

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Bioökonomie und biologische Transformation  
Begriffe und Methoden  
Bioeconomy and biological transformation  
Terms and methods

VDI 6311  
Blatt 1 / Part 1

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung .....	2	Preliminary note.....	2
Einleitung .....	2	Introduction.....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>	<b>1 Scope</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Begriffe</b> .....	<b>5</b>	<b>2 Terms and definitions</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Grundlagen</b> .....	<b>7</b>	<b>3 Basics</b> .....	<b>7</b>
3.1 Bioökonomie und biologische Transformation.....	7	3.1 Bioeconomy and biological transformation.....	7
3.2 Wirtschaftliche Bedeutung.....	10	3.2 Economic significance.....	10
<b>4 Bausteine der Bioökonomie</b> .....	<b>12</b>	<b>4 Building blocks of the bioeconomy</b> .....	<b>12</b>
4.1 Biologisches Wissen .....	12	4.1 Biological knowledge .....	12
4.2 Rohstoffe und Ressourcen .....	12	4.2 Raw materials and resources.....	12
4.3 Verfahren .....	13	4.3 Procedures .....	13
4.4 Produkte der Bioökonomie .....	14	4.4 Products of the bioeconomy .....	14
4.5 Infrastruktur .....	19	4.5 Infrastructure .....	19
4.6 Wertschöpfungsketten.....	22	4.6 Value chains .....	22
<b>5 Kontext der Bioökonomie</b> .....	<b>22</b>	<b>5 Context of the bioeconomy</b> .....	<b>22</b>
5.1 Allgemeines .....	22	5.1 General information.....	22
5.2 Zirkuläres Wirtschaften.....	23	5.2 Circular economy.....	23
5.3 Nachhaltigkeit .....	24	5.3 Sustainability .....	24
5.4 Grenzen.....	25	5.4 Boundaries .....	25
<b>6 Indikatoren</b> .....	<b>26</b>	<b>6 Indicators</b> .....	<b>26</b>
6.1 Allgemeines .....	26	6.1 General information.....	26
6.2 Ökologie.....	28	6.2 Ecology.....	28
6.3 Soziales .....	29	6.3 Social aspects.....	29
6.4 Ökonomie.....	29	6.4 Economy.....	29
<b>7 Rahmenbedingungen zur Implementierung von Bioökonomie</b> .....	<b>30</b>	<b>7 Framework conditions for the implementation of bioeconomy</b> .....	<b>30</b>
7.1 Ökonomische Transformationsprozesse .....	30	7.1 Economic transformation processes.....	30
7.2 Technologische Transformationsprozesse .....	31	7.2 Technological transformation processes.....	31
7.3 Gesellschaftliche Transformationsprozesse .....	32	7.3 Social transformation processes.....	32
7.4 Aus- und Weiterbildung.....	33	7.4 Training and further education.....	33
7.5 Wirtschaftspolitischer Rahmen zur Förderung der Bioökonomie .....	33	7.5 Economic policy framework to promote the bioeconomy .....	33
Schrifttum .....	35	Bibliography .....	35

VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)  
Fachbereich Biotechnologie

VDI-Handbuch Biotechnologie

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/6311](http://www.vdi.de/6311).

## Einleitung

Der Bioökonomie wird das Potenzial zugesprochen, Ökonomie und Ökologie für ein nachhaltiges Wirtschaften zu verbinden. Sie erreicht bereits eine Vielzahl von Branchen und bewirkt dort zum Teil tiefgreifende Veränderungen hinsichtlich Technologien, Wirtschaft und Gesellschaft. Bisher steht diese Entwicklung zu einer wissenschaftlichen, international wettbewerbsfähigen Ökonomie jedoch noch am Anfang. Grund genug, die damit in Zusammenhang stehenden Begrifflichkeiten in dieser Richtlinie einmal zusammenzufassen und damit vor allem Akteurinnen und Akteuren, die bisher nicht mit der Bioökonomie vertraut sind, einen Überblick zu geben.

Heutige Wertschöpfungsketten sind zu häufig noch linear ausgeprägt. Sie verbrauchen im Wesentlichen fossile Rohstoffe und führen zur Akkumulation von Treibhausgasen in der Atmosphäre und von schwer abbaubaren Stoffen in der Umwelt. Die Verfügbarkeit nachwachsender Ressourcen ist begrenzt, daher müssen sie effizient eingesetzt werden. Zu all dem kann die Bioökonomie wesentliche Lösungsansätze liefern. Sie verzichtet auf fossile Rohstoffe, verfolgt das Prinzip, Stoffkreisläufe zu schließen, und strebt Klimaneutralität an.

Die Gesamtheit aller Anwendungen der Bioökonomie bildeten bisher die traditionellen Branchen

- der Erzeugung von Biomasse (Land- und Forstwirtschaft, Fischerei und Aquakultur)
- der Verarbeitung von Biomasse für die Ernährung (Lebens- und Futtermittel),

## Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the Standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro-copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/6311](http://www.vdi.de/6311).

