

Ansatz zur Berücksichtigung von Obsoleszenz im Rahmen der Entwicklung modularer Produktfamilien

Approach to taking obsolescence into account in the development of modular product families

Sven Wehrend^{1,*}, Katharina Zumach¹, Dieter Krause¹

¹ Institute of Product Development and Mechanical Engineering Design, Hamburg University of Technology

* *Korrespondierender Autor:*

Sven Wehrend

Technische Universität Hamburg (TUHH)

Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik

Denickestraße 17

☎ +49 40 42878 2013

✉ sven.wehrend@tuhh.de

Abstract

This article presents an approach to considering obsolescence in the context of developing modular product families. Against the backdrop of increasing sustainability requirements and increasing resource depletion, the circular economy is gaining attention. In this context, it is becoming increasingly important to consider the reasons why a product reaches the end of its useful life. By specifically addressing obsolescence, the service life of both the initial product and the individual components can be extended and suitable circular strategies can be selected. This is achieved through a multi-stage process for identifying relevant obsolescence scenarios, thereby enabling the obsolescence risk of the components to be assessed.

Keywords

Product Development, Obsolescence, Circular Economy, Modularization

1. Einleitung

Die zunehmende Relevanz von Nachhaltigkeit, sowohl von gesellschaftlicher, als auch politischer Seite, erfordert einen Wandel von einer Linearwirtschaft hin zu einer Kreislaufwirtschaft, in der Produkte und Rohstoffe länger in Umlauf gehalten werden. In diesem Kontext gibt es verschiedene Strategien, die sogenannten R-Imperative, welche unterschiedliche Möglichkeiten der Kreislaufwirtschaft von direkter Wiederverwendung bis hin zum Recycling auf Stoffebene beschreiben [1]. Grundsätzliches Ziel der Kreislaufwirtschaft ist es, Produkte oder Teile von diesen bei größtmöglichem Werterhalt, welcher sich gemäß des Value-Hill-Konzepts bei direkter Wiederverwendung erreichen lässt, in Umlauf zu halten [2].

Gleichzeitig lässt sich jedoch beobachten, dass seitens der Nutzer die durchschnittliche Nutzungsdauer technischer Systeme teilweise abnimmt [3] und oftmals unter der potentiellen technischen Lebensdauer des jeweiligen Systems liegt [4]. Produkte werden also oft außer Betrieb genommen und ersetzt, obwohl sie funktional oder physisch noch intakt sind. Diese Diskrepanz wirft die Frage nach den Ursachen, die dazu führen, dass ein Produkt als veraltet angesehen wird, auf. Hiermit befasst sich das Themenfeld der Obsoleszenz und beschreibt verschiedene Gründe aus denen ein Produkt das Ende seiner Nutzungsphase erreichen kann. Neben technologischen Ursachen kommen auch veränderte Nutzeranforderungen, geänderte oder neue Regularien oder wirtschaftliche Aspekte hierfür in Frage [5]. Es handelt sich hierbei also nicht um ein rein technisches, sondern ein mehrdimensionales Phänomen.

Sollen Produkte und die in ihnen gebundenen Ressourcen länger in Nutzung gehalten werden, sollten die verschiedenen Gründe für das Altern von Produkten systematisch identifiziert und im Produktentwicklungsprozess adressiert werden [6]. Nur so können Kreislaufstrategien auf die verschiedenen Obsoleszenzformen abgestimmt und so langfristig nutzbare, resiliente und dadurch nachhaltigere Produkte realisiert werden.

2. Stand der Forschung

Folgend werden einige, für das Verständnis dieses Beitrags wesentliche, Begriffe vorgestellt und definiert. Es wird zunächst aufgezeigt, was unter Obsoleszenz in der Literatur und im Rahmen dieses Beitrags verstanden wird. Weiter wird kurz in das Thema Modularisierung eingeführt.

2.1. Obsoleszenz

In der Literatur finden sich verschiedene Definitionen und auch Sichtweisen auf das Thema Obsoleszenz. Zunächst können zwei unterschiedliche Sichtweisen unterschieden werden. Insbesondere im Kontext des Obsoleszenz-Managements wird Obsoleszenz eher aus Sicht von Herstellern gesehen, die mit dem Problem konfrontiert werden, dass einzelne Komponenten eines Produktes nicht mehr verfügbar sind, noch bevor das Produkt an das Ende seines Produktlebenszykuses kommt [7, 8]. In einigen Branchen mit langen Entwicklungszeiten kann dies sogar eintreten, bevor erste Produkte in die Nutzung gehen [9]. Hier wird Obsoleszenz also als ein Mangel an, beziehungsweise die Einschränkung der Verfügbarkeit von Materialien und Komponenten für die Herstellung oder Instandhaltung eines Produktes gesehen. Synonym wird hierfür jedoch auch das Akronym DMSMS (Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages) verwendet [10, 11], was eine klarere Abgrenzung der im Folgenden beschriebenen zweiten Sichtweise ermöglicht.

