

Wissen für den Wandel – Wissenstheoretische Grundlagen einer nachhaltigen Bioökonomiepolitik

4

Sophie Urmetzer, Michael P. Schlaile, Kristina Bogner,
Matthias Mueller und Andreas Pyka

Zusammenfassung

Eine Strategie zur Umsetzung einer nachhaltigen Bioökonomie muss neben disziplinären und technischen Zielvorstellungen auch den gesellschaftlichen Wandel einplanen und vorbereiten. Eine zukunftsfähige politische Strategie muss also neben dem techno-ökonomischen Wissen ebenso solches Wissen fördern, welches es Produzenten und Konsumenten ermöglicht, nicht-nachhaltige Verfahren und Verhaltensweisen nicht nur zu reduzieren, sondern radikal zu verändern. Dazu gehören neben den technologischen Fertigkeiten auch ein interdisziplinäres Verständnis systemischer Zusammenhänge, demokratisch legitimierte Zielvorstellungen sowie die notwendigen Fähigkeiten, um diese Ziele partizipativ umzusetzen. Nur durch die Anerkennung und gezielte Förderung dieses als *dediziert* bezeichneten Wissens können nachhaltige

S. Urmetzer (✉) · M. P. Schlaile · K. Bogner · M. Mueller · A. Pyka
Fachgebiet VWL insb. Innovationsökonomik (520i), Universität Hohenheim, Stuttgart,
Deutschland

E-Mail: sophie.urmetzer@uni-hohenheim.de

M. P. Schlaile

E-Mail: michael.schlaile@uni-hohenheim.de

K. Bogner

E-Mail: kristina.bogner@uni-hohenheim.de

M. Mueller

E-Mail: m_mueller@uni-hohenheim.de

A. Pyka

E-Mail: inno@uni-hohenheim.de

Veränderungen erwachsen. Der Beitrag ergänzt das evolutionsökonomische Konzept des wissensbasierten Wandels durch Ansätze aus den Nachhaltigkeitswissenschaften. Konkret werden die besonderen Eigenschaften dieses dedizierten Wissens diskutiert, wodurch nicht zuletzt eine Grundlage für neue Ansätze in der Bioökonomiepolitik geschaffen wird.

Schlüsselwörter

Nachhaltige wissensbasierte Bioökonomie · Transformation · Innovationspolitik · Dediziertes Wissen · Innovationssystem · Transformative Innovation

4.1 Einführung

Die Welt steckt in der Krise. Mehr und mehr Wissenschaftler weisen darauf hin, dass die globalen Probleme wie Klimawandel, Biodiversitätsverlust, Umweltverschmutzung und -zerstörung und Ungleichheit unseren Planeten und unsere Gesellschaften massiv bedrohen. Diese Phänomene sind eng miteinander verwoben und haben mittlerweile eine solche Eigendynamik entwickelt, dass es kaum möglich sein wird, mithilfe von inkrementellen Verbesserungen die katastrophalen Auswirkungen zu verhindern. Vielmehr sind Experten zufolge fundamentale Veränderungen in Produktions- und Konsummustern notwendig, um unsere Lebensgrundlagen auf längere Sicht zu erhalten (Schot und Steinmueller 2018; WBGU 2011; Weber und Rohracher 2012). Einen relativ neuen und derzeit sehr populären Ansatz für solche systemischen Veränderungen verspricht die Etablierung einer bio-basierten Wirtschaftsweise.

Die Bioökonomie fußt auf neuen und zukunftssträchtigen Verfahren, um biologische Materialien und Prozesse intelligent und effizient zu nutzen. Im europäischen Kontext spricht man aus diesem Grund auch häufig von der *wissensbasierten Bioökonomie* (Pyka und Prettnner 2018; Virgin et al. 2017). Sie soll langfristig sämtliche fossilen Materialien durch nachwachsende Rohstoffe und biologische Verfahren ersetzen. Während die Idee der Bioökonomie in der Politik wie auch in der Wissenschaft Bedeutung erlangt hat, gibt es bis heute keine eindeutige Definition oder Übereinkommen, was wir uns unter einer Bioökonomie tatsächlich vorstellen. Unklar ist auch, wie sie erreicht werden kann und welche Rolle sie in der Klimapolitik oder für das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung allgemein spielen kann und muss (Bugge et al. 2016; Staffas et al. 2013). Denn

wenngleich die Entwicklung neuer Technologien für die Ablösung erdöl- und erdgasbasierter Produkte und Prozesse für eine klimafreundlichere Wirtschaftsweise unabdingbar ist, so wird ein *rein* produktionsseitiger Wandel allein kaum für die Lösung der komplexen globalen Herausforderungen sorgen können (Patterson et al. 2017; Pyka 2017; Schlaile et al. 2017). Vielmehr ist eine *systemische* Herangehensweise an die globalen Probleme vonnöten, die den Ursachen und deren gegenseitigen Wechselwirkungen auf den Grund geht, anstatt lediglich die Symptome abzumildern. Dabei ist unbedingt zu beachten, dass die Bioökonomie zwar ein wichtiger Baustein in einer Transformation zur Nachhaltigkeit sein kann, aber nicht zwingend eine solche antreibt. Nicht-nachhaltige Ausprägungen einer Bioökonomie sind durchaus vorstellbar und, wenn solchen nicht explizit entgegen gewirkt wird, sogar relativ wahrscheinlich. Wissenschaftler warnen insbesondere vor den Folgen einer Intensivierung der Landwirtschaft für die Produktion bioökonomischer Rohstoffe mit Auswirkungen auf Wasser, Boden, Biodiversität und die menschliche Gesundheit (Pfau et al. 2014). Als umso dringlicher erachten wir die Notwendigkeit, auf die bereits einsetzende Transformation zur Bioökonomie entsprechend einzuwirken (Pyka et al. 2019).

Doch wie können solche systemischen Veränderungsprozesse konzeptualisiert werden, um einerseits retrospektiv die Evolution des Status quo besser zu verstehen und um andererseits die zukünftigen Entwicklungen besser einzuschätzen und zu steuern? Diesbezüglich hat sich das Konzept der Innovationssysteme (IS) (Freeman 2008; Lundvall 2010; Nelson 1993) sowohl in der Forschung als auch in der Politik bewährt. Die Abkehr von einer rein linearen Betrachtungsweise von Innovationsprozessen (Forschung – Entwicklung – Vermarktung) hin zu einer vernetzten, systemischen Perspektive der Produktion und Diffusion von neuem Wissen hatte zur Folge, dass wir heute die für Innovationen und Kreativität günstigen Bedingungen besser verstehen. Laut Gregersen und Johnson (1997) stellt das IS „ein System dar, das Wissen sowohl schafft und verteilt als auch anwendet, um es in Form von Innovationen in die Wirtschaft einzubringen. Schließlich wird dieses Wissen durch die Dynamik innerhalb des Systems in Wert gesetzt, beispielsweise in Form von gesteigerter internationaler Wettbewerbsfähigkeit oder Wirtschaftswachstum“¹ (Gregersen und Johnson 1997, S. 482). Insbesondere im Kontext einer wissensbasierten Bioökonomie ist diese Zentralität von Wissen in der Idee von IS von herausragender Bedeutung. Im vorliegenden

¹Sämtliche wörtlichen Zitate aus englischsprachigen Publikationen wurden von den Autorinnen selbst übersetzt.

Beitrag wollen wir deswegen die Rolle und die Besonderheiten dieses systemisch geschaffenen und genutzten Wissens für eine Transformation hin zu einer nachhaltigen Bioökonomie genauer betrachten. Dabei gehen wir davon aus, dass Wissen im Kontext einer Transformation nicht nur in Wirtschaftssystemen nützlich und gestaltend wirkt, sondern grundsätzlich auch Gesellschafts- und Ökosysteme beeinflusst (und von diesen beeinflusst wird). Folglich ändert sich bei der Betrachtung einer Transformation hin zu einer nachhaltigen wissensbasierten Bioökonomie (NWB) auch die Definition dessen, was als „Wert-voll“ erachtet wird, indem hier nicht ausschließlich ökonomische Maßstäbe angesetzt werden (Martin 2016). Durch diese Argumentation wird offensichtlich, dass die Wissensbasis für eine NWB nicht rein techno-ökonomischer Natur sein kann. Stattdessen halten wir die genaue Untersuchung weiterer Wissensarten und ihrer Eigenschaften für die Erforschung wahrhaft transformativer Innovation als Ergebnis eines zielorientierten oder *dedizierten* Innovationssystems (Pyka 2017) für unerlässlich.

Die Nachhaltigkeitsforschung erachtet mindesten drei Arten von Wissen als notwendig, um komplexe Problemstellungen in Bezug auf Nachhaltigkeitstransformationen zu bearbeiten: Diese sind Systemwissen, normatives Wissen und transformatives Wissen (Abson et al. 2014; Grunwald 2016; ProClim- 1997; von Wehrden et al. 2017; Wiek und Lang 2016). Diese drei Wissensarten müssen berücksichtigt und aktiv gefördert werden, wenn es darum geht, eine Transformation hin zu einer NWB zu erreichen. Der vorliegende Beitrag soll dazu dienen, die Bedeutung und die Eigenschaften solchen Wissens zu veranschaulichen. Dazu leiten uns die folgenden Forschungsfragen:

- Was sind – basierend auf einer Kombination von Erkenntnissen der Innovationssystemforschung und der Nachhaltigkeitswissenschaften – die **Eigenschaften** von Wissen, welches die Transformation hin zu einer nachhaltigen wissensbasierten Bioökonomie befördert?
- Welche Konsequenzen ergeben sich daraus für die wissenschaftlichen Grundlagen einer auf transformative Innovationen ausgerichtete, nachhaltigen **Bioökonomiepolitik**?

Im folgenden Abschn. 4.2 werden wir zunächst das Verständnis von Wissen in der Volkswirtschaftslehre zusammenfassen. Wir erörtern, inwieweit die Betrachtung der Eigenschaften von ökonomisch relevantem Wissen die Innovationspolitik weltweit beeinflusst, und stellen die drei genannten Wissensarten für eine Nachhaltigkeitstransformation vor (Systemwissen, normatives Wissen und transformatives Wissen). Abschn. 4.3 klärt die Bedeutung dieser Wissensarten, untersucht ihre Relevanz und ihren Wert für Transformationen hin zu einer

NWB und stellt Überlegungen zu deren Eigenschaften an. Im Anschluss daran ziehen wir in Abschn. 4.4 die Schlussfolgerungen zur Verbesserung der wissenstheoretischen Grundlage einer für die Bioökonomie förderlichen Innovationspolitik. Eine Zusammenfassung und einen Ausblick auf lohnenswerte weitere Forschung liefern wir in Abschn. 4.5.

4.2 Wissen und Innovationspolitik

Die Auffassungen darüber, was Wissen ist und welche Eigenschaften es besitzt, unterscheiden sich zum Teil sehr stark von Fachgebiet zu Fachgebiet. Der Duden definiert Wissen ganz allgemein als die „Gesamtheit der Kenntnisse, die jemand (auf einem bestimmten Gebiet) hat“ (Duden 2019). Das Gabler Wirtschaftslexikon betrachtet Wissen darüber hinaus als Mittel zur Lösung von Problemen (Gabler Wirtschaftslexikon 2019). Noch subtiler liest sich die Definition der Philosophin Linda Zagzebski, die Wissen als Beziehung betrachtet. „Die eine Seite der Beziehung bildet das bewusste Subjekt, die andere Seite bildet ein Teil der Realität, mit welcher die wissende Person direkt oder indirekt verbunden ist“ (Zagzebski 1999, S. 92). Trotz der sehr verschiedenen Auffassungen von Wissen sind sich jedoch die meisten Wissenschaftlerinnen und Politikerinnen darüber einig, dass Wissen eine zentrale wirtschaftliche Ressource darstellt (Lundvall und Johnson 1994, S. 27). Aus diesem Grund beeinflusst das jeweilige Verständnis von Wissen und die Einschätzung seiner Eigenschaften auf fundamentale Weise die Wahl der Strategien und Maßnahmen, wie mit dieser Ressource am besten umzugehen ist und wie man sie am effektivsten nutzen kann.

