

„Ist das natürlich oder ist da Chemie drin?“

Ansätze zu einer transdisziplinären Verständigung über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie

Ob im Essen oder auf dem Acker – Chemie in der Umwelt sorgt für Diskussionen. Vor allem synthetisch hergestellte chemische Stoffe werden von vielen als ‚unnatürlich‘ angesehen. Für einen gelingenden gesamtgesellschaftlichen Diskurs über Chemie in der Umwelt ist eine transdisziplinäre Verständigung über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie notwendig. Dafür werden die verschiedenen vorherrschenden Verständnisse zu Natürlichkeit und Chemie sowie ihres Verhältnisses zueinander aus begriffs- und naturphilosophischer, moralischer, kulinarisch-sinnlicher, chemischer und stoffgeschichtlicher Perspektive beleuchtet.

Christian Schnurr 

“Is this natural or does it contain chemicals?”

Towards a transdisciplinary understanding of the ‘(un-)naturalness’ of chemicals
GAIA 31/2 (2022): 94–102

Abstract

In environmental debates, the opinion is often raised that synthetic chemicals are ‘unnatural’. Understanding this claim from a transdisciplinary background is fundamentally important for a productive discourse about the role of chemicals in the environment. This article systemizes different perceptions of the ‘(un-)naturalness’ of chemicals and complements existing research on the distinction between ‘natural’ and ‘artificial’ substances. Furthermore, the importance of chemistry as a technique for reproducing ‘natural’ substances is highlighted and combined with a substance stories approach (German *Stoffgeschichten*). The article establishes a common ground for transdisciplinary communication about the ‘(un-)naturalness’ of chemicals, which can thereby reduce misunderstandings and prejudices in public debates about chemicals in the environment.

Keywords

artificial, chemicals, chemistry, natural, substance stories, transdisciplinary, unnatural

Chemie und ‚Natürlichkeit‘ – ein Streitthema

Der zeitgenössische Umweltdiskurs ist voll von Debatten über chemische Stoffe. Ob Glyphosat im Bier, Nitrat im Trinkwasser oder Dioxin im Frühstücksei – Chemie ist in aller Munde. Für die öffentliche Diskussion über chemische Stoffe in der Umwelt (und in Lebensmitteln) spielt dabei häufig das Konzept der „*Natürlichkeit*“ eine wichtige Rolle.

Man kennt dieses Konzept im Alltag hauptsächlich aus dem Supermarkt. Zahlreiche Produkte werben damit, nur „natürliche“ Zutaten und keine „künstlichen“ Zusatzstoffe zu enthalten. Einen solchen oder ähnlichen „Natürlichkeits-Claim“, wie es in der Marketingsprache heißt, enthält laut Marktforschungsunternehmen Mintel bereits mehr als jedes dritte in Europa neu zugelassene Lebensmittelprodukt, Tendenz steigend (Schofield 2019). Aber auch in der Naturheilkunde und in der Naturkosmetik ist die Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Substanzen ein zentraler Gedanke, der sich bisweilen sogar in Schlagwörtern wie „chemiefreie Naturkosmetik“ (Zentrum der Gesundheit 2021) ausdrückt. Derartige Formulierungen, die das Chemische als isolierten, von der ‚Natur‘ abtrennbaren Bereich zu verstehen scheinen, spielen abseits des Konsumbereichs vor allem auch in der Agrarpolitik eine Rolle, etwa wenn Nichtregierungsorganisationen eine „chemiefreie Landwirtschaft“ fordern (Slow Food Deutschland 2020, PAN 2022).¹

Eines der im Umweltdiskurs einflussreichsten Beispiele für eine gedankliche Trennung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ chemischen Stoffen findet sich in Rachel Carsons *Der stumme Frühling* (1964). Carson beschreibt in ihrer Kritik synthetischer Pflanzenschutzmittel, insbesondere des Insektizids Dichlordiphenyltrichlorethan (DDT), nicht nur die ökotoxikologischen

Christian Schnurr, M. Sc. | Universität Augsburg | Wissenschaftszentrum Umwelt (WZU) | Internationales Doktorand:innenkolleg Um(welt)denken | Universitätsstr. 1a | 86159 Augsburg | Deutschland | +49 821 598 3572 | christian.schnurr@uni-a.de

© 2022 by the author; licensee oekom. This Open Access article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY).
<https://doi.org/10.14512/gaia.31.2.6>
Received January 26, 2022; revised version accepted April 29, 2022 (editorial board peer review).

¹ Zum Begriff „chemiefrei“ siehe auch Goldberg et al. (2016), die eine Liste an Produkten und Praktiken erstellt haben, die von sich selbst behaupten, „chemiefrei“ zu sein, von der „chemiefreien Kleidung“ bis zur „chemiefreien Haarfarbe“.

GAIA Masters Student Paper Award

Christian Schnurr is one of the two winners of the 2021 GAIA Masters Student Paper Award. His paper *Naturstoffe im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit* was selected by an international jury and is now published in GAIA after successful editorial board peer review.

The GAIA Masters Student Paper Award^a addresses Masters students. They are encouraged to submit their results from research-based courses or Masters theses in the field of transdisciplinary environmental and sustainability science. The winner will be granted a prize of 1,500 euros as well as a free one-year subscription to GAIA. The award 2021 was endowed by the Selbach Environmental Foundation and Dialogik gGmbH.

^a For more details see www.oekom.de/publikationen/zeitschriften/gaia/c-131.

Auswirkungen von DDT, sondern betont auch, dass es sich bei synthetischen Pestiziden nicht um ‚natürliche‘ Stoffe handle.

[B]ei den Chemikalien, an die Lebewesen ihren Stoffwechsel anzupassen haben, handelt es sich nicht mehr nur um Kalzium, Kieselerde, Kupfer und all die übrigen Minerale, die aus dem Gestein ausgewaschen und von Flüssen ins Meer befördert werden; jetzt geht es um synthetische Erzeugnisse des erfinderischen Menschengenies, die in Laboratorien zusammengebraut werden und kein Gegenstück in der Natur haben.

Carson 1964, S. 5–6

Solche und ähnliche Aussagen über die ‚Unnatürlichkeit‘ der Chemie stoßen immer wieder auf Kritik. Hubert Markl, ehemaliger Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Max-Planck-Gesellschaft, hat sich dazu unter anderem am deutlichsten geäußert.

Warum kann es [...] im Verständnis der Öffentlichkeit als so ausgemacht gelten, daß ‚Chemie‘ das gerade Gegenteil von ‚Natur‘ sein muß, daß ‚chemisch‘ fast gleichbedeutend mit ‚unnatürlich‘, ja geradezu mit ‚widernatürlich‘ geworden ist? [...] Was ist das für ein kurioser Naturbegriff, der chemisch für unnatürlich [...] ausgibt [...]? Man kann dies nur verstehen, wenn man unterstellt, daß man offenbar mit gottserbärmlich mageren Chemiekennnissen in Wort und Schrift, im Fernsehen und im politischen Forum lautstark zu Wort kommen kann, und wenn man weiter unterstellt, daß solche Wort- und Meinungsführerschaft auch nicht dadurch behindert wird, daß man herzlich wenig davon weiß, was wirklich als natürlich gelten darf, d. h., wie es in der Natur, vor allem in der lebendigen Natur eigentlich zugeht, oder noch genauer: wie chemisch es in ihr zugeht.

Markl 1992, S. 140 f.