Im Kontext der Produktentwicklung und auch dieses Beitrags werden unter Obsoleszenz verschiedene Gründe für das Veralten von Produkten selbst verstanden. Veralten beschreibt dabei den Zustand, in dem ein Produkt nicht mehr genutzt wird, in dem es aber grundsätzlich noch funktionsfähig sein kann [5]. In der Literatur werden verschiedene Obsoleszenzarten wie technische, funktionale, psychologische oder auch ökonomische Obsoleszenz unterschieden. Mit technologischer Obsoleszenz wird dabei das Altern von Produkten aufgrund

fortschreitender externer Entwicklungen und die Einführung besserer, neuerer Produkte beschrieben, die bestehende Anforderungen besser erfüllen [4, 6]. Funktionale Obsoleszenz hingegen beschreibt das Altern von Produkten aufgrund sich ändernder, steigender Anforderungen an ein Produkt, wenn beispielweise ältere Computer nicht die Anforderungen aktueller Software erfüllen und dadurch altern [3, 6]. Von psychologischer oder auch emotionaler Obsoleszenz wird gesprochen, wenn Produkte aufgrund von Trends oder ästhetischen Aspekten, also dem Wunsch des Kunden nach einem neuen Produkt, ersetzt werden, obwohl sie technologisch und funktional noch uneingeschränkt nutzbar sind [3, 6]. Ökonomische Obsoleszenz bezeichnet den Fall, in dem Produkte ersetzt werden, weil eine Neuanschaffung wirtschaftlicher ist, als eine weitere Nutzung des Bestandsproduktes aufgrund hoher Betriebs-, Reparatur-, oder Instandhaltungskosten unwirtschaftlich ist [3, 4, 6].

2.2. Kreislaufwirtschaft

Das Konzept der Kreislaufwirtschaft verfolgt das Ziel, Produkte und deren Bestandteile möglichst lange in Umlauf zu halten, nachdem ein Produkt das Ende einer initialen Nutzungsphase erreicht hat. Dazu gibt es verschiedenen Strategien die in der Literatur unter dem Schlagwort der R-Imperative zusammengefasst werden. Je nach Quelle wird von drei bis zehn R-Imperativen gesprochen [1]. Dabei reichen die Strategien von der Vermeidung (Reduce) von Verbräuchen etwa bei Verpackungen oder unnötigem Konsum bis zu einem Remine, welches die Rohstoffextraktion aus Deopnien bezeichnet. Die Strategien lassen sich in drei Gruppen einteilen [12, 13]. Die Strategien *Refuse*, *Rethink* und *Reduce* bilden die erste Gruppe und zielen dabei auf die Vermeidung unnötigen Ressourcenverbrauchs (*Refuse*), eine bessere Produktnutzung und Herstellung durch intensivere Nutzung (*Rethink*) sowie effizientere Herstellung (*Reduce*) ab. Die Strategien *Reuse*, *Repair*, *Refurbish*, *Remanufacture* und *Repurpose* als zweite Gruppe zielen auf eine Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und deren Komponenten ab. Die letzte Gruppe bilden die beiden Strategien *Recycle* und *Recover*, welche auf eine möglichst sinnvolle Nutzung von Materialien abzielen. Dabei bezeichnet *Recycle* die Wiederverwendung auf Materialiebene, während *Recover* die thermische Verwertung durch Verbrennung, also die Rückgewinnung enthaltener Energie bezeichnet. Die Zirkularität ist dabei in der ersten Gruppe am höchsten und nimmt bis zur dritten Gruppe stetig ab.

2.3. Modularisierung

Ziel der Entwicklung modularer Produktfamilien ist grundsätzlich, eine gegebene externe Vielfalt durch eine möglichst geringe interne Vielfalt zu bedienen. Dies wird in der Regel in vier wesentlichen Schritten erreicht. Zu Beginn erfolgt die Dekomposition einer bestehenden Produktstruktur bis auf die Komponentenebene. Im zweiten Schritt werden die Komponenten nach spezifischen technisch-funktionalen und produktstrategischen Modultreibern analysiert. Darauf aufbauend erfolgt die Bildung von Modulen, welche im letzten, vierten Schritt in eine modularisierte Produktstruktur überführt werden [14].

Weiter lassen sich Modularisierungsmethoden grundsätzlich in technisch-funktionale und produktstrategische Methoden unterteilen [15]. Bei technisch-funktionalen Methoden werden dabei die Module auf der Grundlage funktionaler Aspekte oder technologischer Merkmale gebildet. Bekannte Beispiele hierfür sind etwa die Modularisierung auf Basis von Heuristiken nach Stone [16], oder die Modulbildung auf Grundlage der Kopplungen zwischen Komponenten in einer Design Structure Matrix (DSM) nach Pimpler und Eppinger [17]. Ein grundlegendes Beispiel für produktstrategische Methoden ist das Modular Function Deployment (MFD) nach Erixon [18]. Abweichend von rein technisch-funktionalen Ansätzen, erfolgt die Modulbildung im MFD auf Basis sogenannter Modultreiber, welche neben

technisch-funktionalen Gründen auch produktstrategische Gründe zur Modulbildung umfassen und spezifisch für die verschiedenen Lebensphasen eines Produktes definiert werden können.

In der Entwicklung modularer Produktfamilien werden erhebliche Potentiale zur Steigerung der Nachhaltigkeit und auch der Kreislaufwirtschaft gesehen [19, 20]. In der Literatur finden sich bereits Ansätze zur Adressierung von Nachhaltigkeit durch gezielte Modularisierung. Bestehende Ansätze konzentrieren sich bisher allerdings vorwiegend auf einzelne Aspekte oder bleiben sehr allgemein.

