

Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte in ein lebenszyklusorientiertes Produktmanagement

• *Produktergonomie* • *Produktionsergonomie* • *Produktentwicklung* • *Produktlebenszyklus*
• *Produktmanagement*

Zusammenfassung

Die schon seit längerer Zeit veränderten rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. in Deutschland das Kreislaufwirtschaftsgesetz) machen es erforderlich, ein neues Konzept eines integrativen Produktmanagements zu realisieren. Am Beispiel der Modularisierung kann gezeigt werden, dass eine derartige Integration (bezogen auf die Schaffung organisatorischer Voraussetzungen und lebenszyklusorientierter Prozessentwicklung) es ermöglicht, bisher nicht oder nur in begrenztem Maße genutzte Vorteile auf Seiten des Unternehmens wie auch seiner Anspruchsgruppen (Stakeholder) entstehen zu lassen. Die Lebenszyklusbetrachtung erhöht zwar die Komplexität des Produktentwicklungsprozesses, bietet dafür aber eine Reihe ökonomischer Vorteile für Hersteller und Kunden aber auch qualitative Vorteile für die Mitarbeiter durch verbesserte Arbeitsbedingungen.

Praktische Relevanz

Die Produktentwicklung wird in der jüngeren Vergangenheit auch verstärkt durch gesetzliche Rahmenbedingungen im Kontext der Nachhaltigkeitsdiskussion (z.B. das „Kreislaufwirtschaftsgesetz“) geprägt. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit der Produkte für produzierende Unternehmen zunehmend als Differenzierungsmerkmal am Markt erkannt. Auch im Hinblick auf die demografische Entwicklung kommt dem Thema Gebrauchstauglichkeit eine wachsende Bedeutung zu. Dies führt zu erweiterten Anforderungen an die Produkt- und Prozessgestaltung.

Intégration des aspects relatifs aux sciences du travail dans la gestion orientée du cycle de vie d'un produit

• *ergonomie du produit* • *ergonomie de production* • *développement de produit* • *cycle de vie d'un produit* • *gestion de produits*

Résumé

Depuis un certain temps, le changement des conditions générales légales (par exemple en Allemagne, la loi d'économie de cycle) rendait indispensable le développement d'un nouveau concept de gestion de produits. La modularisation, qui auparavant était peu ou pas utilisée, a permis de démontrer que l'intégration (relative à la création de conditions organisationnelles) et le développement de processus orientés sur le cycle de vie d'un produit (intégrant ses dimensions technologiques, économiques, écologiques et ergonomiques) sont possibles. Cela permet de créer des avantages aussi bien du côté des entreprises (en particulier des actionnaires) que du côté de ses groupes d'influence (stakeholders). La prise en compte du „cycle de vie“ augmente la complexité des processus de développement des produits non commercialisés en conséquence. En contrepartie, elle offre une série d'avantages économiques pour les producteurs ainsi que pour les consommateurs.

Importance pratique

Le développement de produits a été marqué dans un passé récent par le renforcement du cadre légal (conditions générales légales) dans un contexte de discussion durable. (Par exemple: loi d'économie de cycle). En outre, les exigences croissantes en matière d'utilisation des produits par les entreprises du secteur secondaire sont de plus en plus reconnues comme des caractéristiques de différenciation sur les marchés. Si l'on tient compte du développement démographique, le thème „utilité“ prend une importance croissante. Cela amène à un élargissement des exigences en matière d'organisation de processus et de produit.

Integration of ergonomic aspects within a lifecycle oriented product management

• *Product Ergonomics* • *Production Ergonomics* • *Product Development* • *Product Lifecycle* • *Product Management*

Summary

The competitive advantage of a company depends – among other variables – on the efficiency and effectivity of employees and structures and how quickly necessary adjustments can be accomplished. Product development as a knowledge-intensive area plays a crucial role for competitiveness of enterprises. The integration of Human Factors or Ergonomics in the planning of work systems starts with the product development process. Such an understanding implies new challenges in regard of integrating ergonomic aspects in the product development process as well as connecting product development with the work systems design process. In the recent discussion about product development influences of the work systems design play hardly any role, although it is precisely the creativity and motivation of the employees that form the product development process. Therefore the design of organizational structures has to consider these facts. So far, traditional concepts of product development focus purely on technical and economic aspects of the product, whereas the ecological and social dimensions are not considered with a similar weight. The concept of lifecycle oriented product management referring to Ergonomics demands to design and manufacture products in such a way that companies meet (and sometimes exceed) the expectations of the customers – especially concerning usability criteria. This is in a certain contrast to the use of ergonomic knowledge in today's product and process design. There are several causes for not having used ergonomic knowledge in the past: Departments of Ergonomics had to be given up during lean management strategies or are not existing. There seems to be a wrong belief that cost efficient manufacturing does not need Ergonomics. This may be caused by the fact that respective business cases are not known. Other arguments can be reasoned by time pressure, especially because of reduced product innovation cycles. This behavior leads to a poor ergonomic quality of products and work systems. From an Ergonomics point of view a lifecycle oriented product management seeks for an added value for products and work system design. First of all, this task is related to the two primary objectives of Ergonomics: To seek to enhance the effectiveness and efficiency of work systems, and secondly, to satisfy customers' and employees' needs. The last one can be measured by the usability of products and the overall quality of (working) life. Within a lifecycle oriented product management Ergonomics has several tasks: To build up a relationship between product design and work system design (especially for assembly, maintenance and repair, and disassembly of the product), as well as the usability of the product for the customer (user of the product). Usability is a relevant aspect, not only for the end-user – but also for employees in respective work systems to realize efficient and ergonomically acceptable working

conditions. Strategies for the integration of ergonomic aspects within an integrated product management can be evaluated by four criteria: time of integration, method of integration, area of integration and focus of integration („product“ Ergonomics and „production“ Ergonomics). Ergonomic aspects in production (including assembly) again affect the work system respectively the work content design. In many production plants, the assembly is an important organizational unit that ties extensive personnel capacity together. In this context negative impacts like absenteeism, employee turn-over, and quality problems are important cost drivers. Therefore, a more interesting work content combined with social identification within small (self managing working) groups could be a helpful solution to reduce negative impacts. Whether such groups can be realized or not also depends on the structure of the product itself (e.g. modular design). Insofar, those questions have to be part of the product development. Structural changes not only require small organizational units with a stronger object- respectively process-orientation, but also a thinking in customer-supplier-relationships. This cannot be gained by only extending the work content, but also by creating cross-functional networks. By integrating the design of the work content within production respectively assembly in the product development process not all relevant design goals are included. Thus, the specific ergonomic goal (adjustment of working conditions to human characteristics and capabilities) has to be realized in designing the production system. Any design solution should be evaluated based on three quality factors: efficiency, effectiveness, and humanity. The discussion shows that the integration of product development and lifecycle oriented process development into a new understanding of product management is able to create win-win-situations. On the one hand, better products will create competitive advantages. Herewith the sales aspect is focused. Additionally, companies realize corporate social responsibility in creating better working conditions by designing work systems with a more demanding (and interesting) work content. This may lead to a growing reputation within and outside the enterprise.