Politikerinnen haben die Möglichkeit, mit bestimmten Maßnahmen die Schlüsselprozesse der Generierung, der Diffusion und der Anwendung (und In-Wert-Setzung) von Wissen innerhalb eines IS zu verbessern. Das bedeutet gleichzeitig, dass ein unvollständiges Verständnis von Wissen diese innovationsförderlichen Wissensflüsse in IS nicht verbessern und seine In-Wert-Setzung sogar behindern kann.

4.2.1 Wissen neu verstehen

Als Ausgangspunkt für eine genauere Betrachtung von Wissen in einem volkswirtschaftlichen Kontext beeinflusste die Auffassung der etablierten neoklassischen Ökonomik sehr lange die Wahl politischer Strategien und Maßnahmen. Traditionelle neoklassische Ökonominen beschreiben Wissen

als immaterielle Ressource mit den typischen Eigenschaften öffentlicher Güter, von deren Nutzung niemand ausgeschlossen werden kann (*non-excludability*) und deren Nutzung durch eine Person die Nutzung durch eine andere Person nicht ausschließt (*non-rivalry*). Ein typisches öffentliches Gut ist beispielsweise die frische Luft. Wendet man diese Eigenschaften also auf Wissen an, muss man davon ausgehen, dass Wissen zwischen den Akteuren frei hin und her fließt. In einer solchen Welt ist Lernen überflüssig, da Wissen unmittelbar von Person zu Person diffundiert und der Wissenstransfer weder Kosten noch Mühen bedeutet. Im Gegensatz zu der vorherrschenden neoklassischen Ökonomik verstehen Innovationsökonominnen der neo-Schumpeterianischen oder evolutorischen Schule wie auch Managementwissenschaftlerinnen Wissen als ein sogenanntes *latent*-öffentliches Gut (Nelson 1989), da es sowohl Eigenschaften öffentlicher als auch nicht-öffentlicher Güter besitzt. Viele der Eigenschaften nicht-öffentlicher Güter haben insbesondere Auswirkungen auf die Weitergabe und die Diffusion von Wissen. Aus diesem Grund ist diese Betrachtungsweise für eine Steuerung oder Beeinflussung der zentralen Prozesse in IS (Generierung, Diffusion und Anwendung/in-Wert-Setzung von Wissen, s. o.) und damit für die Innovationspolitik besonders relevant.

Welches aber sind die nicht-öffentlichen Eigenschaften von Wissen und welche Bedeutung haben sie für die genannten zentralen Prozesse in IS? Die Eigenschaften von Wissen, die insbesondere bei der Generierung neuen Wissens von Bedeutung sind, sind dessen kumulativer Charakter (Boschma 2005; Foray und Mairesse 2002), dessen Pfadabhängigkeit (Dosi 1982; Rizzello 2004) sowie dessen Verbundenheit mit anderem Wissen (Morone und Taylor 2010; Vermeulen und Pyka 2017). Diese Eigenschaften erklären unter anderem, dass die Schaffung von neuem Wissen und Innovationen häufig auf der (Re-)Kombination von bislang unverbundenem Wissen beruhen (Arthur 2007; Schumpeter 1911). Durch seinen kumulativen Charakter kann Wissen nur dann neu geschaffen werden, wenn bereits ein Maß an Wissen vorhanden ist, welches es der Wissensträgerin ermöglicht, Wissen von außen damit zu verbinden und aus dieser Verbindung bislang nicht existierendes Wissen zu schaffen (Morone und Taylor 2010; Schlaile et al. 2018).

In Bezug auf die Diffusion, also die Verbreitung von neuem Wissen durch das IS, sind insbesondere die folgenden Eigenschaften von Wissen relevant: es ist häufig implizit oder auch *tacit*, also nicht kodifizierbar, es kann schwer bewegbar (*sticky*) sein und bisweilen ist es zerstreut (*dispersed*). Implizites Wissen (Polanyi 1966) kann nicht niedergeschrieben und dann weitergegeben werden (Galunic und Rodan 1998). Somit ist es einfach, andere vom Gebrauch dieses Wissens auszuschließen, wodurch Wissen eine wichtige Eigenschaft öffentlicher Güter ver-

liert (non-excludability) (Antonelli 1999). Selbst wenn die Wissensträgerin dazu bereit ist, ihr Wissen zu teilen, macht es diese Eigenschaft zuweilen unmöglich, es anderen zu vermitteln (Nonaka 1994). Außerdem kann Wissen schwer bewegbar sein (Szulanski 2003; von Hippel 1994). Eine Übermittlung von Wissen an eine andere Person kann also in diesem Fall erheblich mehr Aufwand erfordern als in anderen Fällen. Diese Eigenschaft kann von mehreren Faktoren abhängen, einschließlich Wissensmenge und -art sowie auch den individuellen Charakteristiken der Wissensträgerin. Schließlich kann die Zerstretheit von Wissen die Bedingungen der Wissensdiffusion beeinflussen. Galunic und Rodan (1998) ziehen zur Abgrenzung zwischen verteiltem (*distributed*) und zerstreutem (*dispersed*) Wissen den Vergleich zu einem Puzzle: Wissen kann als *verteilt* bezeichnet werden, wenn jeder Akteur eine Kopie des gesamten Puzzles besitzt. Im Gegensatz dazu ist Wissen *zerstreut*, wenn jeder nur ein Puzzleteil besitzt. In dieser Situation verfügt jeder Akteur nur über einen Teil des Wissens, kann sich aber ohne das Wissen der anderen kein Gesamtbild machen. Die Wissensdiffusion wird somit erschwert.

Wenn es darum geht, das Wissen anzuwenden und in etwas Wertvolles zu verwandeln, sind wiederum nochmals andere Eigenschaften des Wissens (und der Wissensträgerin) bedeutend: hier spielen die Kontext-Abhängigkeit und die Ortsbezogenheit von Wissen eine Rolle. Denn selbst wenn Wissen im IS frei verfügbar ist, sind diese dem öffentlichen Gut vergleichbaren Eigenschaften irrelevant in Fällen, in denen es für die Empfängerin des Wissens nicht von Nutzen ist. Wissen an sich hat keinen eigenen Wert. Erst wenn das Wissen von jemandem genutzt werden kann, beispielsweise um ein bestimmtes Problem zu lösen, wird es (in diesem speziellen Zusammenhang) wertvoll (Potts 2001). Wenn wir also davon ausgehen, dass Wissen für jeden Akteur einen unterschiedlichen Wert hat, folgt daraus, dass mehr Wissen zu besitzen nicht automatisch von Vorteil ist. Man benötigt das richtige Wissen im richtigen Zusammenhang zur richtigen Zeit und muss gleichzeitig dieses Wissen richtig kombinieren, um es nutzen und anwenden zu können. Die „Ressource“ Wissen ist also zumeist nur in dem Rahmen nützlich, in dem und für den es geschaffen wurde (Galunic und Rodan 1998). Darüber hinaus benötigen Akteure die entsprechenden absorptiven Fähigkeiten (*absorptive capacities*), um neues Wissen zu verstehen und zu nutzen (Cohen und Levinthal 1989, 1990). Die Bedeutung dieser absorptiven Fähigkeiten wächst, je verschiedener die Akteure voneinander sind: Wissensträgerinnen, die eine sehr unterschiedliche Wissensbasis haben, also eine hohe kognitive Distanz (*cognitive distance*) zueinander aufweisen, müssen umso mehr absorptive Fähigkeiten besitzen, um dieses Wissen auszutauschen und zu internalisieren. Wissen zu erlernen und anzuwenden ist selbstverständlich einfacher, je näher oder ähnlicher

das neue Wissen dem bereits vorhandenen Wissen ist (Bogner et al. 2018; Nooteboom et al. 2007).

An dieser Stelle ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass die Prozesse der Generierung, Diffusion und Anwendung von Wissen in IS in der Realität nicht einer linearen Sequenz folgen, wengleich sie hier als diskrete Prozesse beschrieben und charakterisiert werden. Ganz im Gegenteil: Die Wissens-schaffung, -diffusion und -anwendung und die jeweils relevanten Eigenschaften von Wissen sind auf vielfältige Weise miteinander verschränkt und beeinflussen sich gegenseitig. Da Innovation stets einen experimentellen Charakter hat und mit fundamentaler Unsicherheit einhergeht, ergeben sich beispielsweise während der Weitergabe von Wissen immer wieder Feedback-Schleifen in Form von Rückfragen, Anpassungen oder Neu-Orientierungen. Zudem können Pfadabhängigkeiten in kognitive Sackgassen, sogenannte Lock-in-Situationen führen, da es Menschen stets schwerfällt, einmal beschrittene Wege zu verlassen. Gewohnte Denkmuster oder Einstellungen stehen daher häufig der logischen Abfolge von Lernen, Weitergeben und Umsetzen entgegen. Die Dreifaltigkeit von Generierung, Diffusion und Anwendung von Wissen soll also nicht bedeuten, dass Wissen ganz selbstverständlich in etwas Wertvolles verwandelt wird, solange nur die Rahmenbedingungen für seine Diffusion stimmen.

4.2.2 Wissensbasierte Innovationspolitik

Die unterschiedlichen Auffassungen von Wissen haben seit jeher Ziele und Maßnahmen der Innovationspolitik geprägt (Lundvall 2001; Nyholm et al. 2001). Folgt man der Logik neoklassischer Ökonomik, erwartet man durch die einem öffentlichen Gut gleichenden Eigenschaften von Wissen Marktversagen in Form von negativen Externalitäten, Anreizproblemen und privaten Investitionen in Forschung und Entwicklung (F&E), die unterhalb des sozialen Optimums liegen. Von diesen Annahmen geleitet, hat sich die Politik lange Zeit hauptsächlich darauf konzentriert, Externalitäten zu internalisieren, private Akteure zu mehr Forschung und Entwicklung zu motivieren und staatliche Forschung und Entwicklung zu initialisieren. Typische Maßnahmen waren dabei die Stärkung geistiger Eigentumsrechte, staatliche Subventionen für F&E Aktivitäten in Privatunternehmen, sowie staatliche Investitionen in öffentliche Forschungseinrichtungen (Chaminade und Edquist 2010). Maßnahmen wie „die Blockfinanzierung von Universitäten, Subventionen oder Steuergutschriften für Forschung und Entwicklung etc. [waren] die hauptsächlich eingesetzten

Instrumente der Wissenschafts- und Technologiepolitik der Nachkriegszeit in OECD Ländern“ (Smith 1994, S. 8).

Diese Art der Politik änderte sich zu einem gewissen Grad durch eine veränderte Auffassung von Wissen. Wenn man nämlich Wissen als ein nur latent-öffentliches Gut betrachtet, ändert sich auch die logische Grundlage für ein politisches Eingreifen: nicht das (laut dieser Definition so nicht stattfindende) Marktversagen rechtfertigt eine Intervention durch die öffentliche Hand, sondern systemisches Versagen (Chaminade und Edquist 2010) bei der Generierung, Diffusion und Anwendung neuen Wissens. So ist Innovationspolitik westlicher Länder heute häufig von diesem eher ganzheitlichen Verständnis von Wissen und den entsprechenden Rückschlüssen für Innovationsförderung auf Basis der IS-Theorie geleitet. Während eine neoklassisch geprägte Innovationspolitik auf die quantitative Verbesserung und Distribution der einzelnen Prozesse in der Wissensgenese abzielt, ist die systemisch orientierte Innovationspolitik zusätzlich darauf ausgerichtet, die oben beschriebenen Barrieren innerhalb und zwischen den Prozessen (Generierung, Diffusion und Anwendung von Wissen) im IS abzubauen, um das neue Wissen besser zu nutzen (Lundvall 2001; Nyholm et al. 2001). Diese Barrieren können häufig auf systemische Ineffizienz zurückgeführt werden, welche wiederum durch infrastrukturelle oder institutionelle Anpassungen, durch Bildung, Netzwerkförderung oder andere Maßnahmen abgebaut oder gemindert werden können (Chaminade und Edquist 2010).

Über die vergangenen Jahrzehnte hat sich Innovationspolitik also dahingehend verändert, dass ihr ein umfassenderes Verständnis von Wissen zugrunde liegt und damit Innovationsprozesse heute durchaus realistischer betrachtet werden (Edler und Fagerberg 2017). Dennoch gelingt es der Politik bis heute häufig nicht, die Schaffung, Diffusion und Anwendung von allen relevanten Arten von Wissen angemessen zu fördern. Wengleich viele Politikerinnen sich klar zu diesem fortschrittlichen Verständnis von Wissen und Innovation bekennen, ist nach einem Vierteljahrhundert Smiths Mahnung noch immer aktuell, dass „in der Politik nach wie vor ein lineares Denken vorherrscht, wengleich in einem neuen Innovationskontext“ (Smith 1994, S. 8).

