

Hofbauer, Günter; Oppitz, Volker

**Working Paper**

## Rangfolgemodelle zum Benchmarking von Innovationen

Arbeitsberichte - Working Papers, No. 31

**Provided in Cooperation with:**

Technische Hochschule Ingolstadt (THI)

*Suggested Citation:* Hofbauer, Günter; Oppitz, Volker (2014) : Rangfolgemodelle zum Benchmarking von Innovationen, Arbeitsberichte - Working Papers, No. 31, Technische Hochschule Ingolstadt (THI), Ingolstadt,  
<https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:573-5925>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/202583>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/>

*Working Papers*



Technische Hochschule  
Ingolstadt

*Zukunft in  
Bewegung*



*Prof. Dr. Günter Hofbauer,  
Prof. Dr. Volker Oppitz*

## ***Rangfolgemodelle zum Benchmarking von Innovationen***

### ***Abstract***

Der Innovationsgrad eines Neuproduktes ist ein Indikator für die Wettbewerbsfähigkeit und Marktakzeptanz. Basis dafür ist die Kenntnis der kaufrelevanten und wettbewerbsentscheidenden Produktmerkmale.

In diesem Working Paper wird mit dem Rangfolgemodell ein Instrument vorgestellt, mit dem das eigene Produkt mit den Wettbewerbsprodukten einem kritischen Vergleich unterzogen werden kann. Aus dieser Analyse erhält das Innovations- und das Produktmanagement konkrete Aufschlüsse im Hinblick auf Nachholbedarf im Bereich F&E als auch im Hinblick auf die Ausgestaltung der Neuprodukte mit bestimmten Features.

### *Key Words:*

Innovation, Innovationsgrad, Innovationsparameter,  
Innovationssättigung, Produktmanagement,  
Rangfolgeanalyse

# Ein Rangfolgemodell zum Benchmarking von Innovationen

von Günter Hofbauer<sup>1</sup> und Volker Oppitz<sup>2</sup>

Innovationen sind unabdingbar mit der Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit von Unternehmen verbunden<sup>3</sup>. Die zunehmende Globalisierung verschärft auch den Wettbewerb zwischen ihnen. In dieser Konkurrenzsituation muss das unternehmerische Erfolgspotenzial in Form von Innovationen deutlich erkannt und klar bestimmt werden. Untersuchungen der Ausbreitung der Produktinnovationen helfen, diese Prozesse besser zu durchdringen und Strategien der Forschung und Entwicklung [F&E] neuer Produktgenerationen für die Unternehmensführung zu begründen<sup>4</sup>. Die in diesem Working Paper vorgestellte Rangfolgebetrachtung ist hilfreich bei der Einschätzung der Innovationen in Bezug auf den Neuheitsgrad und die Erfolgsaussichten.

## 1 Rangfolgeanalyse der Produktinnovationen

### 1.1 Übersicht

Der Innovationsgrad der Produkte, Technologien und Organisation bestimmt maßgeblich die Leistungs- und Gewinnentwicklung der Unternehmen, im Wesentlichen über die Marktnachfrage den Umsatz und über den Abstand zwischen Preis und Kosten der Güter den Gewinn. Strategie und Steuerung der dynamischen und statischen Ausbreitung der Innovationen setzen eine gründliche Kenntnis der internationalen wissenschaftlich-technischen Entwicklung, der globalen Beschaffungs- und Absatzmärkte sowie der Innovationstrends der Wettbewerber voraus. Die Herstellerunternehmen müssen die Bedürfnislage der Anwender erforschen und den Bedarf der Märkte vorausschauend

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. rer. pol. Günter Hofbauer, Ingolstadt, stv. Vorsitzender der Europäischen Forschungs- und Arbeitsgemeinschaft e.V.

<sup>2</sup> Prof. (em.) Dr. rer. oec. habil. Volker Oppitz, Dresden, Vorsitzender der Europäischen Forschungs- und Arbeitsgemeinschaft e.V.

<sup>3</sup> Hofbauer/Körner/Nikolaus/Poost (2009).

<sup>4</sup> Oppitz/Kral/Haensel/Hofbauer in Hofbauer/Haensel (Hrsg.), S. 11ff

ermitteln, um über Neuentwicklungen und attraktive Sortimente den Absatz ihrer Produkte in Menge und Preis erfolgreich zu gestalten<sup>5</sup>.

Der durch wissenschaftlich-technische Produkt- und soziologisch-technische Marktanalysen objektivierte Innovationsgrad bildet den Ausgangspunkt der Aufgabenstellungen für Neuentwicklungen, für die Bestätigung der Pflichtenhefte<sup>6</sup> und die Zielstellungen des Marketing, besonders durch die Vorstände für F&E, Finanzen und Märkte (Absatz und Beschaffung), und für die Einordnung in die größeren betriebswirtschaftlichen Zusammenhänge (Abb. 1).

