

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEUREKlassifikation und Gütekriterien  
von Bioraffinerien  
  
Classification and quality criteria  
of biorefineries

VDI 6310

Blatt 1 / Part 1

Ausz. 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>5</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2 Normative Verweise . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Normative references . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3 Begriffe . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>4 Technologie der Bioraffinerie . . . . .</b>	<b>10</b>	<b>4 Biorefinery technology. . . . .</b>	<b>10</b>
4.1 Klassifizierung von Bioraffinerieanlagen . . . . .	10	4.1 Biorefinery classification . . . . .	10
4.2 Technologische Konzepte . . . . .	16	4.2 Technological concepts . . . . .	16
<b>5 Definition von Bewertungsmethoden und zugehörigen Kenngrößen . . . . .</b>	<b>25</b>	<b>5 Definition of evaluation methods and associated values . . . . .</b>	<b>25</b>
5.1 Allgemeine Standortfaktoren . . . . .	25	5.1 General location factors . . . . .	25
5.2 Integrationsniveau und Standorte für Bioraffinerien . . . . .	26	5.2 Level of integration and locations for biorefineries. . . . .	26
5.3 Biomassebereitstellung . . . . .	30	5.3 Biomass supply . . . . .	30
5.4 Marktstrategische Ausblicke . . . . .	39	5.4 Strategic market prospects . . . . .	39
5.5 Methodischer Rahmen zur Ermittlung von Kenngrößen. . . . .	42	5.5 Methodological framework for determination of values. . . . .	42
5.6 Definition von Bewertungsgrößen/ Bewertung. . . . .	45	5.6 Definition of evaluation values and evaluation. . . . .	45
5.7 Wahrnehmung gesellschaftlicher Verantwortung. . . . .	67	5.7 Assuming social responsibility . . . . .	67
<b>6 Anwendung ausgewählter Methoden auf das Praxisbeispiel „grüne Bioraffinerie“ . . . . .</b>	<b>70</b>	<b>6 Example: Practical application of selected methods to a “green biorefinery”. . . . .</b>	<b>70</b>
6.1 Einführung . . . . .	70	6.1 Introduction. . . . .	70
6.2 Beschreibung der Anlage – Biowert-Bioraffinerie, Brensbach. . . . .	72	6.2 Plant description – Biowert biorefinery, Brensbach. . . . .	72
6.3 Ökonomische Bewertung . . . . .	76	6.3 Economic evaluation . . . . .	76

VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (TLS)

Fachbereich Biotechnologie

VDI-Handbuch Biotechnologie

VDI-Handbuch Energietechnik

VDI-Handbuch Ressourcenmanagement in der Umwelttechnik

VDI-Handbuch Technik Biomasse/Boden

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 1: Bewertung/Stoffwerte

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 2: Planung/Projektierung

VDI-Handbuch Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Band 5: Spezielle Verfahrenstechniken

	Seite
6.4 Ökologische Bewertung . . . . .	82
6.5 Soziale Bewertung . . . . .	92
6.6 Wahrnehmung gesellschaftlicher Verantwortung . . . . .	92
6.7 Fazit aus der Anwendung der Gütekriterien . . . . .	94
<b>7 Schlussfolgerung . . . . .</b>	<b>95</b>
Schrifttum . . . . .	98

	Page
6.4 Environmental evaluation . . . . .	82
6.5 Social evaluation . . . . .	92
6.6 Assuming social responsibility. . . . .	92
6.7 Conclusion based on application of quality criteria . . . . .	94
<b>7 Conclusion . . . . .</b>	<b>95</b>
Bibliography . . . . .	98

**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 Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/6310](http://www.vdi.de/6310).

**Einleitung**

Angesichts der Herausforderungen durch Ressourcenknappheiten und Klimawandel haben die Bereitstellung von Energie und Energieträgern sowie die Erzeugung von Kraftstoffen und Produkten aus nachwachsenden Rohstoffen enorm an Bedeutung gewonnen. Dieser Trend wird sich in Zukunft weiter verstärken. Um möglichst schnell kommerziellen und wissenschaftlichen Nutzen aus dieser Entwicklung zu ziehen, sind neuartige Produktionssysteme zur Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe erforderlich, die z. B. mit dem Technologiekonzept „Bioraffinerie“ zur Verfügung gestellt werden können. Aus ökonomischen Gründen werden langfristig sehr wahrscheinlich Produktionssysteme bevorzugt werden, die verschiedene Produktklassen wie Kraftstoffe, Energie und Chemierohstoffe parallel erzeugen können, gegebenenfalls sogar verbunden mit Koppelprodukten wie Nahrungs- und Futtermitteln.