Practical Relevance

The European Union has recently defined new legal requirements as part of its sustainability policy regarding the recycling or disposal of products. The technical quality of products has been increasing more and more during the last years – therefore there is a need for further features to be successful in global competition. This development also demands from companies to design and manufacture their products in a way that they meet the expectations of their customers – in a society that is getting older – especially in relation to usability.

1 Problemstellung

Die Integration arbeitswissenschaftlicher bzw. ergonomischer Aspekte in die Planung von Arbeitssystemen beginnt schon im Produktentwicklungsprozess. Ergonomische Ansätze werden traditionell als Kosten verursachend und an gesetzliche Richtlinien gebunden gesehen, wobei das Potential einer frühen Integration in die Produktentwicklung bislang nicht selten vernachlässigt wurde. Da eine derart „redefinierte“ Produktentwicklung in enger Verbindung mit der Produktion und insbesondere mit der Montage steht, muss dieses Konzept in ein integratives Produktmanagement münden. Die Lebenszyklusorientierung im Produktmanagement stellt neue Anforderungen an die Gestaltung von Service, Wartung und Demontage. Ein ganzheitlicher ergonomischer Ansatz muss hier mehrere Zielsetzungen erfüllen: Das Produkt muss die Erwartungen der Kunden insbesondere hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit (Usability) erfüllen, es sollte aber auch die Möglichkeit zur Gestaltung ergonomischer Arbeitssysteme sowie Arbeitsinhalte in allen Phasen des Lebenszyklus eröffnen. Durch die Verflechtung von Produktentwicklung und lebenszyklusorientierter Prozessentwicklung in einem neuen Verständnis von Produktmanagement können Vorteile für alle Beteiligten entstehen.

Die Produktentwicklung als wissensintensiver Bereich spielt für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens eine entscheidende Rolle. Gleichzeitig wird dieser Bereich in der jüngeren Vergangenheit verstärkt durch gesetzliche Rahmenbedingungen im Kontext der Nachhaltigkeitsdiskussion, wie z. B. das „Kreislaufwirtschaftsgesetz“ (KrW-/AbfG 1994), geprägt. Dieses Gesetz stellt den gesamten Lebenszyklus eines Produkts in den Vordergrund und erfordert die Integration ökologischer Aspekte schon in frühen Phasen der Entwicklung. Ein zusätzlicher Aspekt ist das – zumindest international – wachsende Interesse der Kunden an den Arbeitsbedingungen im Herstellungsprozess. Dies ist auch Teil der europäischen Corporate Social Responsibility Politik (Kommission der Europäischen Union 2005) und kann als weiteres Kriterium für unternehmerische Nachhaltigkeit herange-

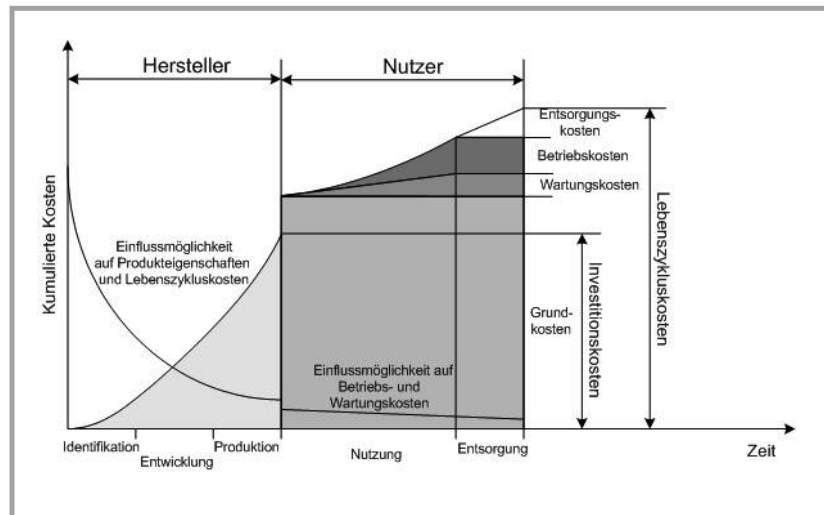


Bild 1: Kostenstruktur unter Lebenszyklusaspekten (Lindemann & Kiewert 2005)

Figure 1: Life-cycle costs (Lindemann & Kiewert 2005)

Illustration 1: Structure des coûts déterminée par le cycle de vie d'un produit (Lindemann & Kiewert 2005)

zogen werden. Darüber hinaus werden die Anforderungen der Kunden in Bezug auf Gebrauchstauglichkeit der Produkte größer bzw. wird dieser Aspekt bei einer immer älter werdenden Gesellschaft auch zu einem wichtigen Marketingaspekt bzw. zu einem Mittel der Produktdifferenzierung bei einem allgemein hohen Qualitätsniveau (Schneider et al. 2006). Alle diese Gesichtspunkte legen es nahe, neben technischen, ökonomischen und ökologischen Aspekten auch arbeitswissenschaftliche bzw. ergonomische von Anfang an einzubinden. Daher hat z. B. auch die International Ergonomics Association schon vor längerer Zeit eine Arbeitsgruppe eingesetzt, die sich mit diesen Aspekten unter der Überschrift „Ergonomics Quality in Design“ (IEA 2007) beschäftigt. Eine Lebenszyklusorientierung beinhaltet neben der ergonomischen Produktgestaltung auch die Analyse des Produkts im Hinblick auf die Gestaltung der Arbeitssysteme, die im Laufe des Produktlebens relevant sind: Fertigung, Montage, Wartung, Demontage und Recycling bzw. Wiederverwendung.

Das Potential der frühen Berücksichtigung ergonomischer Aspekte im Produktentwicklungsprozess wurde in der Vergangenheit nicht ausreichend genutzt, da Ergonomie traditionell

meist als Kosten verursachend und/oder rechtlich „verordnete“ Rahmenbedingung (z. B. durch das Arbeitsschutzgesetz) verstanden worden ist. Konzepte zur „Integrierten Produktentwicklung“ müssen daher einerseits die Konsequenzen der Produktgestaltung für die Arbeitssysteme betrachten und andererseits die Auswirkungen auf die späteren Nutzer. Auch potentielle Wettbewerbsvorteile durch ergonomisch gestaltete Produkte in einem Markt, der durch Überkapazitäten geprägt ist, wurden von produzierenden Unternehmen bislang nur teilweise gesehen (Zink 2005). Nachfolgend soll auf der Basis eines veränderten Verständnisses von Produktmanagement ein integrativer Ansatz vorgestellt werden, der Unternehmen befähigt, auf veränderte Kundenanforderungen und neue gesetzliche Rahmenbedingungen angemessen zu reagieren.

2 Bisherige Ansätze zur Produktentwicklung

Durch innovative Produkte schaffen produzierende Unternehmen die Voraussetzung für ihr langfristiges Überleben am Markt. Dies insbesondere dann,

wenn sie dem Kunden einen Mehrwert verschaffen, was nicht selten voraussetzt, dass neben dem Produkt auch produktbegleitende oder -unterstützende Dienstleistungen angeboten werden. Neben dieser strategischen Zielsetzung der Produktentwicklung hat diese auch einen erheblichen Einfluss auf die Kosten des Produkts – und damit auf seine Vermarktungssituation bzw. die Ertragssituation des Unternehmens. So werden in der Produktentwicklung ca. 90% der Gesamtkosten eines Produkts durch konzeptionelle und strategische Überlegungen festgelegt (Ehrlenspiel et al. 2003). Durch Optimierung schlecht geplanter Arbeitssysteme kann bspw. mit Hilfe der Wertanalyse eine mittlere Senkung der Herstellkosten um 33% erreicht werden (Voegelé 1999).