4.2.3 Wissen in der transformativen Nachhaltigkeitswissenschaft

Die Orientierung an neuen Wissenskonzepten aus den Wirtschaftswissenschaften hat der Innovationspolitik durchaus zu Erfolg verholfen. Die gezielte

Unterstützung von IS auf verschiedenen geographischen Ebenen (insbesondere regional und national) verbesserte die Innovationskraft allgemein (Asheim et al. 2011; Smits und Kuhlmann 2004). Doch zu welchem Zweck? Bislang ging man zumeist selbstverständlich davon aus, dass Innovation per se wünschenswert ist (Schlaile et al. 2017; Soete 2013) und automatisch Wert schafft. Wenn Forschung im IS jedoch zur Entwicklung globaler Problemlösungen beitragen soll, reicht es nicht, lediglich die Innovationskapazität zu erhöhen. Es wird nicht genug sein, den Austausch von ökonomisch relevantem Wissen zu verbessern (Schlaile et al. 2017). Der Grund hierfür liegt in der Natur der global wirkenden Bedrohungen, mit denen wir uns konfrontiert sehen, allen voran der Klimawandel, aber auch die Übernutzung der natürlichen Ressourcen, Ungleichheit, Artenschwund und viele andere. Diese komplexen Probleme werden im aktuellen Nachhaltigkeitsdiskurs häufig als „böartig“ bezeichnet (*wicked problems* nach Rittel und Webber 1973), da sie als Teil eines immer komplexer werdenden Gefüges kaum voneinander abgrenzbar, in ihrem Ursache-Wirkungs-Prinzip undurchschaubar, von niemandem allein zu verantworten und aus diesen Gründen extrem schwierig zu greifen und zu lösen sind. Solchen Problemen ist weder mit rein techno-ökonomischen Lösungen noch mit regulativer Politik oder Ideologie allein beizukommen, da ihre Ursachen stets in einer Vielzahl von Aktivitäten, Prozessen und Zusammenhängen zu finden sind. Die Entwicklung von wirksamen Lösungsansätzen und die Schaffung von entsprechendem Wissen kann also nicht den Ökonominnen, den Ingenieurinnen oder anderen isolierten Disziplinen überlassen werden (Lahsen 2010). Vielmehr werden zusätzliche, inter- und transdisziplinär fundierte Arten von Wissen notwendig, um zu langfristigen Lösungen zu gelangen. Die Nachhaltigkeitswissenschaften und insbesondere die Transformationswissenschaften liefern hier einen Ansatz (Wiek und Lang 2016), der die folgenden drei Arten von Wissen in den Vordergrund stellt: 1) *Systemwissen* als grundlegendes Verständnis der Prozesse und der Dynamik in Ökosystemen und sozialen Systemen (inklusive IS); 2) *Normatives Wissen*, welches die wünschenswerte Zielvorstellung umfasst; und 3) *Transformatives Wissen*, durch welches – basierend auf Systemwissen und normativem Wissen – Entwicklungsstrategien für Systeme in Richtung der gewünschten Zielvorstellung entwickelt werden (Abson et al. 2014; ProClim- 1997; von Wehrden et al. 2017; Wiek und Lang 2016).

Welche spezifischen Eigenschaften insbesondere diese Arten von Wissen haben und welche Besonderheiten zu beachten sind, um es in IS zu generieren, zu verbreiten und in Wert zu setzen, wurde bislang nicht untersucht. Vor dem

Hintergrund einer dedizierten Transformation hin zu einer NWB wollen wir im Folgenden diese Eigenschaften genauer beleuchten.

4.3 Dediziertes Wissen für eine Transformation zur nachhaltigen wissensbasierten Bioökonomie

Eine Transformation, die sich an dem Ziel einer NWB orientiert, kann aus der Perspektive des relativ neu entwickelten Konzepts eines *dedizierten Innovations-systems* (*dedicated innovation system, DIS*) betrachtet werden (Pyka 2017; Schlaile et al. 2017; Urmetzer und Pyka 2019). DIS orientieren sich ausdrücklich weniger an den dominanten ökonomischen Zielen wie Wirtschaftswachstum und Wettbewerb, sondern stellen die transformative Innovation in den Mittelpunkt. Transformative Innovation bedeutet eine Erneuerung nicht nur in technologischer Hinsicht. Sie schließt vielmehr auch die notwendigen systemischen Veränderungen unserer Lebensweise und unserer Wirtschaftsprinzipien mit ein (Steward 2008, 2012). Gleichzeitig relativiert sich im DIS der Selbstzweck von Innovation. Nur wenn sie einen Beitrag zur Nachhaltigkeitstransformation leistet, qualifiziert sich Innovation als erstrebenswert (Schlaile et al. 2017). Um den systemischen Stillstand und den Widerstand etablierter Unternehmen zu überwinden, werden in einem DIS neue Formen der Generierung, Diffusion und Anwendung von Wissen wie auch ganz neue Wissensinhalte notwendig. Im Folgenden erläutern wir, inwieweit das „herkömmliche“ Verständnis von Wissen in IS ergänzt werden muss, um eine dedizierte Wissensbasis zu liefern, auf deren Grundlage die Transformation zu einer NWB stattfinden kann. Es ist nämlich nicht ausreichend, die Erschließung nachwachsender Rohstoffe zu optimieren und die Technologien biologischer Verfahren weiterzuentwickeln. Gleichzeitig müssen Rückkopplungseffekte und Wechselwirkungen verstanden, Zielvorstellungen verhandelt und Entwicklungspfade entwickelt werden, um die Bioökonomie nachhaltig zu gestalten. Dediziertes Wissen muss also eine Kombination aus ökonomisch relevantem oder techno-ökonomischem Wissen und Systemwissen, normativem Wissen und transformativem Wissen enthalten. Da über die Bedeutung und die Eigenschaften dieser letzten drei Wissensarten wenig bekannt ist, werden wir sie nun ausführlich beschreiben und ihre zentralen Eigenschaften in Zusammenhang mit ihrer Generierung, Diffusion und Anwendung genauer beleuchten. Die Ausführungen dienen dann als Grundlage für eine wissenschaftlich fundierte Perspektive, aus welcher wir im nachfolgenden Abschnitt die aktuelle Bioökonomiepolitik diskutieren.

4.3.1 Systemwissen

Betrachtet man die Komplexität und Interdependenz von Transformationsprozessen auf verschiedenen Ebenen genauer, wird schnell klar, dass Grenzen zwischen verschiedenen Subsystemen an Bedeutung verlieren. In einer vernetzten Welt, in der technologische, soziale und natürliche Systeme ineinandergreifen und voneinander abhängig sind, gibt es keine exogenen Einflüsse mehr. Nicht einmal das Klima kann mehr als unabhängige Größe verstanden werden. Also muss auch im Kontext einer NWB Systemwissen über das traditionelle Verständnis eines IS im Sinne von Akteuren, Institutionen und deren Interaktionen hinausgehen. Schon früh erkennt Grunwald, dass „ein ausreichendes Verständnis von natürlichen und sozialen Systemen wie auch die Kenntnis der Interaktionen zwischen Gesellschaft und der natürlichen Umwelt notwendige Bedingungen sind, um nachhaltige Entwicklung zu erreichen“ (Grunwald 2004, S. 154). Tatsächlich hat die IS-Literatur viel zum allgemeinen ökonomischen Systemwissen beigetragen. So untersucht die IS-Forschung beispielsweise systemische Innovationsprozesse auf verschiedenen Ebenen, wie Technologien, Sektoren, Regionen, Nationen und der Welt. Allerdings müssen wir für eine Transformation hin zu einer NWB zusätzlich das Zusammenspiel zwischen IS und dem Erdsystem (Biermann et al. 2010) und anderen relevanten Subsystemen (Almudi und Fatas-Villafranca 2018; Boulding 1985) verstehen. In diesem Zusammenhang betonen verschiedene Autoren die Bedeutung systemischer Schwellenwerte und sogenannter Kippunkte (*tipping points*; vgl. bspw. Young 2017) und Netzwerkstrukturen (vgl. bspw. Morone et al. 2015; Scheiterle et al. 2018). Diese Aspekte müssen als wichtige Elemente bioökonomischen Systemwissens betrachtet werden, da sie verdeutlichen, dass Systeme *emergente* Ergebnisse produzieren, die niemals rein auf die Summe der Eigenschaften der einzelnen Teile zurückzuführen sind.

Ein prominentes Beispiel für einen offenkundigen Mangel an Systemwissen in der Bioökonomiepolitik ist der Fall der Biokraftstoffe und ihr negativer Effekt auf Landnutzung und Nahrungsmittelversorgung in einigen der am wenigsten entwickelten Länder der Erde (Leemans et al. 1996; Searchinger et al. 2008). Das Problem, das hier eigentlich gelöst werden sollte, war der durch die hohen CO₂-Emissionen hervorgerufene Klimawandel. Der Lösungsansatz sah vor, die Kohlenstoffintensität des Verkehrs durch die verstärkte Subventionierung von Biokraftstoffen zu reduzieren. Leider stellte sich nach dem ersten Boom heraus, dass die CO₂-Einsparungen enttäuschend gering ausfielen oder insgesamt sogar mehr CO₂ ausgestoßen wurde, da die ursprünglichen Rechenmodelle für die

CO₂-Einsparung die Effekte der Biokraftstoff-Politik auf Märkte und Produktion nur unzureichend berücksichtigt hatten: Zwar war die Kohlenstoffintensität des Nutzpflanzenanbaus einberechnet, nicht jedoch die Ausdehnung der landwirtschaftlich genutzten Fläche und die Umwandlung von ehemaligem Grasland und Waldgebieten in Agrarbaufläche (Leemans et al. 1996; Searchinger et al. 2008). Die Auswirkungen dieser indirekten Veränderungen in der Landnutzung (*indirect land-use change, ILUC*) auf das Klima sind so gravierend, dass sie die positiven Effekte von Biokraftstoff aufheben oder gar umkehren. Hier wurden also politische Entscheidungen auf der Grundlage linearen Wirkung-Ursache-Denkens getroffen. Eine systemische Betrachtung und die Berücksichtigung indirekter Effekte und ungeplanter Anreize war vor Umsetzung der Maßnahmen nicht erfolgt – mit verheerenden Folgen für die Nachhaltigkeit. Doch wie erlangen wir dieses so fundamental wichtige Wissen über das bioökonomische System und seiner Funktionsweisen?

Die meisten der Eigenschaften latent-öffentlicher Güter (vgl. Abschn. 4.2.1) gelten auch für Systemwissen: Es besitzt Querverbindungen zu anderem Wissen, hat kumulative Eigenschaften und ist häufig schwer zu kodifizieren. Für die Transformation hin zu einer NWB bedeutet das zweierlei: Erstens kann Systemwissen ziemlich schwer bewegbar sein, es wird also großen Aufwand erfordern, es weiterzugeben. Der Grund dafür ist grundsätzlich, dass die Aneignung einer systemischen Denkweise einen großen intellektuellen Sprung in unserem vorherrschend mechanistischen Weltbild bedeutet (Capra und Luisi 2014). Zweitens können wir davon ausgehen, dass Systemwissen unter den verschiedenen Disziplinen und Wissensbasen extrem zerstreut ist. Das Problem, das zum erwähnten ILUC-Effekt führte, könnten also durchaus die unterschiedlichen Teile des Puzzles gewesen sein, die Agrarierinnen, Ökonominen, Naturwissenschaftlerinnen und Sozialwissenschaftlerinnen nicht vollständig ineinandergefügt hatten.