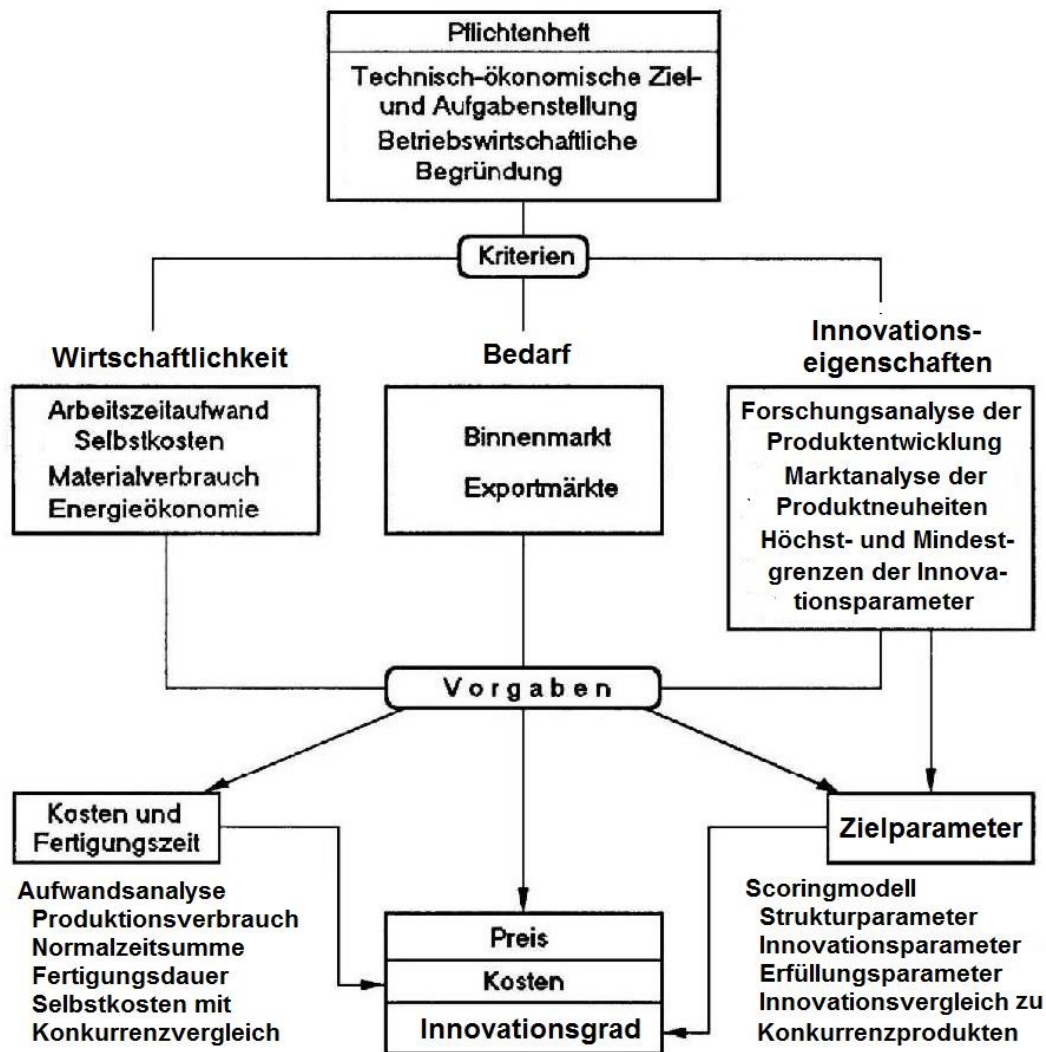


Abb. 1: Pflichtenheft-Beziehungen zwischen Innovationsgrad, Kosten und Preis

<sup>5</sup> Hofbauer/Sangl 2011, S. 366ff.

<sup>6</sup> Hofbauer/Sangl 2011, S. 370

## 1.2 Modellanforderungen

Für die Darstellung und analytische Auswertung der Ausbreitung der Innovationen sind dynamische und statische Beteiligungsfunktionen<sup>7</sup>, sog. Diffusionsfunktionen<sup>8</sup> zu entwickeln und anzubieten, um den Stand und die Entwicklungstendenz der Innovationen erfassen und bewerten zu können. Die Ausbreitungen der Innovationen verlaufen vertikal und horizontal:

- Die dynamische (vertikale) Diffusion der Innovationen beruht auf weltweiter Forschung und Entwicklung [F&E] und deren Umsetzung in die Produktion; sie prägt die zeitliche Wertentwicklung der Rangfolgeparameter der Produkte und äußert sich in der Nachhaltigkeit der Nachfrage nach diesen Gütern.
- Die statische (horizontale) Diffusion der Innovationen bezeichnet die zeitliche Marktausbreitung der Produkte; sie zeigt sich in den Veränderungen der Mengenanteile der verschiedenen Produktgenerationen im Bestand bei den Anwendern und im Innovationsgrad der Bestandsstrukturen.

Dynamische und statische Innovationen sind miteinander fest vernetzt, geprägt z. B. durch F&E - Kapazitäten und Kapitaleinsatz. Ihrer Komplexität wegen sind ihre Entwicklungen und Anwendungen unmittelbar auf der Vorstandsebene zu behandeln und zu entscheiden. Sie erfordern i. d. R. strategische Folgerungen nach innen und nach außen auf den Märkten im Vergleich zu Wettbewerbern.

Den dynamischen Innovationsgrad einer Produktgeneration beschreiben Rangfolgeparameter des Produktes für den vorgesehenen Verwendungszweck, die sich aus ihrer Gebrauchseignung für bestimmte Funktionen und Zwecke beim Anwender ergeben; sie stützen sich auf die wissenschaftlich-technischen und soziologischen Eigenschaften des Produktes, auf die Kenntnis der Anwenderbedürfnisse und die Marktnachfrage. Die Beurteilung der innovativen Ausprägung des Produktes entsteht durch Wertzuweisungen an die Rangfolgeparameter, die den erreichten Stand der Innovationen quantitativ ausdrücken und diesen gewissermaßen normativ zusammen zu fassen. Endgültig und objektiv äußert sich der tatsächliche Innovationsgrad im kreativen Design des Produktes und seiner Marktbewährung, subjektiv drückt er das persönliche Wertempfinden des Anwenders aus,

---

<sup>7</sup> Mathematische Beteiligungsfunktion beschreiben betriebswirtschaftliche Bewegungsgesetze, die sich als Interaktionen zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen identifizieren lassen.

<sup>8</sup> Hofbauer/Sangl 2011, S. 132ff und Hofbauer 2004

geprägt durch dessen Erkenntnis, wie nützlich das zur Verfügung stehende Produkt im Gebrauch ist.

Die Entwicklung des dynamischen Innovationsgrades vollzieht sich in *Produktformationen*, zusammengesetzt aus *Produktgenerationen*. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Diffusionsfunktionen der in aufeinanderfolgenden Produktgenerationen auftretenden Innovationen<sup>9</sup> eine übergreifende Funktionskurve besitzen (vgl. Abb. 2).

