

VDI

Zentrum
Ressourceneffizienz

Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



STRATEGIEN UND MAßNAHMEN

Steigerung der Ressourceneffizienz
im Unternehmen

Verlängerung der
technischen Produktlebensdauer

<https://www.ressource-deutschland.de/instrumente/strategien-und-massnahmen/produktbezogen/verlaengerung-der-technischen-produktlebensdauer/>

1 RESSOURCENEFFIZIENZ, ANWENDUNGSBEREICH, GRENZEN

Ziel und Funktion

Die technische Produktlebensdauer definiert die Zeitspanne, die zwischen der Vermarktung eines Produktes und dessen endgültigem Ausfall liegt. Dieser Ausfall kann entweder auf „mangelnde Leistungsfähigkeit von Materialien und Komponenten“ (werkstoffliche Obsoleszenz) oder auf die zu hohen Kosten für Reparatur, Wartung und Betrieb (ökonomische Obsoleszenz) zurückgeführt werden [1, S. 64–65]. Wird die technische Lebensdauer eines Produktes erhöht, müssen daher insgesamt weniger Produkte neu produziert werden, um eine benötigte Funktion dauerhaft bereitzustellen. Die technische Lebensdauer grenzt sich von der Nutzungsdauer ab, welche bereits vor dem technischen Defekt beendet sein kann (z. B. aufgrund sich verändernder Moden und Innovationszyklen).

Bezug zur Ressourceneffizienz

Wenn durch die Verlängerung der Lebensdauer weniger Produkte nachproduziert werden, sinken sowohl der Material- als auch der Energieaufwand, um den Nutzen des Produktes bereitzustellen. Darüber hinaus steigt aufgrund der erhöhten Zuverlässigkeit der Funktionserfüllung die Kundenzufriedenheit.

Anwendungsbereiche und Akteure

Eine Verlängerung der technischen Produktlebensdauer ist insbesondere für Gebrauchs- und Investitionsgüter relevant, deren Produktion zumeist mit hohen Ressourcenaufwänden einhergeht (z. B. Fahrzeug, Werkzeugmaschine). Darüber hinaus spielt sie aber auch bei einfacheren Konsumgütern für Massenmärkte eine große Rolle (z. B. kleinere Küchengeräte, Smartphones, Kleidung), die aufgrund der hohen Absatzzahlen zu enormen Ressourcenverbräuchen führen.

Eine hohe Produktlebensdauer wird primär durch Maßnahmen in der Produktentwicklung erreicht. Zur praktischen Umsetzung ist jedoch eine konsequente Integration in die Unternehmensstrategie erforderlich, welche die Haltbarkeit der Produkte als zentrales Verkaufsargument begreift und

damit als wichtige Produkteigenschaft in den Vordergrund stellt, wie z. B. im Fall von Miele Haushaltsgeräten [2]. Darüber hinaus ist es auch wichtig, den Nutzer des Produktes so weit zu sensibilisieren, dass durch den Entwickler vorgegebene Anwendungsmuster weitestgehend befolgt werden (z. B. maximale Belastungen, vorgesehene Wartungsintervalle).

Grenzen

Eine Verlängerung des Produktlebens ist nicht in allen Fällen sinnvoll. Insbesondere Produkte mit hohem Energieverbrauch in der Nutzungsphase unterliegen häufig vielen Innovationssprüngen, welche die Energieeffizienz schrittweise verbessern (z. B. Kühlschränke). Hier muss im Einzelfall geprüft werden, ob Ressourceneinsparungen in der Produktion durch mögliche Mehrverbräuche in der Nutzungsphase überkompensiert werden. Die Auflösung dieses Zielkonfliktes wird als „Produktlebenszeitoptimierung“ [3] bezeichnet.

Einordnung der Strategie/Maßnahme

Bezug	Produkt
Einflussnehmender Akteur	Produktentwicklung
Lebensphasen mit relevanten Auswirkungen	Rohmaterialherstellung, Produktherstellung, Nutzung
Lebensweganalyse	erforderlich

2 WEGE DER UMSETZUNG

2.1 Widerstandsfähige Konstruktion und Nutzung resistenter Materialien

Zur Vermeidung frühzeitiger Ausfälle durch Bauteilschäden müssen die gewählten Komponenten so konstruiert werden, dass alle prognostizierbaren kurzzeitigen und dauerhaften Lastfälle unter Wahrung eines Sicherheitsfaktors problemlos umsetzbar sind. Dies gilt insbesondere auch für Fehlbenutzungen. Hierbei muss zusätzlich darauf geachtet werden, dass zur Erhöhung der Haltbarkeit keine Überdimensionierung von Bauteilen

erfolgt. In diesem Fall steigt das Gewicht und ein erhöhter Ressourcenbedarf in der Produktion und ggf. in der Nutzungsphase ist die Folge.

