurowissenschaftliche Grundlagenforschung und funktionale Selbstreferenz des Tierwohls</i>	75
	c) <i>Prozedurale, iterative und kooperative Wissensgenerierung</i>	76
	d) <i>Relationierende Abwägung</i>	80
	3. <i>Replace, Reduce, Refine</i>	86
	a) <i>Studiendesign und Reduktion durch Nutzungsoptimierung</i>	89
	b) <i>Replacement</i>	91
	c) <i>Refinement und Haltungsbedingungen</i>	92
	4. <i>Tötung von Tieren</i>	95
VII.	Resümee	99
	Schlagworte	106

I. Hintergrund

Niemand darf einem Tier ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zufügen (§ 1 Satz 2 TierSchG¹). Diese tierethisch begründete Basisregel des geltenden Tierschutzrechts ist epistemisch voraussetzungs-
voll, weil sie implizit Kenntnisse über Empfindungsvermögen einer Tierart voraussetzt, die nicht zwingend gesichert sind. Wie schwierig die Erfüllung des tierschutzrechtlichen Auftrags unter den besonderen Bedingungen tierexperimenteller Forschung sein kann, aber auch wie wenig reflektiert bisweilen Rechtsetzung erfolgt, die sich mehr von öffentlicher Intuition als von wissenschaftlichem Sachverstand leiten lässt, zeigt der normative Grenzfall der Tierversuche mit Cephalopoden².

Tierversuche mit Cephalopoden spielen heute eine praktisch eher randständige Rolle,³ sie haben Bedeutung vor allem für Bereiche neurowissenschaftlicher Grundlagenforschung. Für eine rechtswissenschaftliche Modellbildung, die die Verarbeitung von Konflikten in rechtlichen Verfah-

¹ Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung v. 18.5.2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Art. 2 Abs. 20 des Gesetzes v. 20.12.2022 (BGBl. I S. 2752) geändert worden ist.

² Zu Phylogenese, Taxonomie und Physiologie *P. Boyle/P. Rodhouse*, Cephalopods: Ecology and Fisheries, 2005, S. 7 ff., 36 ff.; *M. K. Nishiguchi/R. H. Mapes*, Cephalopoda, in: W. Ponder (Hrsg.), Phylogeny and Evolution of the Mollusca, 2008, S. 163 ff.; *W. F. Ponder/D. R. Lindberg/J. M. Ponder*, Biology and Evolution of the Mollusca, Vol. 2, 2020, S. 195 ff.; *L. von Salvini-Plawen*, Mollusca, in: W. Westheide/G. Rieger (Hrsg.), Spezielle Zoologie, Teil 1: Einzeller und Wirbellose Tiere, 3. Aufl. (2013), S. 293 (345 ff.). Zur vergleichenden Verhaltensforschung der verschiedenen Cephalopoden-Arten *J. A. Mather/J. S. Alupay*, An Ethogram for Benthic Octopods (Cephalopoda: Octopodidae), Journal of Comparative Psychology 130 (2016), S. 109 ff. Vgl. für eine Bestandaufnahme der Cephalopoden der Adria *E. Ciavaglia/C. Manfredi*, Distribution and some biological aspects of cephalopods in the North and Central Adriatic, Bollettino malacologico 45 (2009), Supplement, S. 61 ff.

³ In der – ohnehin spärlichen – Rechtsprechung zum Tierschutzrecht findet sich kein einziger Fall. Die einzige Erwähnung findet sich eher entlegen in einer steuerrechtlichen Privilegierung von versteinerten Cephalopoden als paläontologische Sammlerstücke: *BFHE* 151, 266 ff. Im ansonsten dominanten (europäischen) Naturschutzrecht gibt es keine Cephalopoden, die unter Artenschutz fallen. Die einzigen Mollusca, die unter Artenschutz zu stellen sind, sind einige Gastropoda (Schnecken), Bivalvia (Muscheln) sowie der Seeigel *Centrostephanus longispinus*. Siehe Anhang IV zur Richtlinie 92/43/EWG des Rates v. 21.5.1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (ABl. L 206, S. 7).

ren abbilden möchte, eignen sich jedoch oftmals Grenzphänomene besonders gut, weil sie Konflikte ausschärfen und dazu zwingen, Probleme aus Perspektiven zu betrachten, die vom routinierten Standard abweichen. Für ein stark bewegliches System wie die Wissenschaft sind Normalitätsannahmen besonders riskant, weil das normalisierte Wissen rasch überholt sein kann. So hat auch die Forschung mit Invertebraten (Wirbellosen) in den letzten Dekaden mit neuem Wissen immer weiter eingeschliffene Prämissen in Frage gestellt und insbesondere zuvor unbekannte neuronale Komplexität zu Tage befördert.⁴ Gleichwohl sind Nervensysteme der Invertebraten nicht annähernd so gut erforscht wie die der Vertebraten (Wirbeltiere).⁵

