

Teil I
Mensch, Umwelt, Natur – Konzeptionelle Bestimmungen

Die Institutionalisierung der Umweltmedizin

Jens Soentgen und Felix Tretter

Inhaltsübersicht

0. Einleitung	23
1. Umwelt und Gesundheit	24
1.1 Was ist Umwelt? Probleme eines vermeintlich selbstverständlichen Begriffs	25
2. Institutionalisierung der Umweltmedizin in Deutschland	27
2.1 Die politische Dimension der Umweltproblematik	28
2.2 Neuere Ansätze der Umweltmedizin	29
3. Erfolge und Perspektiven	36
Literatur	39

0. Einleitung

Schon Hippokrates hat die Bedeutung der natürlichen Umgebung für Krankheit und Gesundheit erkannt. Diese Spur hat die heutige Umweltmedizin in ihren Methoden und Begriffen aufgenommen. Ihre Institutionalisierung erfolgte stoffzentriert und problemorientiert, beispielsweise anknüpfend an Chemieunfällen und Kernreaktorproblemen oder auch Luftverschmutzung und Atemwegsproblemen. Sie versucht, über Expositionsforschung, Tierexperimente und Epidemiologie Risikofaktoren zu identifizieren und präventive Maßnahmen zu entwickeln. Allerdings zeigte sich auch, dass psychosoziale Faktoren in Kombination mit niedrigdosierten Noxen klinische Syndrome erzeugen können. Der historische Blick zeigt, dass der Umweltbegriff nicht zu eng gefasst werden darf. Zugleich muss der Kontakt zur Ökologie, insbesondere zur Ökologie des Menschen (Humanökologie) aufrechterhalten werden. Eine so verstandene ökologische Gesundheitswissenschaft kann die aktuellen Problemzusammenhänge von Klima und Gesundheit integrativ erfassen und Lösungsvorschläge anbieten.

1. Umwelt und Gesundheit

„Gesundheit“ bedeutet im Sinne der WHO das gute bio-psycho-soziale Funktionieren, wobei sich Krankheit gewissermaßen als Gegenpol vor allem durch die Abweichung von dem individuellen und/oder kollektiven Mittelwert dieser Funktionen ergibt.¹ Gesundheit/Krankheit wird subjektiv und/oder objektiv bestimmt, manche Krankheit wird subjektiv nicht bemerkt, manches erlebte Funktionsdefizit² lässt sich nicht objektivieren. Bezieht man das Soziale auf die „Umwelt“ im ökologischen Sinn, dann ist die Umwelt des Menschen sowohl eine wesentliche Bedingung der Möglichkeit des *Lebens*, der *Gesundheit* wie auch des *Krankwerdens* und *Sterbens*. Pointiert gesagt gäbe es nämlich ohne Licht, Luft, Wasser, Boden, Mikroben, Pflanzen, Tiere keine Menschen. Die zweite Bedingung von Gesundheit und Krankheit liegt allerdings beim Menschen selbst, nämlich neben seinen Genen vor allem in seinem Lebensstil.

Beide Bereiche – Umwelt und Mensch – und ihr Verhältnis zueinander sind, wenn auch anders begrifflich gefasst, traditioneller Gegenstand der Medizin. Auch die moderne Medizin ist sich klar darüber, dass Umweltfaktoren neben den genetischen Faktoren universelle Bedingungen von Krankheit und Gesundheit sind, also nicht nur für ganz spezifische sogenannte „Umwelt“-Krankheiten relevant sind, die durch starke und/oder anhaltende Noxen-Exposition bedingt sind, sondern prinzipiell für jede Erkrankung. Zudem wird anerkannt, dass die Umwelt oft beeinflussbar ist, was für die praktische Relevanz der Forschung wesentlich ist. In der konkreten Forschung jedoch sucht man allerdings die Ursachen von Krankheit überwiegend in den Strukturen des Körpers und hier vor allem auf der molekularen Ebene, insbesondere jener des Genoms. So hat die Medizin des 20. Jahrhundert bis heute die Anlage-Umwelt-Frage mit den Mitteln der (molekularen) Genetik untersucht, um den inneren Anteil der Krankheitsursachen identifizieren zu können. Es zeigte sich aber, dass viele Krankheiten Produkt komplizierter Wechselverhältnisse, des Zusammenspiels von Mensch und Umwelt sind. Zudem sind Umwelt und Genom über die Epigenetik verbunden. Für unser Thema ergibt sich dabei vor allem die Aufgabe, den Bedeutungsumfang des Ausdrucks *Umwelt* zu bestimmen.

1 WHO 1948/2018; Horn 2002.

2 Horn 2002: 142.

1.1 Was ist Umwelt? Probleme eines vermeintlich selbstverständlichen Begriffs

Umwelt ist ein relationaler Begriff, gemeint ist immer die Umwelt eines Lebewesens. Beide sind eng aufeinander bezogen, bestimmte Lebewesen können nur in bestimmten Umwelten existieren, umgekehrt wird jede Umwelt auch von Organismen beeinflusst. Der Begriff ist vor allem durch die sehr einflussreiche Publikation „Umwelt und Innenwelten der Tiere“ des Biologen Jakob von Uexküll popularisiert worden, das bereits 1909 erschien.³ Uexküll betonte, dass jede Tiergattung, ja jedes individuelle Tier eine eigene Umwelt hat, und zwar nicht nur, weil jede Tiergattung einen eigenen Biotop, einen eigenen Lebensraum hat, sondern auch, weil jede Tierart die Umwelt auch anders wahrnimmt. Dieser Begriff von Umwelt ist eigentlich psychologisch und könnte durch den Begriff der Eigenwelt ersetzt werden. Er ist weiterhin von besonderer Bedeutung für die Tier-Verhaltensforschung.

Im Gegensatz dazu ist der heute übliche Umweltbegriff, der auch der Umweltmedizin zugrunde liegt, meist ökologisch geprägt. Umwelt meint dann meist die Existenzbedingungen eines Lebewesens oder einer Population, diejenigen Faktoren der Außenwelt, die für sein Überleben und sein Wohlergehen bedeutsam sind.⁴

Betonen möchten wir, dass die so verstandene Umwelt ein wissenschaftliches Konstrukt ist, das unmittelbarer klingt, als es eigentlich ist. Denn unmittelbar erlebbar ist lediglich die Umgebung, die Situation, das also, was in einem bestimmten Moment um ein Lebewesen herum ist. Umwelt hingegen ist eine wissenschaftliche Abstraktion, die das umfasst, was durchschnittlich um eine bestimmte Gruppe von Lebewesen oder um einzelne Individuen herum ist und für dessen biologischen Prozesse kausal relevant ist, sei es, dass es sie erhält, fördert oder sie schädigt.