Wie chemisch es in der Natur zugehe – damit meint Markl die molekularen Grundlagen allen Lebens, das heißt beispielsweise Stoffe und Prozesse wie Nährsalze, Kohlenhydrate oder Pro-

teinsynthesen, die für den Aufbau und Erhalt komplexer biologischer Strukturen unerlässlich sind. Für ihn steht Chemie im Zentrum der ‚Natur‘. An der im Alltagssprachgebrauch üblichen Trennung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ chemischen Stoffen kritisiert er weiter, dass die negative Assoziation von ‚künstlichen‘ Stoffen zu unklugen umweltpolitischen Maßnahmen führen könne:

Die Nebenwirkungen des DDT-Verbotes haben mit Sicherheit mehr Menschen das Leben gekostet als die Nebenwirkungen des DDT.²

Markl 1992, S. 149

Transdisziplinärer Klärungsbedarf mit gesellschaftlicher Relevanz

Ohne sich dem Urteil Markls anschließen zu wollen, wird klar, dass es im Diskurs über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie großen Klärungsbedarf zwischen den verschiedenen Positionen gibt. Da der Vorwurf der ‚Unnatürlichkeit‘ nicht genuin chemisches Terrain ist, sondern aus Bevölkerung, Marketing und Medien gewissermaßen „von außen“ an die Chemie „herangetragen“ wird (Psarros 1996, S. 113), handelt es sich um ein *transdisziplinäres* Thema. Verschiedene Anspruchsgruppen sind an der Diskussion beteiligt, disziplinäre Grenzen werden überschritten und außerakademische Denk- und Ausdrucksweisen verschaffen sich Gehör (Kaschlik et al. 2020, S. 13). Es ist im Sinn eines gelingenden gesamtgesellschaftlichen Diskurses über Chemieprobleme in der Umwelt, wenn Debatten über ‚Natürlichkeit‘ nicht in Grabenkämpfen oder Polemiken (wie am Beispiel Markls gezeigt werden sollte) enden.

Der Beitrag erarbeitet deshalb zunächst eine *Systematisierung* verschiedener Sichtweisen auf die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie. Dies kann als Grundlage für eine strukturierte transdisziplinäre Kommunikation sowohl für Naturwissenschaftler(innen) wie auch chemische Laien hilfreich sein. Anschließend geht der Beitrag näher auf die Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen ein. Streifzugartig werden moralische, psychologische und sinnliche Gehalte dieser Unterscheidung herausgestellt und die synthetische Reproduktion von ‚natürlichen‘ Stoffen thematisiert. In einem dritten Teil wird auf den Ansatz der stoffgeschichtlichen Forschung eingegangen und dargestellt, >

² Markls polemisch-provokante Aussagen dienen als Beispiel, weil sich daran Kontraste stärker aufzeigen lassen. Mit seiner vorwurfsvollen Haltung gegenüber der Öffentlichkeit steht er nicht alleine da. Auch neuere Veröffentlichungen, die vonseiten der Chemieindustrie nach gesellschaftlicher Akzeptanz suchen, „belächeln“ „die Unbekümmertheit“, mit der das Chemische an Naturprodukten ausgeblendet wird und bemängeln den „tief verankerten gesellschaftlichen Vorbehalt gegenüber allem Chemischen als Gegenpol zum Natürlichen. Dieser Vorbehalt, manchmal sogar die pauschale Ablehnung, zieht sich durch alle Produkte und Techniken hindurch, die den Makel des Chemischen tragen. [...] Denn alles irgendwie Chemische erscheint unnatürlich, giftig, suspekt“ (Schummer 2017, S. 2).

wie hier auf transdisziplinärem Weg das Naturverhältnis chemischer Stoffe angemessen komplex wiedergegeben werden kann. Der Beitrag endet mit einer Empfehlung, welchen Stellenwert der Naturbegriff in Chemiedebatten einnehmen sollte.

Systematisierung von Chemie-Natürlichkeits-Verständnissen

Analysiert man die eingangs aufgeführten Urteile über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie, lassen sich drei verschiedene Positionen ausmachen, die im Folgenden als Chemie-Natürlichkeits-Verständnis A, B und C bezeichnet werden. Erstens kann man den Bereich des Chemischen *in seiner Gesamtheit* für ‚natürlich‘ halten – eine Sichtweise, der Markl wohl am ehesten zustimmen würde (Verständnis A); andere Positionen – siehe das obige Carson-Zitat – scheinen das Chemische in einen ‚natürlichen‘ und einen ‚nicht natürlichen‘ Bereich zu trennen (Verständnis B); und zuletzt äußert sich in Begriffen wie den „chemiefreien Naturprodukten“ die Auffassung, das Chemische sei generell ‚unnatürlich‘ (Verständnis C).

Der Grund für diese unterschiedlichen Anschauungen liegt erstens in verschiedenen Verständnissen davon, was ‚Natürlichkeit‘ bedeutet. In der akademischen Debatte über gesellschaftliche Naturvorstellungen ist bereits mehrfach auf den Unterschied zwischen einem *naturalistischen* und einem *aristotelischen* Naturverständnis hingewiesen worden (Janich 1996, S. 73, Rink et al. 2004, S. 13). Im *naturalistischen* Sinn bezeichnet ‚Natur‘ das materiell Vorhandene sowie die physikalischen Gesetzmäßigkeiten (Naturgesetze), denen diese Materie unterliegt (Janich 1996, S. 59). Diese Sichtweise ist vor allem in den Naturwissenschaften gängig und bedeutet speziell für die Chemie, dass *alle* chemischen Stoffe in diesem Sinn ‚natürlich‘ sind, und zwar insofern, wie sie aus der im Universum vorhandenen Materie bestehen und durch Umwandlungen entstanden sind, die im Rahmen der Naturgesetze ablaufen (Fischer 1996, S. 134). Ob es sich um das Vitamin C im Fruchtfleisch einer Zitrone handelt oder um das synthetische Insektizid Chlorpyrifos, das über Zitronenpflanzungen ausgebracht wird (LAVES 2018)³ – aus *naturalistischer* Sicht sind beide Stoffe ‚natürlich‘.

Dies entspricht nicht der alltäglichen Sicht. Wenn in der breiten Öffentlichkeit zwischen ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen unterschieden wird, folgt man im weitesten Sinn einem *aristotelischen* Naturverständnis. Aristoteles gehörte zu den ersten, die die uns heute noch präsente Unterscheidung von *phýsis* (Natur) und *téchne* (Technik) prägten. Aristoteles differenzierte damit vor allem Dinge, die *von selbst* da sind, zum Beispiel Pflanzen oder Tiere, und Dinge, die durch *menschliches Herstellen* hervorgebracht werden, zum Beispiel Werkzeuge oder auch Kunst. Dieses Verständnis von ‚Natürlichkeit‘ nimmt weniger

die Materialität eines Gegenstands in den Blick, sondern eher die Art und Weise seiner *Entstehung* (Böhme 1992, S. 12 f.). Gemäß einem aristotelischen Naturverständnis lassen sich chemische Stoffe also in solche unterteilen, die ‚von Natur aus‘ da sind (und vom Menschen lediglich isoliert werden), wie dem Vitamin C in der Zitrone, und in solche, die durch menschliche Technik synthetisiert werden, wie dem erwähnten Chlorpyrifos; mit anderen Worten in ‚natürliche‘ und ‚künstliche‘ Stoffe. Es leuchtet vor diesem Hintergrund auch ein, dass Carson (1964, S. 5 f.) vor allem den Akt der *technischen Herstellung* von Pestiziden betont, um deren ‚Unnatürlichkeit‘ unter Beweis zu stellen.

