

Branchenübergreifendes Benchmarking von variantenreichen Produktportfolios auf Basis von Produktstrukturen

Christian Wyrwich und Georg Jacobs

1 Motivation

Die fortschreitenden Möglichkeiten digitaler Kommunikation und der Globalisierung erweitern traditionelle Absatzmärkte produzierender Unternehmen. Hersteller haben einen Wettbewerbsvorteil, wenn sie in der Lage sind, kundenindividuelle Produkte in der Qualität, der Lieferzeit sowie dem Preis eines Großserienerzeugnisses anzubieten. Einen Ansatz dazu stellen modulare Produktbaukästen für die effiziente Umsetzung eines variantenreichen, marktgerechten Produktportfolios, bei gleichzeitiger Nutzung von Skalen- sowie Lernkurveneffekten dar (Arnoscht et. al 2010). Das Potential des Baukastens lässt sich jedoch nur nutzen, wenn dieser die Bedürfnisse des Marktes ausreichend bedient und wenn er Verwendung findet. Dies erfordert die kontinuierliche Überprüfung und Steuerung des gesamten Produktportfolios.

2 Forschungsproblem und Forschungsziel

Für die Messung von Prozessabläufen wie der Beschaffung (Supply Chain), der Arbeitsvorbereitung und der Produktion werden spezifische Unternehmenskennzahlen genutzt. Diese *Key Performance Indicator* (kurz: *KPI*) bilden häufig jedoch ausschließlich finanzielle Aspekte für eine unternehmensinterne Überwachung ab und berücksichtigen nicht den Entwicklungsprozess. Alternative Ansätze verwenden aus dem Expertenwissen der Mitarbeiter zusammengetragene Informationen, die durch ihre Subjektivität die Reproduzierbarkeit erschweren.

In Abgrenzung zu bestehenden Konzepten wird in diesem Beitrag die Effizienz-Bewertung von variantenreichen Produktportfolios auf Basis der Produktstrukturen sämtlicher realisierter Erzeugnisvarianten beschrieben. Diese objektive Datengrundlage ist in Form von Strukturstücklisten der Erzeugnisse hinterlegt und aus dem PDM-System eines Unternehmens rechnergestützt analysierbar. Die Quantifizierung der Portfolio-Effizienz erfolgt mit Hilfe von KPI. Diese ermöglichen die Ausleitung charakteristischer Portfolioeigenschaften aus dem Unternehmenswissen und zeigen erste Optimierungsansätze für die Portfolio-Gestaltung auf (siehe Abbildung 1). Die allgemeine Formulierung der KPI ermöglicht darüber hinaus ihren unternehmensübergreifenden Vergleich.

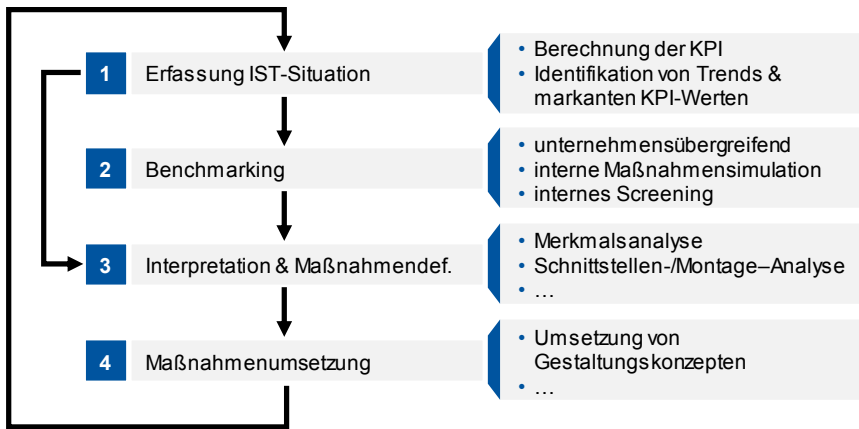


Abbildung 1: Portfoliooptimierung

3 Stand der Technik und Abgrenzung

Durch die Bedeutung des physischen Produktaufbaus für den gesamten Lebenszyklus des Erzeugnisses sowie das Produktportfolio existieren kennzahlbasierte Bewertungsansätze in Literatur und Praxis. Um die bestehenden Konzepte zum vorliegenden Beitrag abzugrenzen, werden folgende Kriterien betrachtet:

1. Produktstruktur im Fokus der Analyse
2. Nutzung einer objektiven Datenbasis
3. Aufbau eines definierten KPI-Systems
4. Unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit der KPI

Bereits 1992 entwickelten Kaplan und Norton die *Balanced Scorecard* als Reaktion auf die Kritik der finanziellen Ausrichtung konventioneller Managementsysteme. Die *Balanced Scorecard* beruht auf der ausgewogenen Betrachtung der vier Dimensionen *finanzielle Perspektive*, *Kundenperspektive*, *interne Prozessperspektive* sowie der *Lern- und Entwicklungsperspektive*. Durch die Betrachtung von Ursache-Wirkungsbeziehungen werden die angestrebten Unternehmensziele miteinander verknüpft und jeweils auf einen finanziellen Aspekt zurückgeführt. Kaplan und Norton legen jedoch bewusst kein zu verwendendes KPI-Paket fest, da diese entsprechend der Unternehmensausrichtung zu bestimmen sind. Zudem wird kein konkreter Bezug zu Produkten oder dem Aufbau eines Produktportfolios hergestellt. Eine Bewertung des Portfolios ist damit nicht möglich. (Horváth & Partners 2004, Kaplan et. al 1996)