Der Naturforscher Ernst Haeckel, der den Begriff Ökologie einführte, sprach noch nicht von Umwelt, aber er stellte den von ihm geschaffenen Begriff der Ökologie – eine der produktivsten Begriffserfindungen des 19. Jahrhundert – von vorn herein in den Kontext der biologischen Existenzbedingungen. So schreibt er in seinem Werk „Generelle Morphologie“: „Unter Oecologie verstehen wir die gesammte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im wei-

3 Uexküll 1909.

4 Haber o. J.

teren Sinne alle ‚Existenz-Bedingungen‘ rechnen können.“⁵ Diese Existenzbedingungen sind, wie er weiter ausführt, sowohl anorganischer wie auch organischer Natur. Von Existenzbedingungen spricht Haeckel, um die Bedeutung für die Aufrechterhaltung der biologischen Funktionen des Lebewesens zu unterstreichen, also für seinen Stoffwechsel, seine Reproduktion und seine Ernährung. Sie sind für jede Art von Lebewesen andere. Zur so verstandenen Umwelt zählen etwa Luft, Wasser, Licht (Strahlung), Klima, die Nahrung, der Soundscape – also die akustische Umwelt, die oft vernachlässigt wird –, gebaute oder natürlich vorhandene Strukturen (Landschaften, Städte), sowie andere Lebewesen, Mikroorganismen ebenso wie höhere Pflanzen, Tiere und Pilze. Es sind im Wesentlichen diejenigen Existenzbedingungen, denen das Lebewesen ausgesetzt ist. Deshalb ist der Begriff der Exposition ein Schlüsselbegriff der Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit. Das System dieser Existenzbedingungen ist im Wesentlichen das, was die Ökologie unter Umwelt versteht. Und wie die Umwelt für Sein oder Nichtsein von Lebewesen entscheidend ist, für die Existenz, so auch für die Gesundheit. Der ökologische Umweltbegriff ist schon allein deshalb für die Medizin relevant, weil die Biologie insgesamt die zentrale Grundlagendisziplin der Medizin darstellt, und in allen ihren Entwicklungen, von der Zellbiologie über die Genetik bis hin zur vergleichenden Anatomie und zur Evolutionsbiologie, medizinisch unmittelbar anschlussfähig ist.

Freilich ergibt sich bei der Übertragung des ökologischen Umweltbegriffs auf den Menschen sofort die Schwierigkeit, dass der Mensch, anders als alle anderen Lebewesen, zum einen nicht nur in biologischen Umwelten, sondern auch technisch gebauten, zudem in sprachlich organisierten Welten lebt. Auch diese haben ihre Auswirkungen. Aber handelt es sich hier um Umwelterkrankungen? Sind etwa Sehstörungen, die durch die Arbeit an Bildschirmen oder in Bibliotheken bzw. Büros entstehen können, Umwelterkrankungen? Sind Verletzungen bei Verkehrsunfällen Umwelterkrankungen? Oder sind nur diejenigen Erkrankungen, die durch die Autoabgase entstehen, Umwelterkrankungen? Für beides lassen sich gute Gründe finden.

Oftmals werden die sprachlich organisierten Welten, werden Kultur und Gesellschaft aus der Umweltmedizin ausgeschlossen. Von manchen Vertretern der Humanökologie werden sie aber auch ausdrücklich einbezogen. Es handelt sich hier keinesfalls um spitzfindige Fragen, denn je nachdem, wie weit oder eng man den Kreis der Umwelt zieht, wächst die Zahl der

5 Haeckel 1866: 286f.

umweltbedingten Erkrankungen. Wir plädieren in der Frage für Offenheit, glauben aber auch, dass ein naturwissenschaftlicher Fokus für die weitere Entwicklung der Umweltmedizin bzw. *Environmental Health Sciences* – hierzu später mehr – von erheblicher Bedeutung bleiben wird.

2. Institutionalisierung der Umweltmedizin in Deutschland

Die skizzierten Fragen wurden bei der Institutionalisierung der *Umweltmedizin* als Spezialität der Medizin in den 1980er und 1990er Jahren heftig diskutiert, denn damals wurde vor allem durch Offenbarwerden der Risiken der Kerntechnik und der chemischen Industrie durch Unfälle die Bedeutung des Themas Umwelt und Gesundheit deutlich. Es gab Mediziner, die zu diesem Themengebiet einen differenzierten, aber weiter gefassten Umweltbegriff bevorzugten⁶ und Mediziner, die Umwelt auf die anthropogenen Faktoren fokussierten⁷. Dabei wurde auch eine ganzheitlich-systemische und in der Forschung auch „feldorientierte“ Perspektive skizziert, die sich an der akademischen Ökologie orientierte und als „ökologische Medizin“ bezeichnet wurde.⁸

Die Konzeption einer Umwelt im weiteren Sinne wurde bereits in den 1970er Jahren in der Studienordnung für Mediziner als „ökologischer Fächerkreis“ implementiert, unter dem die gesundheitsrelevanten Bereiche *Arbeit, Soziales, Hygiene, Verkehr*, usw. mit den speziell dafür implementierten medizinischen Disziplinen zum Lehr- und Prüfungsgegenstand erklärt wurden. Nahezu im Gegensatz dazu wurde eine stoffzentrierte und laborwissenschaftlich basierte Perspektive als „Umweltmedizin“ definiert, die sich an der *Toxikologie* und *Hygiene* orientierte und sich bis heute im akademischen Bereich durchsetzte.⁹ Dabei wird auch von der naturwissenschaftlich fassbaren Umwelt oft nur ein kleiner Teil beachtet, jener nämlich, der sich potentiell verändern lässt, auf den sich also expositionsmindernde Handlungen richten können. Es geht dann zum Beispiel um Bau- und Wohngifte, Haushaltschemikalien, belastete Nahrungsmittel, Feinstaub, Strahlung, Lärm, Mikroplastik und andere Faktoren. Sie werden untersucht als Teil dessen, was im englischen Sprachraum „built environment“ genannt wird, die artifizielle Umwelt, die Menschen sich selbst schaffen,

6 Schaefer/Blohmke 1974.

7 Fülgraff 1992: Kap. II.2.

8 Paul 1974; Graul 1974; Tretter 1986.

9 Reichl 2011.

seit sie mithilfe der Feuernutzung ihr eigenes Mikroklima¹⁰ schaffen (und indirekt heute auch das globale Klima beeinflussen), seit Menschen Hütten, Häuser und Städte bauen und sich von einem selbstgeschaffenen Biotop namens Landwirtschaft ernähren.