Neben den verschiedenen Vorstellungen davon, was ‚Natürlichkeit‘ bedeute, gibt es zweitens Unterschiede in dem, was als „chemisch“ begriffen wird. Nämlich bezeichnet Carson (1964, S. 5 f.) durchaus auch ‚natürliches‘ Calcium, Kupfer und Silizium als „Chemikalien“. Anders ist es hingegen beim Beispiel der „chemiefreien Naturkosmetik“, wo Inhaltsstoffe wie ätherische Öle, Wasser oder Zucker implizit nicht als ‚chemisch‘ verstanden werden. Der Unterschied liegt darin, dass für Carson – ähnlich wie für Markl und wohl die überwiegende Mehrzahl der Naturwissenschaftler(innen) – das Chemische einen *Gegenstandsbereich* bezeichnet, nämlich die stoffliche Ebene der materiellen Welt, das heißt etwa Salze, Metalle, Gase, Moleküle, und die entsprechenden Eigenschaften und Umwandlungen dieser Stoffe.⁴ Ausdrücke wie „chemiefreie Naturkosmetik“, oder auch die im Alltag manchmal gehörte Frage „Ist da Chemie drin?“, scheinen den Begriff des Chemischen dagegen eher als *Herkunftsangabe* zu verwenden. „Chemisch“ meint in diesem Sinn am ehesten „die Chemieindustrie betreffend“ oder „aus der Chemieindustrie stammend“.

Abbildung 1 veranschaulicht die Systematisierung der verschiedenen Natürlichkeits- und Chemieverständnisse. Die drei unterschiedlichen Positionen zur ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie werden in repräsentativen Aussagen zusammengefasst.

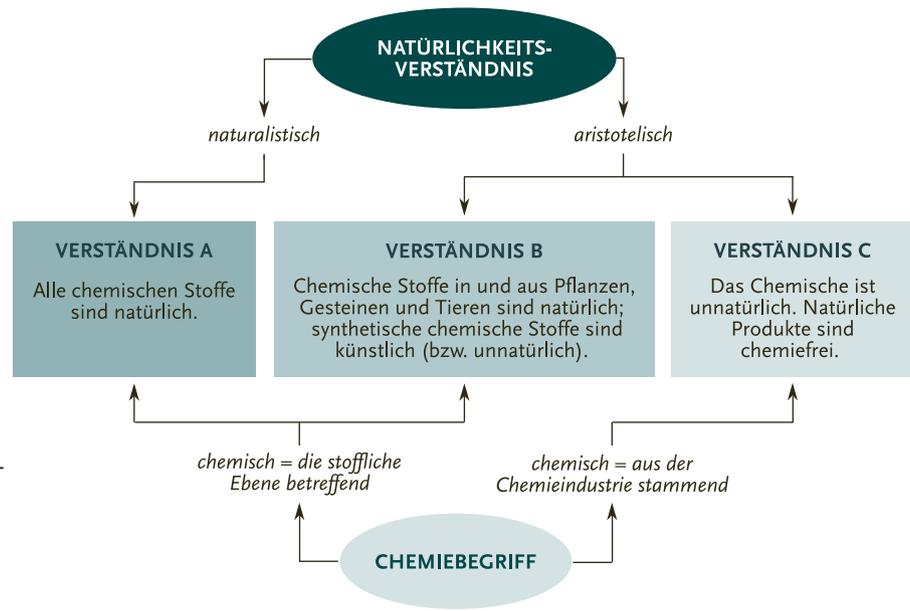
Die Relevanz einer solchen Systematisierung liegt in mehreren Bereichen. Erstens mag sie Naturwissenschaftler(inne)n dabei helfen, mit Laien über Fragen der ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie zu diskutieren. Vorurteile und Polemiken, die (wie beispielsweise bei Markl) häufig gegenüber vor allem Verständnis C vorherrschen, können durch das Aufzeigen der konzeptuellen Hintergründe dieser Meinung einfacher in konstruktive Kritik gewandelt werden. Umgekehrt mag die Systematisierung Laien dazu verhelfen, das je eigene Verständnis von der ‚Unnatürlichkeit‘ der Chemie zu reflektieren, sodass sie leichter in Kontakt mit Naturwissenschaftler(inne)n treten können. Zweitens spiegelt die hier angelegte Dreiteilung der Positionen (in A, B und C) die tatsächliche Komplexität des Diskurses über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie angemessener wider als bislang in der Literatur kursierende Zweiteilungen. Markl (1992) etwa unterscheidet zwischen naturwissenschaftlichem und laienhaftem

³ Zur aktuellen Situation siehe

www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstande_verunreinigungen/pflanzenschutzmittelruckstande-in-zitrusfruchten-187709.html.

⁴ Vor allem auf die definitorischen Arbeiten von Soentgen (1997) zum Stoffbegriff und von Ruthenberg (im Erscheinen) zum Chemiebegriff sei hier hingewiesen.

ABBILDUNG 1: Systematisierung von Chemie-Natürlichkeits-Verständnissen. Umkreist sind die Begriffe, über die unterschiedliche Konzepte vorliegen, in nächster Ebene kursiviert die inhaltliche Ausprägung der jeweiligen Position. Die daraus resultierende Haltung zur ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie wird in Verständnis A, B und C repräsentativ ausgedrückt.



Naturverständnis, übergeht aber die Tatsache, dass sich letztere Position noch einmal in B und C differenzieren lässt. Ähnlich ergeht es Gayle Nicoll (1997) in einer Studie zum Chemiebegriff von Studierenden, in der während des Studiendesigns festgestellt wurde, dass laienhafte Chemieverständnisse auch hinsichtlich ihres Naturverständnisses differenziert werden müssen. Zuletzt verdeutlicht die Systematisierung, dass *in der Chemiebranche selbst* kein homogenes Naturverständnis vorliegt, sondern sich in Begriffen wie dem der „Naturstoffchemie“ – diejenige Subdisziplin der Chemie, die sich mit der Analyse und Synthese von in Organismen gebildeten Stoffen beschäftigt – auch nicht naturalistische Verwendungen des Wortes „Natur“ (in diesem Fall gemäß Verständnis B) eingebürgert haben. Im Sinn einer solchen differenzierten Sichtweise auf das Thema soll dieser erste Teil des Beitrags zu einer besseren transdisziplinären Kommunikation über die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie beitragen und aus Pauschalisierungen und Vorurteilen herausführen.

Das ‚Natürliche‘ und das ‚Künstliche‘

Nachdem die *Struktur* verschiedener Chemie-Natürlichkeits-Verständnisse geklärt wurde, mag aus naturwissenschaftlicher Sicht noch lange nicht klar sein, worin der genaue *Wert* der Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen, wie sie Verständnis B propagiert, liegen sollte. Denn es lassen sich an der ‚Natürlichkeit‘ oder ‚Künstlichkeit‘ eines chemischen Stoffes keine Aussagen über dessen Toxikologie festmachen. So urteilt Chemieprofessor Roland A. Fischer:

Ob die Produktion, die Anwendung und die Verteilung von DDT in unserer Welt ein Fluch oder ein Segen ist oder war, läßt sich an der Künstlichkeit dieses Stoffes nicht ablesen.