Der als *Modularisierungs-Balanced-Scorecard* bezeichnete Ansatz von Junge baut auf der *Balanced Scorecard* von Kaplan und Norton auf, der Fokus liegt hier jedoch auf der modularen Struktur. Die eigens definierten Kennzahlen werden aus den Perspektiven *Finanzwirtschaft*, *Marketing/Vertrieb*, *Entwicklung* und *Produktion* angewendet. Notwendige Informationen für die KPI-Berechnung wie die Anzahl an Schnittstellen oder optimale Montagezeiten basieren jedoch auf subjektiven Experteneinschätzungen, wodurch die Vergleichbarkeit sowie Reproduzierbarkeit der Werte beeinflusst wird. Der beschriebene Ansatz fokussiert sich zudem auf die Automobilindustrie, die branchenübergreifende Anwendbarkeit stellt keine Anforderung dar. (Junge 2005)

Der Ansatz *Performance Measurement of Modular Product Platforms* von Rudolf, Schuh und Vogels hingegen definiert ein umfangreiches Kennzahlensystem, bei dem die konkret verwendeten KPI jedoch für jeden Wirtschaftszweig individuell ausgewählt werden. Abhängig von den Unternehmensinteressen erfordert das Vorgehen zudem die subjektive Gewichtung der Messwerte. (Rudolf et. al 2014)

Weitere Ansätze wie die *Bewertung des Komplexitätsgrades von Unternehmen* nach Rennekamp oder das *Controlling von Produktbaukästen* nach Vogels legen ihren Fokus auf die unternehmensinterne Verwendung der KPI. Vogels nutzt zudem mit der Anzahl an Varianten, die den letzten Prozessschritt verlassen oder der Anzahl an Schnittstellen zwischen Modulen Daten, die nicht

direkt aus der Strukturstückliste ausgeleitet werden können. (Rennekamp 2013, Vogels 2015)

Eine andere Ausrichtung besitzt der Ansatz *Key Performance Indicators for Design and Engineering* nach Beisheim und Stotz. Der konkret für die Entwicklung und Konstruktion definierte KPI Standardisierungsgrad wird ohne direkten Portfoliobezug auf Komponentenebene angewendet. Durch die Bestimmung der Messgröße für sämtliche Sachnummern werden die Komponenten als Preferred Part, Service Part oder Run-out Part klassifiziert. Die Einordnung und Markierung der Komponenten innerhalb des PDM-Systems führt zu einer unternehmensinternen Bauteilstandardisierung und erhöht die Gleichteilennutzung. Die Auswirkungen durch die Zuweisung der Komponenten-KPI auf die Portfolio-Effizienz wird nicht betrachtet. (Beisheim et. al 2013)

Auch PDM- sowie ERP-Systeme ermöglichen die Extraktion von Unternehmenswissen mit Hilfe moderner Data-Mining-Methoden. Diese setzen ihren Fokus jedoch vorrangig auf grundlegende Informationen wie das Produkt-Teile-Verhältnis, die Anzahl nicht freigegebener Teile oder eine Betrachtung der Lieferanten ohne eine konkrete Betrachtung der Portfolioentwicklung (Gröppler et. al 2013). Bei der Analyse eines Produktportfolios durch Unternehmensberatungen hingegen werden vielfach Fragebögen für die Datenerhebung genutzt, sodass die verfügbaren Informationen subjektiv generiert werden.

4 Verwendete Methoden, Vorgehensweise

Aufbauend auf den bestehenden Ansätzen erfolgt die Definition geeigneter KPI zur quantitativen Bewertung und Vergleichbarkeit von Produktportfolios auf Basis von Produktstrukturen. Traditionelle Kennzahlen und Kennzahlensysteme konzentrieren sich überwiegend auf direkte finanzielle Zusammenhänge in Unternehmensabläufen. Die grundlegende Entwicklung eines Produktes und das in ihr enthaltene Mitarbeiterwissen wirken sich jedoch zeitversetzt in maßgebender Weise auf den wirtschaftlichen Erfolg aus. Mehrdimensionale Steuerungssysteme beziehen aus diesem Grund weitere, nicht monetäre Inhalte bei der Effizienz-Bestimmung mit ein. Die Leistungsmessung durch eine ganzheitliche Betrachtung von Unternehmensabläufen wird als *Performance Measurement* bezeichnet. (Menninger et. al 2011)

Die im Umfeld des *Performance Measurement* verwendeten Kennzahlen werden nach Hilgers ebenfalls als *Key Performance Indicator* bezeichnet (Hilgers 2008). Diese KPI sollen nach Parmenter und Spiess die folgenden drei Grundkriterien erfüllen (Parmenter 2010, Spiess 2013):

1. KPI sind auf die Erreichung eines Zieles bezogen und stellen den Grad der Zielerfüllung bezüglich eines definierten Zielzustandes dar. Es handelt sich deshalb um Verhältniszahlen.
2. KPI stellen relevante Sachverhalte in konzentrierter Form dar.
3. KPI enthalten eine konkrete Handlungsanweisung.

Anforderungen an die KPI auf Basis von Produktstrukturen

Neben diesen generellen Eigenschaften von KPI ergeben sich weitere Anforderungen bereits aus der grundsätzlichen Idee des Portfolio-Benchmarking auf Basis von Produktstrukturen. Diese werden im Folgenden erläutert.

Verwendung von in der Produktstruktur enthaltenen Informationen: Der Ansatz des vorliegenden Beitrages beruht auf der Verwendung einer objektiven Datenbasis, die generell vorausgesetzt und praxistauglich mit geringem Aufwand generiert werden kann. Die Datenbasis bilden, wie in Abbildung 2 exemplarisch aufgeführt, sämtliche Auftragsstücklisten verkaufter Produkte. Diese enthalten die technisch sinnvollen und seitens des Marktes nachgefragten Produktvarianten und tragen somit das Wissen für ein optimiertes Produktportfolio (Schmitz 2017). Für das Benchmarking der variantenreichen Produktportfolios besteht die Anforderung der allgemeingültigen Anwendbarkeit. Diese Eigenschaft reduziert die verfügbaren Informationen auf grundsätzlich vorauszusetzende Spalteneinträge der Strukturstückliste. Als Repräsentant der Produktstruktur stellt diese die Zusammensetzung des Produktes aus Komponenten, Modulen und Baugruppen dar (Feldhusen et. al 2013). Die Strukturstückliste entsteht nach Eigner bei der Dokumentation einer Produktstruktur vom Erzeugnis bis zu den Einzelteilen und ihren Ausgangsmaterialien (Eigner 2009). Die Produktstruktur hat zudem direkten Einfluss auf sämtliche Phasen des Produktlebenszyklus, da sie bereits in der Entwicklungsphase definiert wird (Feldhusen et. al 2013). Varianten- sowie Modifikationen werden darüber hinaus durch das beständige Einpflegen von Änderungen ebenfalls von der Produktstruktur dokumentiert (Feldhusen et. al 2013).