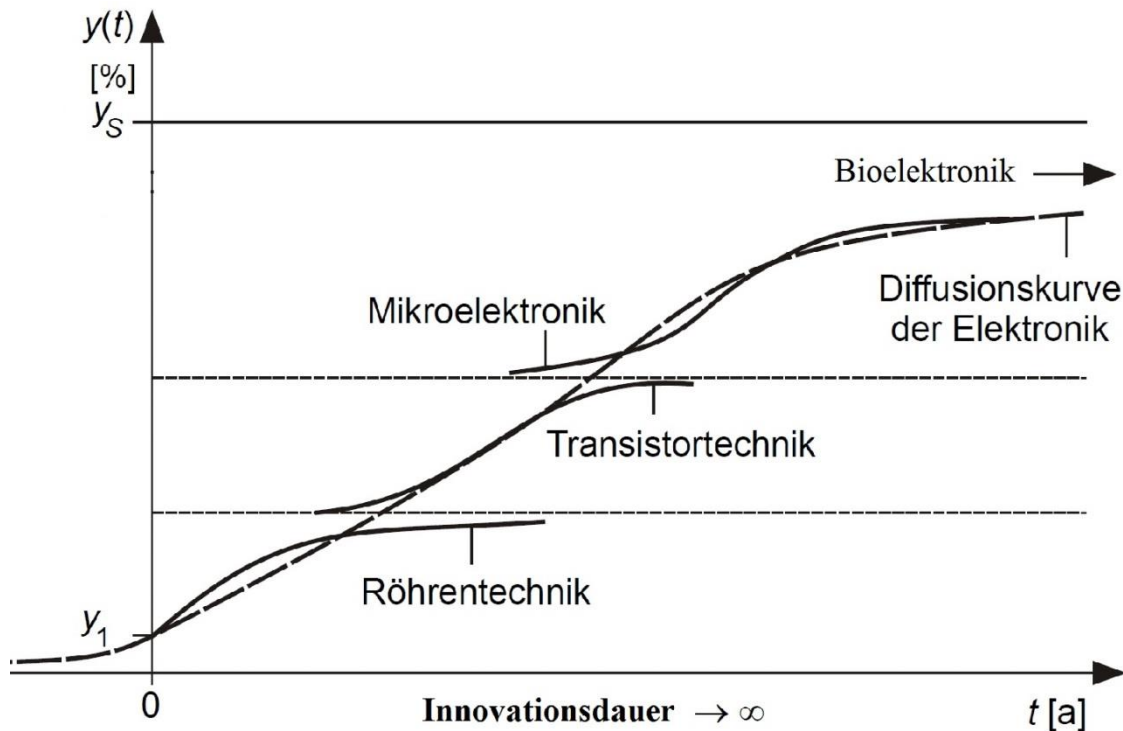


Abb. 2: Dynamische Innovationsausbreitung elektronischer Produkte

Die Sättigungsgrenze einer Produktgeneration verweist i. d. R. auf grundlegende Erkenntnisschranken, wie z. B. eine Naturkonstante (etwa die Lichtgeschwindigkeit). Solche Steigerungsperioden der Ablösung einer Produktgeneration durch eine neue dürften bei vielen empirischen Analysen der Innovationsausbreitung vorzufinden sein.

Das Aufkommen neuer Produktgenerationen<sup>10</sup> ist das Ergebnis sprunghafter Veränderungen der Technik, wie z. B. die Entdeckung von Schaltkreisen. Die wiederholte innovative Vervollkommnung bekannter Produkte stellt die evolutionäre Phase im dynamischen Ausbreitungsverhalten der Produktgenerationen dar, deren statische Ausbreitung sich über die Fertigung von Serien vollzieht. Innerhalb der Laufzeit der Produktformation sind die

<sup>9</sup> Vgl. Oppitz 2011/1, S. 357.

<sup>10</sup> Hofbauer et al. 2009, S. 48.

Innovationsgrade der Produktgenerationen zu bestimmen. Ein Umschlagspunkt der Produktinnovationen tritt ein, wenn eine neue, auf einem originären Lösungsprinzip beruhende Produktgeneration eine alte ablöst. Die alte stirbt ab, wenn die neue Produktgeneration alle von ihr abgedeckten Bedürfniskomponenten befriedigt, und die Vorgabe  $P_E$  ein günstigeres Preis-Verhältnis besitzt.

Die evolutionäre Phase einer Produktformation pflanzt sich immer dann fort, wenn die bisherigen Produktgenerationen einen kreativen Zuwachs an Innovationen erfahren, wie z. B. bei „Flachbild-Fernsehgeräten“; diese bilden eine Produktgeneration mit bedeutend höherem Innovationsgrad als die im alten Jahrtausend produzierten „Röhrengeräte“<sup>11</sup>, die seit dem Jahr 2000 zunehmend durch Flachbild-Fernsehgeräte abgelöst werden und zu einem Anstieg der statischen Innovationsausbreitung führen (vgl. Abb. 3)<sup>12</sup>.