So beschreiben Halstenberg et al. [21] in ihrem Ansatz Target-oriented Medularization Method (TOMM) ein sechs Schritte umfassendes Vorgehen, bei dem im dritten Schritt Ziele und Modularitätsmetriken basierend auf einer Liste ausgewählt und anschließend Abhängigkeits- und Ähnlichkeitsmatrizen für die jeweiligen Ziele erstellt und so mittels Algorithmen Module gebildet werden können. Die Liste sowie die explizite Auswahl der Zielgrößen werden jedoch nicht näher erläutert [21]

Riesener et al. [22] stellen einen ähnlichen, matrixbasierten Ansatz vor, der als ersten Schritt die Definition der aus Sicht der Kreislaufwirtschaft relevanten Perspektiven vorsieht. Diese Definition der Perspektiven erfolgt auf Basis der unternehmensspezifischen Strategien und den daraus abgeleiteten Zielen. Anschließend sieht der Ansatz eine Gewichtung der verschiedenen Perspektiven mittels paarweiser Vergleiche vor. Darauf folgt matrixbasiert die Bewertung der Relevanz der jeweiligen Komponente für die verschiedenen Perspektiven, danach werden die Komponenten hinsichtlich der definierten Perspektiven matrixbasiert nach ihren gegenseitigen Abhängigkeiten bewertet und abschließend mit Hilfe von Algorithmen Module geclustert. In einer weiteren Arbeit [23] identifizieren sie zudem neun Handlungsfelder für zukünftige Forschung zur Umsetzung einer Kreislaufwirtschaft. Diese neun Felder adressieren dabei jeweils einzelne Aspekte wie die Verwendung rezyklierter Materialien oder die gezielte Gestaltung für Wiederaufbereitung.

Auch Den Hollander et al. [24] identifizieren neun verschiedene DfX Ansätze der Produktgestaltung im Kontext der Circular Economy wie beispielsweise Design for Repair, Design for Upgrading und Design for Emotional Durability. Diese Ansätze zielen darauf ab, Produkte und deren Komponenten möglichst lange im Kreislauf zu halten. Weiter betonen sie jedoch, dass die Auswahl der geeignetsten Ansätze stark vom jeweiligen Produkt und insbesondere auch den Obsoleszenzarten abhängt.

Einen produktstrategischen Ansatz zur Adressierung der Nachhaltigkeit im Rahmen der Modularisierung stellen Breimann et al. mit der Integration der R-Imperative in die Lebensphasen des Modular Function Deployment vor [25]. Hierfür nutzen sie das Konzept der Modultreiber und ergänzen die bestehenden Modultreiber um neue Modultreiber für die R-Imperative in den verschiedenen jeweils betroffenen Lebensphasen.

Insbesondere im Kontext einer Kreislaufwirtschaft bei der nach Möglichkeit auch Teile eines Produktes einer Wieder- beziehungsweise Weiterverwendung zugeführt werden können, nachdem das Gesamtprodukt das Ende seiner initialen Nutzungsphase erreicht hat, wird die differenzierte Berücksichtigung von Obsoleszenz wichtiger. Dies unterstreicht die Notwendigkeit die verschiedenen Obsoleszenzarten systematisch zu erfassen und bei der Produktentwicklung methodisch zu berücksichtigen.

Entsprechend bedarf es neuer Ansätze, die ein vertieftes Verständnis des gesamten Lebenszyklus eines Produktes fördern, und so die Auswahl der geeignetsten Strategien zur Adressierung von Nachhaltigkeitszielen unterstützen [20].

3. Handlungsbedarf

Ausgehend vom Stand der Forschung kann zusammengefasst werden, dass modulare Produktfamilien mehr und mehr auch als Strategien zur Steigerung von Nachhaltigkeit und zirkulärer Wertschöpfung gesehen werden.

Bestehende Ansätze fokussieren dabei größtenteils jedoch einzelne Aspekte oder Kreislaufstrategien wie beispielsweise Recyclingfähigkeit, Demontagefreundlichkeit, oder Wiederverwendbarkeit. Der potentiell höchste Werterhalt erfolgt nach [2] dabei aber bei direkter Wiederverwendung, was jedoch voraussetzt, dass das Produkt am Ende seiner initialen Nutzungsphase auch tatsächlich für eine Wiederverwendung geeignet ist. Ob jedoch eine direkte Wiederverwendung in Frage kommt, oder andere Kreislaufstrategien mit geringerem Werterhalt dafür aber höherem Durchsetzungspotential geeigneter sind, um die Nachhaltigkeit zu steigern, hängt von den verschiedenen Alterungsgründen des jeweiligen Produktes sowie seiner Komponenten ab. Diese Ursachen werden bisher im Rahmen der Entwicklung modularer Produktfamilien kaum systematisch berücksichtigt und adressiert.

Es ist kein Vorgehen bekannt, welches die für ein Produkt relevanten Obsoleszenzarten differenziert erfasst und entsprechend durch eine gezielte modulare Gestaltung adressiert. Insbesondere im Kontext modularer Produktfamilien in einer Kreislaufwirtschaft, in der neben dem Gesamtprodukt zunehmend auch einzelne Module gezielt zirkulären Kreisläufen zugeführt werden können, ist es entscheidend, Obsoleszenz nicht nur auf Ebene des Gesamtproduktes zu betrachten, sondern explizit auch auf Ebene der Komponenten. Dabei kann die Lebensdauer einzelner Module über die des Gesamtproduktes hinausgehen, wenn beispielsweise das Altern einzelner Module die Lebensdauer des Gesamtproduktes begrenzt, wie in Bild 1 dargestellt. Für die entsprechenden Obsoleszenzscenarioen ergibt das einen entsprechend weiteren Betrachtungshorizont.

