

Sichtenmodell als Grundlage der energieeffizienzorientierten Bilanzierung, Bewertung und Gestaltung von Produktionsbereichen

(A general framework for energy efficiency-oriented accounting, evaluation and design of production)

Neugebauer, R.¹; Götze, U.²; Sygulla, R.²

¹ TU Chemnitz, Professur für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik

² TU Chemnitz, Professur Unternehmensrechnung und Controlling

Abstract

Die Erhöhung der Energieeffizienz der Produktion stellt sich sowohl aus Sicht der Unternehmenspraxis als auch im wissenschaftlichen Bereich als komplexe, vielschichtige Aufgabenstellung dar. Das im vorliegenden Beitrag vorgestellte allgemeine und am Beispiel von eniPROD konkretisierte Sichtenmodell unterstützt die Anwender im Umgang mit dieser Komplexität und trägt darüber hinaus zur engen Vernetzung der Projektakteure bei.

The increase of production's energy efficiency is a complex challenge for practice as well as for scientific research. This paper presents a general framework for energy efficiency-oriented accounting, evaluation and design of production and applies it to the respective research fields of eniPROD. It helps to reduce the complexity and contributes to the networking of project stakeholders.

Keywords:

Energieeffizienz, eniPROD, Sichtenmodell

energy efficiency, eniPROD, energy efficiency framework

R. Neugebauer, U. Götze, W.-G. Drossel (Hrsg.), *Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung und Bewertung technischer Systeme – Erkenntnisse aus dem Spitzentechnologiecluster eniPROD*, Tagungsband zum 1. und 2. Methodenworkshop der Querschnittsarbeitsgruppe 1 "Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung" des Spitzentechnologieclusters eniPROD, *Wissenschaftliche Scripten*, Auerbach, 2013.

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:ch1-qucosa-109067>

1 Einleitung

Die Notwendigkeit einer ökologisch nachhaltigen Produktion ist unbestritten. Insbesondere die Senkung des (Primär-)Energiebedarfs steht immer wieder im Mittelpunkt der Diskussionen. Die daraus abgeleitete Aufgabe, die industrielle Produktion energieeffizient zu gestalten, erweist sich als äußerst vielschichtig und schwer strukturierbar. So handelt es sich bei industriellen Produktionssystemen regelmäßig um sehr komplexe Gebilde, die aus einer Vielzahl miteinander verbundener Elemente bestehen – entsprechend viele im Zeitablauf veränderliche Gestaltungsmöglichkeiten und Einflussgrößen existieren, die bei der langfristigen Ausrichtung gesamter Produktionsbereiche auf das Ziel der Energieeffizienz, häufig aber auch bereits bei einzelnen Energieeffizienzprojekten zu beachten sind. Hinzu kommt, dass sowohl technische, als auch ökologische und ökonomische Ziele relevant sind. Damit verbunden ist, dass in der Unternehmenspraxis verschiedene Personen und Abteilungen bzw. auf der wissenschaftlichen Ebene unterschiedliche akademische Disziplinen involviert sind. Deren unterschiedliche Blickwinkel auf die Produktion und die spezifischen Methoden müssen aufeinander abgestimmt werden, um eine gezielte gemeinsame Gestaltung der Produktionsbereiche zu ermöglichen. Darüber hinaus setzt die Anwendung der angesprochenen Methoden einerseits vielfältiges, teils sehr spezifisches Wissen¹ voraus und bewirkt andererseits selbst wieder die Entstehung neuen Wissens – dem Wissensmanagement kommt damit eine hohe Bedeutung zu.