## Introduction

Bioeconomy is recognised as having the potential to combine economy and ecology for a sustainable development. It is already reaching a large number of sectors and is bringing about some far-reaching changes in terms of technologies, the economy and society. However, this development towards a knowledge-based, internationally competitive economy is still in its infancy. Reason enough to summarise the associated terms and definitions in this standard and thus provide an overview, especially for stakeholders who are not yet familiar with the bioeconomy.

Today's value chains are too often still linear. They essentially consume fossil raw materials and lead to the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere and substances that are difficult to break down in the environment. The availability of renewable resources is limited, so they must be used efficiently. The bioeconomy can provide essential solutions to all of this. It dispenses with fossil raw materials, pursues the principle of closing material cycles and strives for climate neutrality.

Up to now, the entirety of all bioeconomy applications has consisted of the traditional industries of

- the production of biomass (agriculture, forestry, fisheries, and aquaculture),
- the processing of biomass for nutrition (food and animal feed),

- der Holzverarbeitung (u. a. Bau, Konstruktionsmaterialien, Zellstoff, Papier) und
- der Herstellung von Fasern (u. a. Wolle, Baumwolle, Leinen).

Auch Anwendungen wie auf Biomasse basierende Polymere, Chemie- und Pharmaprodukte sowie Energieträger zählen dazu. Die biologische Reinigung z.B. von Wasser in Kläranlagen ist ein etablierter Prozess der Bioökonomie. Bioleaching und -mining werden bei der Metallgewinnung eingesetzt. Es gibt Ansätze, mit biotechnologischen Verfahren Stoffe im Kreislauf zu führen bis hin zur Nutzung von CO<sub>2</sub>. Zunehmend wird die Bioökonomie im Kontext einer weitergefassten Transformation von Gesellschaft und Wirtschaft gesehen, in der der nachhaltigen Gewinnung, Nutzung und Kreislaufführung von Stoffen in der Produktion von Gütern essenzielle Bedeutung zukommt. Wegen der Bedeutung der Kreislaufführung wird in Analogie zu biologischen Stoffkreisläufen auch von einer biologischen Transformation gesprochen.

Dies liegt einerseits nahe, weil sowohl ökonomische als auch ökologische Systeme mittels der Interaktion ihrer Akteure bzw. Systemelemente Stoffe und Energie austauschen. Andererseits sollte diese Analogie nicht überstrapaziert werden, denn die wirtschaftlichen Interaktionen der Bioökonomie beruhen auf Handelsvereinbarungen, während die ökologischen Interaktionen natürliche Stoffkreisläufe und Nahrungsketten darstellen.

Den begrenzenden Rahmen der Bioökonomie bilden

- ökonomische Faktoren wie Kosten und Infrastruktur,
- ökologische Faktoren wie die planetaren Grenzen und der Erhalt von Ökosystemen und Ökosystemdienstleistungen sowie
- soziale Faktoren wie Beschäftigung, Fachpersonal und gesellschaftliche Akzeptanz.

Dieser Rahmen bestimmt im Interesse einer langfristig ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltigen Bioökonomie die Intensität der möglichen Umsetzung. Es kommt deshalb darauf an, die Bioökonomie selbst nachhaltig zu gestalten sowie Nutzungs- und Zielkonflikte zu erkennen und zu vermeiden. Durch Zertifizierung und Monitoring von Prozessen und Produkten werden Qualität und Nachhaltigkeit sichergestellt.

Die hierfür notwendigen Qualitäts- und Nachhaltigkeitskriterien und weitere wirtschafts- und umweltpolitische Rahmenbedingungen zu definieren, ist Aufgabe der Legislative; sie umzusetzen und zu kontrollieren, liegt in der Zuständigkeit der öffent-

- wood processing (including construction, wood-based materials, pulp, paper), and
- the production of fibres (including wool, cotton, and linen).

Applications such as biomass-based polymers, chemical and pharmaceutical products and energy sources are also included. The biological purification of, e.g., water in sewage treatment plants is an established bioeconomy process. Bioleaching and biomining are used in metal extraction. There are approaches to using biotechnological processes to recycle materials, including the use of CO<sub>2</sub>. Increasingly, the bioeconomy is seen in the context of a broader transformation of society and economy, in which the sustainable extraction, utilisation and recycling of materials in the production of goods is of essential significance. Due to the importance of circularity, the term biological transformation is also used in analogy to biological material cycles.

On the one hand, this makes sense because both economic and ecological systems exchange materials and energy through the interaction of their actors or system elements. On the other hand, this analogy should not be overused, as the economic interactions of the bioeconomy are based on trade agreements, while the ecological interactions represent natural material cycles and food chains

The limiting framework of the bioeconomy is formed by

- economic factors such as costs and infrastructure,
- ecological factors such as planetary boundaries and the preservation of ecosystems and ecosystem services, and
- social factors, such as employment, specialised personnel, and social acceptance.