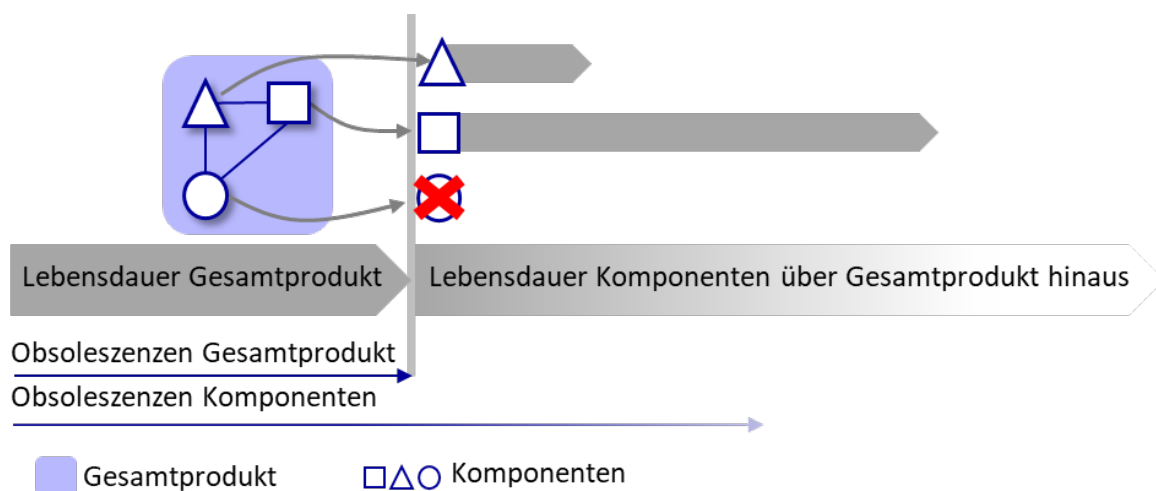


Bild 1: Lebensdauern von Gesamtprodukt und Komponenten sowie Betrachtungshorizont für entsprechende Obsoleszenzscenarioen

Da die Auswahl geeigneter Kreislaufstrategien wie beschrieben jedoch mit den produkt- und komponentenspezifischen Alterungsgründen in Zusammenhang steht, ergibt sich der Bedarf, modulare Produktstrukturen nicht nur als Mittel zur Komplexitätsreduktion zu betrachten, sondern darüber hinaus als Mittel zur strategischen Entkopplung verschiedener Obsoleszodynamiken auf Produkt- und Komponentenebene zur Verlängerung der mittleren Produktlebensdauer. Daraus ergibt sich die folgende Forschungsfrage:

Wie kann Obsoleszenz systematisch bei der Gestaltung modularer Produktfamilien berücksichtigt und gezielt adressiert werden?

4. Konzept zur Berücksichtigung von Obsoleszenz

Zur systematischen Berücksichtigung von Obsoleszenz wird ein mehrschrittiges methodisches Vorgehen vorgeschlagen (Bild 1). Ziel ist die Identifikation relevanter Obsoleszenzscenarioen zunächst auf Produkt- anschließend auf Komponentenebene, um auf

dieser Basis dann geeignete Strategien zur gezielten Adressierung dieser Obsoleszenzrisiken auszuwählen und mittels hieraus abgeleiteter Modultreiber im Rahmen der Lebensphasenmodularisierung zu adressieren.

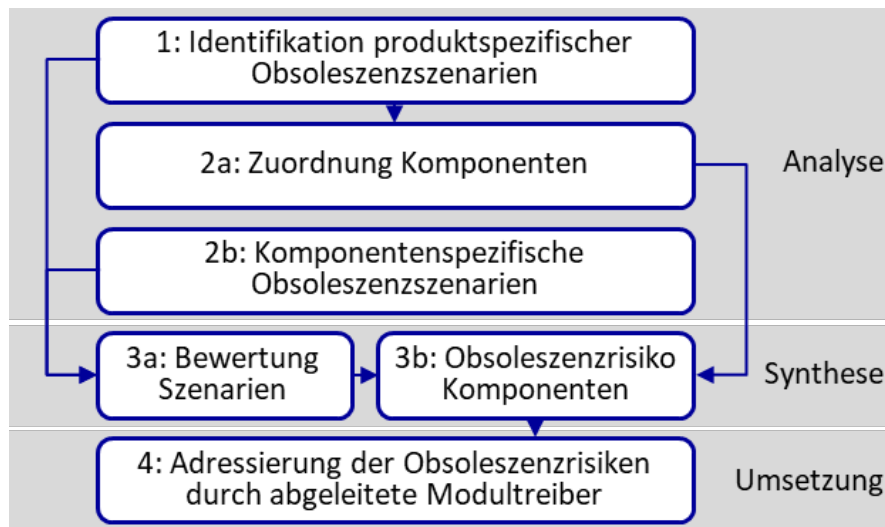


Bild 2: Ansatz zur Berücksichtigung von Obsoleszenz im Rahmen der Modularisierung

Im ersten Schritt erfolgt eine Analyse auf Gesamtproduktebene. Hierzu werden verschiedene Obsoleszenzscenarioen definiert, welche potentielle Ursachen beschreiben, aus denen ein Produkt das (vorzeitige) Ende einer initialen Nutzungsphase erreichen kann. Diese Szenarioen können unerschiedliche Obsoleszenzarten wie beispielsweise technologische oder ökonomische Obsoleszenz umfassen. Zudem kann es auch mehrere parallele Szenarioen zu einer Obsoleszenzart geben, da ein Produkt beispielsweise verschiedene Technologien beinhalten kann, die unterschiedlichen Innovationszyklen unterliegen können.