Auch wenn diese Zahlen abhängig vom jeweiligen Entwicklungsprojekt differieren, ist es ersichtlich, dass in der Entwicklung neben dem Qualitätsanspruch auch das Kostenbewusstsein eine wesentliche Rolle spielen muss. Das Kostenmanagement ist daher dann besonders effizient, wenn es schon in der Entwicklung ansetzt. Dabei hat eine kosteneffiziente Produktentwicklung sämtliche, durch das Produkt verursachte Kosten zu betrachten. Hilfreich ist eine Einteilung in Herstellkosten, Selbstkosten und Lebenszykluskosten (Ehrlenspiel et al. 2003). Bild 1 zeigt die dem Nutzer entstehenden zusätzlichen Produktkosten in der Nutzung und Entsorgung.

Die lebenszyklusorientierte „Produktleistung“ wird im Allgemeinen durch die Kennzahlen von Entwicklungsdauer, Entwicklungskosten, Produktionskosten sowie Produktqualität und Markterfolg gemessen (Pfohl 2002). Bei einer herkömmlichen Kostenanalyse werden die dem Kunden (Benutzer) entstehenden Kosten für Betrieb, Instandhaltung und Entsorgung nicht miteinbezogen. Diese müssen bei einer ganzheitlichen Betrachtung den Lebenszykluskosten noch hinzugerechnet werden (Lindemann & Kiewert 2005). Das Gleiche gilt für Kosten aufgrund schlecht gestalteter Arbeitssysteme.

Wie einleitend erläutert, beziehen sich „klassische“ Konzepte zur Produktentwicklung rein auf technische und ökonomische Aspekte eines Produkts. Einem solchen Verständnis nach ist

Produktentwicklung ein Prozess, der sich auf die Schaffung neuer Produkte oder die Veränderung bereits bestehender Produkte bezieht (Siegwart 1974). Eine enge Sichtweise versteht unter Produktentwicklung lediglich die Aktivitäten der Entwickler und Forscher (technische Perspektive). Ein etwas weiteres Verständnis schließt die Bereiche Marktforschung, Produktion und Vertrieb in die Betrachtung ein (Dyckhoff & Bennauer 1995). Der Produktentwicklungsprozess ist traditionell durch eine hohe Spezialisierung und Arbeitsteilung geprägt. Daraus resultieren mehrere Probleme: Bspw. führt ein ausgeprägtes Abteilungsdenken zu Informations- und Kommunikationsproblemen. Für die Produktentwicklung bedeutet dies, dass kein durchgängiger Informationsfluss gewährleistet und keine gemeinsame Sichtweise des zu entwickelnden Produkts vorhanden ist. Aufgrund einer großen Arbeitsteilung ist außerdem eine geringe Motivation zu beobachten. Aus diesen Sachverhalten resultieren auch die Hauptursachen für Zeit-, Qualitäts- und Kostenprobleme (Ehrlenspiel 2007). Insofern muss ein neues Verständnis für Produktentwicklung ausgebildet werden. Dabei geht es darum, die Zusammenarbeit zu verbessern und Synergien in der Produktentwicklung zu realisieren: Simultaneous Engineering, Concurrent Engineering, Simultaneous Development oder Overlapping Engineering sind beispielhafte Bezeichnungen für diese neueren Konzepte. Diese zielen vor allem auf eine Verkürzung der Entwicklungszeit mit einer Senkung der Entwicklungskosten und damit auf Wettbewerbsvorteile durch früheren Markteintritt ab (Bullinger & Warschat 1997). Hauptmerkmal ist die Parallelisierung von Arbeitsschritten, die bisher zeitlich nacheinander und damit sequenziell abgelaufen sind. Durch die hohen Erwartungen an eine Verkürzung der Entwicklungszeit entstehen hohe Anforderungen an die kommunikativen Fähigkeiten der Mitarbeiter, die ohne zusätzliche Qualifizierung nicht immer erfüllt werden können (Simon 1995). Dementsprechend werden in aller Regel Schulungen in den Bereichen Kommunikation, Konfliktmanagement und Problemlösungstechniken sowie Projektmanagement erforderlich. Dennoch zielt diese ingenieurgetriebene Produktentwicklung vor allem auf

Planungs- und Kontrollaspekte ab; die Kunden- und Mitarbeiterperspektive bleibt meist unberücksichtigt.

Analysiert man den Begriff „Integrierte Produktentwicklung“ so findet man in Europa erste Ansätze bei Andreasen und Hein sowie Ehrlenspiel. Diese Autoren verstehen „Integrierte Produktentwicklung“ hauptsächlich als eine Methode, die sich auf die Schwerpunkte Produktlebenszyklus, Organisation, Methoden und Werkzeuge konzentriert (Andreasen & Hein 2000; Ehrlenspiel 2003). Integrierte Produktentwicklung (IPE) als ganzheitliches Entwicklungs- und Managementkonzept unterstützt die Erstellung von Produkten und Dienstleistungen von der Idee bis zur erfolgreichen Vermarktung. Der Grundgedanke besteht darin, parallel zum Produkt alle damit in Zusammenhang stehenden Prozesse (auch sämtliche Ressourcen und Beschaffungs-, Produktions- und Marketingprozesse), die für die erfolgreiche Erstellung und Vermarktung notwendig sind, effizient und in aufeinander abgestimmter Weise zu gestalten. Hierbei soll aus einem ganzheitlichen Blickwinkel die Verknüpfung der produktspezifischen Prozesse in einer abgestimmten und systematischen Vorgehensweise realisiert werden (Schnäppi 2005). Andere Autoren folgen dieser Auffassung und erweitern diese um die frühe Einbindung der Lieferanten (Ehrlenspiel 2007; Bullinger & Warschat 1997) bzw. die Notwendigkeit der Rechnerunterstützung (Framework Systems) (Bender et al. 1997). Wird die IPE ohne eine wissensbasierte Unterstützung durchgeführt, so wird das Wissen über das Produkt nur mit Zeitversatz zur Verfügung gestellt (Vajna 2005). Für den Produktentwicklungsprozess ist es grundlegend, dass die richtigen (aktuellen) Informationen zur richtigen Zeit verfügbar sind. Gleichermassen muss der Rückfluss von Informationen ähnlicher Produkte für die laufende Produktentwicklung sichergestellt sein (Ehrlenspiel 2007).