Fischer 1996, S. 132

Der zweite Teil des Beitrags möchte deshalb – weniger in Form einer Systematik als mehr in Form eines Streifzugs – verschie-

dene Dimensionen der in der Öffentlichkeit oft getroffenen Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen (Verständnis B) beleuchten. Dabei soll gezeigt werden, dass diese Unterscheidung nicht lediglich pauschale Vorurteile über die (Un-)Giftigkeit von Stoffen enthält, wie es von naturwissenschaftlicher Seite oft vorgeworfen wird (Markl 1992, S. 149, Schummer 2017, S. 2), sondern im Hinblick auf die vielfältigen Situationen, in denen man im Alltag (oder bei Extremereignissen) mit chemischen Stoffen in Kontakt steht, durchaus gehaltvoll ist.

So weist der Philosoph Peter Janich darauf hin, dass die Unterscheidung von ‚Natürlichem‘ und ‚Künstlichem‘ einen „moralischen Aspekt“ (Janich 1996, S. 73) enthalte. Janich klärt dies eher allgemein, deshalb sei dies hier beispielhaft anhand von ‚natürlichen‘ und synthetischen Giften erläutert. Zu den häufigsten ‚natürlichen‘ Giftstoffen, denen Menschen ausgesetzt sind, zählen Mykotoxine, die gesundheitsschädlichen Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen. Laut Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen sind etwa ein Viertel der weltweiten Ernten mit Mykotoxinen kontaminiert (Eskola et al. 2020), was von Kritiker(inne)n der Natürlich-künstlich-Unterscheidung bisweilen auch als Argument zur Abwertung des ‚Natürlichen‘ eingesetzt wird.⁵ Unter dem Aspekt der Moral lässt sich die im Alltag oft übliche Unterscheidung zwischen ‚natürlichen‘ – das heißt nach Verständnis B: ohne menschliches Zutun entstandenen – Giftstoffen und synthetischen Schadstoffen besser plausibilisieren. In Bezug auf Mykotoxine stellen sich manche moralische Fragen gar nicht (etwa „Wer hat die Produktion dieser Stoffe veranlasst?“), da diese Gifte ‚von Natur aus‘ in

⁵ So argumentiert Markl (1992, S. 149), dass „der Verzicht auf chemische Nahrungskonserverung – aus Angst vor den damit möglicherweise verbundenen Restrisiken – uns der vielfach größeren Gefahr der Vergiftung durch natürliche Giftstoffe aussetzt, von krebserzeugenden Aflatoxinen aus verschimmelnden Produkten bis zu der tödlichen Bedrohung durch Botulinustoxin“.

der Welt existieren. Entpuppt sich hingegen ein synthetisches Pestizid als krebserregend, muss das produzierende Unternehmen Rechenschaft ablegen und kann unter Umständen für Herstellung und Vermarktung des Stoffs juristisch belangt werden. Im Sinn Janichs ist es angebracht, die in der Öffentlichkeit oft getroffene Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen insofern nicht als „Haarspalterei [...] [zu] verkenn[en]“, wie diese Differenzierung im Fall eines Schadens durch einen Stoff zugleich unsere „Unterscheidung von Zurechenbarem [...] und Nicht-Zurechenbarem“ (Janich 1996, S. 73) betrifft.

Neben dem moralischen Aspekt, darauf weist die Psychologin Cornelia Karger hin, stecken in der Trennung von ‚Natürlichem‘ und ‚Künstlichem‘ auch psychologische Gehalte, vor allem hinsichtlich der Frage der Kontrollierbarkeit der jeweiligen Bereiche. Dem Bereich des Technischen liege eine „systemimmanent[e] [...] Kontrollerwartung“ inne (Karger 1996, S. 161), da die Herstellung von Technikgegenständen (beispielsweise eines Medikaments oder eines Staudamms) nur auf Basis einer prinzipiellen Kontrollierbarkeit physikalischer Vorgänge möglich sei. „Folgt dann die gegenteilige Erfahrung, z. B. in Gestalt von Gesundheitsschäden oder eines Unfalls in einer technischen Anlage, wird die Kontrollerwartung enttäuscht“ (Karger 1996, S. 161). Karger nennt hierfür kein explizit chemisches Beispiel, es liegt jedoch nahe, den Contergan-Skandal heranzuziehen, in dem der synthetische Stoff Thalidomid Fehlbildungen bei Neugeborenen auslöste. Insbesondere weil das Beruhigungsmittel Contergan ursprünglich als Mittel für einen pharmazeutisch-kontrollierten, geregelten Schwangerschaftsablauf beworben wurde, trägt dieser Fall (neben den moralischen Aspekten) auch ganz eigene psychologische Gehalte, da, im Gegensatz zu Fehlbildungen, die auch ‚natürlicherweise‘ auftreten können, hier die zuvor gerechte Erwartung der chemischen Kontrollierbarkeit des eigenen Körpers fundamental enttäuscht wurde.

Die beiden Argumente von Janich und Karger lassen sich zwar auf Chemies Diskussionen anwenden, behandeln die Chemie aber vor allem als Subkategorie des Technischen im Allgemeinen und fassen spezifische Charakteristika des Chemischen kaum ins Auge. Zudem beziehen sie sich hauptsächlich auf Fragen der Risikobewertung und des Schadenfalls. Für die breite Öffentlichkeit spielt die Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen aber auch in anderen Bereichen eine wichtige Rolle. Deshalb sei im Folgenden eine besonders charakteristische Naturbeziehung der Chemie dargestellt – die *Reproduktion* ‚natürlicher‘ Stoffe durch chemische Synthesen.

Chemie als Technik zur Reproduktion ‚natürlicher‘ Stoffe

Es ist ein Charakteristikum der Chemie, dass sie in ihrer Beziehung zur ‚Natur‘ häufig *reproduzierend* verfährt:⁶ Ein großer Teil der chemischen Forschung und Industrie beschäftigt sich damit, ‚natürliche‘ Stoffe (das heißt nach Verständnis B: Stoffe aus Pflanzen oder anderen Organismen) durch technische Synthesen

nachzubilden. Ausgangspunkt solcher Synthesen bilden hauptsächlich petrobasierte Basischemikalien, zum Beispiel Benzol, Ethen und andere Stoffe, die bei der Raffination von Erdöl und der Förderung von Erdgas anfallen (Merenyi 2019, S. 371); im Ergebnis stehen Stoffe, die derart auch in der ‚Natur‘ (zum Beispiel in Baumrinde oder einer Frucht) vorkommen, aber im Sinn von Verständnis B ‚künstlich‘ sind, da sie nicht aus der entsprechenden Rinde oder Frucht gewonnen, sondern durch technische Synthese hergestellt worden sind.

Ein einfach zugängliches Beispiel für die synthetische Reproduktion eines ‚natürlichen‘ Stoffs bietet die synthetische Herstellung von Vanillin, der Hauptaromakomponente von Vanillegeschmack.⁷ Zahlreiche Produkte, die nach Vanille schmecken, enthalten keine Bestandteile einer Vanilleschote, sondern sind durch ‚künstlich‘ hergestelltes Vanillin aromatisiert. Für eine solche Reproduktion bedarf es zuerst einer molekularen Aufklärung der geschmacklich wichtigsten Stoffe der Vanilleschote. Dies geschieht durch eine Reihe chemischer Analysemethoden. Sobald die molekulare Formel für den Stoff Vanillin bekannt ist, kann dieser in einem separaten Prozess durch eine mehrstufige Umwandlung aus erdölbasierten Chemikalien wie Phenol hergestellt werden (Abbildung 2). Das (nach Verständnis B) ‚künstliche‘ Vanillin ist mit dem ‚natürlichen‘ Stoff in materieller Hinsicht quasi identisch⁸ und unterscheidet sich nur durch die Art und Weise der Herstellung. Mehr als 99 % der weltweit kursierenden Vanillinmoleküle sind in dieser oder ähnlicher Art synthetischen Ursprungs, weniger als 1 % stammt tatsächlich aus Vanilleschoten (Fache et al. 2016).