Der zweite Schritt umfasst zwei Teilschritte. Im Teilschritt 2a werden zunächst aus den produktspezifischen Obsoleszenzscenarioen die jeweils hiervon betroffenen Komponenten abgeleitet. Dies ermöglicht eine erste Zuordnung der Obsoleszenzscenarioen auf die Komponentenebene. Ergänzend werden im Teilschritt 2b zudem noch komponentenspezifische Obsoleszenzscenarioen, welche also unabhängig vom Gesamtprodukt einzelne Komponenten betreffen, definiert. Dies ist insbesondere im Hinblick auf zirkuläre Strategien wie die direkte Wiederverwendung oder das Refurbishment von Modulen, nachdem das Gesamtprodukt nicht mehr nutzbar ist, relevant.

Der dritte Schritt des Vorgehens sieht daran anschließend eine systematische Bewertung der Szenarioen etwa hinsichtlich Eintrittswahrscheinlichkeit, Auswirkungen auf Lebensdauer und Funktion vor (Schritt 3a). Ziel ist es hier, ein komponentenspezifisches Obsoleszenzrisiko zu ermitteln, um so kritische Komponenten und dahinterliegende Obsoleszenzscenarioen identifizieren (Schritt 3b).

Auf dieser Grundlage, können im vierten Schritt dann auf Basis der spezifischen Obsoleszenzrisiken Modultreiber abgeleitet werden, um die Obsoleszenzscenarioen entsprechend im Rahmen der produktstrategischen Modularisierung berücksichtigen und adressieren zu können. So können bspw. obsoleszenzgefährdete Komponenten zu leicht austauschbaren Modulen zusammengefasst werden, oder Komponenten mit geringem Wiederverwendungspotential aufgrund technologischer Alterung in entsprechenden Recyclingmodulen zusammengefasst werden.

5. Exemplarische Anwendung auf ein Produktbeispiel

Folgend wird das vorgestellte Konzept exemplarisch an einem Staubsaugerroboter erläutert. Potentielle Obsoleszenzsznarien für das Gesamtprodukt sind hier beispielweise optische Alterung (OA) durch Verschleiß oder Trends, eine bessere Schmutzerkennung (BS) neuerer Modelle durch weiterentwickelte Sensorik oder etwa neue Funkstandards (NF) (siehe Bild 3). Diese Obsoleszenzsznarien stellen mögliche Gründe dar, aus denen das Gesamtprodukt das Ende seiner initialen Nutzungsphase erreicht, obwohl es physisch und funktional noch intakt ist.

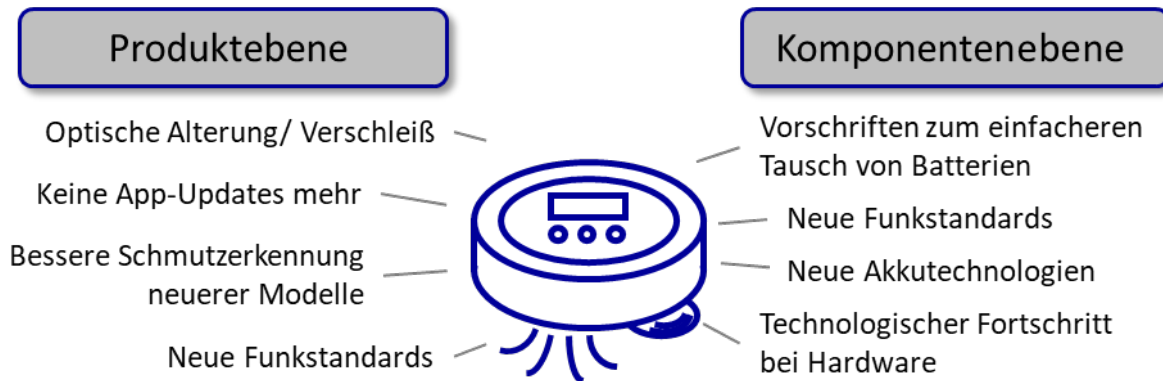


Bild 3: Obsoleszenzsznarien auf Produkt- und Komponentenebene des Staubsaugerroboters