Der Grenzfall ist daher auch für die rechtswissenschaftliche Forschung oftmals der bessere Referenzfall. Cephalopoden sind für das Tierschutzrecht besonders interessant, weil sie einerseits ein hochkomplexes Verhalten zeigen und über ein leistungsfähiges Nervensystem verfügen, andererseits aber in ihrer Neuropsychologie sehr fremd und nur in Ansätzen erforscht sind. Vieles bleibt auf den ersten Blick überraschend, auf den zweiten Blick immer noch rätselhaft.⁶ Das hat auch Folgen für die rechtliche Regulierung der Forschung. Die tierschutzrechtlichen Abwägungen sehen sich mit ganz anderen Herausforderungen konfrontiert als Standardmodelle mit traditionellen Vertebraten-Modellorganismen wie Mäusen, Ratten oder Zebrafischen, die millionenfach erprobt sind und auf breite Erfahrung in der Versuchstierkunde verwiesen können.⁷ Den normativen Wert von tierexperimenteller Grundlagenforschung, den das Tierschutzrecht abwägend verarbeiten muss, kann man wiederum nur beurteilen, wenn man die Funktion von Modellen und den spezifischen Wert einer Spezies betrachtet, die zur Modellierung herangezogen wird. Das recht-

⁴ C. Carere/J. Mather, Why Invertebrate Welfare?, in: C. Carere/J. Mather (Hrsg.), *The Welfare of Invertebrate Animals*, 2019, S. 1 (4).

⁵ T. E. Feinberg/J. M. Mallatt, *The Ancient Origins of Consciousness*, 2017, S. 173.

⁶ G. Ponte/C. Chiandetti/G. Fiorito et al., *Cephalopod Behavior: From Neural Plasticity to Consciousness*, *Frontiers in Systems Neuroscience* 15 (2022), Article 787139, S. 1 (2).

⁷ Vgl. nur die standardisierten Referenzwerke zu Mäusen R. Behringer/M. Gertsenstein/K. Vinterstein Nagy/A. Nagy, *Manipulating the Mouse Embryo: A Laboratory Manual*, 4. Aufl. (2013); H. Hedrich (Hrsg.), *The Laboratory Mouse* Gebundene, 2012; G. Proetzel/M. V. Wiles (Hrsg.), *Mouse Models for Drug Discovery: Methods and Protocols*, 2. Aufl. (2018); zu Ratten R. L. Maynard/N. Downe, *Anatomy and Histology of the Laboratory Rat in Toxicology and Biomedical Research*, 2019; M. A. Suckow/F. C. Hankenson/R. P. Wilson/P. L. Foley (Hrsg.), *The Laboratory Rat*, 3. Aufl. (2019); zu Zebrafischen S. Cartner/J. S. Eisen/S. F. Farmer/K. J. Guillemín/M. L. Kent/G. E. Sanders (Hrsg.), *The Zebrafish in Biomedical Research: Biology, Husbandry, Diseases, and Research Applications*, 2019; K. Kawakami/E. E. Patton/M. Orger (Hrsg.), *Zebrafish: Methods and Protocols*, 2018.

liche Setting und seine Binnenrationalität macht Forschung hier zu einer rechtsepiistemischen Herausforderung, ein zureichendes interdisziplinäres Grundverständnis aufzubauen. Traditionellerweise orientiert sich die Auswahl von Referenzgebieten im Recht an der rechtsnormativen Strukturierung im besonderen Verwaltungsrecht.⁸ Eine kognitiv offene Wissenschaft, die auch die Rechtsanwenderperspektive einbezieht, wie Entscheidungen entstehen und wirken,⁹ und sich daher mit den Kontexten von Recht befassen muss, kommt nicht umhin, auch geeignete Referenzgebiete auf der Tatsachenseite auszuwählen („Realbereichsanalyse“¹⁰), um Sachprobleme zu veranschaulichen, die rechtliche Strukturen zu bewältigen haben. Im Wissenschaftsrecht bedeutet das vor allem, sich auf die epistemischen Strukturen anderer Fächer einzulassen.