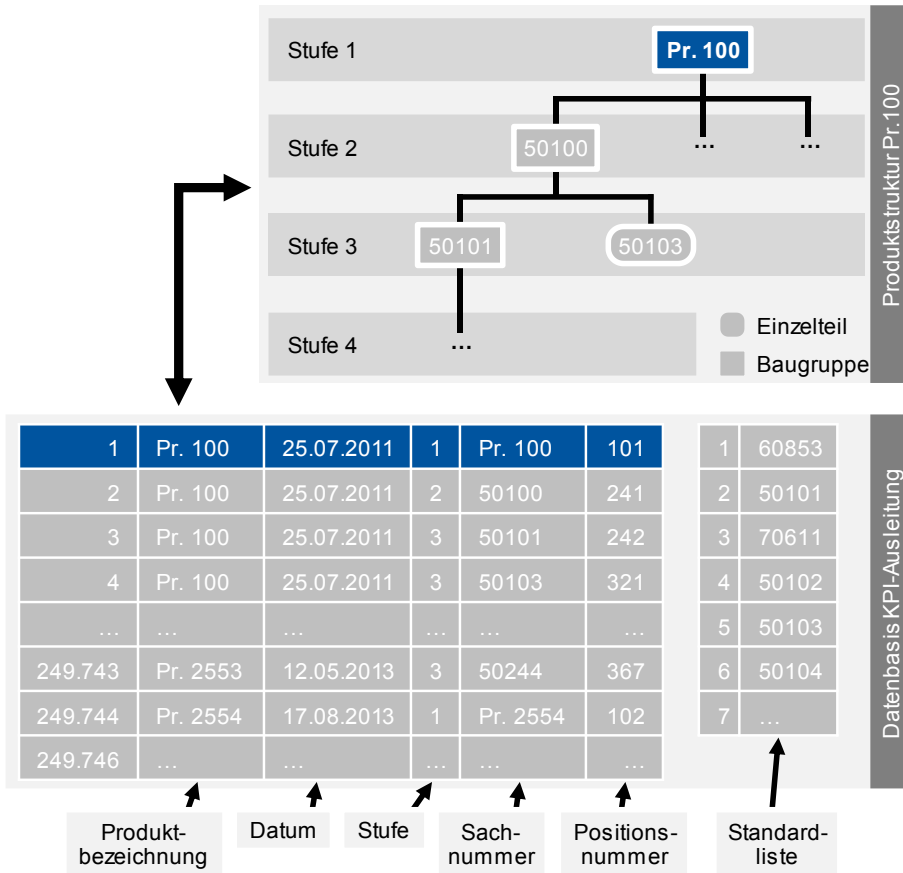


Abbildung 2: Datenbasis und Produktstruktur

Bedingt durch die Produktstruktur als Datenbasis und eine praxistaugliche Generierung der Informationen wird bewusst auf die folgenden Informationen verzichtet:

- *Anzahl an Modulschnittstellen:* Die Auswertung der Modulschnittstellen erfordert die Auswertung von CAD-Daten, sodass diese Daten nicht unmittelbar aus den Strukturstücklisten ausgeleitet werden können.
- *Kosten:* Die Bestimmung belastbarer Kostenwerte für die Produktvarianten ist schwierig, da die klassische Zuschlagskalkulation die verursachten Kosten nur unzureichend widerspiegelt. Zudem

handelt es sich bei den konkreten Herstellkosten um sensible Unternehmensdaten, die für die Analyse nicht vorausgesetzt werden können.

- *Verkaufszahlen von Produktvarianten*: Die analysierten Auftragsstücklisten beschreiben als eindeutige Listen die realisierten Produktvarianten. Die Anzahl der Verkäufe einzelner Produktvarianten wird nicht erfasst.

Möglichkeit zur vollautomatisierten Ausleitung: Die automatisierte KPI-Ausleitung über ein geschlossenes Programm ermöglicht die praxistaugliche Handhabung umfangreicher Datensätze sowie die Generierung reproduzierbarer Ergebnisse. Auch Änderungsschleifen können dadurch mit wesentlich geringerem Zeitaufwand realisiert werden.

Verwendung von unabhängigen KPI: Durch eine starke Korrelation zweier KPI ergibt sich aus beiden Messgrößen lediglich eine Aussage. Diese Wechselwirkungen werden als *statistische Abhängigkeit* bezeichnet (Bourier 2011). Die definierten KPI-Berechnungsvorschriften erfordern somit die Überprüfung hinsichtlich der unabhängigen Aussagefähigkeit.

Unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit: Die Berücksichtigung von z.B. dem *Produktumfang*, der *Anzahl an Produkten* oder dem *betrachteten Zeitraum* als Bezugspunkte normiert die KPI, sodass die Messwerte unternehmensübergreifend in einem Benchmarking miteinander verglichen werden können.

Ausgabe eines Zahlenwertes in dem Bereich 0 ... 1: Die Festlegung des Wertebereiches ermöglicht die Interpretation sowie Vergleichbarkeit der eingelesenen Werte anhand des theoretischen Maximums sowie dem aktuellen Best-Practice-Wert. Durch den Zahlenwert 1,0 wird der Bestwert der KPI im Sinne des effizienten Portfolioaufbaus beschrieben.