Für die Risikobewertung können jeweils Risikomatrizen (vgl. [26]) verwendet werden. Hierfür werden zunächst Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen der Szenarien auf einer Skala von null (gering) bis fünf (hoch) bewertet, wie in Bild 4 zu sehen. Die Relevanz der Komponenten für die jeweiligen Obsoleszenzsznarien auf Produktebene kann zudem über einen Einflussfaktor angegeben werden. In Anlehnung an die Bewertung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkungen ist hierfür im Beispiel ebenfalls eine fünfschrittige Skala, da es sich hier um einen Abschwächungsfaktor handelt, diesem Fall jedoch in 1/5-Schritten vorgesehen, sodass der Wert eins für höchste Relevanz steht. Betroffene Komponenten sind in diesem Beispiel für das Szenario „optische Alterung“ das sichtbare Gehäuse sowie das Tastschild, wobei das Tastschild einer stärkeren Abnutzung unterliegt und entsprechend den Wert eins zugewiesen bekommt (vgl. Bild 4). Für das Szenario „bessere Schmutzerkennung“ sind der Ultraschallsensor zur Schmutzerkennung, sowie die Hauptplatine zur Signalverarbeitung relevant. Das Szenario „neue Funkstandards“ betrifft ebenfalls die Hauptplatine in die das Funkmodul integriert ist.

Potentielle Obsoleszenzsznarien auf Komponentenebene, welche also die Lebensdauer einzelner Komponenten über die des Gesamtproduktes hinaus einschränken, sind beispielsweise für den enthaltenen Akku neue Technologien mit höherer Energiedichte, welche das Potential zur Wiederverwendung reduzieren. Wie auf Produktebene wirken sich neue Funkstandards auch direkt auf Komponenten aus, indem sie den Wert der gebrauchten Hauptplatine reduzieren, wenn die Funktechnologie veraltet ist. Ebenfalls auf die Hauptplatine wirkt sich der schnelle technologische Fortschritt im Bereich Elektronikhardware aus, der dazu führt, dass diese schnell an Wert verliert und so das Potential zur Weiterverwendung über den Lebenszyklus des Gesamtproduktes hinaus einschränkt.

Das Obsoleszenzrisiko einer Komponente schließlich setzt sich zusammen aus der Eintrittswahrscheinlichkeit sowie der Schwere der Auswirkungen des Eintretens. Für das Szenario der besseren Schmutzerkennung neuerer Modelle beispielsweise kann von einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit (Wert vier in Bild 4) ausgegangen werden, wobei die Schwere der Auswirkungen für das Gesamtprodukt als moderat angesehen und entsprechend

mit „3“ bewertet wird unter Annahme, dass nicht alle Nutzer einen funktionierenden Staubsaugerroboter alleine aufgrund besserer Schmutzerkennung neuerer Modelle ersetzen. Die Einführung neuer Funkstandards wird auf Produktebene als begrenzt wahrscheinlich angesehen, die Auswirkungen im Falle des Eintretens ebenfalls als begrenzt, da von einer Abwärtskompatibilität ausgegangen wird, sodass eher nicht mit Einschränkungen der derzeitigen Funktion zu rechnen ist. Entsprechend sind beide in Bild 4 mit zwei bewertet. Anschließend kann durch Multiplikation von Eintrittswahrscheinlichkeit, Auswirkung sowie Einflussfaktor bei den Produktszenarien das Risiko der einzelnen Szenarien für die jeweiligen Komponenten ermittelt und zu einer Risikozahl für die Komponenten aufsummiert werden.

Produktebene	Obsoleszenzscenario	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Tastschild (TS)	Gehäuse (GH)	Ultraschallsensor (US)	Hauptplatine (HP)
	Optische Alterung (OA)	3	2	1	4/5		
Bessere Schmutzerkennung (BS)	4	3			1	3/5	
Neue Funkstandards (NF)	2	2				1	
Risikozahl			6	4,8	12	11,2	

Komponentenebene	Obsoleszenzscenario	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Akku (AK)	Hauptplatine (HP)
	Neue Akkutechnologie (NA)	3	4	1	
Neue Funkstandards (NF)	3	3		1	
Entwicklung Elektronikhardware (EE)	4	3		1	
Risikozahl			12	21	

Bild 4: Risikobewertung der Komponenten auf Basis der Obsoleszenzscenarioen

Nachdem das Risiko der Komponenten ermittelt wurde, können die durch die Einflussfaktoren korrigierten Risiken auf der Risikomatrix eingetragen und so visualisiert werden (siehe Bild 5). Dabei wird auf der Ordinate die Eintrittswahrscheinlichkeit, auf der Abzisse die Auswirkungen des jeweiligen Szenarios auf eine Komponente aufgetragen. So können auch visuell kritische Fälle identifiziert werden.