Dieser Bioraffinerieansatz ähnelt dem Erfolgsrezept der Erdölraffinerie und der Verbundproduktion in der chemischen Industrie. Analog zu diesen langjährig

**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 can be accessed on the Internet at [www.vdi.de/6310](http://www.vdi.de/6310).

**Introduction**

Given the challenges of resource shortages and climate change, it has become incredibly important to supply energy and energy sources and produce fuels and products based on renewable resources. This trend will strengthen further in the future. In order to draw commercial and scientific benefit from these developments as soon as possible, new kinds of production systems are required to process renewable resources. These may, for example, become available in the form of a “biorefinery” technology concept. For economic reasons, the production systems most likely to be preferred over the long term will be capable of producing a range of product classes such as fuels, energy and chemical raw materials in parallel, possibly even with by-products such as food and animal feed.

The biorefinery approach is similar to the recipe for success set by the petroleum refinery and the production of compounds in the chemical industry. Similar

optimierten und etablierten Verbundstrukturen kann eine Arbeitsdefinition für das System „Bioraffinerie“ lauten:

*„Bioraffinerie“ ist ein integratives Gesamtkonzept für die Konversion (Umwandlung) von nachwachsenden Rohstoffen zu Chemikalien, Werkstoffen, Brenn- und Kraftstoffen sowie gegebenenfalls zur Erzeugung von Energie (zur Eigennutzung und/oder Auskopplung) als Beitrag zum nachhaltigen Wirtschaften unter möglichst vollständiger Ausnutzung der Biomasse.*

Die energetische und stoffliche Nutzung von Biomasse erleichtert den Um- und Ausbau der Rohstoffwirtschaft und damit die Entwicklung einer an Nachhaltigkeitskriterien ausgerichteten Wirtschaftsform.

In zunehmendem Maße sehen Unternehmen auf diesem Gebiet Marktchancen – meist verbunden mit der Aussicht auf ökologisch verträglichere Produktionsprozesse und auf Erschließung neuer regenerativer Rohstoffquellen. Ebenso kann Biomassenutzung dazu beitragen, Arbeitsplätze in der Landwirtschaft zu sichern und neu zu schaffen, was zu einer Renaissance des ländlichen Raums und einer Neuinterpretation seiner Versorgungsrolle führen kann.

Ein weiterer Vorteil der Biomassenutzung wird darin gesehen, dass bisher nicht oder nicht vollständig genutzte Stoffströme einer industriellen Nutzung zugeführt werden können. Auch die Entwicklung von innovativen Umwandlungs- und Veredelungstechnologien kann zu Wettbewerbsvorteilen führen. Gleichzeitig werden aber auch gesellschaftliche Strömungen sichtbar, die auf die Konkurrenz des Nahrungs- und Futtermittelsektors zur energetischen und stofflichen Nutzung von Biomasse hinweisen. Probleme bereiten die begrenzt verfügbare Fläche, Rohstoffspekulationen sowie die Folgen für Arten- und Naturschutz. Die Wirkungen industrieller Biomassenutzung (ökologisch, ökonomisch und sozial) sind zudem abhängig von der jeweiligen konkreten Ausgestaltung der lebenszyklusweiten Wertschöpfungsketten (Nutzungspfade) und deshalb nicht per se als nachhaltig zu bewerten. Die Einbeziehung einer Lebenszyklusbetrachtung zur Bewertung der Güte von Bioraffinerien ist daher erforderlich.

Das Konzept einer vollständig entwickelten Bioraffinerie entspricht – in Analogie zur Erdölraffinerie – dem Einsatz verschiedener Technologien zur Herstellung eines ganzen Produktportfolios aus Biomasseingangsstoffen. Eine vollständig entwickelte Bioraffinerie kann als Ergebnis eines sukzessiven Aufbau-, Vernetzungs- oder Entwicklungsprozesses aus bestehenden Biomassekonversionsanlagen oder als Kombination von chemischen, physikalischen, thermochemischen und biotechnologischen Verfahren mit

to these structures, optimised and established over many years, a working definition for a “biorefinery” system could read:

*A “biorefinery” is an integrative concept for the conversion of renewable resources into chemicals, materials, fuels and, as appropriate, for the generation of energy (for own use and/or supply) as a contribution to the sustainable economy while exploiting biomass to the fullest extent possible.*

Energy and material recovery from biomass simplifies conversion and expansion of the raw materials economy, and thus also the development of an economic system oriented around sustainability criteria.