Obwohl solche (von der deutschen Aromenverordnung zeitweise als „naturidentisch“ bezeichneten) Stoffe eine exakte Kopie des ‚natürlichen‘ Vorbilds sind, ist im Sinn von Verständnis B eine ‚Natürlichkeit‘ dieser Stoffe nicht gegeben, da sie nicht ‚von selbst‘, das heißt ohne menschliches Zutun (zum Beispiel von einer Pflanze) gebildet, sondern durch technische Synthese hergestellt worden sind. Trotz ihrer Vorbilder in der ‚Natur‘ bleiben diese Stoffe also Verständnis B gemäß ‚künstlich‘, weshalb sie nach heutiger Aromenverordnung nicht als „natürliches Aroma“, sondern nur als „Aroma“ deklariert werden (Zipfel 2021).

6 Für eine detaillierte ästhetische Sichtweise auf die chemische Reproduktion von Naturstoffen siehe den Beitrag von Schnurr (im Erscheinen), in dem insbesondere ein Abgleich mit Walter Benjamins Reproduktionstheorie stattfindet.

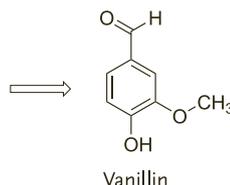
7 Das Beispiel Vanillegeschmack ist absichtlich gewählt, um die *sinnliche* Dimension der Reproduktionsthematik herauszuarbeiten und die chemischen Details auch Nichtchemiker(inne)n zugänglich respektive „schmackhaft“ zu machen.

8 Chemiker(innen) werden zurecht einwenden, dass sich ‚natürliche‘ Stoffe und ihre synthetischen Reproduktionen in der Isotopenverteilung unterscheiden. Dies ist korrekt und kann sogar als Argument dienen, aus chemischer Sicht die ‚Natürlichkeit‘ synthetischer Verbindungen zu betonen, da diesen zumindest auf molekularer Ebene noch die Herkunft aus bestimmten Erdölvorkommen anzusehen ist (Walton et al. 2003). Für die alltägliche Wahrnehmung von chemischen Stoffen spielt dies aber eine untergeordnete Rolle, da man Isotopenverteilungen beispielsweise nicht „erschmecken“ kann.

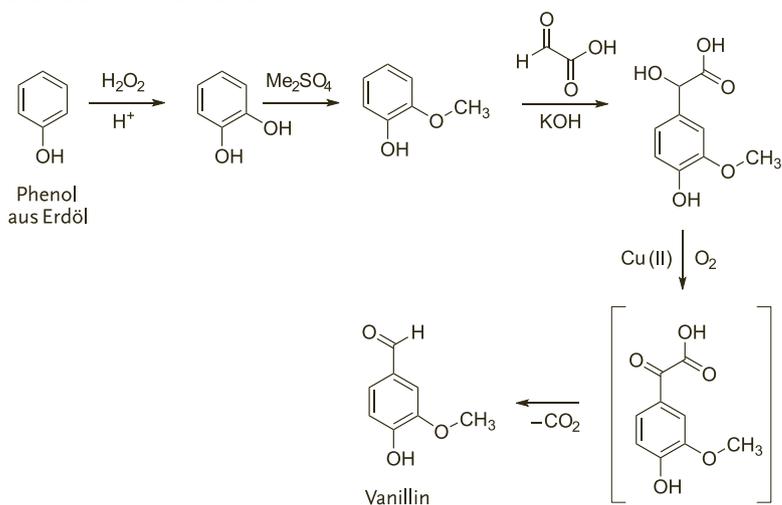
ABBILDUNG 2: Eine besondere Naturbeziehung der Chemie ist es, ‚natürliche‘ Stoffe – wie hier den Aromastoff Vanillin – synthetisch zu reproduzieren. Ist die molekulare Formel des ‚natürlichen‘ Vanillins bekannt, kann ausgehend von der Industriechemikalie Phenol über verschiedene chemische Umwandschritte ‚künstliches‘ Vanillin hergestellt werden (Fache et al. 2016).

‚NATÜRLICHER‘ AROMASTOFF

Extraktion aus Vanilleschoten
Aufreinigung, Abtrennen von
anderen Stoffen



‚KÜNSTLICHER‘ AROMASTOFF



Das Urteil über die mangelnde ‚Natürlichkeit‘ selbst dieser naturgetreu synthetisierten Stoffe wird in der breiten Bevölkerung nicht nur durch begriffliche Analysen getroffen, sondern auch, wenn man beim Beispiel der Aromastoffe bleibt, über einen *sinnlichen* Zugang. Dabei werden synthetisch hergestellte Aromen oft als nicht ‚natürlich‘ schmeckend bewertet, weil ihnen eine gewisse Komplexität und Variabilität fehlt, die kennzeichnend für in der ‚Natur‘ vorkommende Aromen ist. ‚Natürlicher‘ Vanilleextrakt etwa besteht aus über 170 verschiedenen chemischen Stoffen (Bloom 2017, S. 14), die je nach Anbauort und Erntezeit in unterschiedlichem Gehalt auftreten (Hocking 1997). Theoretisch wären alle diese 170 Stoffe synthetisch reproduzierbar, in der Praxis wird meist nur der Hauptaromastoff Vanillin verwendet und auf Nebenaromen verzichtet. Wer ‚Vanillinzucker‘ zum Backen verwendet, wird feststellen, dass dieser zwar nach Vanille riecht und schmeckt, aber ein weniger komplexes (und weniger variables) Aromaprofil hat als der Extrakt einer Vanilleschote. Laut Stoffforscher Jens Soentgen (2022) geht mit der Feststellung einer ‚zu hohen‘ Reinheit des Produkts oft ein Urteil über dessen mangelnde ‚Natürlichkeit‘ einher. Im Fall von Vanilleprodukten führen diese Zuschreibungen bisweilen zu der ironischen Industriepaxis, dass synthetisch aromatisiertem Vanilleis nachträglich zerkleinerte Bestandteile von Vanilleschotenhüllen hinzugefügt werden.⁹ Obwohl nahezu geschmacklos, sollen die schwarzen *Verunreinigungen* im Eis den Anschein von ‚Natürlichkeit‘ erwecken. Wie das Beispiel zeigt, hat eine Reflexion auf gesellschaftliche Natürlichkeitsvorstellungen nicht nur agrar- und chemiepolitische Relevanz, sondern kann Konsumentinnen und Konsumenten helfen, Werbe- und Marketingstrategien, die mit Natürlichkeitsvorstellungen spielen, objektiver einschätzen zu können.