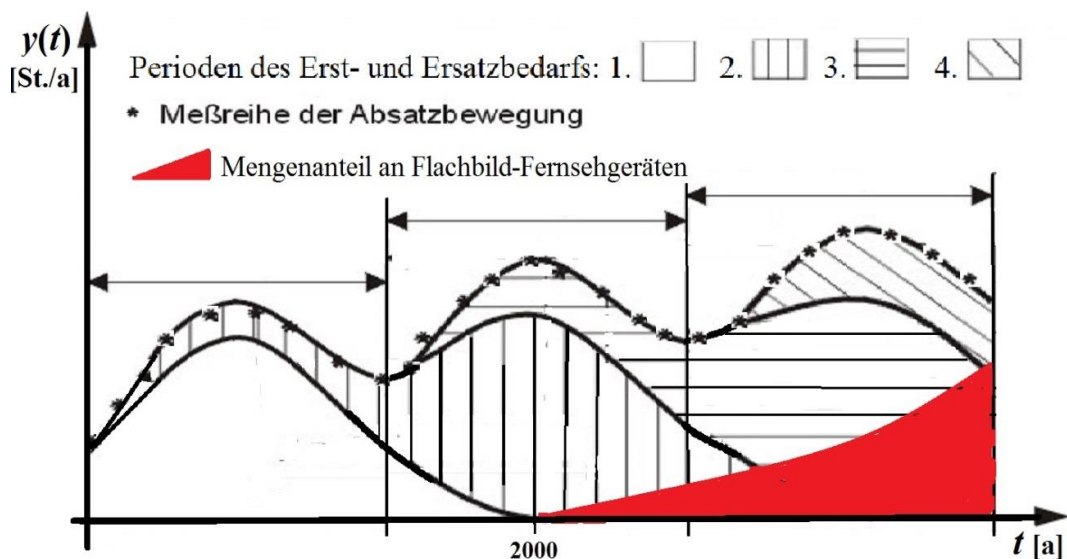


Abb. 3: Statistische Ausbreitung der Produktinnovationen

Mit Hilfe einer Beteiligungsfunktion der dynamischen Innovationsausbreitung und ihrer Komponenten, besonders aus der Berechnung der statischen Diffusionsdauer<sup>13</sup>, können analytische Eingangsgrößen für Beteiligungsfunktionen der statischen Innovationsausbreitung gewonnen werden. Das schafft gute theoretische Grundlagen, durch

<sup>11</sup> Benannt nach ihrem Kernmodul, der (Braunschen) Bildröhre, Baron Manfred von Ardenne entwickelte 1930/1931 die ersten dieser Röhrengeräte in Berlin.

<sup>12</sup> Vgl. Oppitz 2011/1, S. 108.

<sup>13</sup> Oppitz (2014), Abbildung 7: Produktinnovationen der Kabelformlege-Betriebsmittel (Prinzipiskizze).



Extrapolation zukünftige dynamische und statische Innovationsdaten zu ermitteln. Der durch fortschreitende Innovationen steigende Erstbestand sowie der durch moralischen und stofflichen Verschleiß der Produkte entstehende Ersatzbestand stehen dabei in einem sehr engen Zusammenhang.

### 1.3 Modellgestaltung

Rangfolgemodelle<sup>14</sup> stellen die Produkteignung für einen Gebrauchszweck nach *Nützlichkeit* (Anwender- und Marktbeurteilung der Ziel- und Innovationsparameter) und *Innovation* (Bewertung der Strukturparameter und Erfüllungssätze) dar<sup>15</sup> (vgl. Abb. 4).

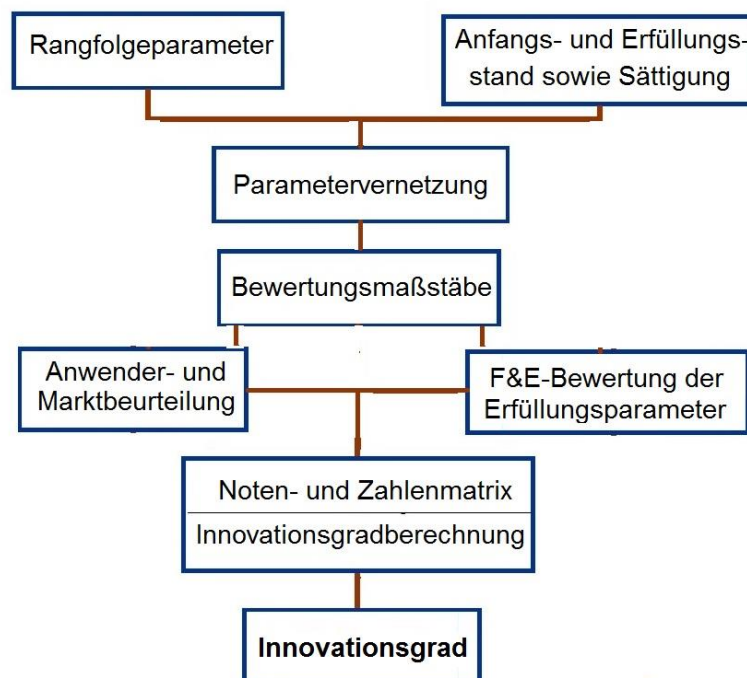


Abb. 4: Einordnung der Innovationsparameter in das Rangfolgemodell

Diese enthalten systematisierte Handlungsanleitungen zur komplexen Beschreibung der Eigenschaften von Akteuren, Gütern oder Prozessen. Ihre Entwicklung und Anwendung

<sup>14</sup> Oppitz (1995), S. 379/390.

<sup>15</sup> Hofbauer/Sangl 2011, S. 43ff.

geschieht i. d. R. im Gefolge des Entscheidungsablaufs in der Unternehmensführung, sie sind feste Bestandteile der Innovationsanalyse und der Vorbereitung innovativer Maßnahmen.

Der Innovationsgrad des Produktes wird im Modell durch die anwenderseitige und gutachterliche Bewertung der Rangfolgeparameter bestimmt (vgl. Tab. 1)<sup>16</sup>:

Erstens: Wertevergabe durch Sachverständige:

- *Erfüllungssätze*, ausgedrückt durch Kennzahlen oder linguistische Variable mit methodisch einheitlicher Auswahl.
- *Strukturparameter* für die Vernetzung der Ziel- mit Innovationsparametern.

Zweitens: Wertevergabe durch Anwender:

- *Zielparameter* für die Hauptmerkmale des Produktes; sie sollen die allgemeinen Innovationsansprüche der Anwender möglichst genau erfassen.
- *Innovationsparameter* für die Produkteigenschaften.

Die Konstruktion der Rangfolgemodelle ist unabhängig von Marktgebieten vorzunehmen, weil die Marktunterschiede durch die Anwender-Bewertungen erfasst werden.

Die sinnvolle praktische Verwendung eines Rangfolgemodelles setzt vor allem tiefe Kenntnisse des theoretischen Anliegens dieser Methode voraus. Die Entfaltung ihrer theoretischen Klarheit ist nicht möglich, ohne das grundsätzliche Anwendungsanliegen des Rangfolgemodelles und die bestmögliche Bewertungsvorgabe zu berücksichtigen. Das Hauptaugenmerk richtet sich auf solche Rangfolgeparameter, die sowohl auf die Entwicklungsprozesse als auch auf die Marktnachfrage anregend wirken und die bei der Umsetzung im Produkt ein günstiges Kosten- Leistungsverhältnis aufweisen.