Bewertungskriterien eines variantenreichen Produktportfolios

Bevor die KPI erstellt werden können, ist es erforderlich zu beschreiben, wie die Effizienz eines variantenreichen Produktportfolios gemessen werden kann und welche Informationen für die Leistungsmessung zur Verfügung ste-

hen. Da die Produktstruktur implizit Daten des gesamten Produktlebenszyklus enthält, werden zudem Informationen betrachtet, die indirekt bestimmbar sind.

Auf Basis der betrachteten Ansätze und genereller Eigenschaften erfolgt die Erarbeitung charakteristischer Portfolio-Kriterien produzierender Unternehmen. Die im Folgenden aufgeführte Abbildung 3 zeigt einen Auszug dieser Eigenschaften:

Eckdaten	Produktgröße, Anzahl Produkte, Anzahl Stufen, ...
Teilenutzung u. Varianz	Produktübergreifende Wiederverwendung, Anzahl Varianten, Entkopplungspunkt, Nutzung einer Referenzproduktstruktur, ...
Fertigung	Fertigungstiefe, Anzahl Lieferanten, Anzahl Montageschritte, ...
Absatz	Verteilung der Stückzahlen, zeitliche Entwicklung des Portfolios, ...
Kosten	Verteilung der Funktionskosten, Verteilung des Umsatzes, ...
...	...

Abbildung 3: Bewertungskriterien eines variantenreichen Produktportfolios

Datenbasis

Die Ermittlung der KPI aus realen Datensätzen erfordert die Verwendung von Merkmalen, die in Unternehmen üblicherweise hinterlegt werden. In der Praxis haben sich für die Erstellung eines Produktes Mindestanforderungen an den notwendigen Inhalt einer Stückliste etabliert. Ergänzend zu dem Minimalinhalt dieser technischen Dokumentation stehen durch die IT-gestützte Datenerhebung weitere Informationen zur Verfügung. So hinterlegt das PDM-System beispielsweise die Zugehörigkeit der Komponenten zu einem spezifischen Produkt und Datumsangaben. Weit verbreitet ist zudem die Kategorisierung von Sachnummern als unternehmensinterner Standard zur Steigerung der produktübergreifenden Gleichteilenutzung. Die nachfolgende Abbildung 4 fasst die Informationen zusammen, die als voraussetzbar eingestuft werden. Die Einträge der *Benennung* sowie der *Menge* werden für das Portfolio-Benchmarking jedoch bewusst nicht verwendet. Dadurch erfordern inkonsistente Benennungen keine vorherige Datenaufbereitung und Mengenangaben von Norm- sowie Kleinteilen können keinen überproportionalen Einfluss auf die Analyseergebnisse nehmen.

PB	Produktbezeichnung	Erzeugnisbezeichnung zur Identifikation der Produktstrukturen in dem Gesamtdatensatz
D	Datum	Anlagedatum eines Eintrages zur Analyse der Portfolioentwicklung
St	Stufe	Gliederungsebene der Strukturstückliste
SN	Sachnummer	Eindeutige Bezeichnung jedes Elementes der Strukturstückliste
PN	Positionsnummer	Zuordnung der Stücklisteneinträge zu den Elementen der technischen Zeichnungen
SL	Standardliste	Unternehmensintern als Standard definierte Elemente
B	Benennung	Bezeichnung zur Vermittlung der Eigenschaften eines Elementes
M	Menge	Anzahl an Einheiten eines Stücklisten-Eintrages

Abbildung 4: Informationen für die Ermittlung der KPI

Geeignete Portfoliokriterien für das Produktstruktur-Benchmarking

Nach der Festlegung der verfügbaren Datenbasis wird bewertet, ob die aufgeführten Bewertungskriterien eines variantenreichen Produktportfolios auf Basis der Informationen der Strukturstücklisten bestimmt werden können. Betrachtet wird nicht ausschließlich die Fähigkeit zur direkten Ausleitung der KPI, sondern zudem die indirekte Ausleitung über Zusammenhänge des strukturellen Produktaufbaus. So wird ermittelt auf welchen Gliederungsebenen der Produktstruktur die unternehmensinternen Standardelemente verwendet werden, um Aussagen über den Zeitpunkt der Varianzeinbringung in die Produkte treffen zu können.

Definition der Key Performance Indicator

Die Definition von acht KPI erfolgt durch die Formulierung konkreter Berechnungsvorschriften. Diese quantifizieren die realisierbaren Bewertungskriterien des Produktportfolio-Benchmarking. Abbildung 5 fasst die KPI zusammen und verdeutlicht die bewerteten Portfoliokriterien in jeweils einer

Leitfrage der Messgrößen. Die Betrachtung des Portfolios erfolgt allgemein und bezogen auf charakterisierende Eigenschaften von Produkten sowie Einträgen der zugrundeliegenden Strukturstücklisten.

	Key Performance Indicator		KPI-Leitfrage
	Standardisierungsgrad <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Standardisierung 	SG	Wie hoch ist die Nutzung eines vorhandenen Produkt-Baukastens ?
	Plattformnutzungsgrad <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • produktübergreifende Wiederverwend. • Nutzung einer Referenzproduktstruktur 	PNG	Besteht ein einheitlicher Produktkern innerhalb des Portfolios?
	Vernetzungsgrad <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • produktübergreifende Wiederverwend. • Nutzung einer Referenzproduktstruktur 	VG	Wie groß ist die produktübergreifende Verwendung von Gleichteilen ?
	Modularisierungs-Index <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Entkopplungspunkt • Vergleich Vor- / Endmontage 	MI	Wo liegt der Entkopplungspunkt der Produkte?
	Unikatvermeidung <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • produktübergreifende Wiederverwend. • Entkopplungspunkt 	UV	Wird eine Vielzahl von Sachnummern in nur einem Produkt verwendet?
	Strukturähnlichkeit <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Nutzung einer Referenzproduktstruktur 	SAE	Besteht eine Ähnlichkeit in dem physischen Aufbau der Produkte?
	Sachnummer-Verwendung <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • zeitliche Entwicklung des Portfolios 	SNV	Wie hoch ist die Wiederverwendung von Sachnummern im zeitlichen Verlauf ?
	Variations-Index <i>Bewertungskriterien:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl an Varianten eines Produktes 	VI	Bestehen Ungleichmäßigkeiten der Sachnummer-Verwendung an Positionsnummern?