Stoffgeschichten

Unser Streifzug durch verschiedene Aspekte der Unterscheidung von ‚natürlichen‘ und ‚künstlichen‘ Stoffen stellt die moralischen, psychologischen und geschmacklich-sinnlichen Dimensionen dieser Unterscheidung heraus. Ihre Verschiedenheit deutet die *Multi- und Transdisziplinarität* an, der es auch in der akademischen Debatte über gesellschaftliche Chemiewahrnehmungen bedarf. Der Ansatz der *Stoffgeschichten* mag ein gutes methodisches Instrument sein, die diversen Auseinandersetzungen, die zwischen Gesellschaften, Individuen und chemischen Stoffen stattfinden, in angemessener Komplexität widerzuspiegeln: „Um die Bedeutung von Stoffen zu untersuchen, ist nicht allein ihre chemische Beschreibung nötig, sondern ebenso die Analyse der unterschiedlichen Praxisdomänen und Diskurse, in denen Stoffen eine je kontext- beziehungsweise diskurspezifische Bedeutung zuerkannt wird“ (Böschchen et al. 2004, S. 20).

Der dritte Teil dieses Beitrags plädiert dafür, im Feld der Stoffgeschichten verstärkt auch Fragen der Zuschreibung von ‚Natürlichkeit‘ und ‚Künstlichkeit‘ in den Blick zu nehmen. Besonders geeignet scheint das Thema der synthetischen Reproduktion ‚natürlicher‘ Stoffe. Ausführlich behandelt wurde etwa die ‚natürliche‘ und ‚künstliche‘ Herstellung von Gummi (Soentgen 2018, >

9 www.lebensmittel-forum.de/faq/forum-lebensmittel-und-ernaehrung/sind-die-schwarzen-punkte-im-vanilleis-ein-zeichen-fuer-echte-vanille-54244

10 Beispielsweise, dass es der japanischen Wissenschaftlerin Mayu Yamamoto 2007 gelang, Vanillin auf synthetischem Weg aus Kuhdung herzustellen, oder dass sehr alte Bücher aufgrund der Ähnlichkeit von Lignin und Vanillin bisweilen nach Vanille riechen (Cotton 2008, Strlic et al. 2009).

S. 103), und auch über ‚natürliches‘ und synthetisches Vanillin lassen sich interessante Stoffgeschichten erzählen.¹⁰ Insbesondere lässt sich durch den stoffgeschichtlichen Ansatz zeigen, dass die synthetische Reproduktion von ‚natürlichen‘ Stoffen hinsichtlich ihrer *Funktion* oft eine ambivalente Beziehung zur ‚Natur‘ aufweist.

Zum einen diene – historisch gesehen – die synthetische Reproduktion ‚natürlicher‘ Stoffe in vielen Fällen dazu, von ‚natürlichen‘ Gegebenheiten *unabhängig* zu werden. Die synthetische Herstellung von Vanillin wurde im 19. Jahrhundert unter anderem vorangetrieben, weil der ‚natürliche‘ Herstellungsweg unter der Wetterabhängigkeit der Vanilleernte litt (Hocking 1997). Ein anderes Beispiel wäre die Synthese von Chilesalpeter (NaNO_3) aus Luftstickstoff im Rahmen des Haber-Bosch-Prozesses, die im Ersten Weltkrieg die deutsche Schießpulverindustrie von ‚natürlichen‘ Abbaustätten in Südamerika unabhängig machte und daher auch eminent politische Bedeutung hatte (Soentgen 2014). In vielen Fällen verhilft die Chemie also bestimmten Gesellschaftsgruppen zur *Abkehr* von ‚natürlichen‘ Rahmenbedingungen (zum Beispiel Wetter- und Klimafaktoren oder Ressourcenknappheit).

Die Gretchenfrage, die immer wieder an die Chemie herangetragen wird, nämlich „Wie hältst du’s mit der Natürlichkeit?“, wird in den kommenden Jahrzehnten vor allem aufgrund der stetig steigenden Zahl neuer synthetischer Stoffe nicht verstummen.

Zum anderen lässt sich eine *Hinwendung* zur ‚Natur‘ ausmachen. Die Reproduktion von ‚Naturstoffen‘ zeugt oft von einem Bewusstsein für die Komplexität und Unersetzbarkeit der ‚natürlichen‘ stofflichen Welt. Ein gutes Beispiel dafür gibt die pharmazeutische Forschung. Fast zwei Drittel der chemischen Wirkstoffe, die in den letzten Jahrzehnten als Arzneimittel zugelassen wurden, sind von ‚natürlichen‘ Stoffen inspiriert, das heißt orientieren sich entweder an der Struktur oder am biochemischen Wirkmechanismus von Stoffen, die aus Pflanzen oder anderen Organismen stammen (Cragg und Newman 2013). Dies mag von der Einsicht zeugen, dass menschliches Leben nicht nur ‚von außen‘, etwa durch Ressourcenknappheit oder Umweltprobleme, sondern auch ‚von innen‘, nämlich durch die ‚natürlichen‘ stofflichen Vorgänge des eigenen Körpers, in einem gewissen Maß an Abläufe der ‚Natur‘ angebunden bleibt.

Insofern nimmt die Chemie, wie sie hier als Wissenschaft vom Reproduzieren ‚natürlicher‘ Stoffe vorgestellt wurde, auch eine ambivalente Stellung im Diskurs über „schwache“ und „starke“ Nachhaltigkeit ein. Einerseits ist sie – wenn im Konzept der schwachen Nachhaltigkeit davon ausgegangen wird, dass „natürliches Kapital“ prinzipiell unbegrenzt durch Technik substituiert werden kann – eine der wichtigsten technischen „Substitutionsmöglichkeiten von Naturkapital“ (Döring 2004, S. 4). Andererseits kommen auch viele Erkenntnisse über die in ihrem

Ausmaß und in ihrer Diversität praktisch unersetzlich scheinenden Stoffvorräte der ‚Natur‘ aus dem Bereich der chemischen Wissenschaft (Lautié et al. 2020), was Anlass dazu geben kann, die ‚natürlich‘ vorkommenden Ressourcen – im Sinne der starken Nachhaltigkeit – als „limitierenden Faktor“ (Döring 2004, S. 5) für Wohlstand und ökonomische Produktion anzuerkennen.

Wohin mit dem Naturbegriff?

Vor diesem Hintergrund wird klar, dass es nicht *die eine* Naturbeziehung der Chemie gibt. Die Ausführungen zur Chemie als Reproduktionstechnik illustrieren, dass sich chemische Wissenschaft und Industrie zum Bereich des ‚Natürlichen‘ kopierend, substituierend, lernend, bewundernd und noch vieles mehr verhalten können. Diese Einsicht kann vor vorschnellen Anschuldigungen bewahren, die Gegenüberstellung von Chemie und ‚Natur‘ ende nur in vereinfachten Gut-Böse-Schemata, wie es in den eingangs zitierten Kritiken anklang (Markl 1992, Schummer 2017). Insbesondere da die Naturbeziehung der Chemie

eine ambivalente ist, lohnt es sich, den Naturbegriff weder vor „naturalistischem“ noch vor „kulturalistischem“ Hintergrund aus der Debatte zu verbannen.¹¹