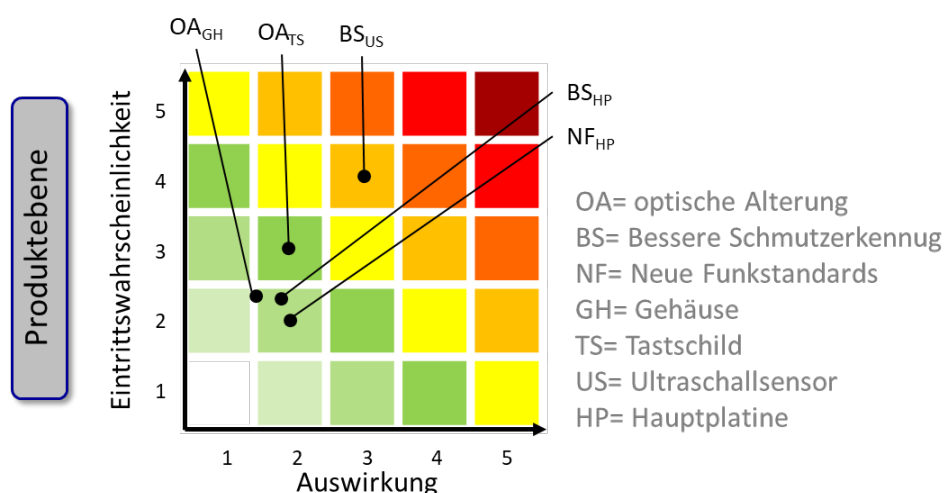


Bild 5: Risikomatrix der komponentenspezifischen Obsoleszenzrisiken

So ist hier im Beispiel zu erkennen, dass der Ultraschallsensor auf Produktebene das größte individuelle Obsoleszenzrisiko durch bessere Schmutzerkennung neuerer Modelle aufweist. Entsprechend adressiert werden könnte dies über eine entsprechende

Upgradefähigkeit des Sensors sowie der Hauptplatine. Dies kann somit als Handlungsempfehlung abgeleitet werden.

6. Diskussion

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz zur Berücksichtigung von Obsoleszenz bei der Entwicklung modularer Produktfamilien vorgestellt. Der vorgestellte Ansatz ist dabei ein erstes Konzept und bietet so eine Grundlage für weitere Forschung und Konkretisierung. So sollte die Identifikation von Obsoleszenzscenarien im Rahmen des Ansatzes weiter untersucht und systematisiert werden. Eine methodische Unterstützung hierfür im Rahmen des Ansatzes fehlt derzeit noch und sollte aufbauend auf bestehenden Arbeiten beispielsweise aus dem Bereich der Szenariotechnik ergänzt werden. Die Ermittlung eines Obsoleszenzrisikos auf Komponentenebene ist exemplarisch aufgezeigt, insbesondere die Risikoaggregation der verschiedenen Obsoleszenzscenarien. Für die einzelnen Komponenten, welche im Beispiel vereinfacht durch Addition erfolgt, bedarf weiterer Forschung hinsichtlich der Auswahl geeigneter Verfahren zur Aggregation von Obsoleszenzrisiken.

7. Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde aufgezeigt, dass Obsoleszenz einen erheblichen Einfluss auf die Produktlebensdauer haben kann und insbesondere auch ein einschränkender Faktor für eine Kreislaufwirtschaft sein kann. Es wurde dargelegt, dass Modularisierung grundsätzlich Vorteile für Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft zugeschrieben werden, eine Berücksichtigung von Obsoleszenz hier bisher jedoch kaum stattfindet. Entsprechend wurde ein erster konzeptioneller Ansatz zur Berücksichtigung von Obsoleszenz im Rahmen der Entwicklung modularer Produktfamilien vorgestellt. Dieser sieht eine Identifikation relevanter Obsoleszenzscenarien sowohl auf Produkt- als auch auf Komponentenebene vor, um anschließend die gezielte Auswahl der vielversprechendsten Kreislaufstrategien für das Gesamtprodukt und seine Komponenten zu unterstützen. Zukünftige Forschung kann sich einerseits der konkreteren Umsetzung dieses Ansatzes widmen, dabei insbesondere der Identifikation und Erarbeitung der spezifischen Obsoleszenzscenarien, sowie der Ableitung entsprechender Strategien. Ein weiterer Punkt ist die Anwendung dieser Idee auf reale Anwendungsbeispiele.

Danksagung

Die vorgestellten Forschungsergebnisse sind der Teil des Forschungsprojektes: RECab - Ressource Efficient Cabin. Das Projekt ist gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) im Rahmen des sechsten zivilen Luftfahrtforschungsprogramms (LUFO VI- 2). Förderkennzeichen: 20K2103E

Literaturverzeichnis

- [1] REIKE, Denise ; VERMEULEN, Walter J.V. ; WITJES, Sjors: The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. In: Resources, Conservation and Recycling 135 (2018), S. 246–264
- [2] ACHTENBERG, Elisa ; HINFELAAR, Jeroen ; BOCKEN, Nancy: Master Circular Business with the Value Hill. September 2016
- [3] PRAKASH, Siddharth ; DEHOUST, Günther ; GSELL, Martin ; SCHLEICHER, Tobias: Einfluss der Nutzungsdauer von Produkten auf ihre Umweltwirkung: Schaffung einer Informationsgrundlage und Entwicklung von Strategien gegen „Obsoleszenz“ : ZWISCHENBERICHT: Analyse der Entwicklung der Lebens-, Nutzungs- und Verweildauer von ausgewählten Produktgruppen. Dessau-Roßlau, 2015
- [4] COOPER, Tim: Inadequate Life? Evidence of Consumer Attitudes to Product Obsolescence. In: Journal of Consumer Policy 27 (2004), Nr. 4, S. 421–449