To an increasing degree, companies are beginning to see market opportunities in this field, mostly with a view to environmentally friendly production processes and developing new and renewable sources of raw materials. Biomass utilisation can also help safeguard agricultural jobs and set the stage for a renaissance of rural space and a reinterpretation of its “supply role”.

An additional advantage of biomass utilisation is that previously unused or only partially used material streams can be directed to industrial use, helping drive development of innovative conversion and refining technologies to deliver a competitive advantage. However, at the same time, social currents and opinion formation can be seen broaching the issues of competition between the food and animal feed sectors and energy and material recovery from biomass, as well as the limited availability of land, speculation on raw materials and consequences for biodiversity and conservation. The impacts of industrial biomass use (environmental, economic and social) are also dependent on the specific design of the full life cycle value chain (use applications), and therefore cannot be assessed to be intrinsically sustainable. It is therefore necessary to include a life cycle consideration to assess the quality of biorefineries.

The concept of a fully developed biorefinery – like a petroleum refinery – describes the use of a range of technologies to produce an entire product portfolio from biomass input materials. A fully developed biorefinery may be viewed as the result of a gradual process of building, networking or developing existing biomass conversion plants, or the combination of chemical, physical, thermochemical and biotechnical processes with adaptive process steps. With a view to the range of possible raw materials and conversion

adaptierten Verfahrensschritten angesehen werden. Angesichts der vielfältigen möglichen Rohstoffe und Konversionsverfahren lässt sich folgern, dass es nicht „die eine Bioraffinerie“ geben kann. Es existieren vielmehr verschiedene Definitionsansätze zu deren Kategorisierung und Benennung. Dabei ist nach heutigem Diskussionsstand wesentlich, dass Bioraffinerien komplexe Produktionssysteme sind, die in der Regel Biomasse über Zwischenprodukte (Plattformen, Zwischenprodukte) und mindestens zwei Konversions- bzw. Veredelungsschritte (Raffination) zu Produkten und Energie verarbeiten.

Mit diesem auf dem Niveau der technologischen Systemstruktur basierenden Definitionsansatz verliert die früher geläufige Einteilung der Bioraffinerietypen nach dem technologischen Entwicklungsalter an Bedeutung.

Aus Sicht der technologischen Systemstruktur können Bioraffinerien systematisch unterschieden werden nach:

- den eingesetzten Rohstoffen bzw. ihrer Herkunft (Biomasse von Acker- und Grünflächen, Holzbiomasse, aquatische Biomasse, biogene Reststoffe),
- den erzeugten Plattformen und Zwischenprodukten,
- den bereitgestellten Produkten (Materialien/ Stoffe, Energieträger, Energie) sowie
- den eingesetzten verfahrenstechnischen Prozessen (mechanisch-physikalisch, chemisch, thermochemisch, biochemisch).

Die aktuell betriebenen, in Entwicklung befindlichen oder noch diskutierten Bioraffinerietypen und -konzepte weisen unterschiedliche Entwicklungsstufen (Technologiereife) und Entwicklungsperspektiven auf. Parallel entstehen zurzeit laufend neue Konzepte, und ältere werden wieder verworfen. Das Technologiekonzept „Bioraffinerie“ ist daher stetig Wandel und Veränderung unterworfen, bis sich aufgrund gewonnener Praxiserfahrungen und Marktdurchdringung allmählich ein Stand der Technik herauskristallisieren kann. Um dennoch Bioraffinerien schon heute als Technologieträger zu verstehen und ihnen im Markt für Ideen und Technologien eine mess- sowie vergleichbare Bedeutung geben zu können, werden in dieser VDI-Richtlinie Gütekriterien entwickelt und zur Anwendung vorgeschlagen. Die VDI-Richtlinie soll dazu beitragen, die herausragende technologische Position Deutschlands bei der stofflichen und energetischen Nutzung von Biomasse zu festigen, auszubauen und besonders im internationalen Wettbewerb erste transparente Bewertungsansätze anzubieten, die in weitergehende Standardisierungsprozesse einfließen können.

processes, it can be concluded that there is no “one biorefinery” design to fit all needs. Instead, there are a range of approaches to define their categorisation and naming. According to the current state of discussion, it is clear that biorefineries are complex production systems which typically process biomass into products and energy by means of intermediate products (platforms, intermediate products) and at least two conversion or conditioning steps (refining).

Working definitions like this, based on the level of the technical system structure, mean that the previously common classification of biorefineries by the technical stage of development become less important.