Aus dieser Vielschichtigkeit und Komplexität der bei der Gestaltung energieeffizienter Produktionsbereiche zu lösenden Problemstellungen resultiert, dass eine mehrdimensionale Strukturierung dieser Bereiche sowie der einsetzbaren Methoden, des Wissens etc. erforderlich ist, um

- Gestaltungsfelder abgrenzen und die Schnittstellen zwischen ihnen definieren zu können,
- eine Grundlage für die (energieeffizienzorientierte) Bilanzierung und Bewertung von Produktionsbereichen zu schaffen,
- die Kommunikationsbasis zwischen den beteiligten Personen, Abteilungen und Disziplinen zu verbessern sowie
- ein fundiertes Management des benötigten und entstehenden Wissens zu ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund war im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts eniPROD ein mehrdimensionales Strukturierungsmodell zu entwickeln. Das dabei entstandene Sichtenmodell wird im Folgenden zunächst allgemein beschrieben

¹ Im Rahmen dieses Beitrags sollen unter den Begriff „Wissen“ auch Informationen und Daten fallen – aus Gründen der Vereinfachung wird auf eine Differenzierung der Begriffe verzichtet.

(Abschnitt 2). Anschließend erfolgt eine Konkretisierung der einzelnen Sichten am Beispiel von eniPROD (Abschnitt 3). Das abschließende Fazit fasst die Ergebnisse noch einmal zusammen und zeigt das für das Forschungsprojekt eniPROD entstandene Gesamtmodell.

2 Grundstruktur des Sichtenmodells

Die Aufgabe, komplexe betriebliche Teilsysteme zu strukturieren, um ihre integrierte Gestaltung unter Mitwirkung mehrerer Fachbereiche bzw. Disziplinen zu ermöglichen, stellt sich in verschiedenen Kontexten. So konnte bei der Entwicklung des vorliegenden Sichtenmodells auf ähnliche Arbeiten im Bereich der Integrierten Produktentwicklung zurückgegriffen werden (vgl. [1, 2]). Aus der erfolgreichen Übertragung der Basisidee lässt sich ableiten, dass das Sichtenmodell, zumindest in seiner Grundstruktur, auch auf weitere Problemstellungen transferiert werden kann.

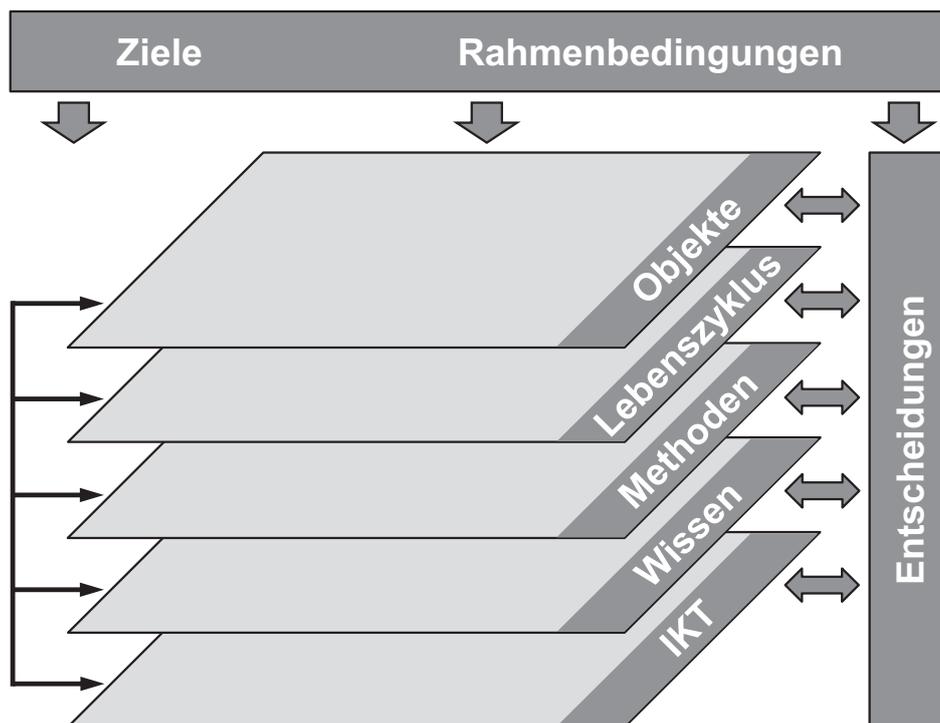


Bild 1: Sichtenmodell (modifiziert übernommen aus [1, 2, 3])