4.3.2 Normatives Wissen

Folgt man Abson und seinen Kolleginnen (Abson et al. 2014), umfasst normatives Wissen einerseits das Wissen um einen erstrebenswerten Systemzustand (normative Ziele oder Zielwissen) und andererseits die Fähigkeit, diese Ziele rational zu bewerten und vor dem Hintergrund des Systemwissens entsprechend einzuordnen. Für eine Transformation hin zu einer NWB geht es dabei offensichtlich nicht nur um Fragen der Zielrichtung, Verantwortung oder Legitimität von Innovationen in IS (Schlaile et al. 2017). Darüber hinaus spielen auch

die Ziele der mit den IS verbundenen physikalischen, biologischen, sozialen, politischen und anderen Systeme eine große Rolle (Boulding 1985). Folglich muss die in-Wert-Setzung von Wissen in IS für DIS eine neue Dimension erhalten: Die traditionellen Ziele wie internationale Wettbewerbsfähigkeit und Wirtschaftswachstum müssen dahingehend ergänzt oder vielmehr verändert werden, dass sie auch für die assoziierten (Sub-)Systeme Wert schaffen, also beispielsweise für soziale und natürliche Systeme (zur Diskussion über Zielorientierung vgl. auch Daimer et al. 2012; Lindner et al. 2016). In diesem Zusammenhang stoßen bisherige systemische Transformationsansätze jedoch bislang an ihre Grenzen: Die Komplexität von normativem Wissen und Wertesystemen wird dahingehend unterschätzt, dass gewöhnlich ein Konsens über die Dringlichkeit und die Bedeutung von Nachhaltigkeitszielen angenommen wird (Almudi et al. 2016). Eine tiefere Auseinandersetzung mit den Werten findet in der Nachhaltigkeitsforschung normalerweise nicht statt (Miller et al. 2014). Dabei ist Nachhaltigkeit ein durch und durch normatives Phänomen (Grundwald 2007). Wissen über Normen, Werte und Ziele ist notwendig, um sich über die Dringlichkeit und die Richtung des Wandels bewusst und einig zu werden. Denn jenseits des Konsens, dass nicht mehr Ressourcen verbraucht werden sollen als für zukünftige Generationen nachwachsen können, besteht keine Einigkeit darüber, was Nachhaltigkeit wirklich bedeutet und wie sie erreicht werden kann (Peterson 2009). Normen, Werte und Narrative der Nachhaltigkeit beruhen auf sehr unterschiedlichen Weltbildern, sind selten konsensfähig und werden vielerorts heftig debattiert oder geradewegs abgelehnt (Almudi et al. 2016; Beddoe et al. 2009; Brewer und Karafiath 2013; Leach et al. 2010; Schlaile et al. 2017). Über diese Tatsache können auch global vereinbarte Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen (UN 2015) nicht hinwegtäuschen, welche spätestens bei ihrer Umsetzung in den unterschiedlichen geographischen Kontexten normative Debatten auslösen (Schneider et al. 2019). Ähnlich uneindeutig sind die Vorstellungen bei der Umsetzung der Bioökonomie (Bugge et al. 2016; Hausknost et al. 2017). So existiert keine gemeinsame Vorstellung darüber, wie eine NWB tatsächlich funktioniert jenseits der vagen Zielsetzung, fossile durch biogene Rohstoffe zu ersetzen und dadurch Emissionen und Abfall zu vermeiden.

Nimmt man die Komplexität normativen Wissens wirklich ernst, so mag es sogar ganz und gar unmöglich sein, global geltende Regeln, Normen und Werte auszuhandeln und ein universelles Paradigma für eine NWB-Transformation zu definieren (vgl. dazu bspw. Pfau et al. 2014). Stattdessen könnte es sinnvoller sein, die Wirtschaftsakteure im IS dazu zu befähigen, „Normen und Prinzipien auf Grundlage der Erwartungen und Beiträge verschiedener Interessengruppen auszuhandeln“ (Blok et al. 2016, S. 12). Für eine NWB würde das beispielsweise

bedeuten, dass für die Beschaffung von Rohstoffen weltweit bestimmte Kriterien ausgehandelt werden, die eben nicht nur auf ihre CO₂-Bilanz abstellen, sondern auch soziale und ökologische Kriterien berücksichtigen. Somit müssen bei der Schaffung von normativem Wissen für eine NWB kulturelle, sozioökonomische und weltanschauliche Grenzen überwunden werden. Die einzelnen Bausteine normativen NWB-Wissens sind also äußerst ortsbezogen, trotz der Tatsache, dass der Verbrauch fossiler Rohstoffe selbstverständlich globale Auswirkungen hat. Wir müssen daher davon ausgehen, dass normatives Wissen sich parallel zu anderen kulturellen Eigenheiten in unterschiedlichen Nationen, Industrien oder politischen Umfeldern unterschiedlich entwickelt (Breslin 2014; Wuketits 1993). Insofern versteht sich die NWB-Transformation ebenso wie die nachhaltige Entwicklung als ein zu verhandelnder Weg, bei dem es kein Richtig oder Falsch gibt, sondern lediglich ein – aus verschiedenen Perspektiven unterschiedlich bewertetes – Besser oder Schlechter (Peterson 2009). Folglich ist auch die Verbreitung von normativem Wissen immer kontextabhängig.

Die Herausforderungen, mit welchen uns die Verbreitung und Umsetzung von normativem Wissen und Wertesystemen konfrontiert, sind also zweierlei: Offensichtlich besteht einerseits ein Wettbewerb in der Herausbildung verschiedener Normen und Weltbilder zwischen den gesellschaftlichen Subsystemen Konsum, Markt, Staat, Zivilgesellschaft, und natürlicher Raum (Almudi und Fatas-Villafranca 2018). Hinzu kommen jedoch auch innerhalb der Subsysteme kognitive Distanzen (vgl. Abschn. 4.2.1), also kulturell bedingte Unterschiede in den Wissensgrundlagen, was die Verhandlungen darüber, was wünschenswert ist, und damit die Übereinkunft einer gemeinsamen normativen Wissensbasis extrem erschweren kann. Diese komplexe Gemengelage kann somit nur aus einer systemischen Perspektive heraus betrachtet und verstanden werden, die die Wechselwirkung zwischen verschiedenen Weltbildern, Visionen, Paradigmen, dem Erdsystem, den vorherrschenden Regimen und den Nischen berücksichtigt (Göpel 2016).

4.3.3 Transformatives Wissen

Im Rahmen des vorliegenden Beitrages verstehen wir transformatives Wissen als Wissen darüber, wie die bereits einsetzende Transformation hin zu einer NWB beeinflusst und beschleunigt werden kann. Laut Abson und Kolleginnen benötigen wir transformatives Wissen, um konkrete Strategien für eine Systemtransformation (basierend auf Systemwissen) hin zu den normativen Zielen (basierend auf normativem Wissen) zu entwickeln (Abson et al. 2014). Dazu ist sowohl

theoretisches als auch praktisches Wissen vonnöten, welches sich aus impliziten und kodifizierten Elementen zusammensetzt. Transformatives Wissen umfasst die Fähigkeit, einen Wandel im System hervorzurufen. Denn obwohl die komplexen Probleme, mit denen wir uns auseinandersetzen müssen, meist globaler Natur sind, werden die Lösungsansätze an die jeweils lokalen Verhältnisse angepasst werden müssen (Steward 2008). Während beispielsweise die grundsätzlichen Ziele einer Bioökonomie relativ unbestritten sind, werden die konkreten Maßnahmen und die Verteilung der Ressourcen auf regionaler und lokaler Ebene jeweils gesondert ausgehandelt werden müssen (Schaper-Rinkel 2012). So bedarf der global gesteigerte Einsatz von biogenen Rohstoffen in agrarisch geprägten Regionen produktionsseitige Maßnahmen, wohingegen im urbanen Bereich vor allem neue Konzepte des Konsums, der Stadtplanung und der Mobilität gelernt und umgesetzt werden müssen. Somit ist transformatives Wissen ausnehmend ortsbezogener Natur.

Da wir davon ausgehen, dass sich für eine echte Transformation die Ziele und Werte einer Gesellschaft ändern müssen, gehen Erziehungswissenschaftlerinnen davon aus, dass auch bei den Wissensträgerinnen selbst eine Überprüfung der übernommenen individuellen Wertesysteme und Grundannahmen stattfinden muss (Banks 1993). Betrachten wir also eine solche fundamentale Infragestellung ganz persönlicher Überzeugungen als notwendige Leistung, um sich transformatives Wissen anzueignen, so müssen wir davon ausgehen, dass dieses Wissen extrem schwer bewegbar ist und höchst gefährdet durch Pfadabhängigkeiten und alte Gewohnheiten. In Zusammenhang mit einem Wandel von einer fossilen hin zu einer bio-basierten Wirtschaftsweise bedeutet das konkret, dass gewisse kollektive Selbstverständlichkeiten überwunden werden müssen, also beispielsweise das Vertrauen auf die scheinbar unerschöpfliche Verfügbarkeit von billigem Erdöl und auf die scheinbar unendliche Kapazität unserer Ökosysteme, Müll und Emissionen aufzunehmen. Die Forschung über Bildung für Nachhaltigkeit zeigt, dass das menschliche Handeln nicht allein durch kognitives Wissen gesteuert wird, sondern ebenso durch „tiefere“ Wissens Ebenen wie Normen, Grundannahmen, Werte oder den Glauben (Sterling 2011). Daraus folgt, dass transformatives Wissen in der Wissensträgerin nur dann eine dauerhafte Verhaltensänderung bewirken kann, wenn es auf diesen verschiedenen Wissens Ebenen wirksam ist. Fundiertes transformatives Wissen benötigt also neben der genauen Kenntnis der Systemfunktionen (Systemwissen) und der Ziele der Transformation (normatives Wissen) die Fähigkeit, tiefere Ebenen des Wissens zu beeinflussen, um die direkteren und bewussten Ebenen der Regeln, Ideen und Handlungen zu beeinflussen (Dirkx 1998; Mezirow 1991).

Transformatives Wissen erfordert also ein Lernen auf verschiedenen Ebenen. Dabei ist wichtig, dass es nur dann aufgenommen werden kann, wenn das systemische Problemverständnis und Wertevorstellungen über den angestrebten Transformationspfad vorhanden sind. Das Systemwissen und das normative Wissen bilden also die Grundlage für die Bildung absorptiver Fähigkeiten (vgl. Abschn. 4.2.1), um transformatives Wissen zu schaffen und zu verteilen. Dabei ist zu beachten, dass die notwendigen Wissensbasen niemals statisch sein können, da sie mit Unsicherheit und nicht-linearen Entwicklungen konfrontiert sind. Im Bereich der Bioökonomie erweitert sich systemisches Wissen durch Forschung und Entwicklung, aber auch durch Erfahrung in der Umsetzung rasant. Ebenso ändert sich auch normatives Wissen, also die Vorstellung davon, was eine Gesellschaft und jeder einzelne für gut und erstrebenswert hält, immer wieder. So können zufällige Vorfälle wie die Atomkatastrophe von Fukushima im Jahr 2011 oder die durch die Ausbreitung des neuartigen Corona-Virus ausgelöste Pandemie 2020 sowie durch aktuelle politische Strömungen wie die von Greta Thunberg inspirierten Klimaproteste durchaus Stimmungen in der Gesellschaft hervorrufen, die bestimmte politische Maßnahmen leichter umsetzbar machen und andere erschweren (Cox und Béland 2013; Jahn und Korolczuk 2012). Für alle drei Arten von Wissen, aber insbesondere für das transformative Wissen, das sich ja aus den vorigen gleichsam speist, gilt deswegen das Gebot der Reflexivität (Grundwald 2007; Lindner et al. 2016). Das bedeutet, dass bei der Generierung und Verbreitung des für eine Transformation notwendigen Wissens stets ein Abgleich mit den aktuellen Bedarfen, Entwicklungen und Machbarkeiten stattfinden muss. Die Umsetzung transformativen Wissens kann deswegen auch nur kontextspezifisch erfolgreich sein und zudem nur unter der Voraussetzung, dass die Wissensträgerin dazu bereit ist, nicht nur ihre kognitiven Kapazitäten zu nutzen, sondern dass sie auch auf tieferen Ebenen wie im Bereich der Wertevorstellungen, Grundannahmen und Paradigmen absorptive Kapazitäten aufweist.

4.4 Was das für eine erfolgreiche Bioökonomiepolitik bedeutet

4.4.1 Wissenslücken in aktuellen Bioökonomiestrategien

Die Transformation hin zu einer NWB muss also auf transformativem Wissen beruhen, welches sich wiederum per Definition aus den anderen Wissensarten des dedizierten Wissens speist. In diesem Kontext vermuten wir, dass die Entwicklung und Implementierung aktueller europäischer Bioökonomiepolitik bis-

lang die Besonderheiten dedizierten Wissens nicht ausreichend berücksichtigte und dass dies ein Grund dafür ist, dass die daraus entstandenen Strategien in gewisser Hinsicht nicht wirklich transformativ wirken konnten.