Abbildung 5: Key Performance Indicator

Exemplarisch soll im Folgenden der KPI *Vernetzungsgrad* detaillierter betrachtet werden. Dabei werden die Vorgehensweise der Ausleitung aus dem Datensatz und die anschließende Interpretation des Zahlenwertes erläutert.

Der Vernetzungsgrad im Detail

Die Ausleitung des Vernetzungsgrades basiert auf der paarweisen Bestimmung der Gleichteileanzahlen für das gesamte Portfolio. Für jeweils zwei auf Komponentenebene miteinander verglichene Produkte wird die Anzahl an gemeinsam verwendeten Sachnummern bestimmt. Über ein Vernetzungsschaubild (siehe Abbildung 6) kann die Anzahl der Gleichteile im Portfolio dargestellt werden. Verknüpfungen zwischen zwei Produkten repräsentieren die Gleichteileverwendung, wobei die Linienstärke mit der Anzahl der Gleichteile zunimmt.

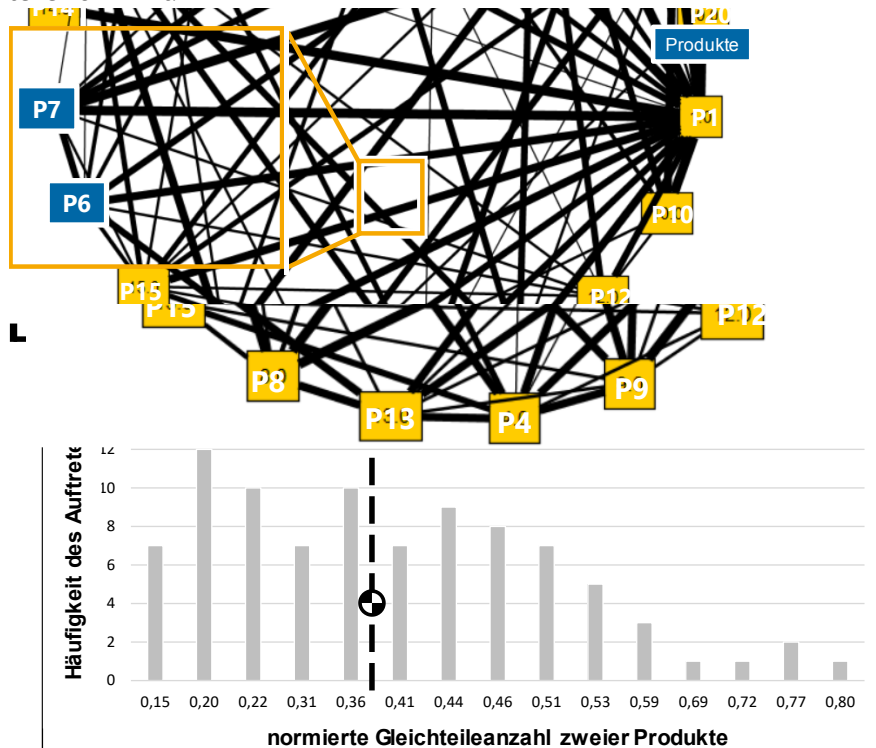


Abbildung 6: Datenbasis und Ausleitung des Vernetzungsgrades

Die Verteilung der Häufigkeit des Auftretens sämtlicher normierter Gleichteileanzahlen ergibt das Säulendiagramm in Abbildung 6. Die Normierung erfolgt über den Bezug auf den jeweiligen Produktumfang der betrachteten zwei Produkte und gewährleistet die unternehmensübergreifende Vergleichbarkeit. Über die Ermittlung des x-Anteils des Flächenschwerpunktes ergibt sich schließlich der KPI *Vernetzungsgrad*.

Berechnungsvorschrift *Vernetzungsgrad*

$VG = \frac{\sum_{k=1}^e (n_{ij,k} \times VG_{ij,k})}{\sum_{k=1}^e n_{ij,k}}$ <p>mit: $VG_{ij} = \frac{1}{2} \times \left(\frac{k_{ij}}{k_{ges.i}} + \frac{k_{ij}}{k_{ges.j}} \right)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> e: absolute Anzahl an eindeutigen VG_{ij} VG_{ij}: normierte Gleichteileanzahl der Produkte i u. j $k_{ges.i}$: Gesamtkomponentenanzahl des Produktes i $k_{ges.j}$: Gesamtkomponentenanzahl des Produktes j k_{ij}: Gleichteileanzahl der Produkte i u. j n_{ij}: Häufigkeit des Auftretens der VG_{ij}
--	--