In einem erweiterten Verständnis erfordert „Integrierte Produktentwicklung“ methodische Unterstützung bzw. Konzepte, die den gesamten Produktlebenszyklus (z. B. im Rahmen eines Product Lifecycle Managements) betrachtet bzw. betrachten. Dabei wird sichergestellt, dass das Produkt

und die zugehörigen Aktivitäten der Entwicklung (z. B. im Rahmen eines Engineering Design Data Management), der Produktentwicklungsprozess und alle Aspekte der Nachhaltigkeit (z. B. sorgsame Ressourcennutzung), Recycling bzw. Entsorgung sowie Wiederverwendung des Produkts in gleicher Weise beachtet werden (Vajna 2005). Hiermit wird eine Reduzierung des Veränderungsaufwandes durch Schaffung einer Sensibilität für die Anforderungen während des Lebenszyklus beabsichtigt. Im Gegensatz zu anderen Autoren betont Meerkamm auch Mitarbeiteraspekte. Dementsprechend benötigt die „Integrierte Produktentwicklung“ ein Umdenken in Bezug auf die Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter und ihrer Arbeitsinhalte (Meerkamm 1998). Dabei ist allerdings zu beachten, dass es vorrangig um die Mitarbeiter der Entwicklungsabteilung geht.

In einem ersten Ansatz können (umfassendere) Modelle einer „Integrierten Produktentwicklung“ als an den Interessen der relevanten Stakeholder orientiert (Kunden, Mitarbeiter, Gesellschaft und Unternehmen) verstanden werden, die unterstützt durch Informationstechnologie die wesentlichen Prozesse im Lebenszyklus eines Produkts in Betracht ziehen. Dabei ist allerdings – wie bei allen Stakeholdermanagementkonzepten – zu berücksichtigen, dass es zu divergierenden Zielen kommen kann, für die eine Lösung gefunden werden muss (Eversheim & Schuh 2005; Ehrlenspiel 2007; Zink 2004).

3 Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte

Im Kontext der hier zu diskutierenden Fragestellungen können die Konzepte der „Produktergonomie“ und der „Produktionsergonomie“ herangezogen werden (Strasser et al. 2003). Während Produktergonomie vorrangig auf den Aspekt der Gebrauchstauglichkeit fokussiert ist, konzentriert sich Produktionsergonomie auf Fragen der Arbeitsbedingungen und die Gestaltung der Arbeitsinhalte. Beide Aufgabenfelder werden durch die vorhandene/genutzte Technologie beeinflusst. Die Beziehungen zwischen Produktgestaltung und deren Implikationen auf die Gestaltung

von Arbeitssystemen wurden in der Vergangenheit nur sehr begrenzt oder überhaupt nicht thematisiert. Auch die Einbeziehung der Themenfelder Wartung, Demontage und Recycling beinhaltet noch Verbesserungsmöglichkeiten.

Eine mögliche Ursache für diese Gestaltungsdefizite liegt möglicherweise im zunehmenden Zeitdruck für die Produktentwicklung aufgrund verkürzter Produktinnovationszyklen. Andere Gründe hängen mit den oben schon skizzierten Vorurteilen zusammen, dass die Anwendung von Erkenntnissen der Ergonomie nur Kosten verursacht. Dies führt in der Konsequenz zu einer geringen ergonomischen Qualität der Produkte und der Arbeitssysteme (Geyer et al. 1997).

Lebenszyklusorientiertes Produktmanagement unter Berücksichtigung eines ganzheitlichen arbeitswissenschaftlichen Ansatzes fokussiert auf den Wertzuwachs für Produkte und die Arbeitssystemgestaltung (Ulich 2005). Dabei geht es um zwei primäre Ziele: Erstens sollen die Effektivität und Effizienz eines Arbeitssystems verbessert werden und zweitens sollen die menschlichen Bedürfnisse nach Sicherheit, Komfort und Arbeitszufriedenheit befriedigt werden. Dies kann durch reduzierte Belastung und Beanspruchung bei der Arbeit, besseren Gebrauchsnutzen von Produkten sowie letztendlich eine bessere Lebensqualität gemessen werden (Licaros-Velasco 1998). Neben einer Verbesserung der wirtschaftlichen Ergebnisse sind Gesundheit und Arbeitssicherheit, aber auch der Beitrag der (Qualität der) Arbeit zur Persönlichkeitsentfaltung zentrale Ziele der Arbeitswissenschaft (Zink 2000). Im Rahmen eines integrierten und lebenszyklusorientierten Produktmanagements lassen sich arbeitswissenschaftliche Aufgaben mehrfach positionieren: Die Gestaltung des Arbeitsinhaltes und der Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter (in Entwicklung, Fertigung und Montage, sowie für Wartung/Instandhaltung und Demontage) einerseits sowie die Benutzerfreundlichkeit des Produkts für den Kunden (Gebrauchstauglichkeit des Produkts) andererseits.

Zusammenfassend lässt sich ein integratives Produktmanagement als

prozess- und lebenszyklus-orientiertes Konzept verstehen, das darauf abzielt durch (Eberhard 2007)

- Schaffung der erforderlichen technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen,
- wettbewerbsfähige Produkte rechtzeitig auf den Markt zu bringen, die Qualitäts- und Kostenziele genauso erfüllen,
- die Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen (z. B. die ökologischen Aspekte des Kreislaufwirtschaftsgesetzes) und die Realisierung ergonomischer Prinzipien bei der Gestaltung von Produkten und Arbeitssystemen (einschließlich der Gestaltung des Arbeitsinhaltes) für alle Lebensphasen des Produkts und dabei die Bedürfnisse und Ziele aller relevanten Stakeholder erfüllt.

Zusammenhang zwischen Produktgestaltung und Arbeitssystemgestaltung

Insbesondere bei Investitionsgütern existiert ein Bezug zwischen der Produkt- und der realisierten Arbeitssystemgestaltung, die bspw. durch Lärmemissionen zu einer Belastungssituation führen. Problemlösungen liegen hier z. B. im Konzept eines „lärmmarmen Konstruierens“. Ähnliche Fragestellungen kann man im Zusammenhang mit Betriebsmitteln unter anthropometrischen Aspekten bzw. solchen der Anpassbarkeit oder Verstellbarkeit thematisieren. Im Kern geht es hierbei um Usability Aspekte, die an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden sollen.

Ein weiteres wichtiges Feld ist die Frage, inwieweit z. B. durch die Konstruktion bzw. den Aufbau von Produkten ein positiver oder negativer Einfluss auf die Gestaltung von Arbeitsinhalten entsteht. Dabei ist plausibel, dass mehr Gestaltungsmöglichkeiten existieren, z. B. für Gruppenarbeit mit in sich abgeschlossenen Arbeitsinhalten (Alioth & Frei 1990), je modularer ein Produkt aufgebaut ist. Dieser Zusammenhang wird schnell klar, wenn man sich die Charakteristika von Modulen ansieht (und diese mit den Anforderungen an eine sozio-technische bzw. sozio-

technologische Systemgestaltung in Zusammenhang bringt). Dem Begriff Technologie wird hier der Vorzug gegeben, weil er über Technik hinaus auch deren Anwendung beinhaltet, was neben organisatorischen vor allem auch wirtschaftliche Aspekte integriert (Zink 1989). Die „Integrated-Product-Process-Systems Group“ der Wolfson School of Mechanical and Manufacturing Engineering der Universität Loughborough hat folgende Charakteristika von Modulen beschrieben:

Kooperierende Sub-Systeme, die ein Produkt oder Produktionssystem formen.

Die hauptsächlich funktionalen Interaktionen spielen sich eher innerhalb der Module als zwischen den Modulen ab.

Eine oder mehrere definierte Funktionen können isoliert vom Gesamtsystem getestet werden.

Module sind unabhängig und in sich abgeschlossen (sie können mit ähnlichen Einheiten verknüpft werden, um ein anderes Ergebnis zu erzielen).