Um diese Vermutung zu begründen, greifen wir exemplarisch zwei häufig angeführte Kritikpunkte an der aktuellen Bioökonomiepolitik auf, um diese wissenstheoretisch zu beleuchten. Daraus leiten wir Ausgangspunkte für politische Entscheidungsträgerinnen ab, anhand welcher sie durch gezielte Unterstützung zur Entwicklung, Verbreitung und Anwendung von Systemwissen und normativem Wissen wirksamere politische Strategien entwickeln können. Bioökonomiepolitik wird häufig vorgeworfen, (i) sie verfolge hauptsächlich rein ökonomische Ziele und nehme dadurch zu wenig Bezug auf die beiden anderen Säulen der Nachhaltigkeit, die soziale und die ökologische Dimension (Birch et al. 2010; Bogner 2019; McCormick und Kautto 2013; Pfau et al. 2014; Ramcilovic-Suominen und Pülzl 2018; Schmid et al. 2012). Außerdem (ii) integriere sie relevante Interessengruppen und Betroffene nicht oder nur sehr oberflächlich in die politischen Entscheidungsprozesse (Albrecht et al. 2012a; Bogner 2019; Fatheuer et al. 2015; Pfau et al. 2014; Raghu et al. 2011; Schmid et al. 2012; Schütte 2018).

4.4.1.1 Ökonomische Ziele im Fokus

Politische Initiativen für die Bioökonomie haben im Allgemeinen einen stark techno-ökonomischen Fokus. Obwohl die Nachhaltigkeit häufig als Attribut in der Liste der Ziele und Maßnahmen genannt wird, findet nach wie vor eine Überbetonung der ökonomischen Säule der Nachhaltigkeit statt, so etwa auch in den EU Papieren für die Bioökonomie. Ein Indikator dafür ist beispielsweise, dass die priorisierten Tätigkeitsbereiche der Bioökonomie verschiedener europäischer Bioökonomie-Dokumente hauptsächlich Schlüsselbegriffe wie Biotechnologie, Öko-Effizienz, Wettbewerbsfähigkeit, Innovation, Produktionsmenge und Industrie enthalten (Ramcilovic-Suominen und Pülzl 2018). Gleiches gilt für die Mehrzahl nationaler und regionaler Strategien (Staffas et al. 2013). Obgleich die Kommission selbst Nachholbedarf in der Herangehensweise an verschiedene globale Herausforderungen in Zusammenhang mit Nachhaltigkeit, Naturschutz, Klimawandel und Ernährungssicherheit sieht (European Commission 2017), überwiegt hier doch die ökonomische Zielsetzung. Dieses Ungleichgewicht kann auf einen unvollständigen Fundus an Systemwissen zurückgeführt werden. Denn wenn die Bioökonomie wirklich in den grundlegenden Wirtschaftsprozessen Produktion, Konsum, Verarbeitung, Lagerung, Recycling und Entsorgung eine „radikale Veränderung“ anstrebt (European Commission 2012, S. 8) und langfristig den Wohlstand der modernen Gesellschaft garantieren möchte (BMBF und

BMEL 2015), so müssen die soziale (Wohlstand für alle!) und die ökologische (langfristiger Erhalt der natürlichen Ressourcen!) Dimension eine ebenso wichtige Rolle spielen. Dazu muss mit Hilfe von Systemwissen das Zusammenspiel dieser drei Dimensionen für Politikerinnen greifbar und umsetzbar gemacht werden.

Während Systemwissen innerhalb der einzelnen Disziplinen relativ problemlos geschaffen werden kann (man denke beispielsweise an die Fortschritte in der Landwirtschaft, Politikwissenschaft und Erdsystemwissenschaft), scheint die Verbreitung des Wissens über Disziplingrenzen hinweg sowie in die Praxis hinterherzuhinken (Brewer 2015). Die entscheidenden Barrieren gegen die Verbreitung von Systemwissen sind laut unseren Ausführungen in Abschn. 4.3.1 dessen schwere Bewegbarkeit und Zerstretheit. Um die Wissensdiffusion und -weitergabe zu beschleunigen, ist es daher notwendig, langfristig die Grundprinzipien der Bildung quer durch die Disziplinen und Bildungseinrichtungen zu hinterfragen: lineares Ursache-Wirkung-Denken ist nach wie vor omnipräsent. Stattdessen müssen mehr systemische Denkansätze vermittelt werden. Die Bildungswissenschaftler Jacobson und Wilensky (2006) fordern beispielsweise eine stärkere Einbindung von Elementen der Komplexitätstheorie in verschiedene Bereiche der schulischen und universitären Ausbildung. Sie sind davon überzeugt, dass zukünftige Politikerinnen, Wissenschaftlerinnen und Bürgerinnen notwendigerweise systemische Phänomene wie beispielsweise Interdependenz, Emergenz oder die Interaktion von Systemen mit der Umwelt erkennen und begreifen müssen, um die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts in ihrer Komplexität zu bewältigen.

Als Lösungsansatz gegen die Zerstretheit von bioökonomisch relevantem Systemwissen über die verschiedenen Disziplinen und Industriezweige hinweg kann die Politik verstärkt inter- und transdisziplinäre Forschung unterstützen und die Diffusion von Wissen über mentale Grenzen hinweg koordinieren. Dazu sind Strategien notwendig, die Forscherinnen untereinander und mit Menschen aus der Praxis und der Zivilgesellschaft verbinden und entsprechende Ergebnisse für die Allgemeinheit verständlich und zugänglich aufbereiten (Bennet und Bennet 2007). Nur so kann Systemwissen schließlich dafür genutzt werden, transformatives Wissen zu schaffen.

4.4.1.2 Fehlende Partizipation

Ein weiteres Problem der Bioökonomiepolitik scheint die zu geringe Einbindung aller Interessengruppen in einen offenen Diskurs über Ziele und Wege der (nachhaltigen) Bioökonomie zu sein (Albrecht et al. 2012a; Fatheuer et al. 2015; Schütte 2018). Dabei ist eine solch umfassende Partizipation zu einem frühen Zeitpunkt in der Transformation weit mehr als nur ein Mittel, um die nötige

Akzeptanz für neue Technologien zu erhalten und die Nachfrage zu sichern (Albrecht et al. 2012a; McCormick und Kautto 2013). Da die Bioökonomie so viele Fragen und Zielkonflikte aufwirft und wegweisende Entscheidungen verlangt, müssen die breite Öffentlichkeit und zentrale Interessengruppen auch in die Entwicklung und Ausgestaltung der Bioökonomie zwingend mit eingebunden werden (und nicht nur zur Akzeptanz dieser motiviert werden). Dies muss auf Basis ergebnisoffener und wohlinformierter Dialogprozesse erfolgen (McCormick und Kautto 2013). Nach der Logik des dedizierten Wissens ist der Erfolg einer Transformation ernsthaft gefährdet, wenn es nicht gelingt, das Wissen, die Werte und Weltanschauungen der betroffenen Menschen zu berücksichtigen und einzubinden: Sowohl die Generierung wie auch die Verbreitung und die Anwendung von normativem Wissen und von transformativem Wissen hängen direkt von dem Beitrag derjenigen Menschen ab, die früher oder später von der Transformation betroffen sind.

In den Abschn. 4.3.2 und 4.3.3 haben wir hergeleitet, dass die Umsetzung von normativem Wissen (also die Übereinkunft über gemeinsame Werte) wie auch die Umsetzung von transformativem Wissen (also die Ausarbeitung von Strategien für die Transformation) sehr ortsbezogen und kontextabhängig sind. Eine Politik, die diese Eigenarten des Wissens berücksichtigt, muss also Maßnahmen festlegen, die die Bürgerinnen in den gesellschaftlichen Dialog einbindet. Dazu bedarf es dreierlei: Man muss passende partizipatorische Formate anbieten, den Menschen das notwendige bürgerschaftliche Know-how vermitteln sowie die transdisziplinären Fähigkeiten trainieren, um kognitive Distanzen zwischen verschiedenen Weltbildern und zwischen lokalen und globalen Ansprüchen zu überwinden. Eine solche Politik erfordert Ergebnisoffenheit und die Möglichkeit für die Zivilgesellschaft, tatsächlich Einfluss zu nehmen. Diese Anforderungen relativieren konkrete Zielvorgaben und legen damit ein dynamisches Verständnis von Transformationsprozessen zugrunde. Im Widerspruch dazu setzt die Bundesregierung bei der Umsetzung der Bioökonomie auf ein Expertengremium, welches zum Ziel hat, „optimale wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen für eine biobasierte Wirtschaft zu schaffen“ (Bioökonomierat 2019), ohne dazu die Expertise der Gesellschaft wirklich zu nutzen (vgl. dazu auch Schaper-Rinkel 2012). Ebenso werden die staatlich geförderten Forschungsprojekte beinahe ausschließlich in relativ homogenen Netzwerken von Akteuren aus Wissenschaft und Privatwirtschaft bearbeitet, wie jüngst eine Analyse des Förderkatalogs des Bundes ergab (Bogner 2019). Mit der Fördermaßnahme „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“ (BMBF 2014) legte das Bundesministerium für Bildung und Forschung ein Programm auf, das der Berücksichtigung gesamtgesellschaftlicher Veränderungsprozesse besser

Rechnung tragen soll. Auch auf europäischer Ebene zeigen sich erfreuliche Entwicklungen: Im relativ neuen European Bioeconomy Panel ist eine ausgewogene Mischung von gesellschaftlichen Gruppierungen vertreten, nämlich Unternehmen und Produzenten, Politikerinnen, Forscherinnen und zivilgesellschaftliche Organisationen (European Commission 2017, S. 13). Wie zu erwarten, spiegeln die Empfehlungen des Panels deutlich die Interessen der breiten Öffentlichkeit wider, beispielsweise in den Bereichen Menschenrechte, soziale Gerechtigkeit oder Ökosystemdienstleistungen (The European Bioeconomy Stakeholders Panel 2017).

4.4.2 Wege in eine dedizierte Bioökonomiepolitik

Es ist kaum zu erwarten, dass partizipative Maßnahmen automatisch die kognitiven Distanzen zwischen Stakeholdern verringern, noch, dass die durch partizipative Verfahren erarbeiteten Lösungsstrategien unbedingt die objektiv besten sind (Rydin 2007) und zu mehr Nachhaltigkeit führen. Trotzdem machen die Ausführungen über die notwendigen Wissensarten und die Bedingungen, unter denen sie entstehen, verbreitet und angewendet werden, klar, dass eine NWB nicht top-down implementiert werden kann. Dadurch verändert sich die Rolle der Politikerinnen, die durch die Einbindung verschiedener Stakeholder mehr vermittelnde Koordinationsaufgaben übernehmen müssen (Bennet und Bennet 2007; Jacobson et al. 2003; Meyer 2010; Mitton et al. 2007). Wird die systemische Perspektive konsequent weitergedacht, so verschwimmt die traditionell klar abgrenzbare Rollenverteilung zwischen Staat, Nicht-Regierungs-Organisationen, Unternehmen und Konsumenten (Castells 2010a, b, c). Dieses Phänomen wurde bereits in der Umweltpolitik beobachtet und hat westliche Demokratien dazu veranlasst, vermehrt auf partizipatorische Instrumente zu setzen (Copagnon et al. 2012). Konzepte wie *adaptive governance* (Folke et al. 2005), *reflexive governance* (Lindner et al. 2016; Voß und Kemp 2006) und *Earth system governance* (Biermann et al. 2010) wurden in den vergangenen Jahren (weiter-)entwickelt und getestet. Auch jenseits der direkten politischen Einflussnahme erhalten transdisziplinäre Forschung und partizipative Planungsverfahren wie zum Beispiel Co-Design und Co-Produktion von Wissen seit kurzer Zeit viel Aufmerksamkeit (von Wehrden et al. 2017). Ohne die jeweiligen Ansätze hier stärker zu beleuchten, können wir an dieser Stelle bereits zusammenfassen, dass die Gesellschaft nicht nur Teil des Problems ist, sondern auch Teil der Lösung sein kann und muss, gerade weil die Ursachen wie auch die Auswirkungen vieler komplexer Probleme tief in der Gesellschaft verwurzelt sind

(Pyka et al. 2019). Dies gilt natürlich auch und ganz besonders für die Herausforderungen, die eine NWB zu lösen versucht. Daher ist es wenig verständlich, dass Bioökonomiepolitik sich dieser partizipatorischen Maßnahmen und der Einbindung der Stakeholder so wenig bedient (Albrecht et al. 2012a, b).