Viewed in terms of the technological system structure, biorefineries may be systematically differentiated by:

- the utilised raw materials or their origin (biomass from arable land and green areas, wood biomass, aquatic biomass, residual biogenic materials),
- the platforms and intermediate products generated,
- the resulting products (materials, energy sources, energy) and
- the employed processes (mechanical-physical, chemical, thermochemical, biochemical).

Various biorefinery types and concepts currently in operation, under development or still under discussion show different stages of development (technological maturity) and prospects for future development. In parallel to these advances, researchers are constantly developing new concepts and discarding the old. The technology concept of a “biorefinery” is therefore subject to constant flux and change, and will remain so until enough practical experience is accumulated and market penetration established that a state of the art can gradually begin to assert itself. However, in order to consider biorefineries as today’s technology testbed and establish a level field for measurable and comparable evaluation on the market for ideas and technology, this VDI Standard develops a set of quality criteria for suggested application. This VDI Standard is intended to consolidate and expand Germany’s prominent technological position in material and energy recovery from biomass, as well as propose transparent evaluation approaches, in particular for use on the international market, for integration in ongoing standardisation processes.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie wendet sich in erster Linie an Anlagenbetreiber, technisch-wissenschaftliche Entwickler und Projektentwickler. Mit dieser Richtlinie wird eine standardisierte Basis zur Charakterisierung von Bioraffinerien hinsichtlich technischer Aspekte sowie unter ökologischen, ökonomischen und sozialen Kriterien bereitgestellt. Betreiber bestehender Anlagen können die Charakterisierung zur Optimierung und strategischen Planung nutzen. Bei zukünftigen Entwicklungen können geeignete Rahmenempfehlungen abgeleitet werden. Auf dieser Grundlage erstellte Planungen stellen dann auch eine wesentliche Basis für Gespräche und Verhandlungen mit Finanzierungsinstitutionen und Planungsbehörden dar.

Das Spektrum der mit dieser Richtlinie erfassten Anlagen wird eingegrenzt auf Systeme, die auf flexibler technologischer Basis überwiegend stoffliche und energetische Produkte zur industriellen Nutzung integriert hervorbringen. Primär Nahrungs- und Futtermittel produzierende Anlagen werden hier nicht näher betrachtet.

## 1 Scope

This standard is addressed primarily to plant operators, scientific or technical developers and project developers. This standard provides a standardised basis for the characterisation of biorefineries in terms of technical aspects and environmental, economic and social criteria. Operators of existing plants can use this characterisation for optimisation and strategic planning. Future developments in this field may derive appropriate guidelines for all sectors affected by aspects of sustainable development. Plans developed on this basis form a strong foundation for discussions and negotiations with lending institutions and planning authorities.

The range of plants included in this standard is limited to systems which predominantly produce integrated material and energy products for industrial use on the basis of flexible technologies. Plants primarily producing food and animal feed are not examined in detail here.

---

## 2 Normative Verweise / Normative references

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich: /

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von flüssiger Biomasse zur Stromerzeugung (Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung – BioStNachV) vom 23. Juli 2009

Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung – BiokraftNachV) vom 30. September 2009

DIN CEN ISO/TS 14067\**DIN SPEC* 35801:2014-09 Treibhausgase; Carbon Footprint von Produkten; Anforderungen an und Leitlinien für Quantifizierung und Kommunikation (ISO/TS 14067:2013); Deutsche und Englische Fassung CEN ISO/TS 14067: 2014 (Greenhouse gases; Carbon footprint of products; Requirements and guidelines for quantification and communication (ISO/TS 14067:

2013); German and English version CEN ISO/TS 14067:2014). Berlin: Beuth Verlag

DIN CEN/TR 16208\**DIN SPEC* 33928:2011-07 Biobasierte Produkte; Übersicht über Normen; Deutsche Fassung CEN/TR 16208:2011 (Biobased products; Overview of standards; German version CEN/TR 16208:2011). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 14040:2009-11 Umweltmanagement; Ökobilanz; Grundsätze und Rahmenbedingungen (ISO 14040:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14040:2006 (Environmental management; Life cycle assessment; Principles and framework (ISO 14040:2006); German and English version EN ISO 14040:2006). Berlin: Beuth Verlag

DIN EN ISO 14044:2006-10 Umweltmanagement; Ökobilanz; Anforderungen und Anleitungen (ISO 14044:2006); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 14044:2006 (Environmental management; Life cycle assessment; Requirements and guidelines (ISO 14044:2006); German and English version EN ISO 14044:2006). Berlin: Beuth Verlag

---