Der Kern des Modells sind die fünf Sichten, die spezifische Blickwinkel auf Systeme, Bereiche oder Projekte – wie bspw. eniPROD – repräsentieren (vgl. Bild 1). Entsprechend dem jeweiligen Ziel der konkreten Anwendung des Sichtenmodells (Überblick, Identifikation von Schnittstellen zwischen den Beteiligten etc.) können innerhalb der Sichten entsprechende Aspekte aufgegriffen und im gewünschten Detaillierungsgrad abgebildet werden. In der obersten Sicht werden zunächst die

spezifischen zu gestaltenden **Objekte** näher beschrieben. Darüber hinaus können hier Beziehungen zwischen diesen sowie zu anderen relevanten Objekten dargestellt werden. Die zweite Sicht beleuchtet die **Lebenszyklen** der verschiedenen Gestaltungsobjekte genauer.² Neben der differenzierten Auseinandersetzung mit dem zu gestaltenden Objekt innerhalb seiner einzelnen Lebensphasen sind hier auch die Betrachtung der Beziehungen zwischen verschiedenen Lebenszyklusphasen eines Objektes sowie die wechselseitigen Überschneidungen der Lebenszyklen verschiedener miteinander verbundener Objekte von Bedeutung. Die dritte Sicht klassifiziert die **Methoden**, die für die verschiedenen Aufgaben im Rahmen der Gestaltung der Objekte (Beschreibung, Analyse etc.) angewandt werden. Die Erfahrungen in eniPROD zeigen, dass gerade in heterogenen Teams die Anzahl der genutzten Methoden zwar überschaubar ist, diese aber aufgrund ihrer Verschiedenartigkeit (Abstraktionsgrad in Bezug auf das Gestaltungsobjekt, notwendige Systemgrenze der Betrachtung etc.) nur bedingt kompatibel sind.³ Ein gemeinsames, interdisziplinäres Vorgehen erfordert somit bereits auf der Methodenebene eine intensive Abstimmung. Eng mit den Methoden und ihrer Anwendung ist das (benötigte sowie entstehende) **Wissen** verknüpft, dessen Management – wie erwähnt – eine hohe Bedeutung hat und das hier auf der vierten Ebene dargestellt wird. Die fünfte und letzte Sicht widmet sich schließlich den Informations- und Kommunikationstechnologien (**IKT**). Diese werden explizit berücksichtigt, da ein großer Teil der angewandten Methoden sowie die Menge der zu verarbeitenden Daten den Einsatz dieser Technologien erforderlich machen und die Schnittstellen zwischen den eingesetzten Technologien bereits ein eigenes Problemfeld darstellen.

Die Sichten des Modells sind – wie teilweise bereits angedeutet – inhaltlich miteinander verknüpft. In Bild 1 wird dies durch die verbundenen schwarzen Pfeile auf der linken Seite verdeutlicht. Darüber hinaus bestehen Wechselwirkungen mit den im Rahmen der Gestaltung der Objekte zu treffenden Entscheidungen, die ebenfalls in das Modell aufgenommen werden (vgl. Bild 1). Die Sichten, im Sinne spezifischer Blickwinkel, dienen einerseits der Fundierung der Entscheidungen über konkrete Gestaltungsalternativen, andererseits wird das zu gestaltende System – und werden somit auch die Sichten – selbst von getroffenen Entscheidungen und deren Umsetzung beeinflusst.

Schließlich umfasst das Modell Ziele und Rahmenbedingungen. In der Einleitung wurden bereits technische, ökologische und ökonomische Ziele angesprochen, die verfolgt werden und der Gestaltung zugrunde liegen (können). Die spezifischen

² Zur Notwendigkeit einer auf den Lebenszyklus bezogenen Untersuchung im Rahmen von Energieeffizienzprojekten vgl. u. a. die Beiträge von LINDNER/GÖTZE sowie SYGULLA/GÖTZE in diesem Band.