Eine Kombination aus den folgenden drei bisher fragmentarischen, jedoch durchaus zentralen Forschungsansätzen könnte als Ausgangspunkt für eine Bioökonomiepolitik dienen, die die Eigenschaften von dediziertem Wissen besser berücksichtigt. Diese Auflistung ist mit hoher Wahrscheinlichkeit lückenhaft und soll aus diesem Grund nur als erster Aufschlag gedacht sein. Erfolgreiche, wissensbasierte Bioökonomiepolitik sollte...

1. ... die Rolle der Politikerinnen und der politischen Agenden aus einer koevolutiven Perspektive betrachten (vgl. bspw. Breslin 2014). Hier wird der Staat als eines von mehreren Sub-Systemen verstanden (bspw. neben Individuen, Zivilgesellschaft, Markt, Natur), die gemeinsam unsere kapitalistische Gesellschaft gestalten (Almudi und Fatas-Villafranca 2018). Anhand von speziellen Mechanismen kann ein Sub-System gezielt die Ausbreitung von bestimmtem Wissen, Werten oder Gewohnheiten innerhalb anderer Sub-Systeme (bspw. der Gesellschaft) fördern oder verhindern. Dadurch bewirkt es eine Veränderung im gesamten System (Almudi und Fatas-Villafranca 2018). So könnte beispielsweise staatliche Politik durch eine Steigerung der Attraktivität des öffentlichen Nahverkehrs (Preise, Zuverlässigkeit, Komfort) und durch eine Einschränkung des Individualverkehrs (Tempolimits, Fahrverbote) das Mobilitätsverhalten der Gesellschaft dahingehend verändern, dass durch den insgesamt reduzierten Bedarf der Umstieg von fossilen auf Bio-Kraftstoffe wesentlich besser zu bewerkstelligen wäre.
2. ... Erkenntnisse aus dem Kulturdesign (Beddoe et al. 2009; Brewer 2015; Costanza 2016; Wilson et al. 2014) und aus der kulturellen Evolution (Mesoudi 2016, 2017) für sich nutzen. Diese Forschungsstränge liefern möglicherweise Ansätze dafür, die Unbeweglichkeit und Ortsbezogenheit von Systemwissen und normativem Wissen zu überwinden und die absorptiven Fähigkeiten der Akteure im DIS zu verbessern. Dabei geht es beispielsweise um Methoden, den Einfluss unterschiedlicher kultureller Neigungen, Heuristiken und Urteilsverzerrungen (*biases*) besser zu verstehen und damit professionell umzugehen, im besten Falle sogar für die Verankerung der Bioökonomie in der Gesellschaft zu nutzen. Eine gezielte positive Einwirkung auf kulturelle „Biases“, beispielsweise durch Kampagnen oder die Popularisierung biobasierter und nachhaltiger Konsumgewohnheiten, kann sich durchaus als wirkungsvoller herausstellen als Verbote oder Verunglimpfung von bestimmten Verhaltensweisen oder Lebens-

stilen. Die schwedische Organisation Sustainable Influencers bietet etwa eine Plattform für Soziale Netzwerkerinnen, die zu nachhaltigeren Praktiken in allen Bereichen des Alltags inspirieren und ermutigen (Sustainable Influencers 2019). Für eine stärkere Verbreitung biobasierter Lösungen wären ähnliche Formate denkbar, um negative Einstellungen der Bioökonomie gegenüber aufzugreifen und aktiv zu entkräften. Studien in Österreich und Deutschland zeigen, dass verschiedene gesellschaftliche Schichten unterschiedliche Bedenken gegenüber der Bioökonomie hegen (Hempel et al. 2019; Stern et al. 2018). Entsprechend müsste zielgruppenorientiert einerseits die Machbarkeit einer Bioökonomie demonstriert werden (z. B. durch die Popularisierung von Anwendungsbeispielen und Pilotprojekten) und andererseits Ängste vor dem Wandel abgebaut werden (z. B. durch die gezielte Verbreitung von Erfolgsgeschichten).

3. ... sich den Vorschlägen aus der adaptive governance Literatur (Boyd und Folke 2012; Folke et al. 2005) und den Instrumenten der reflexive governance (Lindner et al. 2016; Voß und Kemp 2006) öffnen. Dies umfasst die Akzeptanz für und Unterstützung von transdisziplinärer Forschung, experimenteller Forschung und Antizipationsverfahren (um Systemwissen zu generieren), partizipative Zielfindung (für normatives Wissen) und interaktive Strategieentwicklung (durch Anwendung von transformativem Wissen) für eine Bioökonomie-Transformation. Dabei geht es beispielsweise darum, indigenes Wissen mit wissenschaftlichen Erkenntnissen zu verknüpfen (um Pfadabhängigkeiten zu schwächen), kontinuierlich die neuesten Erkenntnisse aus dem Systemwissen in Transformationsstrategien (transformatives Wissen) einzuspeisen (um Lock-ins zu vermeiden), Unsicherheiten zu begegnen und die Selbstorganisation der Bürgerschaft zu unterstützen. Am Beispiel der finnischen Forstwirtschaft fordert in diesem Zusammenhang Mustalahti (2018) einen interaktiven Politikansatz im Sinne einer *responsiven Bioökonomie*. Nur durch den direkten und ständigen Dialog mit den vom Wandel betroffenen Bürgerinnen kann Politik entsprechend auf unvorhergesehene Auswirkungen auf die Lebenswelt (wie bspw. Beeinträchtigungen der Wasserqualität, Biodiversität oder des Zugangs zu gemeinschaftlichen Gütern) reagieren.

4.5 Fazit

Bislang fließen die Erkenntnisse und Erfahrungen der Nachhaltigkeitsforschung nicht substanzial in Bioökonomiepolitik mit ein. So läuft die Transformation hin zu einer Bioökonomie Gefahr, zu einem nicht nachhaltigen, rein

technologisch-ökonomischen Projekt zu werden. Daher sind mutige politische Strategien erforderlich, die Transformationsprozesse als Revolution der Wissensgenerierung, -verbreitung und -anwendung begreifen. Da wir nachhaltige Lösungen brauchen, reicht es nicht mehr aus, das IS dahingehend zu verbessern, dass es ökonomisch relevantes Wissen immer effektiver generiert, verbreitet und anwendet. Stattdessen muss sich Innovation an Nachhaltigkeitszielen orientieren und das IS gänzlich der Transformation hin zu einer NWB widmen, um Lösungen für die komplexen globalen Probleme zu liefern (Fagerberg 2017; Schlaile et al. 2017). Dazu muss die Politik die Generierung, Verbreitung und Anwendung von dediziertem Wissen unterstützen, also eine Kombination aus ökonomisch relevantem Wissen, Systemwissen, normativem Wissen und transformativem Wissen fördern. Die Erkenntnisse aus dem vorliegenden Beitrag helfen zu verstehen, warum heutige Politik es bislang nicht geschafft hat, die Bioökonomie auf einen nachhaltigen Kurs zu bringen. Wir erkennen jüngste Anstrengungen der Politik an, effektiver und demokratischer zu werden (Bioökonomierat 2016; BMEL 2016; European Commission 2017; Imbert et al. 2017; Schütte 2018; The European Bioeconomy Stakeholders Panel 2017). Insbesondere die Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung „Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel“ (BMBF 2014), die Berücksichtigung verschiedener Interessengruppen und Anstrengungen zur besseren Abstimmung zwischen den Politikressorts (BMEL 2016) weisen in die richtige Richtung. Trotzdem empfehlen wir eine noch stärkere Anerkennung der Bedeutung von allen Elementen dedizierten Wissens für die Bioökonomietransformation und eine bessere Berücksichtigung der Eigenschaften dieses Wissens insbesondere in Bezug auf dessen Generierung, Verbreitung und Anwendung in DIS. Diese Eigenschaften umfassen die schwere Bewegbarkeit, Ortsbezogenheit, Kontextbezogenheit, Zerstreutheit und Pfadabhängigkeit. Ein Bekenntnis zu dediziertem Wissen erfordert auch ein Umdenken bei den derzeit einflussreichen Bioökonomie-Akteuren (hauptsächlich aus Politik, Industrie und Wissenschaft) und eine Öffnung des Diskurses und der Strategieprozesse für alle Betroffenen in DIS. Dazu ist es für die Zukunft wichtig zu erforschen, wie Wissen am besten mobilisiert werden kann, welche Rolle wissensvermittelnde Organisationen (knowledge broker) in der Generierung, Verbreitung und Anwendung von dediziertem Wissen spielen und wer diese Rolle am besten übernehmen könnte. Außerdem muss eruiert werden, um welche Inhalte akademische und praxisorientierte Curricula ergänzt werden müssten, um ein Bioökonomie-Verständnis zu vermitteln, das über techno-ökonomische Paradigmen hinausgeht. Und obgleich wir in diesem Beitrag einen starken Fokus auf die Rolle von Wissen

setzen, ist uns bewusst, dass es noch weitere Möglichkeiten gibt, die Transformation zur NWB zu beeinflussen, die in Zukunft ebenfalls weiterer Forschung bedürfen (Abson et al. 2017; Meadows 2008).

Literatur

- Abson, D. J., Fischer, J., Leventon, J., Newig, J., Schomerus, T., Vilsmaier, U., von Wehrden, H., Abernethy, P., Ives, C. D., Jager, N. W., & Lang, D. J. (2017). Leverage points for sustainability transformation. *Ambio* 46 (1), 30–39. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0800-y>.
- Abson, D. J., von Wehrden, H., Baumgärtner, S., Fischer, J., Hanspach, J., Härdtle, W., Heinrichs, H., Klein, A. M., Lang, D. J., Martens, P., & Walmsley, D. (2014). Eco-system services as a boundary object for sustainability. *Ecological Economics* 103, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.04.012>.
- Albrecht, S., Gottschick, M., Schorling, M., & Stirn, S. (2012a). Bio-Ökonomie – gesellschaftliche Transformation ohne Verständigung über Ziele und Wege? (BIOGUM-Forschungsbericht). Hamburg.
- Albrecht, S., Gottschick, M., Schorling, M., & Stirn, S. (2012b). Bioökonomie am Scheideweg: Industrialisierung von Biomasse oder nachhaltige Produktion? *GAIA* 21 (1), 33–37.
- Almudi, I., & Fatas-Villafranca, F. (2018). Promotion and Coevolutionary Dynamics in Contemporary Capitalism. *Journal of Economic Issues* 52 (1), 80–102. <https://doi.org/10.1080/00213624.2018.1430943>.
- Almudi, I., Fatas-Villafranca, F., & Potts, J. (2016). Utopia competition: a new approach to the micro-foundations of sustainability transitions. *Journal of Bioeconomics* 19 (1), 165–185. <https://doi.org/10.1007/s10818-016-9239-2>.
- Antonelli, C. (1999). The evolution of the industrial organisation of the production of knowledge. *Cambridge Journal of Economics* 23 (2), 243–260. <https://doi.org/10.1093/cje/23.2.243>.
- Arthur, W. B. (2007). The structure of invention. *Research Policy* 36 (2), 274–287. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.11.005>.
- Asheim, B. T., Moodysson, J., & Tödting, F. (2011). Constructing Regional Advantage: Towards State-of-the-Art Regional Innovation System Policies in Europe? *European Planning Studies* 19 (7), 1133–1139. <https://doi.org/10.1080/09654313.2011.573127>.
- Banks, J. A. (1993). The Canon Debate, Knowledge Construction, and Multicultural Education. *Educational Researcher* 22 (5), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189x022005004>.
- Beddoe, R., Costanza, R., Farley, J., Garza, E., Kent, J., Kubiszewski, I., Martinez, L., McCowen, T., Murphy, K., Myers, N., Ogden, Z., Stapleton, K., & Woodward, J. (2009). Overcoming systemic roadblocks to sustainability: the evolutionary redesign of worldviews, institutions, and technologies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106 (8), 2483–2489. <https://doi.org/10.1073/pnas.0812570106>.
- Bennet, A., & Bennet, D. (2007). Knowledge mobilization in the social sciences and humanities. Moving from research to action. Virginia: MQI Press.