Aus den vorgestellten begriffs- und naturphilosophischen, moralischen, kulinarisch-sinnlichen, chemischen und stoffgeschichtlichen Perspektiven auf die ‚(Un-)Natürlichkeit‘ der Chemie lässt sich *keine* normative Handlungsanweisung nach dem Motto, die Chemie solle sich ‚an der Natur‘ orientieren, ableiten. Von der ‚Natürlichkeit‘ oder ‚Künstlichkeit‘ eines Stoffs auf dessen (Öko-)Toxikologie zu schließen, davon ist aus jedem der hier vorgebrachten Blickwinkel abzuraten. So ist Carsons Kritik (1964, S. 6), synthetische Pestizide hätten „kein Gegenstück in der Natur“, zu kurz gedacht. Die Neonicotinoide etwa orientieren sich in Aufbau und Wirkungsweise an Nicotin, einem Stoff, der bekanntermaßen in Tabakblättern vorkommt. Die Verwandtschaft zu einem ‚Naturstoff‘ hält die jeweiligen Stoffe in diesem Fall nicht davon ab, negative Auswirkungen auf Bienenpopulationen

¹¹ Schließlich stellt sich ja nicht nur die Frage, wie der Naturbegriff inhaltlich zu bestimmen sei, sondern auch, ob dieser überhaupt einen produktiven Beitrag zum ökologischen Diskurs leistet. Für eine genauere Darstellung und Erklärung der „naturalistischen“ sowie der „kulturalistischen“ Kritik am Naturbegriff siehe Schiemann (2005, S. 1 f.), dem ich vor allem in seiner Abgrenzung zu diesen Kritiken zustimme, ebenso wie Bohlmann (2021).

zu haben.¹² Auch die Aussage der Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (Kreysa und Grabley 2007, S. 6), dass „Naturstoffe durch ihr Jahrmillionen langes Wechselspiel mit biologischen Systemen im Rahmen des Kommunikationsstoffwechsels in der Natur gewissermaßen ‚biologisch validiert‘“ seien,¹³ ist mit Vorsicht zu genießen. Letztlich zeigen doch Umweltprobleme wie die Eutrophierung durch Stickstoff (Sutton et al. 2011), dass chemische Stoffe keine Fremdkörper sein müssen, um ökologische Missstände auszulösen. Oft ist es gerade der Umstand, dass ein Stoff ‚natürlicherweise‘ mit anderen Umweltprozessen wechselwirkt, der im großen Maßstab zum Problem wird.

Es sollte stattdessen Aufgabe des Naturbegriffs sein, in Chemiedebatten stets daran zu erinnern, dass das Chemische nicht nur denjenigen Teil der Wirklichkeit betrifft, der sich in Zahlen, Daten und Berechnungen (beispielsweise quantitativer toxikologischer Grenzwerte) ausdrücken lässt, sondern dass die Auseinandersetzung mit chemischen Stoffen immer auch Fragen der Moral, der Psychologie, der Ästhetik, der Sinnlichkeit und vieler weiterer Aspekte menschlichen Handelns und Empfindens auf den Plan rufft. Insbesondere in seiner Rolle als Konglomerat verschiedener Wirklichkeitsbereiche kann der Naturbegriff dazu beitragen, dass Chemiedebatten nicht in Partikulardiskussionen verebben – beispielsweise kleinteiligen Fragen wie „Wurde in dieser Trinkwasserprobe jener Grenzwert überschritten?“ oder „Sollen die Vorgaben zur Emissionsminderung von 10 auf 12 % erhöht werden?“ –, sondern dass die *umfassenden* Veränderungen, die sich im Rahmen chemischen Forschens und Herstellens für fast alle Bereiche gesellschaftlichen und individuellen Lebens ergeben, aus der *Makroperspektive* im Blick behalten werden.

Die Gretchenfrage, die immer wieder aus der Öffentlichkeit an die Chemie herangetragen wird, nämlich „Wie hältst du’s mit der Natürlichkeit?“, wird in den kommenden Jahrzehnten vor allem aufgrund der stetig steigenden Zahl (und Volumina) neuer synthetischer Stoffe (Persson et al. 2022) nicht verstummen. Nicht eine (zum Teil berechtigte) Kritik puristischer Naturvorstellungen, sondern der langfristig und inklusiv angelegte Dialog an den disziplinären Außengrenzen der Chemie sind diesbezüglich die richtige Strategie für einen Chemiesektor, der sich im Dienst einer transformierenden Gesellschaft verstehen will.

Acknowledgement: The article is based on my final project which – in cooperation with the Environmental Science Center (WZU), Augsburg University – was prepared at the Rachel Carson Center for Environment and Society, Munich. I would like to thank the directors of both institutes, *Jens Soentgen* and *Christof Mauch*, for their supervision. I would also like to thank *Simone Müller*, *Helmuth Trischler* and *Uwe Voigt* for their corrections and assistance. Finally, I would like to thank one anonymous reviewer for her/his helpful comments.

Funding: This work received no external funding.

Competing interests: The author declares no competing interests.

12 www.efsa.europa.eu/de/press/news/180228

13 Ein Argument, das übrigens fast im gleichen Wortlaut bei Carson (1964, S. 6f.) vorkommt.

Literatur

- Bloom, J. 2017. *Natural and artificial flavors: What's the difference?* New York: American Council on Science and Health.
- Bohlmann, M. 2021. Kritik der Natur als Ideal. Zum Sprechen über die Natur in unserer Gegenwart und zur Gegenwart des Naturbegriffs des Deutschen Idealismus. In: *Wie über Natur reden? Philosophische Zugänge zum Naturverständnis im 21. Jahrhundert*. Herausgegeben von K. Feldmann, N. Höppner. Freiburg: Karl Alber. 197–216.
- Böhme, G. 1992. *Natürlich Natur: Über Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Böschen, S., A. Reller, J. Soentgen. 2004. Stoffgeschichten – eine neue Perspektive für transdisziplinäre Umweltforschung. *GAIA* 13/1: 19–25. <https://doi.org/10.14512/gaia.13.1.5>.
- Carson, R. 1964. *Der stumme Frühling*. München: Biederstein.
- Cotton, S. 2008. *Vanillin*. <https://edu.rsc.org/soundbite/vanillin/2021267.article> (abgerufen 10.01.2022).
- Cragg, G. M., D. J. Newman. 2013. Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochimica et Biophysica Acta* 1830/6: 3670–3695. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2013.02.008>.
- Döring, R. 2004. *Wie stark ist schwache, wie schwach starke Nachhaltigkeit?* Wirtschaftswissenschaftliche Diskussionspapiere 8. Greifswald: Universität Greifswald, Rechts- und Staatswissenschaftliche Fakultät.
- Eskola, M., G. Kos, C. T. Elliott, J. Hajšlová, S. Mayar, R. Krska. 2020. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited ‘FAO estimate’ of 25 %. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 60/16: 2773–2789. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570>.
- Fache, M., B. Boutevin, S. Caillol. 2016. Vanillin production from lignin and its use as a renewable chemical. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* 4/1: 35–46. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.5b01344>.
- Fischer, R. A. 1996. Natürlich, naturidentisch, künstlich: Beiträge zur Begriffsbestimmung aus der Sicht eines Chemikers. In: *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Herausgegeben von P. Janich, C. Rüchardt. Berlin: De Gruyter. 121–136. <https://doi.org/10.1515/9783110819243.121>.
- Goldberg, A., K. Roth, C. J. Chernjobber. 2016. Chemiefreie Haushaltsprodukte. *Chemie in unserer Zeit* 50/2: 144–145. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201600750>.
- Hocking, M. B. 1997. Vanillin: Synthetic flavoring from spent sulfite liquor. *Journal of Chemical Education* 74/9: 1055–1059. <https://doi.org/10.1021/ed074p1055>.
- Janich, P. 1996. Natürlich künstlich. Philosophische Reflexionen zum Naturbegriff der Chemie. In: *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Herausgegeben von P. Janich, C. Rüchardt. Berlin: De Gruyter. 121–136. <https://doi.org/10.1515/9783110819243.53>.
- Karger, C. R. 1996. Natürlichkeit und Chemie – ein Gegensatz in der öffentlichen Wahrnehmung? In: *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Herausgegeben von P. Janich, C. Rüchardt. Berlin: De Gruyter. 152–167. <https://doi.org/10.1515/9783110819243.152>.
- Kaschlik, A., C. Küffer, S. Olbert-Bock, T. Paulsen, S. Studer, U. Sturm. 2020. *Forschung für gesellschaftliche Innovationen an Fachhochschulen (FHs) – Potenziale, Rahmenbedingungen, Handlungsfelder*. Swiss Academies Communications 15 (12). Bern: Akademien der Wissenschaften Schweiz. <https://doi.org/10.21256/zhaw-21239>.
- Kreysa, G., S. Grabley. 2007. *Vorbild Natur: Stand und Perspektiven der Naturstoff-Forschung in Deutschland*. Frankfurt am Main: DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- Lautié, E., O. Russo, P. Ducrot, J. A. Boutin. 2020. Unraveling plant natural chemical diversity for drug discovery purposes. *Frontiers in Pharmacology* 11: 397. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00397>.
- LAVES (Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit). 2018. *Pflanzenschutzmittelrückstände in Zitrusfrüchten*. www.laves.niedersachsen.de/startseite/lebensmittel/ruckstaende_verunreinigungen/pflanzenschutzmittelrueckstaende-in-zitrusfruechten-161124.html (abgerufen 15.04.2022).
- Markl, H. 1992. Die Natürlichkeit der Chemie. In: *Chemie und Geisteswissenschaften: Versuch einer Annäherung*. Herausgegeben von J. Mittelstraß, G. Stock. Berlin: Akademie Verlag. 139–160.