Als generelles Paradigma zur Verbesserung der Haltbarkeit sollte die Konstruktion zudem so einfach wie möglich gehalten werden. Beispiele hierfür sind die Vermeidung von sich bewegenden Teilen, die Reduktion von Schnittstellen zwischen Komponenten und die Integration verschiedener Funktionen in einem Bauteil [4]. Hierbei müssen allerdings Wechselwirkungen und Zielkonflikte mit anderen Strategien zur Steigerung der Ressourceneffizienz in der Produktentwicklung beachtet werden (z. B. modulare Bauweise).

Über die Definition der Geometrie hinaus spielt auch die Materialauswahl eine große Rolle. Neben den Werkstoffeigenschaften mit einem direkten Einfluss auf die Haltbarkeit eines Bauteils (z. B. Zähigkeit, Festigkeit) ist insbesondere bei Konsumgütern auch die optische Beständigkeit des Materials über die Zeit ein wichtiger Faktor (z. B. durch Schutz gegen Kratzer).

Schlauchlose Fahrradreifen

Reifen, die ohne Schlauch funktionieren, sind für Fahrzeuge bereits seit den fünfziger Jahren Stand der Technik. Fahrradreifen hingegen verwenden in den meisten Fällen noch immer Schläuche aus Gummi, die in vielen Fällen einfach entsorgt werden, sobald eine Panne auftritt. Daher werden seit einigen Jahren auch schlauchlose Reifen für Fahrräder angeboten, die sich aber erst seit kurzem immer mehr durchsetzen. Diese Art der Reifen bieten neben der Einsparung von Gummi und geringeren Kosten im Betrieb weitere Vorteile. Insbesondere wird die Pannenanfälligkeit verringert, da kleinere Löcher mit einem Dichtmittel automatisch verschlossen werden und es zu weniger Quetschrisen kommt. Darüber hinaus sinkt der Rollwiderstand aufgrund des Wegfalls der Reibung zwischen Schlauch und Reifen. Das geringere Gewicht der Reifen wirkt sich zusätzlich positiv auf die Fahreigenschaften aus [5].

2.2 Verbesserung der Wartungs- und Reparaturfähigkeit

Als Grundlage für eine längere Lebensdauer des Produktes sind eine ordnungsgemäße Wartung sowie Möglichkeiten für die Reparatur unerlässlich. Um den Nutzer des Produktes zu entlasten und den Einsatz von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen zu verringern, ist vor allem eine Minimierung der Wartungs- und Reparaturintervalle sinnvoll. Dieses Ziel kann insbesondere im Rahmen der Produktentwicklung dadurch erreicht werden, dass Komponenten proaktiv vor Verschmutzung, Rost und Abnutzung gesichert werden.

Um Wartungs- und Reparaturvorgänge zusätzlich zu erleichtern, sollte das Produkt einfach montierbar und demontierbar gestaltet werden. Hierzu zählen z. B. eine Minimierung der Anzahl benötigter Werkzeuge, die Gewährleistung der Zugänglichkeit zu Schrauben und Verschlüssen sowie das Vorsehen zerstörungsfrei lösbarer Fügeverbindungen. Außerdem sind Beschriftungen und Anleitungen bereitzustellen, welche dem Nutzer die Wartung bzw. Reparatur erleichtern [6]. Letztlich ist auch eine langfristige Versorgung mit Ersatzteilen notwendig, um das Produkt auch Jahre nach der Auslieferung reparieren zu können. Hierbei werden derzeit die Möglichkeiten der additiven Fertigung geprüft, um Ersatzteile nach Bedarf herzustellen und somit auf Vorräte und Bestände zu verzichten.

Predictive Maintenance für Triebwerke in der Luftfahrt

Die Abnutzung von Triebwerken, insbesondere der Schaufeln, erfolgt höchst unterschiedlich und hängt von zahlreichen Parametern ab. So ist die Abnutzung z. B. im Vergleich zu normalen Strecken größer, wenn Flugzeuge regelmäßig über trockene Regionen und Wüsten fliegen. Um dieses Problem zu adressieren, bietet ein Unternehmen aus der Flugzeugindustrie einen Service an, um Triebwerke im Flugbetrieb zu überwachen und mit Hilfe prädiktiver Analysemethoden im Vorfeld festzustellen, wann ein Triebwerk gewartet werden muss. Die hier hinterlegten thermodynamischen Modelle erlauben eine Planung von Wartungsintervallen nach Bedarf, wodurch Wartungskosten verringert und die Auslastung der Flugzeuge erhöht werden kann. Außerdem ist es so möglich, ungeplante Ausfälle und teure Folgeschäden zu vermeiden [7].