³ So sind bspw. für technische Analysen von Maschinen und Anlagen Messungen der elektrischen Ströme im Millisekundenbereich notwendig, während betriebswirtschaftliche Untersuchungen teilweise Zeiträume von mehreren Jahren umfassen. (Vgl. hierzu auch [4].)

Ziele eines konkreten Energieeffizienzprojekts bspw. definieren zum einen dessen Aufgabe, zum anderen ist ihr Erfüllungsgrad ein Maß für den Projekterfolg. Das Forschungsprojekt eniPROD bspw. hat sich u. a. das Ziel gesetzt, Methoden und Technologien zu entwickeln, die zu einer um 30 % erhöhten Energieproduktivität führen und gleichzeitig den Ausstoß von Treibhausgasen um 20 % verringern [3]. Die ebenfalls in technisch, ökologisch und ökonomisch untergliederbaren Rahmenbedingungen stellen die (im Rahmen der betrachteten Bereiche, Projekte etc.) nicht beeinflussbaren internen und externen Faktoren dar, die als Restriktionen oder Einflussgrößen auf die Zielerreichung bei der Gestaltung zu beachten sind. Beispiele hierfür sind gesetzliche Vorgaben oder auch durch die Unternehmensleitung festgelegte Investitionsbudgets.

3 Konkretisierung der Sichten am Beispiel eniPROD

Im Folgenden soll die spezifische Ausgestaltung der in Abschnitt 2 bereits grob charakterisierten Sichten am Beispiel des Forschungsprojekts eniPROD demonstriert werden. Im Rahmen des Projekts werden in fünf Handlungsfeldern – Produktentwicklung, Produktionssysteme, Prozessketten, Werkstoffe und Strukturen sowie Logistik und Fabrikplanung – die verschiedenen Aspekte der energieeffizienten Produktion näher untersucht. Hierzu werden anhand geeigneter Demonstratoren die unterschiedlichen Teilsysteme der Produktion analysiert und entsprechende Methoden und Technologien zu deren energieeffizienter Gestaltung erarbeitet (vgl. [3, 5]).

Bild 2 zeigt die verschiedenen im Rahmen von eniPROD untersuchten **Objekte** in Form eines Schalenmodells. Die Darstellung soll die primären Zusammenhänge zwischen den Objekten sowie den steigenden Abstraktionsgrad der Betrachtung andeuten. Ein zielgerichtetes Vorgehen der erwähnten Teilsysteme erfordert, dass neben den zu gestaltenden auch die von der Gestaltung beeinflussten Objekte analysiert werden müssen. In diesem Zusammenhang sind neben Wechselwirkungen und Abgrenzungsfragen im Bereich der Handlungsfelder auch die Objekte Unternehmen und Umwelt anzusprechen, die für das gesamte Projekt als ausschließlich beeinflusste, aber dennoch relevante Objekte gelten und daher in das Schalenmodell aufgenommen wurden. Wie bereits in Abschnitt 2 erwähnt, können die Sichten entsprechend den Zielen der Anwendung des Modells weiter differenziert werden. Aus Gründen des begrenzten Rahmens wird in diesem Beitrag jedoch darauf verzichtet.



Bild 2: Schalenmodell der in eniPROD untersuchten Objekte

Die zweite Sicht des Modells geht näher auf die **Lebenszyklen** der zu gestaltenden Objekte ein. Bild 3 zeigt beispielhaft die verschiedenen Phasen des Produktlebenszyklus und darüber hinaus die Einflussbereiche ausgewählter anderer, ebenfalls durch typische Lebenszyklen charakterisierter Objekte auf diese Phasen. Darüber hinaus verdeutlicht Bild 3 auch noch einmal die Komplexität von Energieeffizienzprojekten, die durch die wechselseitigen Abhängigkeiten der Teilsysteme der Produktion entsteht.