- Biermann, F., Betsill, M. M., Gupta, J., Kanie, N., Lebel, L., Liverman, D., Schroeder, H., Siebenhüner, B., & Zondervan, R. (2010). Earth system governance: a research framework. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics* 10 (4), 277–298. <https://doi.org/10.1007/s10784-010-9137-3>.
- Bioökonomierat (2016). Empfehlungen des Bioökonomierates: Weiterentwicklung der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“. http://bioekonomierat.de/fileadmin/Publikationen/empfehlungen/181116_Ratsempfehlungen_fu_r_die_Weiterentwicklung_der_Forschungsstrategie_final.pdf. Zugegriffen: 15. April 2018.
- Bioökonomierat (2019). Was ist der Bioökonomierat? <https://bioekonomierat.de/bioekonomierat/>. Zugegriffen: 11. September 2019.
- Birch, K., Levidow, L., & Papaioannou, T. (2010). Sustainable Capital? The Neoliberalization of Nature and Knowledge in the European “Knowledge-based Bio-economy”. *Sustainability* 2 (9), 2898–2918. <http://www.mdpi.com/2071-1050/2/9/2898/pdf>.
- Blok, V., Gremmen, B., & Wesselink, R. (2016). Dealing with the Wicked Problem of Sustainability in advance. *Business and Professional Ethics Journal*. <https://doi.org/10.5840/bpej201621737>.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2014). Bioökonomie als gesellschaftlicher Wandel. Konzept zur Förderung sozial- und wirtschaftswissenschaftlicher Forschung für die Bioökonomie. Berlin. https://www.bmbf.de/pub/Biooekonomie_als_gesellschaftlicher_Wandel.pdf. Zugegriffen: 29. Mai 2018.
- BMBF (German Federal Ministry of Education and Research), & BMEL (German Federal Ministry of Food and Agriculture) (2015). Bioeconomy in Germany: Opportunities for a bio-based and sustainable future. Berlin, Bonn.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2016). Fortschrittsbericht zur Nationalen Politikstrategie Bioökonomie. Berlin.
- Bogner, K. (2019). Knowledge Networks in the German Bioeconomy: Network Structure of Publicly Funded R&D Networks. *Hohenheimer Discussion Papers in Business, Economics and Social Sciences* (03-2019). https://wiso.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/wiso/Forschungsdekan/Papers_BESS/dp_03-2019_online.pdf.
- Bogner, K., Mueller, M., & Schlaile, M. P. (2018). Knowledge diffusion in formal networks. The roles of degree distribution and cognitive distance. *International Journal of Computational Economics and Econometrics* 8 (3/4), 388-407. <https://doi.org/10.1504/IJCEE.2018.096365>.
- Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies* 39 (1), 61–74. <https://doi.org/10.1080/0034340052000320887>.
- Boulding, K. E. (1985). *The world as a total system*. Beverly Hills, CA: SAGE.
- Boyd, E., & Folke, C. (Hrsg.). (2012). *Adapting institutions. Governance, complexity and social-ecological resilience*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Breslin, D. (2014). Towards a generalized Darwinist view of sustainability. In: C. Scholz & J. Zentes (Hrsg.), *Beyond sustainability* (S. 13–35). Baden-Baden: Nomos.
- Brewer, J. (2015). Tools for culture design. Toward a science of social change? *Spanda Journal* 6 (1), 67–73.
- Brewer, J., & Karafiath, L. (2013). *Why Global Warming Won't Go Viral*. A research report prepared by DarwinSF. <https://www.slideshare.net/jobrewer31/why-global-warming-wont-go-viral>. Zugegriffen: 14. April 2018.

- Bugge, M., Hansen, T., & Klitkou, A. (2016). What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. *Sustainability* 8 (7), 691. <https://doi.org/10.3390/su8070691>.
- Capra, F., & Luisi, P. L. (2014). *The Systems View of Life. A Unifying Vision*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Castells, M. (2010a). *The rise of the network society (The information age, Vol. 1, 2nd ed.)*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Castells, M. (2010b). *The power of identity (The information age, Vol. 2, 2nd ed.)*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Castells, M. (2010c). *End of Millennium (The information age, Vol. 3, 2nd ed.)*. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Chaminade, C., & Edquist, C. (2010). Rationales for public policy intervention in the innovation process: A systems of innovation approach. In: R. E. Smits, S. Kuhlmann & P. Shapira (Hrsg.), *The theory and practice of innovation policy. An international research handbook* (S. 95–114). Cheltenham: Edward Elgar.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and learning: the two faces of R & D. *The Economic Journal* 99 (397), 569–596.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly* 35 (1), 128–152.
- Copagnon, D., Chan, S., & Mert, A. (2012). The changing role of the state. In: F. Biermann & P. Pattberg (Hrsg.), *Global environmental governance reconsidered* (S. 237–264). Cambridge: MIT Press.
- Costanza, R. (2016). How do cultures evolve, and can we direct that change to create a better world? *Wildlife Australia* 53 (2), 46–47.
- Cox, R. H., & Béland, D. (2013). Valence, Policy Ideas, and the Rise of Sustainability. *Governance* 26 (2), 307–328. <https://doi.org/10.1111/gove.12003>.
- Daimer, S., Hufnagl, M., & Warnke, P. (2012). Challenge-oriented policy-making and innovation systems theory. Reconsidering systemic instruments. In: K. Koschatzky (Hrsg.), *Innovation system revisited. Experiences from 40 years of Fraunhofer ISI research* (S. 217–234). Stuttgart: Fraunhofer ISI.
- Dirkx, J. M. (1998). Transformative learning theory in the practice of adult education: An overview. *Journal of Lifelong Learning* (7), 1–14.
- Dosi, G. (1982). Technological paradigms and technological trajectories. *Research Policy* 11 (3), 147–162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6).
- Duden (2019). *Wissen. Bedeutungen*. <https://www.duden.de/rechtschreibung/Wissen>. Zugegriffen: 10. Juli 2019.
- Edler, J., & Fagerberg, J. (2017). Innovation policy: what, why, and how. *Oxford Review of Economic Policy* 33 (1), 2–23. <https://doi.org/10.1093/oxrep/grx001>.
- European Commission (2012). *Innovating for sustainable growth. A bioeconomy for Europe*, Brussels. Zugegriffen: 11. April 2018.
- European Commission (2017). *Review of the 2012 European bioeconomy strategy*, Brussels. Zugegriffen: 11. April 2018.
- Fagerberg, J. (2017). *Mission (im)possible? The role of innovation (and innovation policy) in supporting structural change & sustainability transitions (Working Papers on Innovation Studies Nr. 20180216)*. Oslo: Centre for Technology, Innovation and Culture, University of Oslo.

- Fatheuer, T., Fuhr, L., & Unmüßig, B. (2015). *Kritik der Grünen Ökonomie*. München: oekom Verlag.
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30 (1), 441–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>.
- Foray, D., & Mairesse, J. (2002). The knowledge dilemma in the geography of innovation. In: M. P. Feldman & N. Massard (Hrsg.), *Institutions and Systems in the Geography of Innovation* (S. 35–54). New York: Springer.
- Freeman, C. (2008). *Systems of innovation. Selected essays in evolutionary economics*. Cheltenham: Edward Elgar.
- Gabler Wirtschaftslexikon (2019). Wissen. Ausführliche Definition. <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/wissen-47196>. Zugegriffen: 10. Juli 2019.
- Galunic, C., & Rodan, S. (1998). Resource Recombinations in the Firm: Knowledge Structures and the Potential for Schumpeterian Innovation. *Strategic Management Journal*. 10.1002/(SICI)1097-0266(1998120)19:12<1193::AID-SMJ5>3.0.CO;2-F.
- Göpel, M. (2016). *The Great Mindshift*. Cham: Springer International Publishing.
- Gregersen, B., & Johnson, B. (1997). Learning Economies, Innovation Systems and European Integration. *Regional Studies* 31 (5), 479–490.
- Grunwald, A. (2004). Strategic knowledge for sustainable development: the need for reflexivity and learning at the interface between science and society. *International Journal of Foresight and Innovation Policy* 1 (1/2), 150–167. <https://doi.org/10.1504/ijfip.2004.004619>.
- Grunwald, A. (2007). Working Towards Sustainable Development in the Face of Uncertainty and Incomplete Knowledge. *Journal of Environmental Policy & Planning* 9 (3–4), 245–262. <https://doi.org/10.1080/15239080701622774>.
- Grunwald, A. (2016). *Nachhaltigkeit verstehen. Arbeiten an der Bedeutung nachhaltiger Entwicklung*. München: oekom Verlag.
- Hausknot, D., Schriefl, E., Lauk, C., & Kalt, G. (2017). A Transition to Which Bio-economy? An Exploration of Diverging Techno-Political Choices. *Sustainability* 9 (4), 669. <https://doi.org/10.3390/su9040669>.
- Hempel, C., Will, S., & Zander, K. (2019). Societal Perspectives on a Bio-economy in Germany: An Explorative Study Using Q Methodology 10 (1), 21–37. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v10i1.02>.
- Imbert, E., Ladu, L., Morone, P., & Quitzow, R. (2017). Comparing policy strategies for a transition to a bioeconomy in Europe: The case of Italy and Germany. *Energy Research & Social Science* 33, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.08.006>.
- Jacobson, M. J., & Wilensky, U. (2006). Complex Systems in Education: Scientific and Educational Importance and Implications for the Learning Sciences. *Journal of the Learning Sciences* 15 (1), 11–34. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1501_4.
- Jacobson, N., Butterill, D., & Goering, P. (2003). Development of a framework for knowledge translation: understanding user context. *Journal of Health Services Research & Policy* 8 (2), 94–99.
- Jahn, D., & Korolczuk, S. (2012). German exceptionalism: the end of nuclear energy in Germany! *Environmental Politics* 21 (1), 159–164. <https://doi.org/10.1080/09644016.2011.643374>.

- Lahsen, M. (2010). The social status of climate change knowledge: an editorial essay. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* 1 (2), 162–171. <https://doi.org/10.1002/wcc.27>.
- Leach, M., Stirling, A., & Scoones, I. (2010). *Dynamic sustainabilities. Technology, environment, social justice*. Abingdon Oxon: Earthscan.
- Leemans, R., van Amstel, A., Battjes, C., Kreileman, E., & Toet, S. (1996). The land cover and carbon cycle consequences of large-scale utilizations of biomass as an energy source. *Global Environmental Change* 6 (4), 335–357. [https://doi.org/10.1016/s0959-3780\(96\)00028-3](https://doi.org/10.1016/s0959-3780(96)00028-3).
- Lindner, R., Daimer, S., Beckert, B., Heyen, N., Koehler, J., Teufel, B., Warnke, P., & Wydra, S. (2016). Addressing directionality: Orientation failure and the systems of innovation heuristic. Towards reflexive governance. *Fraunhofer ISI Discussion Papers Innovation and Policy Analysis* 52.
- Lundvall, B.-Å. (2001). Innovation policy in the globalizing learning economy. In: D. Archibugi & B.-Å. Lundvall (Hrsg.), *The globalizing learning economy* (S. 273–291). Oxford: Oxford University Press.
- Lundvall, B.-Å. (Hrsg.). (2010). *National systems of innovation. Toward a theory of innovation and interactive learning* (Anthem other canon series). London: Anthem Press.
- Lundvall, B.-Å., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies* 1 (2), 23–42.
- Martin, B. R. (2016). Twenty challenges for innovation studies. *Science and Public Policy* 43 (3), 432–450. <https://doi.org/10.1093/scipol/scv077>.
- McCormick, K., & Kautto, N. (2013). The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability* 5 (6), 2589–2608. <https://doi.org/10.3390/su5062589>.
- Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems. A primer*. London: Earthscan.
- Mesoudi, A. (2016). Cultural Evolution: A Review of Theory, Findings and Controversies. *Evolutionary Biology* 43 (4), 481–497. <https://doi.org/10.1007/s11692-015-9320-0>.
- Mesoudi, A. (2017). Pursuing Darwin's curious parallel: Prospects for a science of cultural evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. <https://doi.org/10.1073/pnas.1620741114>.
- Meyer, M. (2010). The Rise of the Knowledge Broker. *Science Communication* 32 (1), 118–127. <https://doi.org/10.1177/1075547009359797>.
- Mezirow, J. (1991). *Transformative dimensions of adult learning*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Miller, T. R., Wiek, A., Sarewitz, D., Robinson, J., Olsson, L., Kriebel, D., & Loorbach, D. (2014). The future of sustainability science: a solutions-oriented research agenda. *Sustainability Science* 9 (2), 239–246. <https://doi.org/10.1007/s11625-013-0224-6>.
- Mitton, C., Adair, C. E., McKenzie, E., Patten, S. B., & Wayne Perry, B. (2007). Knowledge transfer and exchange: review and synthesis of the literature. *The Milbank quarterly* 85 (4), 729–768. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2007.00506.x>.
- Morone, P., Tartiu, V. E., & Falcone, P. (2015). Assessing the potential of biowaste for bioplastics production through social network analysis. *Journal of Cleaner Production* 90, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.069>.
- Morone, P., & Taylor, R. (2010). *Knowledge diffusion and innovation. Modelling complex entrepreneurial behaviours*. Cheltenham: Edward Elgar.