Abbildung 7: Berechnungsvorschrift des Vernetzungsgrades

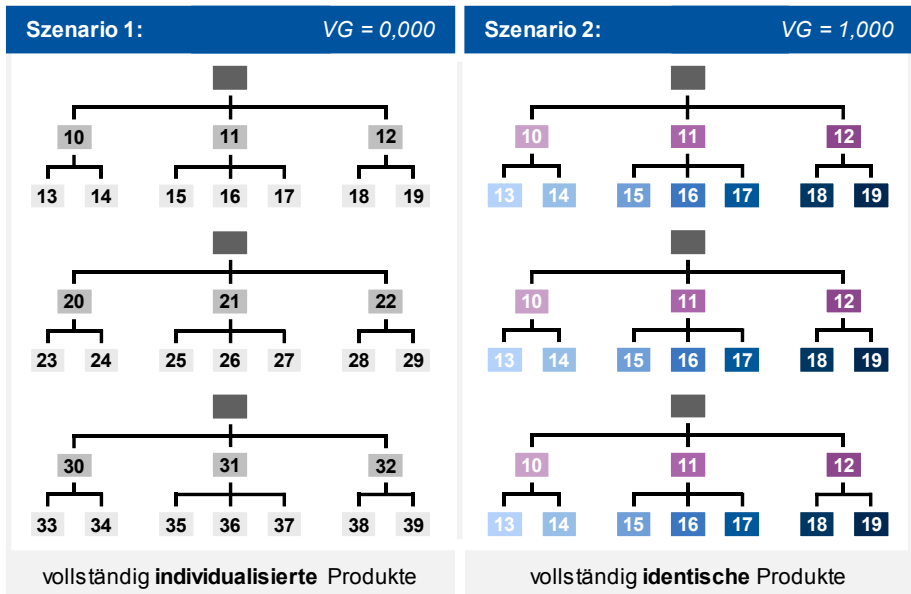


Abbildung 8: Portfolio-Szenarien des Vernetzungsgrades

Das in Abbildung 6 dargestellte Vorgehen zur Berechnung des Vernetzungsgrades ist über eine konkrete Berechnungsvorschrift formuliert (siehe Abbildung 7). Dieser mathematische Ausdruck ermöglicht die softwaregestützte, automatisierte Ausleitung des KPI über einen Algorithmus.

Die Überprüfung der Konsistenz der KPI-Werte erfolgt anhand von fiktiv entwickelten Portfolio-Szenarien. Diese simulieren maximale Ausprägungen eines Datensatzes. Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Szenarien des Vernetzungsgrades für den theoretischen Minimal- sowie Maximalwert. Neben der Erzeugnisbezeichnung setzen sich die Produkte aus jeweils zehn Sachnummern zusammen. Diese Einzelteile und Baugruppen verteilen sich auf bis zu drei Gliederungsebenen.

5 Anwendung des Produktstruktur-Benchmarking

Nach der Definition des KPI wird der Vernetzungsgrad im Folgenden auf drei reale Datensätze angewendet. Bei den betrachteten Auftragsstücklisten handelt es sich um Produktportfolios aus unterschiedlichen technischen Fachbereichen (siehe Abbildung 9).



	Anzahl an Produkten	Anzahl an Stücklistenzeilen	Anzahl an eindeutigen Sachnummern
 Hrst. von Planetengetrieben	1.152	196.668	6.576
 Hrst. von Kassenautomaten	645	250.618	2.721
 Hrst. von Servomotoren	1.355	157.617	5.825

Abbildung 9: Herstellerdatensätze

Unabhängigkeit der KPI

Die Überprüfung der Plausibilität der erzielten KPI-Werte erfolgt initial an Stichproben-Datensätzen, um bspw. Normierungsfehler identifizieren zu können. Neben der grundsätzlichen Funktionsfähigkeit erfolgt die Überprüfung der KPI auf mögliche Abhängigkeiten der Messgrößen. Nach Bourier unterscheidet sich die Abhängigkeit von Merkmalen in die *statistische* sowie die *sachliche Abhängigkeit* (Bourier 2011). Während die statistische Abhängigkeit

lediglich einen Zusammenhang der Entwicklung der vorliegenden Zahlenreihen betrachtet, wird durch die sachliche Abhängigkeit die Möglichkeit einer Kausalität untersucht. Eine hohe mathematisch berechnete Korrelation dient als Indikator für einen ausgeprägten Zusammenhang, jedoch ist dieser zusätzlich auf eine logische Abhängigkeit zu überprüfen. Bleibt eine sachliche Begründung aus, handelt es sich um eine Schein- oder Pseudokorrelation (Bourier 2011). Um die KPI auf ihre Unabhängigkeit zu prüfen und zufällig auftretende Wechselbeziehungen abschätzen zu können, werden diese in drei Schritten untersucht:

Vergleich der Berechnungsvorschriften: Ergibt sich durch Gleichsetzen der KPI-Berechnungsvorschriften mit $0 = 0$ oder $1 = 1$ eine wahre Aussage, wird eine der Messgrößen aufgrund der identischen Ergebnisse nicht weiter betrachtet.

Aufstellen der Korrelationen der KPI-Datenreihen in der Validierungs-Anwendung: Mit der Korrelationsanalyse besteht die Möglichkeit zur mathematischen Quantifizierung der Stärke des Zusammenhanges zweier Datenreihen. Als eine der bekanntesten Kenngrößen misst der in Abbildung 10 dargestellte *Korrelationskoeffizient* r von Bravais-Pearson den linearen Zusammenhang der zwei Merkmale x und y , die in diesem Beitrag durch die Ergebnisreihe jeweils eines KPI beschrieben werden (Bourier 2011). Nach der Ermittlung der acht KPI für die Hersteller-Datensätze erfolgt die Berechnung sämtlicher Korrelationskoeffizienten der Datenreihen. In Verbindung mit der Überprüfung auf zufällig auftretende Abhängigkeiten werden keine mathematisch ausgeprägten Zusammenhänge nachgewiesen. Somit werden die Aussagen der KPI als unabhängig angenommen.

Betrachtung von Szenario-Datensätzen: Bei hohen berechneten Korrelationskoeffizienten erfolgt die Betrachtung von Szenario-Datensätzen. Lässt sich ein Produktportfolio simulieren, das zu unterschiedlichen Messwerten zweier KPI führt, handelt es sich bei der mathematisch bestimmten Korrelation um zufällig auftretende Scheinabhängigkeiten.