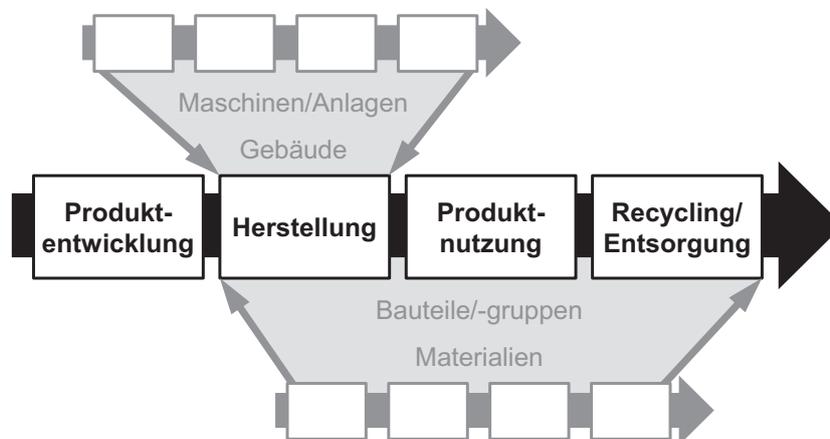


Bild 3: Einflussbereiche ausgewählter Gestaltungsobjekte auf den Produktlebenszyklus

In der dritten Sicht werden die angewandten bzw. (weiter-)entwickelten **Methoden** systematisiert. Ausgehend von grundlegenden Aktivitäten der Vorbereitung einer Gestaltung energieeffizienter Teilsysteme der Produktion lassen sich vier Methodenkategorien identifizieren (vgl. Bild 4). Die dargestellte Überlappung der Kategorien soll die teils fehlende Trennschärfe zwischen ihnen bezüglich der Einordnung konkreter Methoden verdeutlichen. So können bspw. Visualisierungsmethoden sowohl der Beschreibung als auch der Prognose dienen. Eine weitere Differenzie-

zung entsprechend den mit dem Sichtenmodell verfolgten Zielen (vgl. Abschnitt 2) ermöglicht eine exaktere Beschreibung und Zuordnung der einzelnen Methoden.

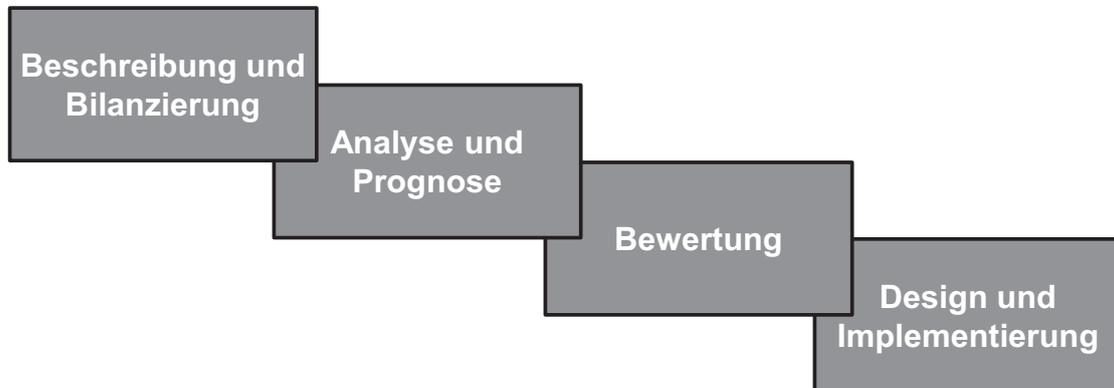


Bild 4: Kategorisierung der Methoden

Die Gestaltung einer energieeffizienten Produktion bzw. ihrer Teilsysteme erfordert einerseits umfangreiches, spezifisches **Wissen**, andererseits bringt sie Wissen hervor. Neben der Untergliederung in Fakten- und Methodenwissen kann daher innerhalb der vierten Sicht des Modells in benötigtes und entstehendes Wissen unterschieden werden (vgl. Bild 5). Die enge Verknüpfung der einzelnen Objekte führt zu vielfältigen Überschneidungen der untersuchten Teilsysteme der Produktion; das bei der Untersuchung eines Systems entstehende Wissen wird häufig zum Input (benötigtes Wissen) eines anderen. Erfahrungen in eniPROD belegen, dass die Identifikation dieser „Wissenschnittstellen“ sowie das gezielte Wissensmanagement maßgeblich zum Projekterfolg beitragen.