This framework determines the intensity of possible implementation in the interests of a bioeconomy that is economically, ecologically, and socially sustainable in the long term. It is therefore important to make the bioeconomy itself sustainable and to recognise and avoid conflicts of use and objectives. Quality and sustainability are ensured through certification and monitoring of processes and products.

Defining the necessary quality and sustainability criteria and other economic and environmental policy framework conditions is the task of the legislature; implementing and monitoring them is the responsibility of the public administration. This

lichen Verwaltung. Dazu gehören auch der koordinierte Aufbau einer an die Bedarfe der Bioökonomie angepassten Infrastruktur für Logistik, Energieversorgung, Ausbildung, Kommunikation, Forschung und Lehre sowie das Schaffen verlässlicher Rahmenbedingungen für Unternehmen. Dies sind Handlungsfelder, die eine Bioökonomie mit dem Anspruch umfassender ökonomischer, ökologischer und sozialer Nachhaltigkeit erst ermöglichen und sichern.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie trägt dazu bei, dass die Bioökonomie langfristig ökonomisch, ökologisch und sozial nachhaltig gestaltet wird. Dies ist ein dynamischer Prozess, den diese Richtlinie pragmatisch, am Machbaren orientiert, unterstützt. Deshalb werden grundsätzlich alle Branchen, die mit biogenem Kohlenstoff stofflich oder energetisch umgehen sowie biologische Stoffwechselleistungen, biologische Komponenten (Enzyme, Zellbestandteile, Zellen, Gewebe und Organismen) oder biologisches Wissen einsetzen, in den Begriff der Bioökonomie einbezogen. Zentrale Begriffe werden definiert und es werden Potenziale, Kontext und Aktivitäten der Bioökonomie exemplarisch dargestellt. Diese Richtlinie konzentriert sich auf Anwendungen und Wirtschaftsbereiche, die biologische Ressourcen und biologisches Wissen einsetzen oder verarbeiten, biogene Produkte verwenden und Rest- und Abfallstoffe rezyklieren. Das umfasst auch Bereiche wie den Maschinen- und Anlagenbau oder die Informationstechnik, die die Herstellung von Biomasse und ihre Verarbeitung oder den Einsatz biotechnologischer Prozesse ermöglichen.

Diese Richtlinie wendet sich insbesondere an Entscheidungstragende sowie Akteurinnen und Akteure folgender Institutionen einschließlich solcher, die den Wandel zu einem nachhaltigen biobasierten Wirtschaften noch vor sich haben:

- Unternehmen, die Biomasse erzeugen oder bereitstellen,
- Unternehmen, die Biomasse oder biobasierte Produkte und Materialien einsetzen oder verarbeiten,
- Unternehmen, die biologische Ressourcen einsetzen zur Gewinnung von Wertstoffen und Valorisierung von Abfallstoffen,
- Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus,
- Unternehmen des Finanzsektors,
- Institutionen der Qualitätssicherung, Zertifizierung und des Monitorings,

also includes the coordinated development of an infrastructure for logistics, energy supply, training, communication, research and teaching, as well as the creation of reliable framework conditions for companies that are adapted to the needs of the bioeconomy. These are fields of action that make a bioeconomy with the claim of comprehensive economic, ecological, and social sustainability possible and secure in the first place.

## 1 Scope

This standard helps to ensure that the bioeconomy will be designed economically, ecologically, and socially sustainable in the long term. This is a dynamic process that this standard supports in a pragmatic and feasible manner. For this reason, all industries that use biogenic carbon for material or energy purposes and utilise biological metabolic processes, biological components (enzymes, cell components, cells, tissue, and organisms) or biological knowledge are included in the term bioeconomy. Central terms and definitions are defined, and the potential, context and activities of the bioeconomy are presented as examples. This standard focuses on applications and economic sectors that utilise or process biological resources and biological knowledge, use biogenic products and recycle residual and waste materials. This also includes areas such as mechanical and plant engineering or information technology, which enable the production of biomass and its processing or the use of biotechnological processes.

This standard addresses decision-makers and stakeholders in the following institutions in particular, including those that are still in the process of transitioning to a sustainable bio-based economy:

- companies that produce or supply biomass,
- companies that use or process biomass or bio-based products and materials,
- companies that use biological resources to recover valuable materials and valorise waste materials,
- companies in the mechanical and plant-engineering sector,
- companies in the financial sector,
- quality assurance, certification, and monitoring institutions,

- Institutionen der Forschung und Lehre, Aus- und Weiterbildung,
  - Institutionen der Legislative und öffentlichen Verwaltung,
  - Kommunikationseinrichtungen für die Fachwelt (Verbände, Fachgremien),
  - Kommunikationseinrichtungen für die Öffentlichkeit (Verbraucherzentralen, NGO, Journalismus),
  - politische Entscheiderinnen und Entscheider,
  - die interessierte Öffentlichkeit.
- institutions for research and teaching, training, and qualification,
  - legislative and public administration institutions,
  - communication facilities for the professional world (associations, professional bodies),
  - communication facilities for the public (consumer centres, NGOs, journalism),
  - political decision makers,
  - the interested public.