Die Ähnlichkeit mit der Gestaltung sozio-technologischer Systeme ist offensichtlich, und im Sinne modulbasierter Produktionszellen auch nachvollziehbar. Zieht man darüber hinaus in Betracht, dass Modularisierung Vorteile für alle Stakeholder (hier: Unternehmen, Kunden und Mitarbeiter) bietet, scheint dies ein tragfähiges Konzept zur Lösung der oben angesprochenen Fragen zu sein. Als Vorteile sind zu nennen (Marshall & Leaney 1995):

Produktmodularisierung reduziert Komplexität bei gleichzeitiger Schaffung von Flexibilität (als Vorteil für das Unternehmen),

Produktmodularisierung erlaubt die Integration von Kundenanforderungen durch Kombination verschiedener Module in einer späten Herstellungsphase (als Vorteil für Kunden und Unternehmen),

Produktmodularisierung schafft Voraussetzungen für unabhängige Sub-Systeme im Sinne sozio-technischer Systeme (als Vorteile für Mitarbeiter und Unternehmen).

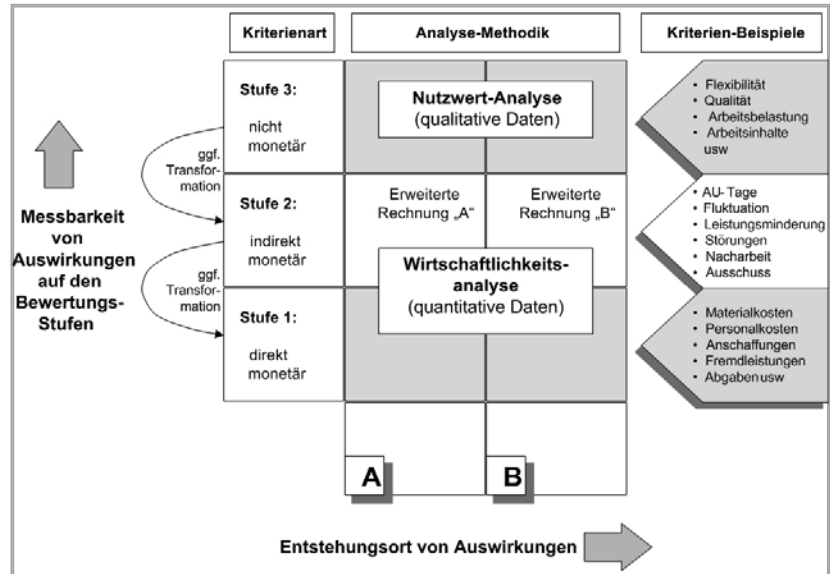


Bild 2: Erweiterte Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Bewertung von zwei Alternativen A und B (Zangemeister 1993)

Figure 2: Extended efficiency analysis for the evaluation of two alternatives A and B (Zangemeister 1993)

Illustration 2: Evaluation de deux alternatives A et B, développement d'un point de vue économique (Zangemeister 1993)

Durch die Integration wirtschaftlicher Aspekte – aber auch jene des Kundennutzens, lassen sich die Chancen für eine Realisierung erhöhen.

Eine weitere Integrationsstrategie könnte das Konzept „Design for Assembly“ liefern, wenn es nicht nur mit dem Ziel verknüpft ist, sehr einfache Arbeitsinhalte zu schaffen, sondern die „Montierbarkeit“ mit Aspekten der Arbeits-(inhalts-)gestaltung verknüpft. Analysiert man dieses Konzept unter Lebenszyklusaspekten, bedarf es jedoch einer Ergänzung um „Design for Maintenance“, „Design for Repair“ und „Design for Disassembly“, wobei bei allen Konzepten ökonomische Kriterien einzubeziehen sind.

Eng verknüpft mit den zuletzt genannten Aspekten ist die integrierte Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen, die bisher in dieser Weise noch wenig thematisiert wurde.

Eine im obigen Sinne redefinierte integrative Produktentwicklung, die technische, ökonomische, ökologische und ergonomische Aspekte berücksich-

tigt, stellt entsprechend höhere Anforderungen an die Qualifikation der in diesem Bereich Tätigen. Dies bezieht sich einerseits auf die Einbeziehung von spezifischen Qualifikationen aus diesen Bereichen, wobei es hilfreich und notwendig ist, diese Qualifikationen nicht nur additiv zu verknüpfen, sondern zu einer tatsächlichen Integration zu kommen. Idealerweise müsste diese Integration schon im Studium erfolgen, in dem z. B. im Rahmen eines Wirtschaftsingenieurstudienganges ökologische und ergonomische Inhalte angeboten werden. Nur so existiert ein Verständnis für die im Kontext der Modularisierung angesprochenen Win-Win-Situationen. Eine weniger optimale aber denkbare Alternative besteht in einem entsprechenden Weiterbildungsangebot, das zur besseren Sichtbarkeit auf dem Arbeitsmarkt mit einem entsprechenden Zertifikat abschließen sollte.

Zu den erforderlichen Qualifikationen zählt auch die Fähigkeit, in interdisziplinären Teams zusammenzuarbeiten („interdisziplinäres Projektmanagement“), da – in aller Regel – verschie-

dene Disziplinen zur Problemlösung beitragen werden. Zur Sicherstellung des Integrationsprozesses von Anfang an, müssen auch Meilensteine und „Quality Gates“ neu definiert werden. Schließlich bedarf es auch neuer Ansätze der Produktevaluation, die eine transparente Aufbereitung von Informationen zur Entscheidungsvorbereitung ermöglichen und technische (z. B. Zuverlässigkeit), ökonomische (z. B. Pay-off-Zeit), ökologische (z. B. Emission) und ergonomische Aspekte (z. B. Usability) miteinander verknüpfen. Eine solche Anforderung ist durch traditionelle Wirtschaftlichkeitsrechnungen nicht zu erfüllen, sondern muss sich bspw. der Methoden der Nutzwertanalyse bedienen. Bild 2 zeigt die Verknüpfung von quantitativen mit qualitativen Daten im Rahmen eines umweltanalytischen Ansatzes.

Die Daten mit arbeitswissenschaftlichem Charakter können sich auf Arbeitsbedingungen (z. B. Lärm), redefinierte Gebrauchstauglichkeit unter Lebenszyklusaspekten, den Arbeitsinhalt (incl. der Möglichkeiten einer Arbeitsbereicherung) oder Zufriedenheitsdaten (z. B. bei Konsumprodukten) beziehen.