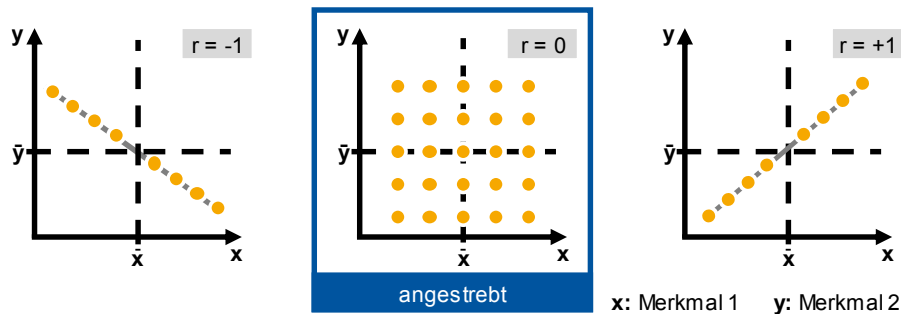


Abbildung 10: Korrelationskoeffizient r nach Bravais-Pearson

Benchmarking und Geheimhaltung

Die Effizienzbewertung eines Produktportfolios über die Ausleitung der KPI stellt die Erfassung der Ist-Situation dar. Die ermittelten Ergebnisse sind im Anschluss zu interpretieren und in geeignete Maßnahmen zu überführen. Zudem können die KPI im Rahmen eines Benchmarking mit bereits erzielten Best Practice-Werten verglichen werden, um ein wettbewerbsfähiges Produktniveau erreichen bzw. erhalten zu können (Kempf et. al 2008). Abhängig von der Ausdehnung des Bereichs der Vergleichsdurchführung kann das Portfolio-Benchmarking die drei folgenden Ausprägungen annehmen:

- *Unternehmensübergreifendes Benchmarking*: Die Überprüfung der eigenen Leistungsfähigkeit durch den Vergleich mit den besten Industriepraktiken. Das externe Benchmarking erfordert jedoch eine ausreichende Anzahl an brancheninternen Vergleichspartnern oder Referenzwerte weiterer Wirtschaftszweige.
- *Interne Maßnahmenimulation*: Festgelegte Handlungsanweisungen für das Portfolio werden nach der Erfassung des Ist-Zustandes anhand einer ausgewählten Anzahl an Produktvarianten umgesetzt. Die erneute Ausleitung der KPI validiert die simulierten Maßnahmen oder führt zu deren Anpassung.
- *Internes Screening*: In festgelegten zeitlichen Intervallen erfolgt die Berechnung der KPI, um Trends zu identifizieren, die auf Kostentreiber schließen lassen.

Abbildung 11 zeigt das Benchmarking der Vernetzungsgrad-Werte für die drei eingeführten Hersteller-Produktportfolios sowie die Visualisierung der

KPI in jeweils einem Vernetzungsschaubild. Entsprechend der Zahlenwerte ergibt sich aus dem niedrigsten Vernetzungsgrad eine vergleichsweise aufgehellte Abbildung durch eine geringere Anzahl von Verknüpfungslinien sowie geringere Linienstärken. Erst der Vergleich mit dem Referenzpunkt der gemessenen Bestleistung (Benchmark) ordnet jedoch die betrachtete Leistungsfähigkeit ein (Kempf et. al 2008).

Anhand des Vernetzungsschaubildes des Planetengetriebe-Herstellers zeigt sich, dass unabhängig von der Höhe des berechneten KPI Ansatzpunkte der Portfoliooptimierung ermittelt werden können. Über diese Darstellungsweise lassen sich z.B. durch die hohe Anzahl von Verknüpfungslinien mögliche Referenzprodukte identifizieren.

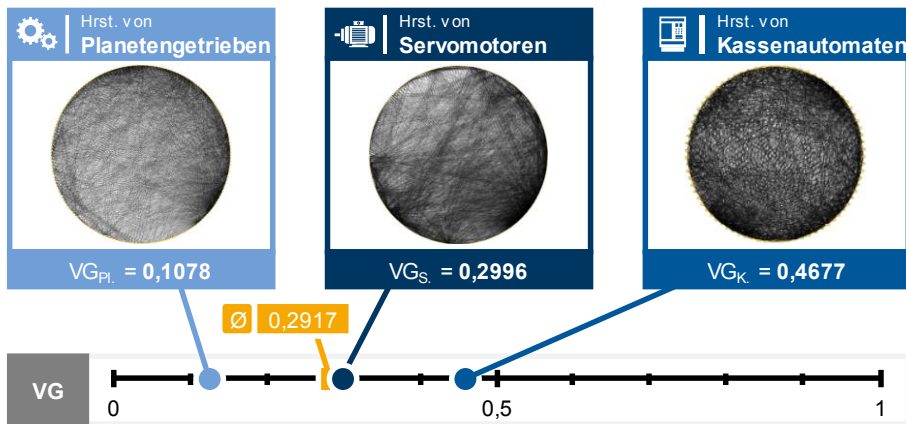


Abbildung 11: Benchmarking des Vernetzungsgrades

Bei dem konkreten Aufbau eines Produktportfolios handelt es sich um sensible Daten eines produzierenden Unternehmens. Die Anwendbarkeit der Bewertung von Produktportfolios in der industriellen Praxis erfordert aus diesen Grund einen angepassten Umgang mit den Strukturstücklisten der Produktvarianten. In diesem Sinne verhindert bereits das Entfernen der Komponentenbenennung eine eindeutige Interpretation der dokumentierten Produktstrukturen. Bedingt durch die automatisierte Ausleitung der Kennzahlen besteht zudem die Möglichkeit zur Codierung der ausgegebenen Informationen. Bleibt der generelle Aufbau der Stücklisten erhalten, können sämtliche Informationen über ein Chiffriersystem codiert werden. Generell

ist es zudem möglich, die KPI vor Ort auszuleiten, sodass die Stücklistendaten die Unternehmensgrenze nicht überschreiten.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Produzierende Unternehmen bewegen sich im Spannungsfeld zwischen der kundenindividuellen Sonderfertigung und der kostenorientierten Verwendung von Gleichteilen. Der systematische und marktgerechte Aufbau eines variantenreichen Produktportfolios stellt somit einen Schlüsselfaktor erfolgreicher Unternehmen dar (Feldhusen et. al 2013). Zur Bewertung und Quantifizierung der Eigenschaften eines variantenreichen Produktportfolios erfolgt die Definition von acht *Key Performance Indicator*. Die KPI dienen der Identifikation von Komplexitätstreibern und basieren auf üblichen Informationen einer Strukturstückliste. Diese Datengrundlage beschreibt die physikalischen Abhängigkeiten der Erzeugniselemente durch die Produktstruktur und setzt sich aus dem objektiven Unternehmenswissen zusammen.