---

<sup>16</sup> Beispiel einer Innovationsanalyse für Flachbild-Fernsehgeräte.

Zielparameter	Strukturparameter	Innovationsparameter	Erfüllungsansatz
Zweckbestimmung	Wiedergabequalität	Tonqualität	Tonart
			Tonausgangsleistung
	Programmvariable	Darstellung	Darstellungstechnik
			Darstellungsqualität
Extrainformation	externe Anzeige	HbbTV	
Komfort	Funktion	Funktionserweiterung	SmartTV
			EPZ
			PVR
		Bildaufbau	Bildwiederholungsrate
			Reaktionszeit
	Anschlüsse	Schnittstellen	WLAN / LAN
			HDMI / DVI
			USB
			SCART /VGA
			CI+ (Pay TV)
			SD / SSD
	Ausstattung	Zusatzausstattung	Satelliten-TV-Tuner
			WLAN-Modul
		Features	Gesichtserkennung
			Gestensteuerung
Split-Screen			
Sehkomfort	Bildqualität	Helligkeitsoptimierung	
		Kontrastverhältnis	
		Bildoptimierung	
Wirtschaftlichkeit	Zuverlässigkeit	Service	Ausfallquote
			Vor Ort Service
	Kosten	konstante Kosten	Lebensdauer
laufende Kosten		Leistungsaufnahme	
Design	Architektur	Geometrie	Bilddiagonale
			Gewicht
			Formgestaltung
Ökologie	Emission	Elektrische Einflüsse	Störstrahlung
			Störleistung
			Effizienzklasse

Tab. 1: Rangfolgemodell für Flachbild-Fernsehgeräte

EPZ: Elektronischer Programmzähler, PVR: Personal Video Recording

Dieses Streben nach bedarfsgerechter Innovationen<sup>17</sup> und damit nach Markt- und Anwenderwirksamkeit besitzt den Vorrang bei jeder Entwicklung der Produktgenerationen: Ihr Innovationsgrad hat mindestens dem Standard des Weltmarktes zu entsprechen und die Kosten müssen deutlich unter dem Preisniveau der Absatzmärkte liegen. Produkte, die diese Grundanforderungen<sup>18</sup> an Wirksamkeit nicht erfüllen, verursachen einen doppelten Verlust:

- Mangelhafte Produktinnovation beeinträchtigt die Wettbewerbs- und Marktstellung.
- Rückläufige Nachfragepotentiale des Marktes verringern den Umsatz.

Die Standpunkte der Anwender und Sachverständigen werden oft gegeneinander gestellt:

- Der Anwender mit seiner Erwartung, dass Rangfolgemodelle allgemeinverständlich und einfach zu handhaben sein müssten; bei ihm bestehen über die Rangfolgeparameter durchaus besondere, mehr oder weniger um den Gruppendurchschnitt schwankende Meinungen.
- Der Sachverständige, der alles vorausschauend und präzise so bespricht, dass die Zuverlässigkeit und Nützlichkeit des Rangfolgemodells bezweifelt oder verneint wird. Aber für die Sachverständigen kommt es darauf an, sowohl die Rangfolgeparameter als auch die von der Kaufkraft her als künftige Anwender auftretenden Nachfrager analytisch zu erfassen, um deren voraussichtliche Reaktion auf die vorgesehene Innovation zu erkunden.

Objektive und subjektive Faktoren wie Bevölkerungsstruktur, Forschungskultur, Geschmack, Produktionsweise, Gewohnheiten und Traditionen, Sitten und Gebräuche bestimmen die Ausprägung einer auf einem Markt vorherrschenden Innovationsbewertung. Die sinnvolle Synthese für ein bestmögliches Rangfolgemodell zur Bestimmung des Innovationsgrades für ein Produkt besteht in der Verankerung seiner Rangfolgeparameter durch Sachverständige, nicht im Aushandeln von Übereinkünften.<sup>19</sup> Nur die logische Vernetzung der Wunschvorstellungen der Anwender mit den fachlichen Maßstäben der Sachverständigen kann die strukturellen und inhaltlichen Zusammenhänge über Zweck, Rang und Stimmigkeit der Erfüllungssätze der Innovationen angemessen erfassen. Am Ende hängt der Erfolg, vernünftige Marktanalyse vorausgesetzt, von der Produktnachfrage ab. Die

---

<sup>17</sup> Hofbauer 2012

<sup>18</sup> Hofbauer/Bergmann 2008, S. 276ff.

<sup>19</sup> Bechmann (1989), S. 53.

unternehmerische Funktion der Rangfolgemodelle als Entscheidungskriterium und Handlungsanleitung setzt dafür die Rahmenbedingungen.

Die Innovationsermittlung im Rangfolgemodell besteht aus folgenden Teilgebieten:

- Rangfolgemodellierung: Sie hat die Aufgabe, die Rangfolgeparameter eines Produktes zu vernetzen und die Ziel- und Innovationsparameter soziologisch zu bewerten. Die Erfassung der Ansprüche der Anwender an den Innovationsgrad setzt gute Marktkenntnisse voraus; sie sind zugleich unentbehrlich, um eine wirksame Marktarbeit zu betreiben.
- Strukturparameter und Erfüllungssätze: Analytisch-prognostische Untersuchung ihrer soziologischen und technisch-wirtschaftlichen Reife durch Sachverständige.