Zur Geschichte der heutigen institutionalisierten Umweltmedizin gibt es verhältnismäßig wenig Studien.¹¹ Wir wollen kurz wichtige Stationen skizzieren. Die Entwicklung der Umweltmedizin ist, wie bereits gezeigt wurde, eng mit dem Aufkommen der Umweltprobleme einer technischen Welt, die die natürlichen Anteile der Umwelt zurückdrängt, und die zugleich immer tiefer in natürliche Prozesse und Systeme eingreift, verknüpft. Gegenwärtig richtet sie sich in ihrer inhaltlichen Ausgestaltung an den aktuellen Umweltproblemen aus, die etwa mit dem Klimawandel verbunden sind.

2.1 Die politische Dimension der Umweltproblematik

Die zunehmende Bedeutung der technogenen Umweltfaktoren für die menschliche Gesundheit, wie radioaktive Strahlung durch kerntechnische Anlagen, ubiquitäre Belastung der Umweltmedien wie Luft, Wasser und Boden durch Chemikalien und vor allem entsprechende Industrieunfälle führten in den 1960er und 1970er Jahren zu einer breiten öffentlichen Verunsicherung, was die umweltbedingten Gesundheitsrisiken betrifft. Dies wurde durch Medienberichte verstärkt. Vor allem die Krisen und Katastrophen – Chemieunfälle wie Seveso und Reaktorunfälle wie Tschernobyl – sind seit den 1970er Jahren ein weltweites und gesamtgesellschaftliches Problem.¹² Nicht nur Schädigungen der Menschen bei akuten Hoch-Dosis-Expositionen, sondern auch die möglichen Schädigungen bei chronischen Niedrig-Dosis-Expositionen verweisen auf umweltbedingte Gesundheitsrisiken. Fragen wie „Asthma durch Holzschutzmittel?“, „Lungenkrebs durch Asbest?“, „Gift am Esstisch?“, „Gehirntumore durch Elektromog?“, „Kindliche Leukämie durch Kernkraftwerke?“ oder „Alzheimer durch Nanopartikel?“ prägten und prägen die öffentliche Diskussion bis heute.

Die Antworten der umweltinteressierten Mediziner und der Behörden sind seither allerdings sehr konträr: Es finden sich *Bagatellisierungen* von Gesundheitsrisiken von Seiten der Industrie und von Behörden („Risiken

10 Vgl. dazu Soentgen in diesem Band.

11 Locher/Unschuld 1999; Nasterlack 2017 a. a. O.

12 Vgl. Reichl 2011.

sind nicht bewiesen!“) ebenso wie *Dramatisierungen* der Risiken („Risiken sind nicht ausgeschlossen!“) von problemsensitiven Bevölkerungsgruppen. Diese Extreme kreisen um die Frage, wie ‚wissenschaftlich‘ die Umweltmedizin ist und sein kann. Die Grundfrage lautet folglich: „Wie gesundheitsbelastend sind einzelne Faktoren unserer technisierten Umwelt *wirklich*?“¹³

Zudem stellte sich die Frage, was Umweltmedizin an Therapie und Prävention bieten kann. Noch 1970 gingen immerhin 90 Prozent der Bürgerinnen und Bürger Bayerns davon aus, dass man die Luftqualität nicht weiter verbessern könne. Doch es gab auch andere Stimmen. „Zu deutlich wurden gravierende Missstände sichtbar, wie das Fischsterben im Rhein oder das Waldsterben. Unfälle wie in Seveso 1976, eine der größten Umweltkatastrophen in Europa, trieben den Bewusstseinswandel voran.“¹⁴ In diesem Problemfeld entwickelte sich allmählich die Umweltschutzbewegung, die zwar zunächst den Schutz der Natur zum Ziel hatte, aber auch zunehmend die Gesundheit der Menschen als gefährdet ansah. Ende der 1980er Jahre hatte die WHO als Europa-Programm die „Europäische Charta Umwelt und Gesundheit“ formuliert: „Jeder Mensch hat Anspruch auf eine Umwelt, die ein höchstmögliches Maß an Gesundheit und Wohlbefinden ermöglicht.“¹⁵

2.2 Neuere Ansätze der Umweltmedizin

Diese politischen Entwicklungen führten zu einem Aufschwung der Umweltmedizin. In dieser Diskussion waren seit den 1970er Jahren die Mediziner als Allgemeinärzte und Kinderärzte zunehmend gefordert, diese Gesundheitsorgen der Bevölkerung zu beantworten, die ebenso wie ihre Kollegen mit spezialisierter Fachexpertise, vor allem als *Radiologen* und *Toxikologen*, der Politik beratend zur Seite standen. Dabei wurde zunehmend deutlich, dass es einer spezialisierten Disziplin der Medizin bedarf, die diese Fragen wissenschaftlich in Forschung und Praxis untersucht, nämlich Umweltmedizin. Dieser Bedarf wurde vor allem von Professoren, wie dem Mediziner Herbert Graul¹⁶, der im Deutschen Ärzteblatt redaktionell eingebunden war und eine „Medizinische Environtologie“ forderte, und dem

13 Tretter 1992; Tretter 1996; Tretter 2017.

14 StMUV 2018.

15 WHO 1989.

16 Graul 1974.

Physiker Karl Aurand¹⁷, der dem Berliner Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene vorstand, formuliert.