Ich habe am 28. März 2023 ein Gespräch mit Professor Dr. *Gilles Laurent*, Dr. *Antje Berken* und Dr. *Emily Northrup* vom Max-Planck-Institut für Gehirnforschung in Frankfurt am Main über die Forschungsansätze, Herausforderungen und Erfahrungen mit Cephalopoden im Tierversuch geführt. An dieser Einrichtung findet zahlenmäßig die größte Forschung mit Cephalopoden in Deutschland statt. Die hieraus gewonnenen qualitativen Erkenntnisse (im Sinne einer vertikal integrierten Fallstudie) sind in die vorliegende Untersuchung eingegangen und an entsprechenden Stellen zitiert.

⁸ E. Schmidt-Aßmann, Das allgemeine Verwaltungsrecht als Ordnungsidee, 2. Aufl. (2004), S. 8, 112 ff.; A. Voßkuhle, Neue Verwaltungsrechtswissenschaft, in: ders./M. Eifert/C. Möllers (Hrsg.), Grundlagen des Verwaltungsrechts, Bd. I, 3. Aufl. (2022), § 1 Rn. 43 ff.

⁹ C. Bickenbach, Die Einschätzungsprärogative des Gesetzgebers, 2014, S. 163 f.; C. Bumke, Rechtsdogmatik, 2017, S. 103 f.; M. Eifert, Das Verwaltungsrecht zwischen klassischem dogmatischen Verständnis und steuerungswissenschaftlichem Anspruch, VVDStRL 67 (2008), S. 286 (292, 295 ff.); W. Hoffmann-Riem, Methoden einer anwendungsorientierten Verwaltungsrechtswissenschaft, in: E. Schmidt-Aßmann/W. Hoffmann-Riem (Hrsg.), Methoden der Verwaltungsrechtswissenschaft, 2004, S. 9 (20 ff.); E. Schmidt-Aßmann, Verwaltungsrechtliche Dogmatik, 2013, S. 14 ff.; T. Siegel, Entscheidungsfindung im Verwaltungsverbund, 2009, S. 25; Voßkuhle (Fn. 8), § 1 Rn. 15. Ideengeschichte nachgezeichnet bei J. F. Schaefer, Die Umgestaltung des Verwaltungsrechts, 2016, S. 133 ff.

¹⁰ Voßkuhle (Fn. 8), § 1 Rn. 29 f.

II. Tiermodelle in den Life Sciences

Modellierungen sind ein unverzichtbares epistemisches Vorgehen in den Life Sciences, weil sie Abstraktionen ermöglichen, die wiederum Voraussetzung einer allgemeineren Theoriebildung sind.¹¹ Das Modell ist daher vor allem eine funktional aufgefächerte Denkkategorie der Grundlagenforschung.¹² Gerade Tiermodelle sind aus den – angewandten wie grundlagenorientierten – Lebenswissenschaften kaum wegzudenken. Eine jüngere Bestandaufnahme schätzte, dass 70 Prozent der geförderten biomedizinischen Forschung Tierversuche verwende,¹³ und stellte fest, dass 95 Prozent aller für Physiologie/Medizin vergebenen Nobelpreise auf Forschungsergebnissen beruhten, die auch tierexperimentelle Methoden eingesetzt hatten.¹⁴

Anwendungsbezogene Forschung steht stets auf den Schultern von Riesen, nämlich einer beharrlichen, intrinsisch motivierten, filigranen und oftmals langwierigen Grundlagenforschung, die erst nach und nach ein solides Fundament schafft, auf dem dann die Leuchttürmchen populärer Anwendungen gebaut werden können.¹⁵ Geht es nicht um originär zoologische Erkenntnisinteressen an einer spezifischen Art, sondern um die Gewinnung biowissenschaftlichen Grundlagenverständnisses – etwa evolutionsbiologischer, pathologischer, entwicklungsbiologischer, biochemischer, molekularbiologischer oder neurowissenschaftlicher Provenienz –, wird mit einer Tierart letztlich als repräsentatives Modell experimentell

¹¹ M. D. Laubichler/G. B. Müller, Models in Theoretical Biology, in: dies. (Hrsg.), Modeling Biology, 2007, S. 3 (9).

¹² Vgl. S. Leonelli, What is in a Model?, Combining Theoretical and Material Models to Develop Intelligible Theories, in: M. D. Laubichler/G. B. Müller (Hrsg.), Modeling Biology, 2007, S. 15 (28 ff.).