- Merenyi, S. 2019. *Der Stoffbegriff im Recht: Eine interdisziplinäre Studie zum Stoffrecht unter Berücksichtigung des auf Stoffe gerichteten Patentwesens. Geistiges Eigentum und Wettbewerbsrecht* 146. Tübingen: Mohr Siebeck.
- Nicoll, G. 1997. "Chemical-free" foods: An investigation of student's definitions of a chemical. *Journal of Chemical Education* 74/4: 455. <https://doi.org/10.1021/ed074p455>.
- PAN (Pestizid Aktions-Netzwerk). 2022. *Bekanntnis zum Green Deal für eine nachhaltige Ernährungssouveränität*. <https://pan-germany.org/pestizide/bekanntnis-zum-green-deal-fuer-eine-nachhaltige-ernaehrungssouveraenitaet/?print=print> (abgerufen 13.04.2022).
- Persson, L. et al. 2022. Outside the safe operating space of the planetary boundary for novel entities. *Environmental Science and Technology* 56/3: 1510–1521. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04158>.
- Psarros, N. 1996. Protokoll der Diskussion. In: *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Herausgegeben von P. Janich, C. Rüchardt. Berlin: De Gruyter. 109–120.
- Rink, D., M. Wächter, T. Pothast. 2004. Naturverständnisse in der Nachhaltigkeitsdebatte: Grundlagen, Ambivalenzen und normative Implikationen. In: *Naturverständnisse in der Nachhaltigkeitsforschung*. Herausgegeben von D. Rink. Frankfurt am Main: Campus. 11–34.
- Ruthenberg, K. Im Erscheinen. *Chemiephilosophie*. Berlin: De Gruyter.
- Schiemann, G. 2005. *Natur, Technik, Geist*. Quellen und Studien zur Philosophie 68. Berlin: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110204742>.
- Schnurr, C. Im Erscheinen. Naturprodukte im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit. In: *Naturästhetik im Zeitalter der ökologischen Krise*. Herausgegeben von C. G. Martin. Paderborn: mentis.
- Schofield, E. 2019. *The evolution of 'clean' in food and drink*. Mintel Global New Product Database.
- Schummer, J. 2017. Einführung. In: *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft*. Herausgegeben von M.-D. Weitzel, J. Schummer, T. Geelhaar. Berlin: Springer. 1–6. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54449-5_1.
- Slow Food Deutschland. 2020. *Landwirtschaft mit Zukunft: Themenwoche gegen Pestizide*. www.slowfood.de/aktuelles/2020/landwirtschaft-mit-zukunft-aktionswoche-gegen-pestizide (abgerufen 13.04.2022).
- Soentgen, J. 1997. Das sind Stoffe. *Chemie in unserer Zeit* 31/5: 241–249. <https://doi.org/10.1002/ciuz.19970310506>.
- Soentgen, J. 2014. Volk ohne Stoff: Vom Mythos der Ressourcenknappheit. *Mercur* 68/777: 182–186.
- Soentgen, J. 2018. *Konfliktstoffe: Über Kohlendioxid, Heroin und andere strittige Substanzen*. Stoffgeschichten 11. München: oekom.
- Soentgen, J. 2022. Material flows and material histories. In: *Fluidity: Materials in motion*. Herausgegeben von M. Finke, K. Nakas. Berlin: Dietrich Reimer. 219–236.
- Strlic, M. et al. 2009. Material degradomics: On the smell of old books. *Analytical Chemistry* 81/20: 8617–8622. <https://doi.org/10.1021/ac9016049>.
- Sutton, M. A., O. Oenema, J. W. Erisman, A. Leip, H. van Grinsven, W. Winiwarter. 2011. Too much of a good thing. *Nature* 472/7342: 159–161. <https://doi.org/10.1038/472159a>.
- Walton, N. J., M. J. Mayer, A. Narbad. 2003. Vanillin. *Phytochemistry* 63/5: 505–515. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00149-3](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00149-3).
- Zentrum der Gesundheit. 2021. *Naturkosmetik schützt vor Giftbelastung*. www.zentrum-der-gesundheit.de/news/gesundheits/allgemein-gesundheit/naturkosmetik-schuetzt-vor-giftbelastung16040134 (abgerufen 01.01.2022).
- Zipfel, W. 2021. *Lebensmittelrecht*. München: C. H. Beck.



Christian Schnurr

Studium der Chemie, Environmental Studies, Literaturwissenschaft und Philosophie. Seit 2021 Promotion am Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg im Bereich Environmental Humanities zur öffentlichen Wahrnehmung von Chemikalien im Umweltdiskurs. Forschungsschwerpunkte: Narrative der ‚Unnatürlichkeit‘ oder ‚Fremdheit‘ von Chemikalien sowie Ästhetik vergifteter Landschaften.

GAIA Masters Student Paper Award

The international journal **GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society** invites Masters students to participate in the **2023 GAIA Masters Student Paper Award**.

Masters students are encouraged to submit their results from research-based courses or from Masters theses in the field of transdisciplinary environmental and sustainability science.

Submission guidelines and more information:

www.oekom.de/zeitschriften/gaia/student-paper-award

Deadline for submission: November 28, 2022.

The winner will be selected by an international jury and will be granted a prize money of EUR 1,500 endowed by the Selbach Umwelt Stiftung and Dialogik gGmbH, as well as a free one-year subscription to GAIA, including free online access. The winner may also be encouraged to submit his or her paper for publication in GAIA.

DIALOGIK
gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH

Selbach Umwelt Stiftung

GAIA