Um die Wirkung einer Produktinnovation beurteilen zu können, sind Absatzanalysen vorzunehmen, die sich auf die betreffenden Bedarfskomplex und Anwendergruppen erstrecken, die auf ihrem Markt die zur Bedarfsdeckung benötigten Produkte erwerben. Die Anwenderabhängigkeit der Innovationen lässt es geraten erscheinen, bereits vor der Begründung der Aufgabenstellung für die Entwicklung der Produktgenerationen eine Marktorientierung vorzugeben. Unterschiedliche Absatzmärkte für eine Produktgeneration können als Ergebnis von Innovationsanalysen die Sachverständigengruppe veranlassen, Variantenausführungen im Pflichtenheft festzulegen, um durch ein für viele Anwender attraktives Produktangebot den Umsatz mit hoher betriebswirtschaftlicher Wirksamkeit zu steigern. Die Produktgeneration ist demzufolge immer für die betreffenden Beschaffungs- und Absatzmärkte sowie die hauptsächlichen Anwendergruppen zu entwickeln und zu produzieren. Um dies rationell zu verwirklichen, ist häufig ein modularer Produktaufbau zu wählen.

Mit dem Ziel, die Produkte mit Gewinn abzusetzen, verbindet sich die Aufgabe, *Marktchancen* zu erforschen, *Strategien* zu entwickeln und *Planungen* vorzunehmen, welche Produkte wie auf dem Markt anzubieten sind (Werbung, Preise, Service usw.), welche Absatzmärkte und Anwendergruppen in Betracht kommen, wie groß das Marktpotenzial und der Vertrieb zu gestalten ist<sup>20</sup>. Für die ganzheitliche Bewertung ist die Vernachlässigung der Ziel- und Strukturparameter beim Verfahren nur der Wertangabe der Erfüllungssätze an die Innovationsparameter unzureichend. In einem Rangfolgemodell ist das Produkt in vier

---

<sup>20</sup> Hofbauer 2004 und Hofbauer et al. 2009.

Rängen zu strukturieren, die *systemische Verflechtung der Rangfolgeparameter* anzuwenden und mit den Erfüllungssätzen in der vierten Ebene zu vernetzen.

## 1.4 Bewertung der Rangfolgeparameter

Mögliche Verfahren der Rangfolgeanalysen nach Produktgenerationen und Bestandsstrukturen sind:

- **Feldforschung (Primärerhebungen):** meist statistische oder (seltener) kompetente Bewertung der Rangfolgeparameter in Form experimenteller Untersuchungen, Beobachtungen, Befragungen von Anwendergruppen (Panel) oder Grundgesamtheiten. Panelerhebung, wenn i. d. R. keine Grundgesamtheit befragt werden kann: Eine durch eine Zufallsstichprobe bestimmte feststehende Gruppe von Auskunftssubjekten, wie z. B. Anwender, Ingenieure, werden persönlich, schriftlich oder fernmündlich über einen längeren Zeitraum zur Bewertung der stets gleichen Rangfolgeparameter befragt.
- **Materialforschung (Sekundärerhebung):** Recherche und Auswertung einschlägiger Archivalien (Patente, Pflichtenhefte) und Publikationen.

Die erhobenen Daten sind Bestandteil der wissenschaftlich-technischen Vorlaufforschung sowie der Anwenderbeurteilung, die sich ständig oder punktuell mit der systematischen Auswertung der Ergebnisse der Grundlagenforschung, den F&E - Bedingungen und Marktverhältnissen befasst; sie werden mit statistischen Verfahren aufbereitet und einer Sachverständigengruppe für die Rangfolgeanalyse zur Verfügung gestellt. Diese beobachtet, bezogen auf Produktgenerationen und Marktgebiete, in festgelegten Untersuchungszeiträumen die Produkterneuerungen und Markterscheinungen. Mögliche Entwurfsstufen eines Rangfolgemodells sind:

- **Bewertungsanspruch:** Das neue Produkt ist ausgehend von den Erfüllungsparametern so zu entwickeln und zu gestalten, dass es beim Anwender Anklang findet, um über möglichst hohe Umsätze den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens zu sichern.
- **Bewertungsdauer:** Sie liegt im Definitionsbereich der Innovationsdauer. Vor Beginn der Produktentwicklung bietet sich als erste Wahl die kompetente Bewertung der Ziel- und Innovationsparameter mit ausgewählten Anwendern an, da künftigen Anwendern das Produkt unbekannt ist. Sie enthält einen systematischen Fehler: Je nachdem, wie diese Innovationsbewertungen mit dem Durchschnittsempfinden der Anwender übereinstim-

men, ist der Fehler umso kleiner, je repräsentativer die Bewerter sind. Als Konsequenz ergibt sich: Die kompetent ermittelten Maße für eine Produktgeneration dürfen nur dann miteinander in Vergleich treten, wenn sie von ein und demselben Panel stammen.

Bei späteren Anwendertests, erst recht nach der Markteinführung, sollte die kompetente Bewertung durch Zufallsstichproben ersetzt werden.

- **Bewertungsinhalt:** Die Werte der Rangfolgeparameter widerspiegeln hinreichend genau die Ansprüche an den Innovationsgrad des Produktes; sie drücken sich in Kennzahlen<sup>21</sup> oder linguistischen Variablen<sup>22</sup> aus.
- **Bewertungsprofil:** Die Verankerung des Modells in einzelne Sachverständigen- und Anwenderebenen und deren geordnete Verflechtung gewährleistet die Versachlichung der Bewertungsvorgänge und deren Zusammenfassung in einem Innovationsgrad!

Z	Zielparameter	S	Strukturparameter	I	Innovationsparameter	P	Erfüllungsansatz		
5	Zweckbestimmung	[2]	Wiedergabequalität	2	Tonqualität		Tonart		
							Tonausgangsleistung		
		[5]	Programmvariable	3	Darstellung		Darstellungstechnik		
							Darstellungsqualität		
		[1]	Extrainformation	1	externe Anzeige		HbbTV		
3	Komfort	[4]	Funktion	3	Funktionserweiterung		SmartTV		
							EPZ		
							PVR		
						3	Bildaufbau		Bildwiederholungsrate
									Reaktionszeit
			[3]	Anschlüsse	3	Schnittstellen		WLAN / LAN	
								HDMI / DVI	
								USB	
								SCART /VGA	
								CI+ (Pay TV)	
						SD / SSD			

<sup>21</sup> Wissenschaftlich-technische Daten, wie z. B. über konstruktive, bedienungstechnische Funktionen, technisch-wirtschaftliche, wie z. B. Lebensdauer, Betriebskosten, Wartungs- und Reparaturaufwand.