Bild 5: Klassifizierung des projektbezogenen Wissens

Die fünfte und letzte Sicht spezifiziert die Informations- und Kommunikationstechnologien (*IKT*). Zum einen finden sich hier Systeme zur Unterstützung der in der dritten Sicht beschriebenen Methoden. Zum anderen erfordern die Menge der zu verarbeitenden Daten sowie die unterschiedlichen Anforderungen der verschiedenen Projektakteure ein gezieltes Datenmanagement, welches ebenfalls einer Unterstützung durch IKT bedarf. Ein Ziel des Forschungsprojekts eniPROD ist es, neben den Methoden auch die verfügbaren IKT weiterzuentwickeln. Die bestehenden „Insellösungen“ sollen in ein integriertes Instrument überführt werden, wobei dem Datenmanagement eine zentrale Rolle zukommt (vgl. Bild 6).

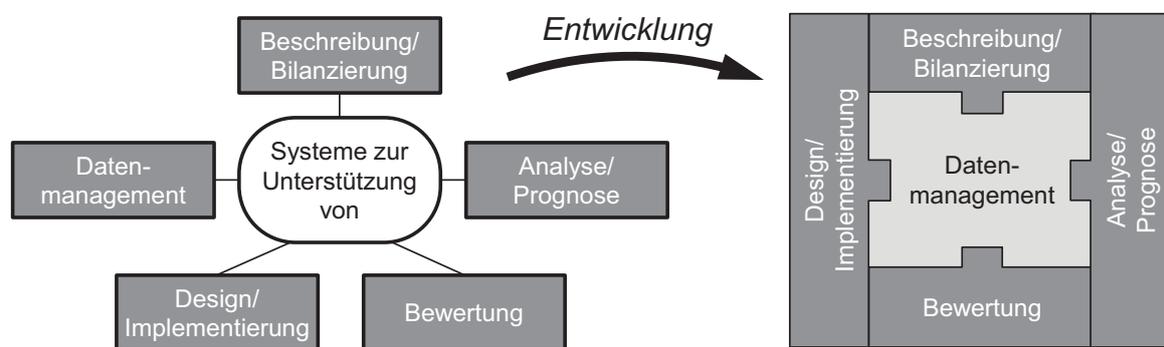


Bild 6: Entwicklung integrierter IKT

4 Fazit

Die Beherrschung der Vielschichtigkeit und der Komplexität von Energieeffizienzprojekten stellt einen nicht zu unterschätzenden Erfolgsfaktor für ihr Gelingen dar. Im vorliegenden Beitrag wurde ein Sichtenmodell vorgestellt, das die hierfür relevanten Aspekte systematisiert. Die eingeführten Sichten können als spezifische Blickwinkel auf das Projekt interpretiert werden, innerhalb derer und zwischen denen die verschiedenen Elemente der zu gestaltenden Teilsysteme der Produktion bzw. deren Zusammenhänge verdeutlicht werden sollen. Die Konkretisierung der einzelnen Sichten am Beispiel des Forschungsprojekts eniPROD (vgl. Abschnitt 3) zeigt Ansätze für die Ausgestaltung der einzelnen Sichten. Das hierbei entstandene Gesamtmodell ist in Bild 7 dargestellt.