Strategien zur Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte

Durch die Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte in ein ganzheitliches, integratives Management (lebenszyklusorientiertes Produktmanagement) kann Fehlentwicklungen vorgebeugt werden, welche durch unverbundene Teilansätze, wachsender Komplexität unternehmerischer Herausforderungen und daraus resultierende Inzellösungen entstehen. Getrennte Systeme für verschiedene Teilbereiche des Unternehmens sind in der Summe aufwendig, zeitraubend und teuer, darüber hinaus verursachen ungenau definierte Schnittstellen oftmals Koordinations- und Qualitätsprobleme (Seghezzi 1996). Die Integration arbeitswissenschaftlicher Inhalte in ein Unternehmenskonzept, das von einer entsprechenden Unternehmensphilosophie getragen wird, beinhaltet zunächst die Verknüpfung bisher getrennt bearbeiteter Fragestellungen in ganzheitlich konzipierten Prozessen, die eine Zusammenarbeit der dazu notwendi-

gen betrieblichen Funktionen erfordert. Neben dieser eher sachlogischen Verknüpfung hat diese Integration auch eine sozio-kulturelle Dimension, die durch einen Dialog der Beteiligten zu einer Verständigung durch die Zusammenführung von Nutzenpotenzialen führt. Im Sinne Ulrichs ist diese argumentative Konsensbildung über ggf. konfligierende Wertvorstellungen und Interessen die Voraussetzung für eine vorausblickende Sicherung der Kooperationsbereitschaft der Gruppen, auf deren Zusammenarbeit und Unterstützung das Unternehmen angewiesen ist. (Ulrich 1987)

Es stellt sich demnach die Frage, wie arbeitswissenschaftliche Aspekte in lebenszyklusorientierte Produktmanagementsysteme integriert werden können und welches die übergeordneten Ziele und die Bewertungskriterien sind, die in diesem Zusammenhang einen Einfluss haben. Diese übergeordneten Zielfunktionen wie z.B. eine Orientierung an den Interessen der relevanten Stakeholder, bilden die Grundlage für die integrationsbezogenen Entscheidungen.

Die Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte kann in Anlehnung an das St. Galler Managementkonzept, wie es Bleicher formuliert hat, aber auch im Sinne der obigen Ausführungen dann als vollzogen betrachtet werden, wenn diese einerseits auf der normativen, strategischen aber auch operativen Ebene sowohl in Strukturen als auch im Verhalten verankert ist und sich in geeigneten Instrumenten niederschlagen. Neben dieser bei Bleicher als „vertikal“ bezeichneten „Harmonisierung“ im Sinne von Integration über die drei Managementebenen hinweg, bedarf es auch einer horizontalen Integration innerhalb der einzelnen Ebenen. Auf der strategischen Ebene bedeutet dies z.B., dass normative Vorgaben wie „Kunden“- oder Mitarbeiterorientierung auf der Verhaltensseite sich im Bereich der strukturellen Rahmenbedingungen in geeigneten Managementsystemen oder Prozessarchitekturen niederschlagen müssen.

Bezüglich der Beurteilung der Integration arbeitswissenschaftlicher Sachverhalte in ein lebenszyklusorientiertes Produktmanagement können unterschiedliche Kriterien herangezogen werden:

Zeitpunkt der Integration:

- als sequentieller und dann kurativer Gestaltungsansatz, der zunächst die technische Lösung entwickelt und dann überprüft, in wie weit die anderen Aspekte noch zu integrieren sind,
- als integrativer und damit prospektiver Ansatz, der die Mehrdimensionalität der Zielsetzung von vornherein beachtet und damit im Gegensatz zum kurativen Ansatz hier geeignet ist.

Methode der Integration:

- durch Entwicklung neuer Methoden, wie z. B. das Konzept Space+ zur prospektiven Arbeitsgestaltung nach den Kriterien „Persönlichkeitsentfaltung und -entwicklung“ im Rahmen von Concurrent Engineering für Produktionstätigkeiten (Mütze-Niewöhner 2004),
- durch Weiterentwicklung bewährter Methoden z. B. des Qualitätsmanagements oder der Produktmodularität. Auf Prävention ausgerichtete Methoden des Qualitätsmanagements sind z. B. Quality Function Deployment (QFD), Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse (FMEA), Fehlerbaum-Analyse oder Target Costing. Wie oben schon erwähnt bietet sich auch das Konzept der „Quality Gates“ an, um die Synchronisierung der Produkt- und Prozessplanung zu überprüfen.

Bereich bzw. Umfang der Integration:

- in der Produktentwicklung und Arbeitssystemgestaltung oder/und
- in der Fertigung/Produktion oder/und
- in der Montage oder/und
- bei Wartung/Reparatur/Instandhaltung oder/und
- bei der Demontage oder
- in allen genannten Bereichen (was der Lebenszyklusbetrachtung gerecht wird).

Fokus der Integration:

- ausschließlich Produktergonomie oder
- vorwiegend „Produktionsergonomie“ oder
- die notwendige Verknüpfung beider Aspekte.

Die arbeitswissenschaftlichen Aufgaben innerhalb eines lebenszyklusorientierten Produktmanagements lassen sich daher wie folgt zusammenfassen:

Darstellung der Beziehungen zwischen Produktgestaltung und Gestaltung von Arbeitssystemen – insbesondere für Montage, Instandhaltung, Reparatur und Demontage.

Diese Beziehungen betreffen Methoden und Werkzeuge, die

- a) die Integration des gesamten Wissens entlang des Produktlebenszyklus gewährleisten und durch intelligente Kooperations- und Kommunikationssysteme alle Beteiligten zusammenführen,
- b) auf das Management der Arbeitssysteme abzielen,
- c) auf Dezentralisierung als organisatorisches Gestaltungselement zur Reduktion von Komplexität ansetzen und
- d) eine montage- bzw. demontagegerechte Produktgestaltung ermöglichen.

Zu a): Erst durch die gleichzeitige und umfassende Nutzung des im Unternehmen verteilten Wissens können schnelle und richtige Entscheidungen vorbereitet und unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen getroffen werden. Insbesondere in frühen Phasen der Produktentwicklung, in denen nur wenig gesicherte Informationen über neue Produkte vorhanden sind, müssen die verfügbaren Informationen effizient in den Lösungsfindungsprozess einfließen.

Zur Repräsentation des Wissens ist eine gemeinsame Wissensbasis erforderlich, die Funktionszusammenhän-

ge, Qualitätsmerkmale, Kosten und Fertigungsbedingungen sowie deren Wechselwirkungen während der Prototypenentwicklung abbildet. Bei der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Produkts treten Zielkonflikte auf, die sich auf das so genannte Spannungsdreieck zwischen Kosten, Zeit und Qualität beziehen und weitere Anforderungen hervorbringen können (Seghezzi 1996). Diese Wechselwirkungen müssen erfasst und dargestellt werden. So wird die Entwicklungsaufgabe trotz Erhöhung der Komplexität des involvierten Wissens aus Sicht des jeweiligen Bearbeiters reduziert.

Ein Lösungsansatz, Iterationszyklen im Entwicklungsprozess zu beschleunigen und gleichzeitig den Wissenszuwachs je Schritt zu erhöhen, wird durch den Aufbau einer integrierten Produkt- und Prozessentwicklung verfolgt, bei dem folgende Aspekte im Mittelpunkt stehen:

- Modelle der Organisation dezentraler, eigenverantwortlicher und kooperativer Entwicklungsteams,
- Instrumentarien zur Unterstützung der Entscheidungsfindung zwischen alternativen Fertigungsverfahren,
- Methoden und Instrumente zur frühzeitigen Einbeziehung produkttechnischer Anforderungen in die Produktgestaltung.