Der KPI *Vernetzungsgrad* beschreibt beispielsweise die durchschnittliche Gleichteilennutzung in sämtlichen Produktvarianten eines Portfolios. Zudem ermöglicht die Identifikation von Erzeugnissen mit einer erhöhten Anzahl an Verknüpfungen Erkenntnisse über potentielle Referenzprodukte einer Produktfamilie.

Die Analyse eines Produktportfolios anhand der KPI ermöglicht das Aufzeigen von Anhaltspunkten zur Effizienzsteigerung der Portfoliogestaltung in kurzer Zeit und mit einfachen Mitteln. Unternehmensintern ermöglicht die KPI-Berechnung in regelmäßigen zeitlichen Intervallen z.B. die Prüfung der Wirksamkeit umgesetzter optimierender Maßnahmen.

Der Verzicht auf separat zu erfassendes und subjektives Expertenwissen ermöglicht die Aufstellung unternehmensübergreifend anwendbarer Berechnungsvorschriften. Neben der internen Maßnahmenvalidierung können die KPI somit in einem externen Benchmarking verwendet werden. Dieser Vergleich bietet die Möglichkeit zur Einordnung der erzielten KPI und somit die Effizienz-Bewertung des Portfolioaufbaus an einem tatsächlich realisierten Best-Practice-Wert. Jedoch ersetzt die Berechnung der KPI keine detaillierte Betrachtung des Variantenmanagements, unter Einbeziehung der Unternehmensausrichtung.

Weiteres Potential besteht in dem Aufbau einer Datenbank, als Zusammenfassung von bereits durchgeführten Unternehmensanalysen. Somit ergibt sich die Gelegenheit zur Identifikation von Abhängigkeiten zwischen Unternehmenscharakteristika und erzielten KPI-Werten.

Literaturverzeichnis

- Arnoscht, J., Lenders, M, Rudolf, S., Schuh, G. 2010: Effizienter innovieren mit Produktbaukästen, Studienergebnisse und Leitfaden – ein Beitrag zu Lean Innovation. <https://lean-innovation.de/de/veroeffentlichungen/PS-Baukasten.pdf>, 05.01.2017
- Beisheim, N. & Stotz, F. 2013: Key Performance Indicators for Design and Engineering. In: Bil, C. (Hrsg.); Rock, G. (Hrsg.); Stjepandić, J. (Hrsg.): Concurrent Engineering Approaches for Sustainable Product Development in a Multi-Disciplinary Environment. Proceedings of the 19th ISPE International Conference on Concurrent Engineering. London: Springer
- Bourier, G. 2011: Beschreibende Statistik, Praxisorientierte Einführung, Mit Aufgaben und Lösungen. 9. Aufl. Wiesbaden: Gabler
- Feldhusen, J. & Grote, K.-H. (Hrsg.) 2013: Pahl/Beitz Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung erfolgreicher Produktentwicklung. 8. Aufl. Berlin: Springer
- Gröppler, M. & Schabacker, M. 2013: Prozessindikatoren für die Produktentwicklung. Engineering-Prozesse einheitlich bewerten. <http://www.machinery.tv/de/video/-/video/7977>, 19.01.2017
- Horváth & Partners (Hrsg.) 2004: Balanced Scorecard umsetzen. 3. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag
- Junge, M. 2005: Controlling modularer Produktfamilien in der Automobilindustrie. Entwicklung und Anwendung der Modularisierungs-Balanced-Scorecard. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. 1996: The Balanced Scorecard. Translating Strategy into Action. Boston: Harvard Business School Press
- Kempf, S. & Siebert, G. 2008: Benchmarking. Leitfaden für die Praxis. 3. Aufl. München: Carl Hanser Verlag
- Menninger, R., Möller, K., Robers D. 2011: Innovationscontrolling. Erfolgreiche Steuerung und Bewertung von Innovationen. 1. Aufl. Stuttgart: Schäffer Poeschel
- Parmenter, D. 2010: Key Performance Indicators. Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. 2. Aufl. USA: John Wiley & Sons
- Rennekamp, M. 2013: Methode zur Bewertung des Komplexitätsgrades von Unternehmen. 1. Aufl. Aachen: Apprimus
- Rudolf, S., Schuh, G., Vogels, T. 2014: Performance Measurement of Modular Product Platforms. In: Variety Management in Manufacturing. Proceedings of the 47th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 2014, Volume 17, 266-271

Schmitz, K. H. 2017: Ermittlung modularer Produktarchitekturen auf Basis von Unternehmenswissen. Aachen: Shaker Verlag

Spiess, M. 2013: Entwicklung von Key Performance Indicators zur Senkung des CO₂-Ausstoßes entlang einer Supply Chain im Bereich der Lebensmittelindustrie. https://www.itpl.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Abschlussarbeiten/DA_2013_Spiess.pdf, 07.11.2016

Vogels, T. 2015: Controlling von Produktbaukästen. 1. Aufl. Aachen: Apprimus

Kontakt

Christian Wyrwich, M. Sc.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs

RWTH Aachen University

Institut für Maschinenelemente und Systementwicklung

Schinkelstraße 10

52062 Aachen

www.imse.rwth-aachen.de