<sup>22</sup> *Ästhetische Merkmale*, wie z. B. Funktionalität, Gestaltung, Design, Proportionen, Form, Größe, Verpackung. *Symbole*, wie z. B. Wirkung von Markennamen und gewisser Produkteigenschaften auf Anwenderschichten. *Leistungsumfeld*, wie z.B. Vermeidung von Umweltschäden, den Stoffkreislauf belastenden Materialeinsatz, Minderung karzinogener und allergener Nebenwirkungen, Anwenderdienst, Bedienungshilfen, Beratungskomfort. Vgl. Oppitz 2011/1, S. 29/31.

Z	Zielparameter	S	Strukturparameter	I	Innovationsparameter	P	Erfüllungsansatz		
		[2]	Ausstattung	1	Zusatzausstattung		Satelliten-TV-Tuner		
								WLAN-Modul	
				1	Features		Gesichtserkennung		
								Gestensteuerung	
							Split-Screen		
		[4]	Sehkomfort	5	Bildqualität		Helligkeitsoptimierung		
									Kontrastverhältnis
									Bildoptimierung
5	Wirtschaftlichkeit	[5]	Zuverlässigkeit	5	Service		Ausfallquote		
							Vor Ort Service		
		[5]	Kosten	5	konstante Kosten	Lebensdauer			
					laufende Kosten	Leistungsaufnahme			
2	Design	[2]	Architektur	3	Geometrie		Bilddiagonale		
							Gewicht		
							Formgestaltung		
3	Ökologie	[4]	Emission	3	elektrische Einflüsse		Störstrahlung		
							Störleistung		
							Effizienzklasse		
	<b>4 * W<sub>1</sub></b>		<b>3 * W<sub>2</sub></b>		<b>2 * W<sub>3</sub></b>				

Tab. 2: Rangfolgewerte ohne Erfüllungssätze für Flachbild-Fernsehgeräte

(EPZ: Elektronischer Programmzähler, PVR: Personal Video Recording)

- Bewertungstechnik: Die duale Aufteilung der Bewertung soll die angestrebte Einheit der versachlichten Beurteilung durch Fachleute und der mehr oder weniger instinktiven, kognitiven und optativen Bewertung durch Anwender ausdrücken. Bei Befolgung der angegebenen Regeln ergeben sich eindeutige Wertzuordnungen für die Rangfolgeparameter!

Die Bewertung ist nur sinnvoll und erfolgreich, wenn die Modellkonstruktion auf der Einheit von Objektivität und Subjektivität beruht. Sachverständige müssen in der Lage sein, diesen Anforderungen zu entsprechen, da sie sonst Fehler durch unzulässig verwendete Konstruktionsmethoden verursachen würden, die bei der Ermittlung von Innovationsgraden zu falschen Bewertungen oder gar unsinnigen Entscheidungen führen würden (vgl. Tab. 2).



Besonderheiten eines Marktes werden durch Rangzahlen der Spalten ausgedrückt, wie z. B.:  $W_1 = 4$ ;  $W_2 = 3$ ;  $W_3 = 2$  und  $W_4 = 1$  (bedeutungslos). Die Beziehungen der Bewerter zu den Rangfolgeparametern sind folgende:

- Der Anwender geht von der vermuteten Nützlichkeit des Gebrauchs der Rangfolgeparameter aus, beeinflusst durch das unmittelbare Erleben, durch Bildung einer Modellvorstellung oder die Erinnerung an ähnliche Rangfolgeparameter. Es besteht eine kognitive Zu- oder Abwendung zum Rangfolgeparameter. Die Marktansprüche werden bei der Wertevergabe der Ziel- und Innovationsparameter durch Anwenderbefragungen dargestellt.
- Der Sachverständige vergleicht den Strukturparameter in Bezug auf dessen Einfluss auf die Produktinnovation und den Erfüllungssatz hinsichtlich seiner Wirkung auf dessen Innovationsparameter. Subjektiv ist er gehalten, objektive Maßstäbe anzuwenden, neutral zu sein und keine Gefühle über gut oder schlecht zu benutzen. Die Werte der Strukturparameter und Erfüllungssätze sollen die wissenschaftlich-technischen Innovationsansprüche möglichst genau und unabhängig vom Einzelanwender widerspiegeln.

Damit werden alle Vorgaben in die Berechnung der Erfüllungssätze einbezogen, aber mit wachsender Zahl verschiedener Innovationslösungen werden mehr und mehr vereinheitlicht. Die in Spalten stehenden 1. Zielparame-ter, 2. Strukturparameter, 3. Innovationsparameter und 4. Erfüllungssätze werden wie folgt bewertet: Spalten 1 und 3 durch Anwender (keine Klammer), Spalten 2 und 4 (eckige Klammer) durch Sachverständige. Die Erfüllungssätze  $P_i$  werden mit der Innovationsnote  $R_i$  vervielfacht und durch die Summe der Produkte  $Z_i W_1$ ,  $S_i W_2$ ,  $I_i W_3$  dem Innovationsmaximum (entspricht 100 %)  $G$  geteilt: Das Ergebnis ist der Innovationsgrad  $g_i$  (Tab. 3).