Wegen dieser gesundheitspolitischen Bedeutung wurde in den späten 1980er und frühen 1990er Jahren in Industrieländern die „Umweltmedizin“ (*Environmental Medicine*) als eigenes universitäres Fach institutionalisiert und mit der wissenschaftlichen Klärung solcher Fragen betraut.¹⁸ In Deutschland wurde 1992 die Zusatzbezeichnung „Umweltmedizin“ von der Bundesärztekammer eingeführt, die es jedem Mediziner erlaubte, eine qualifizierte Zusatzausbildung zu absolvieren. Es waren insbesondere Allgemeinärzte und auch Klinikärzte, vor allem aus dem Bereich der Inneren Medizin, die diese Qualifikation anstrebten.

Als universitäre Disziplin wurde die Umweltmedizin unter diesem Titel etwa in den 1970er Jahren konstituiert. Zunächst kam aus dem Bereich der Strahlenmedizin im Hinblick auf die vermuteten Gesundheitsrisiken von Kernkraftwerken die Forderung nach einer umfassenden, aber an den konkreten Umweltproblemen ausgerichteten Umweltmedizin.¹⁹ Neben der Strahlenbelastung standen Chemikalien in Luft, Wasser, Boden und Nahrung im Zentrum des Interesses. Von besonderer Bedeutung waren Fragen der Bewertung der anhaltenden Niedrig-Dosis-Exposition gegenüber Stoffen, die in hohen Dosen definitiv Schadstoffe sind. Es ging dabei im Sinne eines *Stimulus-Response-Modells* der Toxikologie um die Erforschung der Dosis-Wirkungsbeziehungen, die Ermittlung tolerabler Grenzwerte und deren Kontrolle, also um einen Bereich, der vor allem der Hygiene oblag.

Als zentraler Gegenstand der Umweltmedizin gelten in diesem Ansatz also Expositionen gegenüber *einzelnen* Umweltfaktoren und deren Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit.²⁰ Mögliche Kombinationen dieser Umweltfaktoren blieben außer Betracht. Dabei soll die Untersuchung, Erkennung, Behandlung und Prävention von Gesundheitsstörungen, die vor allem mit Faktoren der technischen Umwelt des Menschen zu tun haben, gewährleistet sein.²¹ Es war folglich naheliegend, dass sich die *Fachverbände* und *Fachjournale* der *Toxikologie* und *Pharmakologie* dieses Themas annahmen. Es wurde nunmehr auch der korrespondierende Bereich der *Umweltchemie* begründet, der beispielsweise am heutigen Helmholtz Zentrum für Umwelt und Gesundheit in Neuherberg bei München institutio-

17 Aurand 1972.

18 Tretter 1986.

19 Gaul 1974; Aurand 1972; Kaul 1988.

20 Eis 1996.

21 Reichl 2011.

nalisiert wurde. Nachdem dort zunächst hochkarätige Umweltforschung zu strahlungsbiologischen Problemen von Wiederaufbereitungsanlagen und Endlagerstätten betrieben worden war, wurde mit der politischen Absage an Wackersdorf als Endlager für Atommüll Ende der 1980er Jahre eine Umwidmung nötig.²² Nachdem die seit 1960 eigenständig mit dem Strahlenschutz befasste Institution 1971 als „Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung“ (GSF) benannt wurde, erfolgte 1990 eine erneute Umbenennung in das „GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit“. 2008 fand schließlich die Umorganisation und Umbenennung in „Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt“ statt. Bemerkenswert für die Umweltmedizin ist auch das dortige wichtige Institut für ökologische Chemie, das von dem Chemiker Friedhelm Korte gegründet und von Helmut Greim weitergeführt wurde und das zu Fragen der Umwelttoxikologie sehr einflussreich war und noch immer ist.

Ähnliche Änderungen der Forschungsziele fanden auch in dem „Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit“ in Jülich statt, das 1956 gegründet wurde, ursprünglich um wissenschaftliche Fragen rund um die friedliche Nutzung der Kernenergie zu untersuchen. Mit dem wachsenden Widerstand der Bevölkerung gegen Kernkraftanlagen, vor allem nach dem schweren Unfall des Kernkraftwerkes in Tschernobyl und nach dem politischen Ausstieg aus der Wiederaufbereitung bzw. Endlager-Ökonomie in den späten 1980er Jahren erfolgte eine Änderung der wissenschaftlichen Ausrichtung und damit 1990 die Umbenennung in „Forschungszentrum Jülich“, das sich heute auf die Themen Energie und Umwelt, Informationstechnologie und Neurowissenschaften fokussiert.²³

Die ersten *Lehrbücher zur Umweltmedizin* wurden in Deutschland insbesondere von dem Public-Health-Experten Georges Füllgraff publiziert, gemeinsam mit dem Epidemiologen Heinz-Erich Wichmann und dem Lufthygiene-Experten Hans-Werner Schlipkötter. Von Füllgraff wurde auch die „Zeitschrift für Umweltmedizin in Forschung und Praxis“ im Ecomed Verlag herausgegeben (2012 umbenannt in „Umweltmedizin – Hygiene – Arbeitsmedizin“). Die zunehmend verbindlichen Definitionen des Faches wurden ebenfalls von Füllgraff formuliert²⁴: Umweltmedizin befasse sich mit Umweltkrankheiten, die aufgrund der „durch menschliches Handeln entstandenen physikalischen und chemischen Faktoren, Stoffe und ande-

22 Helmholtz Zentrum München 2018.

23 FZ Jülich 2018.

24 Füllgraff 1992.

ren Einflüsse, die aus der natürlichen und kulturellen Umgebung direkt oder indirekt auf den Menschen einwirken [entstehen].²⁵ Ähnlich sieht dies Dieter Eis.²⁶

Hier ist die für die Umweltmedizin typische Verengung des eigentlichen ökologischen Umweltbegriffs zu konstatieren. Denn nicht die Existenzbedingungen schlechthin des Menschen qua Organismus werden thematisiert, sondern nur eine kleine Auswahl, die nämlich, die durch menschliches Handeln modifiziert sind. Dieser verengte Begriff ist aus pragmatischen Gründen sinnvoll, weil mit Blick auf die Anwendbarkeit vor allem die durch menschliches Handeln veränderten oder veränderbaren Faktoren im Fokus des medizinischen Interesses stehen sollten. Geforscht wird ja mit dem Ziel, sinnvolle Präventionsmaßnahmen bzw. Maßnahmen der therapeutischen Intervention zu entwickeln. Zum anderen ist die Konzeption auch deshalb zu verteidigen, weil in den modernen Umwelten immer größere Anteile menschlich beeinflusst sind. Allerdings sollte die Abstraktion, die hier vorgenommen wird, bewusst bleiben, damit es nicht zu einer zu starken Verengung der Sicht und in der Folge zu einem selbstgemachten Schwund der Forschungsthemen und der bearbeiteten Probleme kommt. Zu den typischen Umwelterkrankungen zählen schließlich auch die Pollenallergien, die nur indirekt mit menschlichem Handeln zusammenhängen. Zudem ist zu bemerken, dass Umweltfaktoren auch positiv wirken können, neben der Pathogenese ist also auch die Salutogenese zu beachten.