- Mustalahti, I. (2018). The responsive bioeconomy: The need for inclusion of citizens and environmental capability in the forest based bioeconomy. *Journal of Cleaner Production* 172, 3781–3790. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.132>.
- Nelson, R. R. (1989). What is private and what is public about technology? *Science, Technology, & Human Values* 14 (3), 229–241.
- Nelson, R. R. (Hrsg.). (1993). *National Innovation Systems: a Comparative Study*. New York: Oxford University Press.
- Nonaka, I. (1994). A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation. *Organization Science* 5 (1), 14–37. <https://doi.org/10.1287/orsc.5.1.14>.
- Nooteboom, B., van Haverbeke, W., Duysters, G., Gilsing, V., & van den Oord, A. (2007). Optimal cognitive distance and absorptive capacity. *Research Policy* 36 (7), 1016–1034. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.04.003>.
- Nyholm, J., Normann, L., Frelle-Petersen, C., Riis, M., & Torstensen, P. (2001). Innovation policy in the knowledge-based economy. Can theory guide policy making? In: D. Archibugi & B.-Å. Lundvall (Hrsg.), *The globalizing learning economy* (S. 239–272). Oxford: Oxford University Press.
- Patterson, J., Schulz, K., Vervoort, J., van der Hel, S., Widerberg, O., Adler, C., Hurlbert, M., Anderton, K., Sethi, M., & Barau, A. (2017). Exploring the governance and politics of transformations towards sustainability. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 24, 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.09.001>.
- Peterson, H. (2009). Transformational supply chains and the ‘wicked problem’ of sustainability: aligning knowledge, innovation, entrepreneurship, and leadership. *Journal on Chain and Network Science* 9 (2), 71–82. <https://doi.org/10.3920/jcns2009.x178>.
- Pfau, S., Hagens, J., Dankbaar, B., & Smits, A. (2014). Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. *Sustainability* 6 (3), 1222–1249. <https://doi.org/10.3390/su6031222>.
- Polanyi, M. (1966). *The tacit dimension*. Chicago, Ill.: University of Chicago Press.
- Potts, J. (2001). Knowledge and markets. *Journal of Evolutionary Economics* 11 (4), 413–431. <https://doi.org/10.1007/pl00003865>.
- ProClim- (1997). *Research on Sustainability and Global Change – Visions in Science Policy* by Swiss Researchers. Berne: Swiss Academy of Sciences (SAS).
- Pyka, A. (2017). Dedicated innovation systems to support the transformation towards sustainability: creating income opportunities and employment in the knowledge-based digital bioeconomy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 3 (1), 385. <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0079-7>.
- Pyka, A., Bogner, K., & Urmetzer, S. (2019). Productivity Slowdown, Exhausted Opportunities and the Power of Human Ingenuity – Schumpeter Meets Georgescu-Roegen. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 5 (3), 39. <https://doi.org/10.3390/joitmc5030039>.
- Pyka, A., & Pretzner, K. (2018). Economic Growth, Development, and Innovation: The Transformation Towards a Knowledge-Based Bioeconomy. In: I. Lewandowski (Hrsg.), *Bioeconomy* (S. 331–342). Cham: Springer.
- Raghu, S., Spencer, J. L., Davis, A. S., & Wiedenmann, R. N. (2011). Ecological considerations in the sustainable development of terrestrial biofuel crops. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3 (1–2), 15–23. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.11.005>.

- Ramcilovic-Suominen, S., & Pülzl, H. (2018). Sustainable development – A ‘selling point’ of the emerging EU bioeconomy policy framework? *Journal of Cleaner Production* 172, 4170–4180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.157>.
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973). Dilemmas in a general theory of planning. *Policy Sciences* 4 (2), 155–169.
- Rizzello, S. (2004). Knowledge as a Path-Dependence Process. *Journal of Bioeconomics* 6, 255–274.
- Rydin, Y. (2007). Re-Examining the Role of Knowledge within Planning Theory. *Planning Theory* 6 (1), 52–68. <https://doi.org/10.1177/1473095207075161>.
- Schaper-Rinkel, P. (2012). Bio-politische Ökonomie. Zur Zukunft des Regierens von Biotechnologien. In: S. Lettow (Hrsg.), *Bioökonomie. Die Lebenswissenschaften und die Bewirtschaftung der Körper* (S. 155–179). Bielefeld: transcript. Zugegriffen: 13. April 2018.
- Scheiterle, L., Ulmer, A., Birner, R., & Pyka, A. (2018). From commodity-based value chains to biomass-based value webs: The case of sugarcane in Brazil’s bioeconomy. *Journal of Cleaner Production* 172, 3851–3863. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.150>.
- Schlaile, M. P., Urmetzer, S., Blok, V., Andersen, A., Timmermans, J., Mueller, M., Fagerberg, J., & Pyka, A. (2017). Innovation Systems for Transformations towards Sustainability? Taking the Normative Dimension Seriously. *Sustainability* 9 (12). <https://doi.org/10.3390/su9122253>.
- Schlaile, M. P., Zeman, J., & Mueller, M. (2018). It’s a match! Simulating compatibility-based learning in a network of networks. *Journal of Evolutionary Economics* 28, 1111–1150. <https://doi.org/10.1007/s00191-018-0579-z>.
- Schmid, O., Padel, S., & Levidov, L. (2012). The bio-economy concept and knowledge base in a public goods and farmer perspective. *Bio-based and Applied Economics* 1 (1), 47–63.
- Schneider, F., Kläy, A., Zimmermann, A. B., Buser, T., Ingalls, M., & Messerli, P. (2019). How can science support the 2030 Agenda for Sustainable Development? Four tasks to tackle the normative dimension of sustainability. *Sustainability Science* 79 (4), 387. <https://doi.org/10.1007/s11625-019-00675-y>.
- Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy* 47 (9), 1554–1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>.
- Schumpeter, J. A. (1911). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Leipzig: Duncker & Humblot.
- Schütte, G. (2018). What kind of innovation policy does the bioeconomy need? *New Biotechnology* 40 (Pt A), 82–86. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.003>.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., & Yu, T.-H. (2008). Use of U.S. croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change. *Science* 319 (5867), 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>.
- Smith, K. (1994). Interactions in knowledge systems: Foundations, policy implications and empirical methods. STEP report R-10. Oslo: STEP group. <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/226741/STEPrapport10-1994.pdf?sequence=1>. Zugegriffen: 11. April 2018.

- Smits, R., & Kuhlmann, S. (2004). The rise of systemic instruments in innovation policy. *International Journal of Foresight and Innovation Policy* 1 (1/2), 4–32.
- Soete, L. (2013). Is innovation always good? In: J. Fagerberg, B. R. Martin & E. S. Andersen (Hrsg.), *Innovation Studies: Evolution and Future Challenges* (S. 134–144). Oxford: Oxford University Press.
- Staffas, L., Gustavsson, M., & McCormick, K. (2013). Strategies and Policies for the Bioeconomy and Bio-Based Economy: An Analysis of Official National Approaches. *Sustainability* 5 (6), 2751–2769. <https://doi.org/10.3390/su5062751>.
- Sterling, S. (2011). Transformative Learning and Sustainability: sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education* (5), 17–33.
- Stern, T., Ploll, U., Spies, R., Schwarzbauer, P., Hesser, F., & Ranacher, L. (2018). Understanding Perceptions of the Bioeconomy in Austria – An Explorative Case Study. *Sustainability* 10 (11), 4142. <https://doi.org/10.3390/su10114142>.
- Steward, F. (2008). Breaking the boundaries: Transformative innovation for the global good. NESTA Provocation 07. <http://www.nesta.org.uk/publications/breaking-boundaries>. Zugegriffen: 16. April 2018.
- Steward, F. (2012). Transformative innovation policy to meet the challenge of climate change: sociotechnical networks aligned with consumption and end-use as new transition arenas for a low-carbon society or green economy. *Technology Analysis & Strategic Management* 24 (4), 331–343. <https://doi.org/10.1080/09537325.2012.663959>.
- Sustainable Influencers (2019). Sustainable Influencers. <http://sustainableinfluencers.com/>. Zugegriffen: 2. September 2019.
- Szulanski, G. (2003). *Sticky Knowledge. Barriers to Knowing in the Firm*. London: SAGE.
- The European Bioeconomy Stakeholders Panel (2017). *European Bioeconomy Stakeholders Manifesto*. Brussels.
- UN (United Nations) (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Zugegriffen: 25. Juli 2019.
- Urmetzer, S., & Pyka, A. (2019). Innovation Systems for Sustainability. In: W. Leal Filho, A. Azul, L. Brandli, P. Özuyar & T. Wall (Hrsg.), *Decent Work and Economic Growth* (Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71058-7_43-1.
- Vermeulen, B., & Pyka, A. (2017). The Role of Network Topology and the Spatial Distribution and Structure of Knowledge in Regional Innovation Policy: A Calibrated Agent-Based Model Study. *Computational Economics* 11 (7), 23. <https://doi.org/10.1007/s10614-017-9776-3>.
- Virgin, I., Fielding, M., Fones Sundell, M., Hoff, H., & Granit, J. (2017). Benefits and challenges of a new knowledge-based bioeconomy. In: I. Virgin & E. J. Morris (Hrsg.), *Creating Sustainable Bioeconomies. The bioscience revolution in Europe and Africa* (S. 11–25). Abingdon Oxon: Routledge.
- von Hippel, E. (1994). “Sticky Information” and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. *Management Science* 40 (4), 429–439.
- von Wehrden, H., Luederitz, C., Leventon, J., & Russell, S. (2017). Methodological Challenges in Sustainability Science: A Call for Method Plurality, Procedural Rigor and Longitudinal Research. *Challenges in Sustainability* 5 (1). <https://doi.org/10.12924/cis2017.05010035>.

- Voß, J.-P., & Kemp, R. (2006). Sustainability and reflexive governance. Introduction. In: J.-P. Voß, D. Bauknecht & R. Kemp (Hrsg.), *Reflexive governance for sustainable development* (S. 3–28). Cheltenham: Edward Elgar.
- WBGU (2011). *Welt im Wandel. Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation*. Berlin: Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen.
- Weber, K. M., & Rohracher, H. (2012). Legitimizing research, technology and innovation policies for transformative change. *Research Policy* 41 (6), 1037–1047. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>.
- Wiek, A., & Lang, D. J. (2016). Transformational Sustainability Research Methodology. In: H. Heinrichs, P. Martens, G. Michelsen & A. Wiek (Hrsg.), *Sustainability Science* (S. 31–41). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Wilson, D. S., Hayes, S. C., Biglan, A., & Embry, D. D. (2014). Evolving the future: toward a science of intentional change. *Behavioral and Brain Sciences* 37 (4), 395–416. <https://doi.org/10.1017/s0140525x13001593>.
- Wuketits, F. M. (1993). Moral systems as evolutionary systems: Taking evolutionary ethics seriously. *Journal of Social and Evolutionary Systems* 16 (3), 251–271. [https://doi.org/10.1016/1061-7361\(93\)90035-p](https://doi.org/10.1016/1061-7361(93)90035-p).
- Young, O. R. (2017). *Governing Complex Systems. Social Capital for the Anthropocene*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Zagzebski, L. (1999). What is knowledge? In: J. Greco & E. Sosa (Hrsg.), *The Blackwell Guide to Epistemology* (S. 92–116). Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd.