

Inwertsetzung von Natur für industrielle Prozesse: Biosanierung, Bioeffektoren und Biosensorik

Zusammenfassung

Biobasierte Prozesse und Materialien sind schon seit längerem ein bedeutendes Thema für die Innovationspolitik. Der zukünftige Trend liegt in der Skalierung der Herstellungsverfahren von biobasierten Innovationen auf industrielle Fertigungsmaßstäbe. Das hohe Potenzial von naturbasierten Lösungen machen aktuelle Entwicklungen im Bereich deutlich; Biosanierung, Bioeffektoren und Biosensorik sind jedoch nur drei Beispiele für dieses umfassende Technologiefeld. Neben grundlegenden Fragen das Natur-Gesellschaftsverhältnis betreffend (z. B. In welchem Ausmaß soll die Natur vom Menschen überhaupt als Ressource betrachtet und ausgebeutet werden? Hat sie intrinsischen Wert, der nicht vollständig quantitativ erfasst werden kann?), streifen biobasierte Industrielösungen weitere Problemfelder, die gesellschaftsrelevante Perspektiven beinhalten (z. B. Einsatz umstrittener Gentechnologien, Transformationshürden in der Politik). Ein transparenter Prozess zur gesellschaftlichen Verhandlung von Werten der Natur wäre für die zukünftige Weiterentwicklung von naturbasierten Lösungen empfehlenswert.

Überblick zum Thema

Wer denkt, dass Industrie das Gegenteil von Natur ist und lediglich nach deren Ausbeutung trachtet, hat die Entwicklungen der letzten zwanzig Jahre verpasst. Spätestens seit der umstrittenen Studie¹ zum ökonomischen Wert von Ökosystemdienstleistungen² (TEEB-Studie) ist klar, dass Natur nicht außerhalb von Industrie und Wirtschaft steht, sondern als integraler Bestandteil gesellschaftlicher Systeme und damit als gestaltbar gilt (TEEB 2010). Anhand der ökonomischen Bewertung von Ökosystemdienstleistungen und biologischen Parametern wie Biodiversität, zielte der TEEB-Bericht darauf ab den Wert von Natur für die Sphäre der Wirtschaft greifbar zu machen. Neben diesem grundlegenden Unterfangen werden in der Praxis vermehrt naturbasierte Industrielösungen erforscht und entwickelt, die auf der technischen Nutzbarmachung von natürlichen Systemen und deren Funktionen aufbauen. Dieser Trend wird durch die zunehmende Anerkennung und durch das Bewusstsein, dass die Natur tragfähige Lösungen für ökonomische und soziale Probleme bieten kann, ge-

*Ökosystem-
dienstleistungen und
der ökonomische Wert
der Natur*

¹ Das Unterfangen einer quantitativen und monetären Bewertung von „natürlichen“ und damit auch ideellen und kulturellen Beständen und Prozessen wurde nicht nur von VerfechterInnen des Naturschutzes, sondern auch von WissenschaftlerInnen kritisch reflektiert; siehe dazu bspw. Schröter, et al. (2014).

² Ökosystemdienstleistungen bzw. Ökosystem-Services beschreiben ganz allgemein den Nutzen bzw. die Vorteile, die Menschen von Ökosystemen beziehen. Ein Beispiel dafür wäre die Bestäubung bzw. Verteilung von Pollen oder auch die Filterung und Speicherung von Wasser.

stärkt (siehe [Industrie 4.0](#) und [Bioökonomie](#)). Auch die Einsicht, dass der Aufbau und Wiederaufbau von natürlichem Kapital einen hohen Aufwand und Investitionen erfordert, treibt die Suche nach „intelligenten“ technischen und natur-basierten Lösungen in der Industrie voran.

Biosanierung bzw. Bioremediation

Hier setzt auch die Biosanierung bzw. Bioremediation an:³ Natur selbst wird zur „Verbesserung“ bzw. „Wiederherstellung“ von Natur genutzt und gilt damit als systemische Ressource für naturbasierte industrielle Prozesse. In der Praxis bedeutet die Reparatur von Natur, dass beispielsweise verschmutzte oder mit Schwermetallen belastete Böden oder Wasserkörper saniert, d. h. durch den Eintrag von Mikroben oder Pflanzen kuriert oder von Schadstoffen gereinigt werden (Ojuederie&Babalola 2017). Das Prinzip ist nicht neu; seit Jahrzehnten setzt z. B. die stein- und keramische Industrie unter dem Schlagwort „Renaturierung“⁴ auf eine naturbasierte Lebensraumverbesserung: stillgelegte Abbauflächen (Steinbrüche, Sand- und Kiesgruben) werden sich selbst, d. h. „der Natur“ überlassen und bieten gerade aufgrund der vorher erfolgten radikalen Eingriffe (Sprengungen, Grabungen, u. Ä.) optimale Ausgangsbedingungen für die Entstehung neuer, biodiverser Ökosysteme, die normalerweise eher selten sind. In Anbetracht zunehmender Zerstörung von natürlichen Ökosystemen, bieten diese industriell geschaffenen Lebensräume gerade für bedrohte und seltene Tier- und Pflanzenarten Zufluchtsorte und bringen nicht nur als beliebte Ausflugsziele gesellschaftlichen Mehrwert.

Bioeffektoren

Mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen bspw. in der Molekularbiologie (siehe [Zellfabriken der Zukunft](#)) oder Genetik (siehe [Genome editing \(CRISPR/Cas9\) in der Pflanzenzucht](#)) lässt sich das Funktionsprinzip naturbasierter Lösungen auf andere, industrielle Anwendungsgebiete und -sektoren übertragen. Ein Beispiel dafür ist die Forschung an sogenannten Bioeffektoren, d. h. z. B. an speziellen Mikroorganismen, die in Symbiose mit bestimmten anderen Bakterien zur Verbesserung der Nutzpflanzeigenschaften (v. a. Wachstum) und zur biologischen Kontrolle von Krankheitserregern beitragen (Duque et al. 2019). Als Konsequenz lässt sich die chemische Düngergabe und der Einsatz von chemischen Antimykotika⁵ reduzieren. Um die Mechanismen zu verstehen, wie die Mikroben in die Pflanzenwurzeln gelangen und sich in der gesamten Pflanze ausbreiten, werden im Vorfeld unter gesicherten Laborbedingungen genetisch veränderte Organismen im Rahmen von in vitro-Versuchen und beim Aufbau von Kontrollsystemen im Gewächshaus eingesetzt.

³ Bioremediation bezeichnet den Einsatz von Organismen (Prokaryonten, Pilze oder Pflanzen) zur biologischen Entgiftung von Ökosystemen, die verunreinigt oder mit Schadstoffen belastet sind.

⁴ forumrohstoffe.at/umwelt/#nachhaltigkeit.

⁵ Antimykotika sind antimikrobielle Substanzen, die gegen Erkrankungen wirken, die von Pilzen verursacht werden.

Ein weiteres Beispiel für naturbasierte, industrielle Lösungen sind Biosensoren, die zukünftig nicht nur für die Erhebung von Umweltparametern, wie Temperatur oder Luftfeuchtigkeit eingesetzt werden könnten (siehe [Pflanzen als vernetzte Umweltsensoren](#)), sondern auch in der medizinischen Anwendung hohes Potenzial haben. Gegenwärtig wird in Österreich eine Pilotlinie zur Herstellung papierbasierter elektrochemischer Teststreifen zur quantitativen Biosensorik in Flüssigkeiten aufgebaut⁶. Das Papier dient hierbei als Substrat für die gedruckten Leiterbahnen und für einen Mikrochip sowie die gedruckte Batterie und den Biosensor. Das IMPETUS-Projekt zielt auf die Entwicklung einer schnellen, kostengünstigen und patientennahen Labordiagnostik. Als Anwendungsbeispiel dient hierbei ein Teststreifen, der die Unterscheidung zwischen viraler und bakterieller Infektion ermöglicht, wobei die individuellen Messdaten direkt auf das Smartphone übertragen werden sollen. Herkömmliche Teststreifen ermöglichen qualitativen Analysen (z. B. Ja/Nein-Ergebnisse beim Schwangerschaftstest); die neu-entwickelten Teststreifen erweitern das Analysespektrum um quantitative Verfahren, die anhand einer geringen Menge vom Testmedium präzise quantitative Ergebnisse zu den nachzuweisenden Stoffen (z. B. Antigene) liefern. Das größte Potenzial wird in der Anpassung der Technologie für industrielle Herstellungsprozesse („Rolle-zu-Rolle-Verfahren“, ähnlich wie im Zeitungsdruck) gesehen. Hier beschleunigen auch neue Technologien, wie bspw. 3D-Druck oder Microchip-Technologien anhand derer die Teststreifen erzeugt werden, die Entwicklung in Richtung industrielle Verfahren und erhöhen damit die Effizienz von naturbasierten Prozessen.

*Biosensorik
für medizinische
Anwendungen*

Relevanz des Themas für das Parlament und für Österreich

Gerade in Österreich besitzt das Zukunftsthema der naturbasierten Lösungen ein hohes Potenzial: traditionelle Verfahren und Prozesse der Industrie umfassen einerseits Beispiele und Vorbilder für naturbasierte Lösungen; andererseits besteht hohes Innovationspotenzial – wie im vorherigen Abschnitt beschrieben – in der Biosanierung, Biosensorik und beim Einsatz von Bioeffektoren, sowie in den Bereichen Textil und Cellulose, in den Bereichen Bau- und Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen, Papiermaschinen und Zubehör, Polysaccharide, Papier, Stärke und bei den biobasierten Spezialprodukten, insbesondere in Hinblick auf ihre Herstellungsverfahren (Ganglberger et al. 2017). Die Erschließung weiterer Industrie-sektoren für naturbasierte Lösungen ist vielversprechend, z. B. könnte der Einsatz von papierbasierten, quantitativen Teststreifen im Wein- und Obstbau vereinfachte Analysemöglichkeiten zur Qualitätssicherung bieten. Die Verknüpfung von biobasierten und digitalen Technologien eröffnet weitere Entwicklungspfade, z. B. für neue Verfahren in der weißen, roten und grünen Biotechnologie oder für personalisierte medizinische Anwendungen (z. B. einfache Blutzuckermessung). Die zukünftige Entwicklung wird auch davon abhängen, ob die Kombination von digitalen und naturbasierten Pro-

*Hohes Potenzial
in der Entwicklung
naturbasierter Lösungen*

⁶ project-impetus.com.

zessen zukünftig Fuß fasst und ob es gesellschaftlichen Akzeptanz für eingesetzte, gesellschaftlich umstrittene Techniken (wie z. B. gentechnische Veränderung) geben wird (siehe dazu auch [Künstliches Leben](#)).

Vorschlag weiteres Vorgehen

Naturbasierte Lösungen und Ansätze haben prinzipiell ein hohes Zukunftspotenzial. Gleichzeitig wird bei näherer Betrachtung deutlich, dass ein innovatives Forschungsklima und sichere Testfelder Voraussetzung für die nachhaltige Weiterentwicklung sind. Aus gesellschaftlicher Perspektive stehen nicht nur „heiße Themen“, wie Gentechnologie, im Zusammenhang mit Inwertsetzung von Natur: die wirtschaftliche Nutzung von natürlichen Ressourcen ist mit einer Reihe von ethischen und sozialen Fragestellungen verknüpft. Kritische Einschätzungen sind mit der zentralen Metapher – der wirtschaftlichen Produktivität bzw. Wertigkeit von Ökosystemen – verbunden und verweisen auf ein daraus resultierendes ausbeuterisches Naturverhältnis. Wenn Natur einzig als Ressource und Quelle für Konsum gilt, stellt sich die Frage, welchen Wert die langfristige Erhaltung von einzigartigen Lebensräumen für die Gesellschaft hat.⁷ Auch der starke Fokus auf den Erhalt der Biodiversität als Indikator für gesellschaftlichen „Mehrwert“ wirft die Frage auf, wie vermieden werden kann, dass einzelne Aspekte und „Dienstleistungen“ von Ökosystemen zu Ungunsten einer gesamtheitlichen Betrachtungsperspektive in den Vordergrund gestellt werden. Gerade in der Ökologie hat die Systemebene als Analyserahmen hohe Bedeutung und spätestens, wenn man natürliche Lebensräume mit dem Menschen zusammendenkt wird klar, dass die Bewertung von einzelnen Funktionen nur gemeinsam mit den Betroffenen bzw. in den Ökosystemen Lebenden erfolgen kann. So haben bestimmte Ökosysteme für bestimmte Gesellschaftsgruppen mehr oder weniger Bedeutung und auch der unterschiedlich geregelte Zugang zu natürlichen Ressourcen und Ökosystem-Services wirft Fragen zur sozial gerechten Verteilung des erzielten Mehrwerts inwertgesetzter Natur auf. Ein weiterer Aspekt betrifft die normative Dimension von Naturbewertung: implizit werden dabei natürliche Produkte und Ökosystemdienstleistungen als primär wünschenswert erachtet. Dabei wird übersehen, dass nicht alles was aus der Natur kommt positive Effekte hat, wenn man z. B. an natürliche Krankheitserreger denkt.

Die Verhandlung von gesellschaftlichen Werten der Natur ist ein weitreichendes Unterfangen. Ein Foresight-Prozess, der besonders ethische, rechtliche und soziale Fragestellungen in den Vordergrund rückt und die Grundlage für einen breiteren gesellschaftlichen Diskurs zu langfristigen Entwicklungsmöglichkeiten und erwünschten Zukunftsvisionen für naturbasierte Industrielösungen schafft, wäre deshalb empfehlenswert.

*Ethische und soziale
Aspekte: sozial gerechte
Verteilung des
gesellschaftlichen
Mehrwerts
inwertgesetzter Natur?*

⁷ Das europäische Foresight-Projekt „Science, Technology and Innovation for Ecosystem Performance“ setzt sich mit Zukunftsszenarien auseinander, die unterschiedliche Konzepte von Mensch-Natur-Beziehungen explorieren und Aufschluss über mögliche Wirkungszusammenhänge geben, siehe futures4europe.eu/sti2050.

Zitierte Literatur

- Duque, A. d. B., Antonielli, L., Sessitsch, A., Samad, A. und Compant, S., 2019, Mycolicibacterium strains interact positively with Serendipita (Piriformospora) indica for crop enhancement and biocontrol of pathogens, *“Microbe-assisted crop production – opportunities, challenges and needs” (miCROPe 2019)* Vienna, Austria.
- Ganglberger, E., Sturm, T., Zahradnik, G. und Scherngell, T., 2017, *Quantitative Indikatoren für die Biobasierte Industrie in Österreich*, im Auftrag von: bmvit – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Ojuederie, O. B. und Babalola, O. O., 2017, Microbial and Plant-Assisted Bioremediation of Heavy Metal Polluted Environments: A Review, *International journal of environmental research and public health* 14(12), 1504; auch veröffentlicht in: Int J Environ Res Public Health.
- Schröter, M., van der Zanden, E. H., van Oudenhoven, A. P. E., Remme, R. P., Serna-Chavez, H. M., de Groot, R. S. und Opdam, P., 2014, Ecosystem Services as a Contested Concept: a Synthesis of Critique and Counter-Arguments, *Conservation Letters* 7(6), 514-523.
- TEEB, 2010, *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.