Die Umweltmedizin war lange ein wenig abgegrenztes Fachterritorium, in das verschiedene medizinische Spezialdisziplinen hineinwuchsen, mit unterschiedlichen Begriffen vom Gegenstand der Umweltmedizin, mit ihren spezifischen Methodiken, Hintergrundtheorien und Anwendungsinteressen. Bereits in den 1990er Jahren ließ sich fachlich eine innere Struktur der Umweltmedizin ausmachen:

„Konkret geht es [...] um die Verbindung zwischen mehreren unterschiedlichen Komponenten (und damit: Unterbereichen) einer Umweltmedizin, [nämlich]:

- *Umwelttoxikologie* als Repräsentanz der ‚(labor)experimentellen‘ Umweltmedizin
- *Umweltepide miologie* als Repräsentanz der ‚statistischen‘ Umweltmedizin
- *Umwelthygiene* als Repräsentanz der ‚praktischen‘ Umweltmedizin

25 Fülgraff 1992.

26 Eis 1996.

- *Arbeitsmedizin* als Repräsentanz der ‚speziellen‘ Umweltmedizin
 - *Innere Medizin* (Pulmonologie, Hepatologie, Gastroenterologie, Nephrologie), HNO, Dermatologie, Pädiatrie, Gynäkologie, Neurologie, Psychosomatik und Psychiatrie als (noch isolierte) Repräsentanzen einer ‚klinischen‘ Umweltmedizin.
- Es ist ernsthaft zu überlegen, welche weiteren Fächer eingebunden werden müssten, wie etwa ‚Umweltpathologie‘, ‚Wohnmedizin‘ oder ‚Verkehrsmedizin‘, ohne aber dabei zu einem utopischen Programm eines ‚totalen‘ Querschnittsfachs zu kommen.²⁷

Diese Gliederung ist auch heute als Orientierung weiterhin wertvoll, wobei immer stärker die Expositionsforschung hinzugekommen ist, die sich mit der Erfassung und Modellierung konkreter gesundheitsrelevanter Umweltfaktoren – zum Beispiel Feinstaub – befasst, und die gesamte Kette von der Emission bis hin zur Dosis und den körperlichen Reaktionen beschreiben will. Auch die sozialwissenschaftlich orientierte Risikobewertung, die die Daten zusammenfasst und Maßnahmen ableitet, ist heute oft funktional ausdifferenziert. Nicht zuletzt ist die Risikokommunikation ein wichtiger Bereich.

Hinzuweisen ist auf die besondere Situation der *klinischen Umweltmedizin*, die sich nicht mit Kollektiven befasst, sondern mit einzelnen Patienten. Ihre Rolle wird gelegentlich als problematisch angesehen, weil von Umweltkranken nicht selten polysymptomatische Syndrome präsentiert werden, deren Ursachen schwer wissenschaftlich objektivierbar sind und nicht ohne weiteres in übliche Diagnosesystematik passen.²⁸ Es handelt sich dabei um Störungsbilder wie die *Multiple Chemical Sensitivity* (MCS), *Chronic Fatigue Syndrome* (CFS), Fibromyalgie (FMS), *Sick Building Syndrome* (SBS) etc.²⁹ Mit solchen Syndromen kommen nicht wenige Kranke in die Umweltambulanzen der Krankenhäuser, wo auch nach bestem Wissen versucht wird, ihnen zu helfen, nicht selten mit Erfolg. Gleichwohl sind die Erkrankungen aus medizinischer Sicht, wie bereits betont, schwierig, weil bei diesen Syndromen nicht nur Umweltfaktoren eine Rolle spielen, sondern auch psychosoziale Faktoren. Oft kommt man hier auch mit psychotherapeutischen Ansätzen weiter.

Was die Konsolidierung der Umweltmedizin in *Fachverbänden* betrifft, hat zwar anfänglich das Fach Hygiene in den einschlägigen Diskussionen eine Zuständigkeit reklamiert. Allerdings hat die Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie die Umweltmedizin letztlich nicht ausdrück-

27 Tretter 1992: 89.

28 Reichl 2011.

29 Nasterlack 2017.

lich in ihr Arbeitsgebiet aufgenommen³⁰. Es wurde vielmehr die *Gesellschaft für Hygiene, Umweltmedizin und Präventivmedizin* (GHUP), die 2008 aus der Verschmelzung der *Gesellschaft für Hygiene* und der *International Society of Environmental Medicine* (ISEM) hervorging, als Hauptmotor der Umweltmedizin kreiert, eine Aktivität, die vor allem auf den jahrzehntelangen unermüdlichen Einsatz des Hygienikers Thomas Eikmann zurückgeht, der sich besonders prominent für die Umweltmedizin als Fachgebiet engagiert hat. Die *Deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin* wurde 1992 um den Begriff Umweltmedizin erweitert.³¹ Allerdings haben aktuell nur wenige der bestehenden Lehrstühle für Arbeitsmedizin an deutschen medizinischen Universitäten auch den Schwerpunkt Umweltmedizin implementiert.

Im Gegensatz zur universitären forschungsorientierten Umweltmedizin und ihren Fachverbänden steht der Berufsverband der klinischen Umweltmediziner, die von den umfangreichen Praxiserfahrungen mit umweltbezogenen Krankheiten ausgehen.³²

Neuere Entwicklungen werden stark von der internationalen Weiterentwicklung des Forschungsfeldes geprägt. In den USA hat sich – insbesondere an den Eliteuniversitäten wie Yale und Harvard – die Umweltmedizin zu einem umfassenderen Forschungsansatz weiterentwickelt, der *Environmental Health Sciences* genannt wird und im Deutschen meist mit Umwelt und Gesundheit wiedergegeben wird. Bereits 1969 wurde in den USA das *National Institute for Environmental Health Sciences* gegründet. Es ist heute angesiedelt in Durham, North Carolina. 1994 wurde einer der Biochemiker des NIEHS, Martin Rodbell, mit dem Nobelpreis für Medizin ausgezeichnet.