- [5] SIERRA-FONTALVO, Lesly ; RUIZ-PASTOR, Laura ; GONZALEZ-QUIROGA, Arturo ; MESA, Jaime A.: Decoding product obsolescence: A taxonomic approach from product design attributes. In: *Journal of Cleaner Production* 475 (2024), S. 143635
- [6] SIERRA-FONTALVO, Lesly ; GONZALEZ-QUIROGA, Arturo ; MESA, Jaime A.: A deep dive into addressing obsolescence in product design: A review. In: *Heliyon* 9 (2023), Nr. 11, e21856
- [7] BARTELS, Bjoern ; ERMEL, Ulrich ; PECHT, Michael ; SANDBORN, Peter: *Strategies to the Prediction, Mitigation and Management of Product Obsolescence* : Wiley, 2012
- [8] SANDBORN, Peter: Managing Obsolescence Risk. In: REDDING, Louis; ROY, Rajkumar (Hrsg.): *Through-life Engineering Services*. Cham : Springer International Publishing, 2015 (Decision Engineering), S. 341–357
- [9] SINGH, Pameet ; SANDBORN, Peter: Obsolescence Driven Design Refresh Planning for Sustainment-Dominated Systems. In: *The Engineering Economist* 51 (2006), Nr. 2, S. 115–139
- [10] DEFENSE STANDARDIZATION PROGRAM OFFICE: *Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortages : A Guidebook of Best Practices for Implementing a Robust DMSMS Management Programm*. März 2024 (SD-22)
- [11] SOLTANE, Amel ; ADDOUCHE, Sid-Ali ; ZOLGHADRI, Marc ; BARKALLAH, Maher ; HADDAR, Mohamed: Obsolescence paths through the value chain. In: *Procedia Manufacturing* 16 (2018), S. 123–130
- [12] KIRCHHERR, Julian ; REIKE, Denise ; HEKKERT, Marko: Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. In: *Resources, Conservation and Recycling* 127 (2017), S. 221–232
- [13] POTTING, José ; HEKKERT, Marko ; WORRELL, Ernst ; HANEMAAIJER, Aldert: *Circular Economy: Measuring Innovation in the Product Chain*. The Hague, 2017
- [14] GEBHART, Nicolas ; KRUSE, Moritz ; KRAUSE, Dieter: Gleichteile-, Modul- und Plattformstrategie. In: LINDEMANN, Udo (Hrsg.): *Handbuch Produktentwicklung*. München : Hanser, 2016 (Hanser eLibrary), S. 111–149
- [15] KRAUSE, Dieter ; RIPPERDA, Sebastian: An assessment of methodical approaches to support the development of modular product families. In: *Design for harmonies : ICED 13, the 19th International Conference on Engineering Design, 19th - 22nd August 2013, Sungkyunkwan University (SKKU), Seoul, Korea*. Castle Cary, Somerset : Design Society, 2013 (DS / The Design Society, 4), S. 31–40
- [16] STONE, Robert B. ; WOOD, Kristin L. ; CRAWFORD, Richard H.: A heuristic method for identifying modules for product architectures. In: *Design Studies* 21 (2000), Nr. 1, S. 5–31
- [17] PIMMLER, Thomas U. ; EPPINGER, Steven D.: Integration Analysis of Product Decompositions. In: *6th International Conference on Design Theory and Methodology : American Society of Mechanical Engineers*, 1994, S. 343–351
- [18] ERIXON, Gunnar: *Modular function deployment : A method for product modularisation*. Dissertation, 1998. Stockholm, 1998 (TRITA-MSM ISRN KTH/MSM/R--98/1--SE)
- [19] MACHADO, Natália ; MORIOKA, Sandra Naomi: Contributions of modularity to the circular economy: A systematic review of literature. In: *Journal of Building Engineering* 44 (2021), S. 103322
- [20] SONEGO, Monique ; ECHEVESTE, Márcia Elisa Soares ; GALVAN DEBARBA, Henrique: The role of modularity in sustainable design: A systematic review. In: *Journal of Cleaner Production* 176 (2018), S. 196–209
- [21] HALSTENBERG, Friedrich A. ; BUCHERT, Tom ; BONVOISIN, Jérémy ; LINDOW, Kai ; STARK, Rainer: Target-oriented Modularization – Addressing Sustainability Design Goals in Product Modularization. In: *Procedia CIRP* 29 (2015), S. 603–608
- [22] RIESENER, Michael ; KUHN, Maximilian ; KEUPER, Alexander ; HELLWIG, Frederike ; SCHUH, Guenther: Concept for Product Modularization in the Context of Circular Economy. In: *2023 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET) : IEEE*, 2023, S. 1–9
- [23] RIESENER, Michael ; KUHN, Maximilian ; HELLWIG, Frederike ; AYS, Johanna ; SCHUH, Günther: Design for Circularity – Identification of Fields of Action for Ecodesign for the Circular Economy. In: *Procedia CIRP* 116 (2023), S. 137–142
- [24] DEN HOLLANDER, Marcel C. den ; BAKKER, Conny A. ; HULTINK, Erik Jan: Product Design in a Circular Economy: Development of a Typology of Key Concepts and Terms. In: *Journal of Industrial Ecology* 21 (2017), Nr. 3, S. 517–525
- [25] BREIMANN, Richard ; RENNPFERDT, Christoph ; WEHREND, Sven ; KIRCHNER, Eckhard ; KRAUSE, Dieter: EXPLOITING THE SUSTAINABILITY POTENTIAL OF MODULAR PRODUCTS BY INTEGRATING R-IMPERATIVES INTO PRODUCT LIFE PHASES. In: *Proceedings of the Design Society* 3 (2023), S. 1785–1794
- [26] DIN EN IEC 31010 (VDE 0050-1): 2024-12, Risikomanagement - Verfahren zur Risikobeurteilung; Deutsche Fassung, Beuth-Verlag, Berlin, 2025