3 METHODEN

3.1 Gestaltungsrichtlinien zur Verbesserung der Haltbarkeit

Grundvoraussetzung für eine lange technische Lebensdauer ist eine den Anforderungen der Produktnutzung entsprechende Auslegung der Bauteile. Hierfür existieren bereits zahlreiche etablierte Gestaltungsrichtlinien, die in der einschlägigen Fachliteratur mit Positiv- und Negativbeispielen hinterlegt vorliegen. Die Richtlinien sind nach "Gerechtheiten" untergliedert. Zentral ist hierbei eine beanspruchungsgerechte Konstruktion, welche eine Auslegung im Zusammenspiel mit der Festigkeitslehre, der Werkstofftechnik und den Prinzipien der Kraftleitung vorschreibt. Insgesamt soll als Faustformel eine möglichst hohe und gleichmäßige Auslastung der Bauteile erreicht werden [8, F18f.]. Weitere wichtige Aspekte der Haltbarkeit werden unter den Themen Formänderungsgerechtigkeit, Stabilitäts- und Resonanzgerechtigkeit, Ausdehnungsgerechtigkeit [8, F18], Verschleißgerechtigkeit [9, S. 430] sowie Korrosionsgerechtigkeit [9, S. 416 ff.] und Kriech- und Relaxationsgerechtigkeit [9, S. 408ff.] zusammengefasst.

3.2 Verwendung von Simulationssoftware

Ein wesentliches Hilfsmittel für eine beanspruchungsgerechte Konstruktion ist die Nutzung von Simulationstools (z. B. Finite Elemente Methode). Hierdurch können die Bauteile an die tatsächlichen Lastfälle angepasst werden, um ein "Over Engineering" zu vermeiden.

3.3 Condition Monitoring und Predictive Maintenance

Für eine Verbesserung der Wartung des Produktes bietet sich eine Zustandsüberwachung an (Condition Monitoring). Durch die Integration von Sensorik kann der Systemnutzer bzw. Betreiber den Zustand einzelner Komponenten und Aggregate in Echtzeit nachverfolgen. Darüber hinaus kann durch den Einsatz entsprechender Modelle und Algorithmen eine Vorhersage von notwendigen Wartungen und Reparaturen anhand der realen Bauteilbeschaffenheit realisiert werden (Predictive Maintenance). Hierdurch werden im Gegensatz zur turnusgemäßen Wartung keine Bauteile ausgetauscht, die eigentlich noch funktionstüchtig sind. Zusätzlich wird es hierdurch möglich, Ausfallzeiten des Produktes gering zu halten.

4 LITERATUR

- [1] **Prakash, S.; Dehoust, G.; Gsell, M.; Schleicher, T. und Stamminer, R. (2016):** Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz “. 11/2016. UBA Texte [abgerufen am: 19.11.2018], verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/einfluss-der-nutzungsdauer-von-produkten-auf-ihre-1>
- [2] **Miele & Cie. KG (2018):** Höchste Miele Qualität für eine lange Lebensdauer [online]. Miele & Cie. KG [abgerufen am: 19.11.2018], verfügbar unter: <https://www.miele.de/haushalt/2706.htm?info=200003575-ZPV>
- [3] **van Nes, N. und Cramer, J. (2006):** Product lifetime optimization: a challenging strategy towards more sustainable consumption patterns. In: Journal of Cleaner Production, 14(15), 1307-1318. ISSN 0959-6526. doi:10.1016/j.jclepro.2005.04.006
- [4] **Luttropp, C. und Lagerstedt, J. (2006):** EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. In: Journal of Cleaner Production, 14(15), 1396-1408. ISSN 0959-6526. doi:10.1016/j.jclepro.2005.11.022
- [5] **Hilbertz, K. (2016):** Fahrradreifen – der aktuelle Stand [online]. MY BIKE Magazin, 1. Juli 2016 [abgerufen am: 19.11.2018], verfügbar unter: https://www.mybike-magazin.de/fahrraeder_und_ebikes/basiswissen/fahrradreifen–der-aktuelle-stand/a5361.html
- [6] **Telenko, C.; O'Rourke, J. M.; Conner Seepersad, C. und Webber, M. E. (2016):** A Compilation of Design for Environment Guidelines. In: Journal of Mechanical Design, 138(3), 031102-031102-11. ISSN 1050-0472. doi:10.1115/1.4032095
- [7] **Kappel, F. (2018):** MTU Plus Engine Trend Monitoring [online]. MTU Aero Engines AG [abgerufen am: 19.11.2018], verfügbar

unter: <https://www.mtu.de/de/maintenance/zivile-maintenance/flottenmanagement-und-beratung/mtuplus-engine-trend-monitoring/>

- [8] **Grote, K.-H.; Feldhusen, J. und Dubbel, H. (2005):** Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau ; mit Tabellen. 21., neubearbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, ISBN 3-540-22142-5.
- [9] **Feldhusen, J.und Grote, K.-H., Hg. (2013):** Pahl/Beitz Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. vollständig überarbeitete Auflage, Springer Vieweg, Berlin, ISBN 978-3-642-29569-0.