Zu b): Für das Management der betreffenden Arbeitssysteme ergeben sich aus der Integration arbeitswissenschaftlicher Aspekte – neben der Aufgabe eines effizienten Ressourceneinsatzes – vorrangig folgende Aufgaben:

- Schaffen der qualifikatorischen Voraussetzungen,
- Gestalten der Arbeitsorganisation und des Arbeitsinhaltes,
- Sicherstellen der Umsetzung mehrdimensionaler Ziele,
- Ergebniscontrolling. (Bokranz & Landau 2006)

Zu c): Global agierende Unternehmen versuchen die stark gestiegene

umweltbedingte Komplexität organisatorisch über die Entwicklung von Managementsystemen abzufangen (Bleicher 2004). Allerdings hat die Komplexitätserhöhung der Produkte, Prozesse und Systeme für Unternehmen in besonderem Maße Einfluss auf die Organisationsstrukturen. In einer klassischen, funktional gegliederten Organisationsstruktur führt die Erhöhung der Produktkomplexität zu einer Erhöhung der Prozess- und Struktur-(Organisations-)komplexität, die wiederum verstärkenden Einfluss auf die Komplexität der Produkte und Prozesse hat. Dieses selbstverstärkende System führt zu einer permanenten Komplexitätszunahme und ist ab einem gewissen Grad nicht mehr steuerbar. Dies kann dazu führen, dass eine Verringerung der Komplexität in einem Bereich zu einer Zunahme in einem anderen Bereich führt; d. h. eine Verschiebung bewirkt. Maßnahmen zur Verringerung der Komplexität in einzelnen Bereichen können allerdings auch die Abnahme in anderen Bereichen bewirken. So kann die Reduzierung der Variantenvielfalt zur Reduzierung der Prozesskomplexität führen (Gairola 2003).

Dezentralisierung (realisiert bspw. im Rahmen einer Matrixorganisation) wird aktuell als Schlüssel zu effizienten Organisationsstrukturen betrachtet (Kieser & Ebers 2006; Bea & Göbel 2006). Dezentralisationskonzepte befähigen Mitarbeiter, Kompetenzen und Wissen in ihre Arbeit einzubringen, stellen Information und Entfaltung persönlicher Ziele heraus und unterstützen Autonomie und soziale Unterstützung. Diese Beteiligung der Mitarbeiter kann für die Gestaltung von Arbeitssystemen genutzt werden, indem auf das Wissen der Mitarbeiter vor Ort zurückgegriffen wird und die Mitarbeiter selbst in die Gestaltung ergonomischer und ihrer Gesundheit zuträglichem Arbeitssysteme einbezogen werden (Luczak et al. 2003). Gestaltungselemente zur Umsetzung umfassen die Parallelisierung von Prozessen, Modularisierung, Standardisierung, Digitalisierung, vertikale Integration von Prozessen sowie kooperatives Arbeiten und beziehen sich insbesondere auf interne Prozesse.

Zu d): Die montage- bzw. demontagegerechte Produktgestaltung be-

zieht sich auf den Produktions- und Recyclingprozess und hat zum Ziel, den Montageaufwand durch zerlegerechnende und recyclinggerechte Verbindungstechniken sowie aufbereitungs- und verwertungsgerechtes Konstruieren zu minimieren. Gleichzeitig sollen logistische Abläufe vereinfacht und Investitionen durch simultane Produkt- und Betriebsmittelgestaltung gesenkt werden, um kapitalintensive Betriebsmittel produktneutral einsetzen zu können. Ökologie und menschengerechte Arbeitsbedingungen sind hierbei eigene Gestaltungsebenen. Der Lebenszyklus technischer Produkte umfasst drei sich gegenseitig ergänzende Kreislaufarten: Produktabfallrecycling, Recycling während des Produktgebrauchs, Altstoffrecycling (Steinhilper 2003).

Produktabfallrecycling verarbeitet die Abfälle, die bei der rohstoffherstellenden und verarbeitenden Industrie (z. B. Stanzabfälle) anfallen. Das Recycling während des Produktgebrauchs (engl. Ausdruck: Remanufacturing) zielt auf die Rückführung des genutzten Produktes zur erneuten Verwertung ab. Die industrielle Aufarbeitung in Serie erfolgt i. d. R. in fünf Fertigungsschritten: (1) Demontage, (2) Reinigung, (3) Prüfen und Sortieren, (4) Bauteilenaufarbeitung bzw. Ersatz durch Neuteile, (5) Wiedermontage. Altstoffrecycling ist die am weitesten verbreitete Technik. Der größte Mengendurchsatz ist hierbei beim Maschinenschrottreycling zu verzeichnen (Steinhilper 2003).

Gebrauchstauglichkeit von Produkten ist nicht nur unter der Perspektive des Kunden bzw. Nutzers zu betrachten, sondern auch unter dem Gesichtspunkt der Herstellung, Wartung und Demontage. Grundsätzlich kann durch die Kenntnis und Erfüllung der Kundenbedürfnisse über die gesamte Prozesskette hinweg das geforderte Maß an Kundenzufriedenheit und Akzeptanz des Käufermarktes erreicht werden (Nielsen 1993). Die organisatorische Verankerung ergonomischer Gestaltungsmaßnahmen kann bspw. im Rahmen eines (vorzugsweisen integrativen) betrieblichen Gesundheitsmanagements erreicht werden. Durch die integrationsgerechte Produktentwicklung als methodische Erweiterung der Konstruktionssystematik kann die Berücksichtigung der sich aus dem

Lebenszyklus ergebenden Anforderungen – auch unter arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten, wobei z. B. der Arbeitsinhaltsgestaltung in der Konstruktion eine zusätzliche Aufmerksamkeit zukommt – erreicht werden. Sie umfasst die Bereiche der

- montagegerechten Produktentwicklung,
- fertigungsgerechten Produktentwicklung,
- instandhaltungsgerechten Produktentwicklung,
- recyclinggerechten Produktentwicklung.

Die Forderung nach einem schnelleren Markteintritt für neue Produkte hat schon in der Vergangenheit zu Konzepten einer Integrierten Produktentwicklung geführt, die beispielsweise unter dem Namen Simultaneous Engineering bekannt geworden sind. Der Integrationsansatz führte zur Parallelisierung bisher sequentiell abgelaufener Prozesse. In jüngerer Vergangenheit wurden – aufgrund gesetzlicher Vorgaben – auch ökologische Aspekte integriert. Außerdem gibt es eine Reihe von Ansätzen, wie z. B. die Modularisierung, die u. a. auf eine Reduzierung der Komplexität im Produktaufbau und damit in der Produktion fokussieren. Nimmt man die wachsende Bedeutung von Usability Aspekten – auch als Differenzierungsstrategie – hinzu, stellt sich die Frage nach neuen Chancen und Herausforderungen für die Integration arbeitswissenschaftlicher Inhalte in den Produktentwicklungsbereich. Dabei werden diese in jüngerer Vergangenheit (Ehrlenspiel 2007) meist auf die Tätigkeit im Konstruktionsbereich bezogen. In diesem Beitrag wurden dagegen die Auswirkungen des Produktaufbaus auf Fertigung, Montage, Instandhaltung und Reparatur sowie Demontage diskutiert.

Diese lebenszyklusorientierte Betrachtungsweise führt zur Notwendigkeit einer Redefinition der Gebrauchstauglichkeit, in dem nicht nur die „Usability“ des Endprodukts betrachtet wird, sondern auch die „Usability“ in den Arbeitssystemen der Herstellung, Wartung und Demontage.