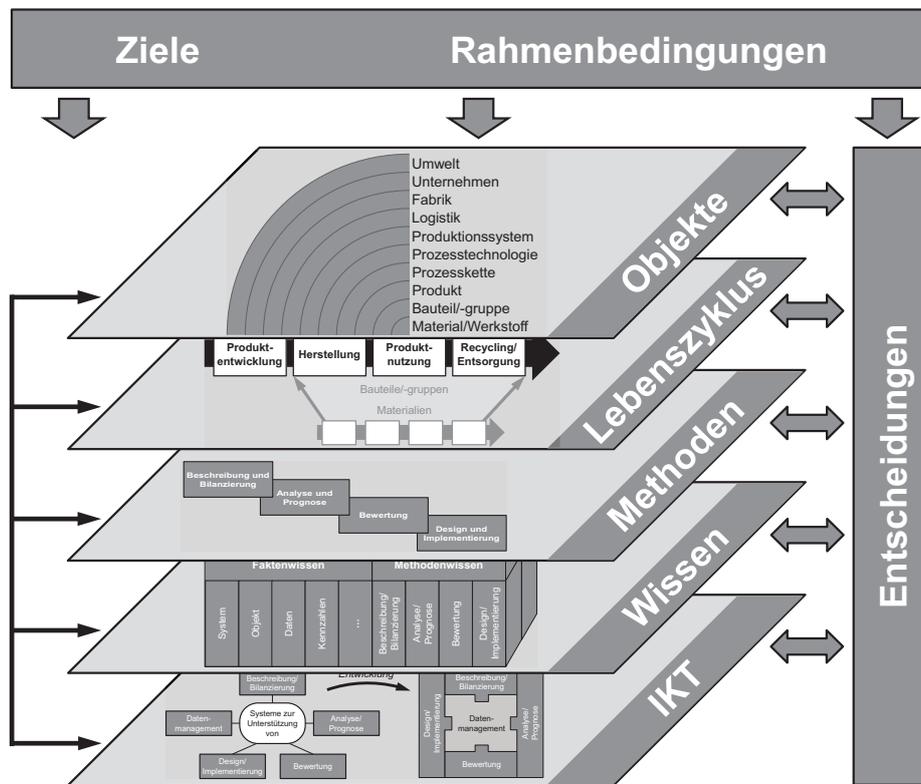


Bild 7: eniPROD-spezifisches Sichtenmodell (Gesamtdarstellung)

Acknowledgment

Die Autoren danken der europäischen Union (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) und dem Freistaat Sachsen für die Förderung des Spitzentechnologieclusters „Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik“ (eniPROD®).



Literaturangaben

- [1] Vajna, S.; Burchardt, C.: *Integrierte Produktentwicklung*. In: *Konstruktion*, 1998, 50(4), S. 45-50
- [2] Köhler, S.; Götze, U.: *Management von Kostenwissen im Rahmen der Integrierten Produktentwicklung - Konzeption und beispielhafte Umsetzung*. In: Brökel, K.; Feldhusen, J.; Grote, K.-H.; Rieg, F.; Stelzer, R. (Hrsg.): *Herausforderungen für die Produkt- und Prozessinnovationen, Tagungsband zum 8. Gemeinsamen Kolloquium Konstruktionstechnik 2010*, Docupoint-Verlag, Barleben, 2010, S. 19-26
- [3] Neugebauer, R.; Sterzing, A.; Koriath, H.-J.: *Vision einer energieautarken Fabrik – Beitrag des Spitzentechnologieclusters eniPROD*. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): *Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik, Tagungsband zum 1. Internationalen Kolloquium des Spitzentechnologieclusters eniPROD*, Verlag Wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 2010, S. 33-55
- [4] Götze, U.; Koriath, H.-J.; Kolesnikov, A.; Lindner, R.; Paetzold, J.; Scheffler, C.: *Energetische Bilanzierung und Bewertung von Werkzeugmaschinen*. In: Neugebauer, R. (Hrsg.): *Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik, Tagungsband zum 1. Internationalen Kolloquium des Spitzentechnologieclusters eniPROD*, Verlag Wissenschaftliche Scripten, Auerbach, 2010, S. 157-184
- [5] *Homepage des Spitzentechnologieclusters eniPROD*, URL: www.eniprod.eu