¹³ Zu den Zahlen und Themenfeldern eingehend B. Bert/A. Dörendahl/G. Schönfelder et al., Rethinking 3R strategies: Digging deeper into AnimalTestInfo promotes transparency in vivo biomedical research, PLoS Biology 15 (2017), Nr. 12, Article e2003217, S. 1 ff.

¹⁴ Enqi Liu/Jianglin Fan, Laboratory Animals and Biomedical Research, in: Enqi Liu/Jianglin Fan (Hrsg.), Fundamentals of Laboratory Animal Sciences, 2020, S. 1 (7).

¹⁵ K. F. Gärditz, Hoflieferanten, 2023, S. 17. Das krude Klischee, Grundlagenforschung mit Tierversuchen sei letztlich gesellschaftlich nutzlos, ist bereits alt. Vgl. aus der Defensive hiergegen bereits W. Kobinger, Von der Maus zum Menschen, in: F. Lembeck (Hrsg.), Alternativen zum Tierversuch, 1988, S. 35 (38).

geforscht. Für das Tierversuchsrecht sind Modelle auch deshalb besonders herausfordernd, weil sie – wie zu zeigen sein wird¹⁶ – hohen Begründungsaufwand verursachen, der wiederum rechtsnormativ-bürokratisch radiziert ist. Auch deshalb lohnt es sich aus rechtswissenschaftlicher Sicht, zunächst einmal die Kategorie des Modellorganismus etwas näher zu betrachten.

1. Modellorganismen

Modellorganismen kommt in den Lebenswissenschaften eine kaum zu überschätzende Bedeutung zu.¹⁷ Modellorganismen sind – ungeachtet begrifflicher Unschärfen¹⁸ – nichtmenschliche Arten, die stellvertretend umfassend untersucht werden, um biologische Zusammenhänge in der Erwartung zu verstehen, dass sich Erkenntnisse abstrahiert auch auf andere Spezies übertragen lassen oder jedenfalls Rückschlüsse auf deren Biologie ermöglichen.¹⁹ An die Stelle der Punktperspektive des einzelnen Experiments tritt eine holistische Perspektive auf eine Spezies, die Verständnis für Zusammenhänge vermittelt, die dann übergreifend nutzbar zu machen sind. Ein erheblicher Teil des heutigen biologischen Wissens beruht auf dieser Untersuchungstiefe einer vergleichsweise kleinen Zahl an Modellorganismen. Es geht also um eine Form, epistemische Repräsentationsbreite zu schaffen,²⁰ mithin um indirekte Erkenntnis²¹.

Hinzu treten zunehmend auch komparatistische Ansätze, die Modellorganismen nutzen, um Vergleiche zwischen Spezies zu ziehen, die taxonomisch sehr weit voneinander entfernt sind.²² Modellierung erfolgt hier ggf.

¹⁶ Unten VI. 2.

¹⁷ W. Arthur, *Understanding Evo-Devo*, 2021, S. 50.

¹⁸ S. A. C. Love/Y. Yoshida, *Reflections on Model Organisms in Evolutionary Developmental Biology*, in: W. Tworzydło/S. M. Bilinski (Hrsg.), *Evo-Devo: Non-model Species in Cell and Developmental Biology*, 2019, S. 3 (11 ff.).

¹⁹ R. A. Ankery/S. Leonelli, *Model Organisms*, 2020, S. 2. Gerade hinsichtlich der Übertragbarkeit wurde mit Recht darauf hingewiesen, dass jeder Organismus einzigartig ist und daher die von „exakten“ Naturwissenschaften gewohnten Schritte der Universalisierbarkeit nicht tragen, aber wissenschaftshistorisch immer wieder – durch voreilige Verallgemeinerungen – gezogen worden sind. So E. Mayr, *Die Entwicklungen der biologischen Gedankenwelt*, 1984, S. 682 f. Bewusstsein für die Grenzen von Modellen und für den Eigenwert des Speziellen entsteht hier erst in jüngerer Zeit.

²⁰ Ankery/Leonelli (Fn. 19), S. 6 f.

²¹ M. Weisberg, *Who Is a Modeler?*, *The British Journal for the Philosophy of Science* 58 (2007), S. 207 (209 f.).

²² Ankery/Leonelli (Fn. 19), S. 64 ff. Zur Ergiebigkeit gerade einer Einbeziehung von Cephalopoden in vergleichende Studien siehe J. Basil/R. Crook, *Evolution of behavioral and neural complexity: learning and memory in Chambered Nautilus*, in: A.-S. Darmaillacq/L. Dickel/J. Mather (Hrsg.), *Cephalopod Cognition*, 2014, S. 31 (31 f.).