Literatur

Alioth A.; Frei F.: Sozio-technische Systeme: Prinzipien und Vorgehensweisen. In: Organisationsentwicklung, 8 1990 4

Andreasen M. M.; Hein L.: Integrated Product Development, Institute for product development, Technical University of Denmark, 2000

Bea F. X.; Göbel E.: Organisation, Theorie und Gestaltung. 3. Auflage, Stuttgart, Lucius & Lucius, 2006

Bender K.; Bindbeutel K.; Karcher A.: Rahmensysteme in der Integrierten Produktentwicklung. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (ZWF), 92, 1997 7-8

Bleicher K.: Das Konzept Integriertes Management. 7. Auflage, Frankfurt, Campus, 2004

Bokranz R.; Landau K.: Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen. Stuttgart, Schäffer-Poeschel, 2006

Bullinger H. J.; Warschat J.: Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Stuttgart, Teubner, 1997

Dyckhoff H.; Bennauer U.: Umweltschutzorientierte Produktentwicklung. In: WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 24 1995

Eberhard D. B.: Integratives Produktmanagement, Kaiserslautern, 2007

Ehrlenspiel K.; Kiewert A.; Lindemann U.: Kostengünstig entwickeln und konstruieren: Kostenmanagement bei der Integrierten Produktentwicklung. 5. Auflage, Berlin, Springer, 2005

Ehrlenspiel K.: Integrierte Produktentwicklung – Denkabläufe, Methodeneinsatz, Zusammenarbeit, 3. Auflage, München, 2007

Eversheim W.; Schuh G.: Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 2005

Gairola A.: Kunden-Lieferanten-Beziehungen im Unternehmen. In: Bullinger H.-J., Warnecke H.-J., Westkämper E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen - ein Handbuch für das moderne Management. 2. Auflage, Berlin, Springer, 2003

Geyer M.; Reinhart G.; Milberg J. (Hrsg.): Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung. Berlin, Springer, 1997

IEA - International Ergonomics Association (01.08.2007): www.iea.cc

Integrated-Product-Process-Systems Group: http://www.lboro.ac.uk/departments/mm/research/product-realisation/res_int/ips/pubs.htm 01.08.2007

Kieser A.; Ebers M.: Organisationstheorien. 6. Auflage, Stuttgart, Kohlhammer, 2006

Kommission der Europäischen Union: Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources. Brüssel, 2005

KrW-/AbfG – Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen. Stand 27. September 1994

Licaros-Velasco A.: Ergonomics. In: Scott P. A., Bridger R. S., Charteris J. (Hrsg.): Global Ergonomics, Proceedings for the Ergonomic Conference. 1998

Lindemann U.; Kiewert A.: Kostenmanagement im Entwicklungsprozess – marktgerechte Kosten durch Target Costing. In: Schächli B. et al. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. München, Wien, Hanser, 2005

Luczak H.; Springer J.; Schmidt L.: Gestaltung von Arbeitssystemen nach ergonomischen und gesundheitsförderlichen Prinzipien. In: Bullinger H.-J., Warnecke H.-J., Westkämper E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen - ein Handbuch für das moderne Management. 2. Auflage, Berlin, Springer, 2003

Marshall R.; Leaney P. G.: Modularisation as a Means of Product and Process Integration. Advances in Manufacturing Technology IX. Proceedings of the 11th National Conference on Manufacturing Research. London: Taylor & Francis, 1995

Meerkamm H.: Integrierte Produktentwicklung. In: Konstruktion, Vol. 9, 1998

Mütze-Niewöhner S.: System zur prospektiven Arbeitsgestaltung nach den Kriterien „Persönlichkeitsentfaltung und -entwicklung“ im Rahmen eines Concurrent Engineering. Aachen, Shaker, 2004

Nielsen J.: Usability Engineering. San Diego, B&T, 1993

Pfohl M.: Prototypgestützte Lebenszyklusrechnung. Controlling, 3 2002

Schächli B.: Integrierte Produktentwicklung – Entwicklungsprozesse zielorientiert und effizient gestalten. In: Schächli B. et al. (Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung, München, Hanser, 2005

Schneider N.; Stöcker S.; Grandt M.; Schlick C.: Altersdifferenzierte Adaption der Mensch-Rechner-Schnittstelle. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 60 2006

Seghezzi H. D.: Integriertes Qualitätsmanagement: Das St. Galler Konzept. München, Wien, Hanser, 1996

Seghezzi H. D.: Zukunftsorientierung der Normenreihe DIN EN ISO 9000, Symposium für Qualität und Umwelt: Integration von Managementsystemen. München, 7. Februar 1996

Siegwart H.: Produktentwicklung in der industriellen Unternehmung. Bern, Stuttgart, Haupt, 1974

Simon C.: Qualitätsgerechte Simultane Produktentwicklung - Entwicklung und Umsetzung eines Vorgehensmodells. Wiesbaden, Gabler, 1995

Steinhilper R.: Remanufacturing und Recycling. In: Bullinger H.-J., Warnecke H.-J., Westkämper E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen - ein Handbuch für das moderne Management. 2. Auflage, Berlin, 2003

Strasser H.; Kluth K.; Rausch H.; Bubb H. (Hrsg.): Qualität von Arbeit und Produkt in Unternehmen der Zukunft. Stuttgart, Ergonomia, 2003

Ulich E.: Gesundheitsmanagement – Elemente einer Positionsbestimmung. In: GfA (Hrsg.): Personalmanagement und Arbeitsgestaltung. Dortmund, GfA-Pr., 2005

Ulrich P.: Transformation der ökonomischen Vernunft. Fortschrittsperspektiven der modernen Industriegesellschaft. 2. Auflage, Bern, Wien, Stuttgart, Haupt, 1987

Vajna S.: Informationsmanagement – Management der produkt- und prozessbezogenen Information in der Integrierten Produktentwicklung. In: Schächli B. et al.

(Hrsg.): Handbuch Produktentwicklung. München, Hanser, 2005

Voegele A.: Das große Handbuch Konstruktions- und Entwicklungsmanagement. 2. Auflage, Landsberg, Moderne Industrie, 1999

Zangemeister C.: Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA) – Grundlagen, Leitfaden und PC-gestützte Arbeitshilfen für ein „3-Stufen-Verfahren“ zur Arbeitssystembewertung. Dortmund, Berlin, Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft, 2000

Zink K. J.: Human Factors, Management, and Society. In: Theoretical Issues in Ergonomics Science, 6 2005

Zink K. J.: TQM als integratives Managementkonzept. 2. Auflage, München, Hanser, 2004

Zink K. J.: Zur Relevanz sozio-technologischer Systemgestaltung am Beispiel Qualitätsmanagement. In: Der Technologie Manager, 38 1989 4

Zink K.J.: Zum Selbstverständnis der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) In: Zeitschrift für Arbeitsforschung, Arbeitsgestaltung und Arbeitspolitik, 1 2000

Anschrift der Verfasser
Univ.-Prof. Dr. Klaus J. Zink
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dunja B. Eberhard
Institut für Technologie und Arbeit e. V.
Technische Universität Kaiserslautern
Kurt-Schumacher-Straße 74a
D-67663 Kaiserslautern
E-Mail : klaus.j.zink@ita-kl.de