Der Forschungsansatz *Environmental Health Sciences* zeichnet sich durch eine hohe Interdisziplinarität aus. Es handelt sich um ein geordnetes und logisch strukturiertes Zusammenspiel von Messen, Modellieren, Experiment, epidemiologischen Studien, Risikobewertung und klinischer Translation. Ziel ist insbesondere die Erfassung von umweltbezogenen Gesundheitsrisiken ausgewählter Populationen und das Ausarbeiten von wirksamen Maßnahmen. Es werden einerseits Umweltfaktoren gemessen (*Environmental Chemistry, Aerosol Chemistry* etc.), in der Regel mit naturwissenschaftlicher Methodik, deren körperliche Wirkung bis hin zu den molekularen Mechanismen durch toxikologische und medizinische Studien er-

30 DGHM 2019.

31 DGAUM: <https://www.dgaum.de/wir-ueber-uns/geschichte/>.

32 DBU: <https://www.dbu-online.de>.

forscht wird (*Environmental Toxicology, Environmental Immunology*) und es wird die Exposition von Populationen und Individuen erhoben (*Environmental Exposure Science*). Zentral ist nach wie vor die Epidemiologie in Gestalt der *Environmental Epidemiology*, die in großen Studien prüft, inwiefern bestimmte Expositionen mit bestimmten Erkrankungen oder Mortalität verbunden sind. Die epidemiologischen Studien ergänzen die Laboruntersuchungen und tragen zu einem belastbaren Befund bei. Klinische Mediziner sind überall in leitender Funktion in die Forschungsprojekte einbezogen, sie sorgen für die Translation in die medizinische Forschung und Praxis. Schließlich ist aber auch eine Risikobewertung und Abwägung durchzuführen, die Prioritäten setzt und Maßnahmen empfiehlt (*Risk Assessment*). Auch eher sozialwissenschaftliche Themen spielen eine zunehmende Rolle, so werden etwa Themen wie *Environmental Justice* einbezogen, weil Umweltbelastungen nicht immer und nicht einmal meistens eine ganze Population gleichmäßig betreffen, sondern oft gerade ärmere und benachteiligte Gruppen. Ein Beispiel hierfür ist die Bleiexposition durch die heute nicht mehr im Handel befindlichen Bleifarben (Bleiweiß); hiervon sind in den USA vor allem ärmere Menschen und deren Kinder betroffen, die in alten, nicht renovierten Häusern leben. Auch Genderthematiken werden in der modernen Forschung im Bereich *Environmental Health Sciences* diskutiert, denn die Exposition von Frauen und Männern unterscheidet sich deutlich; zudem gibt es auch Erkrankungen, die nur oder weit überwiegend bei Frauen bzw. Männern vorkommen. Zudem ist deutlich geworden, dass sich nur ein Teil der gesundheitlich erheblichen Gesundheitsfaktoren mit rein naturwissenschaftlichen Mitteln objektivieren und quantifizieren lassen. Der Lärm ist ein Beispiel, denn ihn kann man mit rein physikalischen Mitteln nicht hinreichend objektivieren, sozialwissenschaftliche Erhebungen müssen hinzukommen.

Der interdisziplinäre Forschungsbereich *Environmental Health Sciences* hat auch auf die Forschung in Deutschland erheblichen Einfluss. Wegweisend für die moderne Forschung hierzulande wurden die Studien des amerikanischen Umweltepidemiologen Douglas Dockery, der besonders in seiner berühmten *Six-Cities-Study* maßgeblich dazu beitrug, Feinstaub als Gesundheitsproblem zu identifizieren.³³ In Deutschland wurde in der Folge besonders von Erich-Heinz Wichmann und seinen Schülerinnen und Schülern – hier ist insbesondere die Epidemiologin Annette Peters zu nennen – große Studien betrieben. Solche Studien, die nicht nur Umweltfaktoren, sondern zugleich lebensstilbezogene Risikofaktoren (beides ist

33 Dockery et al. 1993.

manchmal schwer voneinander zu trennen), etwa für Diabetes, in den Blick nehmen, sind sie in vielfacher Hinsicht vorbildlich für die Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit – nicht nur in Deutschland, sondern in Europa.

Nicht nur waren die in den USA durchgeführten, großen Vergleichsstudien wegweisend. Insgesamt wurde die entschlossene Ausweitung der Forschung weg von den Symptomen und hin zu den Ursachen adaptiert. In Deutschland wird das medizinische Forschungsgebiet *Environmental Health Sciences* derzeit als Forschungsschwerpunkt der Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg aufgebaut.

3. Erfolge und Perspektiven

Die Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit hat in Mitteleuropa und in vielen weiteren Industrieländern eindrucksvolle wissenschaftliche und praktische Erfolge aufzuweisen. In der Grundlagenforschung hat die Beschäftigung mit bestimmten Schadstoffen, insbesondere mit dem Dioxin, zu fundamentalen physiologischen Erkenntnissen geführt. Auch praktisch sind die Erfolge erheblich, wie sich schon allein an der Steigerung der durchschnittlichen Lebenserwartung in Mitteleuropa ablesen lässt, die zu einem erheblichen Teil auf umwelthygienische und Public-Health-Maßnahmen zurückzuführen ist. Nennen kann man die Zurückdrängung des Strumas durch Verabreichung von Jod (etwa in Gestalt von Jodsalz) in Jodmangelgebieten, die fortschreitenden Maßnahmen zur Luftverbesserung seit den 1960er Jahren und die bereits im 19. Jahrhundert einsetzenden Bemühungen zur Förderung der Hygiene, die vor allem an die Choleraepidemien anschlossen, aber auch andere Gebiete, insbesondere die Krankenhaushygiene, wie etwa die Einführung der Chlorkalkwaschung der Chirurgenhände bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts durch Ignaz Semmelweiß in Wien, die das Kindbettfieber zurückdrängte. Heute sind viele Erkrankungen, die auf mangelhafte Hygiene zurückgehen, wie die Cholera, das Kindbettfieber oder der Typhus, in Europa weitgehend ausgerottet oder doch stark zurückgedrängt, was nicht heißt, dass sie nicht wiederkehren könnten. Auch die umweltbezogenen Spezialfächer, wie die Flug- und Raumfahrtmedizin, die Krankenhaushygiene und insbesondere die Arbeitsmedizin, haben enorme Erfolge zu verzeichnen, vom Verbot der Fertigung von Phosphorzündhölzern bis hin zum Asbestverbot.

Leicht ließe sich die Liste der Erfolge verlängern. Sie könnte allerdings den Eindruck erwecken, dass doch nunmehr schon das Wichtigste erreicht

sei und man sich anderen Feldern zuwenden könne. Im Gegenteil sprechen zwei Argumente für eine künftig immer größer werdende gesellschaftliche Bedeutung umweltmedizinischer Fragestellungen. Zum einen die demographische Entwicklung; ein immer größerer Anteil der Gesamtbevölkerung erreicht ein hohes Alter, das aber gegenüber Umweltfaktoren, wie beispielsweise gegenüber Wetterextremen, eine erhöhte Empfänglichkeit aufweist.

Das zweite, noch wichtigere Argument ist die immer umfassendere Umgestaltung der natürlichen Umwelt durch den Menschen und deren ungewollten Nebenwirkungen, die im Kontext der Globalisierung, des anhaltenden globalen Bevölkerungswachstums und der steigenden Ansprüche, ein Leben nach westlichem Modell zu führen, zunehmen werden. In Mitteleuropa ist die ursprüngliche Natur immer weiter zu einer für die hier lebenden Menschen möglichst optimalen, und für ihre Nutztiere und Nutzpflanzen erträglichen Umwelt transformiert worden. Zahlreiche ursprünglich vorhandene Ökosysteme (z. B. Feuchtgebiete) wurden dabei vernichtet oder transformiert, zahlreiche Arten eliminiert. Womit wir heute oft ringen, sind die ungewollten Nebeneffekte der Maßnahmen zur Umweltkontrolle. Solche ungewollten Nebeneffekte werden in der Forschung verstärkt seit den 1960er Jahren thematisiert. Der Philosoph und Pädagoge Eduard Spranger formulierte als Erster 1962 das „Gesetz“ oder „Prinzip“ der ungewollten Nebenwirkung, die er als „Unsicherheitsrelation“³⁴ verstanden wissen will, weil „immer und notwendig ein Inkongruenzverhältnis eintritt zwischen einem klar umgrenzten Wollen und seinem realen Ergebnis.“³⁵ Noch vor Rachel Carsons „Silent Spring“ schreibt er, nachdem er die ökologischen Nebenwirkungen von modernen Fabriken in Gestalt der von ihnen in Flüsse geleiteten Abwässern thematisiert hat: „Wir haben noch keine ausreichende Vorstellung von dem vollen Umfang der ungewollten Nebenwirkungen, die die Industrialisierung mit sich bringt und künftig mit sich bringen wird.“³⁶ Parallel zu Sprangers Überlegungen gab es erste Publikationen zur ökologischen Ökonomik, die in eine ähnliche Richtung wiesen. In den 1950er Jahren werden die sogenannten externen Effekte, die in den Kostenrechnungen der Privatwirtschaft und auch in den Plänen der Planwirtschaft nicht auftauchen, Gegenstand der politischen Ökonomie, diese damit zur Ökologischen Ökonomie. Der Nationalökonom Karl William Kapp, hat diese Externalitäten als erster als „volkswirt-

34 Spranger 1962: 14f.

35 Ebd.: 9.

36 Ebd.: 19.

schaftliche Kosten“ definiert und erklärt, damit meine er „alle direkten und indirekten Verluste, die Drittpersonen oder die Gesamtheit als Folge der privaten Wirtschaftstätigkeit erleiden.“³⁷ Seine Beispiele sind unter anderem die Luft- und die Wasserverschmutzung, sowie die Plünderung und Vernichtung der Tierwelt.³⁸ Typischerweise handelt es sich oft um Schäden, die lange unsichtbar bleiben und erst nach einiger Zeit deutlich werden. In den späten 1980er Jahren wurde der Begriff der Nebenfolgen dann durch den Soziologen Ulrich Beck international bekannt gemacht, seither ist er fest etabliert.

Zu den Nebenfolgen unserer wirtschaftlichen und technischen Entwicklung zählen insbesondere der Klimawandel, das Ozonloch, die Vermüllung der Ozeane mit Plastik und Mikroplastik und die Verbreitung von Parasiten und Krankheiten durch die ökonomische Globalisierung, sowie die Ausbildung resistenter Krankheitserreger. Auch die Luft- und Wasserverschmutzung ist hierher zu rechnen; und es ließen sich weitere Beispiele aufzählen. Künftig ist mit zahlreichen weiteren Belastungen zu rechnen, und wir werden Mühe haben, die erreichten Erfolge der Umweltkontrolle zu verteidigen. Der Umweltmedizin werden die Themen nicht ausgehen, im Gegenteil ist von einer immer weiter steigenden Bedeutung von Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit auszugehen. Hat doch der Klimawandel eine ganze Kaskade von Effekten, von denen zahlreiche, etwa die Zunahme von Hitzetagen, gesundheitlich hochrelevant sind.

Die moderne Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit hat in erster Linie einen präventiven Fokus, auch wenn Umweltmediziner selbstverständlich auch therapeutisch tätig sind. Sie behandelt durch ihre Maßnahmen (etwa zur Lufthygiene) in erster Linie Populationen, nicht Individuen. Dieser präventive Ansatz hat sich aber, wie schon betont, auch bewährt. In den USA hat sich die Lebenserwartung bei Geburt zwischen 1900 und 1999 um fast 30 Jahre verlängert. Hiervon werden 5 Jahre auf Fortschritte der kurativen Medizin zurückgeführt, 25 Jahre dagegen auf Erfolge, die auf Präventionsstrategien zurückzuführen sind.³⁹ Die großen Erfolge der kurativen Medizin in den letzten Jahrzehnten haben wohl dazu geführt, dass die Bedeutung präventiver Maßnahmen etwas in den Schatten getreten ist. Doch die Umwelthygiene und die Sozialhygiene haben gerade im Zeichen rasanter Umweltveränderungen eine eher noch höhere Bedeutung.

37 Kapp 1958: 12.

38 Ebd.: 58-92.

39 Kistemann et al. 2002: 7.

Für die weitere Entwicklung bleibt es wichtig, aktuelle Entwicklungen immer wieder neu zu beobachten, auch, den Blick von der eigenen Spezialisierung zu befreien und weitere, globale Zusammenhänge im Kontext von *Global Health* einzubeziehen. Zudem ist der Bezug zur Grundlagenforschung in der Ökologie und in der Humanökologie von Bedeutung.

Weiter werden künftig die komplexen Beziehungen zwischen den einzelnen Umweltfaktoren stärker in den Blick rücken. Während die Umweltmedizin bislang eher einen isolationistischen Ansatz verfolgte, also einzelne Umweltfaktoren, die für bestimmte Erkrankungen verantwortlich sind, isolierte (am liebsten bestimmte Stoffe), geht die moderne Forschung im Bereich *Environmental Health Sciences* dahin, die Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Faktoren und dann den kombinierten Einfluss auf die Gesundheit zu untersuchen. Auch die weiter verstärkte interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Sozialwissenschaftlern wird bei Themen wie *Environmental Justice*, Risikobewertung und -kommunikation sowie bei Themen wie Lärm und Stress künftig an Bedeutung gewinnen.

Literatur

- Aurand, K (1972): Umweltschutz und Gesundheit. In: Friedrichs, G (Hg.): Aufgabe Zukunft: Qualität des Lebens. Band 4: Umwelt. Frankfurt am Main: Europäische Verlagsanstalt, 37-60.
- DGHM – Deutsche Gesellschaft für Hygiene und Mikrobiologie (2019): Fachgruppen. URL: <https://www.dghm.org/startseite/fachgruppen>; 31.8.2019.
- Dockery D W/Pope C A/Xu X/Pengler J D/Ware J H/Fay M E/Ferris B G/Speizer F E (1993): An Association between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. In: New England Journal of Medicine, 1993; 329, 1753-1759.
- Eis, D (1996): Definition „Umweltmedizin“. In: Umweltmedizin in Forschung und Praxis, 1996: 1 (2), 65-70.
- Fülgraff, G (Hg.) (1992): Handbuch der Umweltmedizin. Landsberg: Ecomed.
- FZ Jülich (2018): Historie des Forschungszentrums. URL: http://historie.fz-juelich.de/60jahre/DE/Geschichte/Ausblick/_node.html; 1.9.2019.
- Graul, E H (1974): Mensch und Umwelt – medizinische Environologie. Löwenich: Deutscher Ärzteverlag.
- Haber, W(o. J.): Ökologie. In: Handbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover.
- Haeckel, E (1866): Generelle Morphologie der Organismen. Berlin: Reimer.
- Helmholtz Zentrum München (2018): Geschichte des Helmholtz Zentrums München. URL: <https://www.helmholtz-muenchen.de/ueber-uns/profil/geschichte/index.html>; 15.7.2019.
- Horn, C (2002): „Krankheit“. In: Höffe, O (Hg.): Lexikon der Ethik. München.

- Kapp K W (1958): Volkswirtschaftliche Kosten der Privatwirtschaft. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen/Zürich: Polygraphischer Verlag.
- Kaul, A (1988): Ionisierende Strahlung, Quellen der Exposition, Dosen, Risiken, rechtliche Regelungen des Schutzes. München: MMV Medizin Verlag.
- Kistemann, T/Engelhardt, S/Exner, M (2002): Standortbestimmung: Umweltmedizin, Hygiene und Öffentliche Gesundheit. In: Dott, W/Merk, H/Neuser, J/Osieka, R (Hg.): Lehrbuch der Umweltmedizin. Grundlagen, Untersuchungsmethoden, Krankheitsbilder, Prävention. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, 7-13.
- Locher, W/Unschuld, P U (1999): Geschichtliches zur Umweltmedizin. In: Wichmann, H E/Schlipkötter H-W/Fülgraff, G (Hg.): Handbuch der Umweltmedizin. Landsberg: Ecomed, Kap. II.1, 17. Erg. Lieferung.
- Nasterlack, M (2017): Geschichte der Umweltmedizin. In: Schmitz-Spanke S/Nessler T/Letzel S/Nowak D (Hg.): Umweltmedizin: Neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis. Landsberg: Ecomed: Landsberg, 13-23.
- Paul, H (1974): Über den Begriff medizinische Ökologie. In: Huma nosologische Blätter, 1974: 3, 139-145.
- Reichl, F X (2011): Moderne Umweltmedizin: Umweltbelastungen – Diagnostik – Therapie. Köln: Lehmanns.
- Schaefer, H/Blohmke, M (1974): Sozialmedizin. Stuttgart: Thieme.
- Spranger E (1962): Das Gesetz der ungewollten Nebenwirkungen in der Erziehung. Heidelberg: Quelle & Meyer.
- StMUV – Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (2018): Fast ein halbes Jahrhundert Bewahrung unserer Lebensgrundlagen: das Bayerische Umweltministerium. URL: https://www.stmuv.bayern.de/ministerium/aufgaben/geschichte_umweltministerium.htm; 15.7.2019.
- Tretter, F (1986): Umwelt und Gesundheit: Ansätze einer ökologischen Medizin. In: Deutsches Ärzteblatt, 1986: 17, 1192-1196.
- Tretter, F (1992): Wissenschaftstheoretische Probleme der Umweltmedizin. In: Deutsches Ärzteblatt, 89: 1-2, A31-A32.
- Tretter, F (1996): Umweltmedizin: Beschreibungen sind derzeit wichtiger als Erklärungen. In: Deutsches Ärzteblatt, 93: 34-35, A2136-A2139.
- Tretter, F (2017): Wissenschaftstheoretische Aspekte der Umweltmedizin. In: Schmitz-Spanke, S/Nessler, T/Letzel, S/Nowak, D (Hg.): Umweltmedizin: Neue Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis. Landsberg: Ecom Verlag, 24-39.
- Uexküll, J von (1909): Umwelt und Innenwelten der Tiere.