Parameter	S	Parameter	S
Anzahl der Innovationsparameter	$n$	Wert der Innovationsparameterspalte	$W_3$
Erfüllungssatz, $i$ -te Rangzeile	$P_i$	Wert der Strukturparameterspalte	$W_2$
Innovationsnote, $i$ -te Rangzeile	$R_i$	Wert der Zielparameterspalte	$W_1$
Innovationsgrad, $i$ -te Rangzeile[%]	$g_i$	Wert des Innovationsparameters, $i$ -te Rangzeile	$I_i$
Innovationsmaximum ( $N \equiv 100$ %)	$G$	Wert des Strukturparameters, $i$ -te Rangzeile	$S_i$
Innovationsgrad (des Produktes) [%]	$N$	Wert des Zielparameters, $i$ -te Rangzeile	$Z_i$

Tab. 3: Bezeichner  $S$  der Rangfolgeparameter ( $S \dots$  Symbol)

Z	S	I	R	P	g [%]
5	2	2	30,00	22,66	0,663
5	2	2	30,00	34,62	1,013
5	5	3	41,00	36,51	1,460
5	5	3	41,00	38,52	1,541
5	1	1	25,00	11,49	0,280
3	4	3	30,00	38,53	1,128
3	4	3	30,00	20,83	0,610
3	4	3	30,00	12,75	0,373
3	4	3	30,00	43,76	1,281
3	4	3	30,00	21,42	0,627
3	3	3	27,00	32,91	0,867
3	3	3	27,00	30,57	0,805
3	3	3	27,00	29,76	0,784
3	3	3	27,00	19,53	0,514
3	3	3	27,00	47,51	1,251
3	3	3	27,00	34,75	0,915
3	2	1	20,00	41,68	0,813
3	2	1	20,00	26,91	0,525
3	2	1	20,00	33,54	0,654
3	2	1	20,00	21,89	0,427
3	2	1	20,00	37,21	0,726
3	4	5	34,00	22,34	0,741
3	4	5	34,00	37,81	1,254
3	4	5	34,00	19,92	0,661
5	5	5	45,00	16,45	0,722
5	5	5	45,00	44,75	1,965
5	5	5	45,00	76,76	3,370
5	5	5	45,00	16,68	0,732
5	4	1	34,00	65,82	2,183
2	2	3	20,00	52,09	1,016
2	2	3	20,00	83,33	1,626
3	4	3	30,00	22,74	0,666
3	4	3	30,00	24,67	0,722
3	4	3	30,00	84,25	2,466
<b>4 W<sub>1</sub></b>	<b>3 W<sub>2</sub></b>	<b>2 W<sub>3</sub></b>	<b>1025,00</b>		<b>35,381</b>

Tab. 4: Innovationsberechnung für das Rangfolgemodell (vgl. Abb. 4)

An die Berechnung knüpft die Bestimmung des Innovationsgrades des Produktes  $N$  an, der Summe der Innovationsgrade  $g_i$  (vgl. Tab. 4):

$$R_i = Z_i \cdot W_1 + S_i \cdot W_2 + I_i \cdot W_3, \quad G = \sum_{i=1}^n R_i, \quad g_i = \frac{R_i \cdot P_i}{G}, \quad N = \sum_{i=1}^n g_i.$$

Die Verflechtung und Bewertung der Rangfolgeparameter erlauben es, für jeden Innovationsparameter den Erfüllungssatz  $g_i$  zu berechnen, der für ein bestimmtes Marktgebiet als typisch zu betrachten ist, und daraus den Innovationsgrad des Produktes zu bestimmen (vgl. Tab. 3).

Der Innovationsgrad des Flachbild-Fernsehgerätes beträgt in diesem Anwendungsbeispiel  $N = 35,38 \%$ . Die nächste Produktgeneration muss, vorausgesetzt, dass für alle künftigen Berechnungen das Innovationsmaximum  $G$  beibehalten wird, einen höheren Innovationsgrad aufweisen. Das gilt auch, wenn Vorgaben  $P_E$  für Erfüllungssätze eintreten, die über der Sättigung  $P_S$  liegen. Das hat zur Folge, dass der Erfüllungssatz  $P_i > 1$  größer eins wird. Im besten Fall könnte das bedeuten, dass – wenn diese Entwicklung auf viele Parameter zutrifft – die dynamische Ausbreitung der Innovationen einer höheren Sättigung zustrebt. Dann sind die bisherigen Modellansätze auf den neuesten Stand zu bringen! Das ist Ausdruck für die bekannte Erscheinung, dass nicht selten die Wirklichkeit eine früher angenommene Wissensschränke nicht nur einholt, sondern dank der unternehmerischen Innovationsstrategie auch überholt.

## 2 Innovationsparameter und Erfüllungssätze

Die Wertzuweisung an Innovationsparameter des Produktes erfolgt durch Erfüllungssätze  $P_i$ ; sie entsprechen, wenn die Sachverständigen höchstes Fachwissen einbringen, einer Durchschnittsbildung mit einem hohen Grad der Objektivität. Diese Erfüllungssätze treten als linguistische Noten [Erfüllungsnoten] und statistische Kenngrößen für quantitative Maßeinheiten [Erfüllungsmaße] auf; sie dienen außer innovationsanalytischen Vergleichszwecken auch vorausschauenden technisch-wirtschaftlichen Entscheidungen, wie z. B. der Begründung der Vorgaben im Pflichtenheft der Produkte:

- Der Anfangsstand  $P_A$  (status nascendi), im Allgemeinen die Feststellung für das erstmalige Auftreten des Innovationsparameters, verkörpert den technischen Mindestanspruch, der meist durch die Geschichte der Naturwissenschaften und Technik zu erforschen ist; wenn der Anfangsstand nahe Null liegt, ist er durchaus auch mit Null anzusetzen.
- Die Sättigung  $P_S$  (Höchststand) verkörpert die theoretisch begründete Sättigung des Innovationsparameters. Die Wertbestimmung ist aus naturwissenschaftlich-technischen Erkenntnissen abzuleiten; sie verlangt eine hohe wissenschaftliche Abstraktionsleistung. Einmal vorgegeben, üben sie Maßstabsfunktionen aus, die, wenn sie realistisch sind, Innovationen anregend, aber auch, zu hoch angesetzt, entmutigend wirken können.

- Die Vorgabe  $P_E$  (Verlauf des Sättigungs-, Pflichtenheftziels) besteht aus Sicht des technischen Entwicklungsstandes und Marktwettbewerbes aus Wertorientierungen für die Entwicklung der Innovationsparameter; bei Rückschauanalysen betrifft es ehemalige Vorgaben.

Einfache Verhältniszahlen entstehen, wenn der Anfangsstand  $P_A$  als Mindestforderung und die Sättigung  $P_S$  als theoretisch mögliche Vorgabe  $P_E$  zu berücksichtigen ist. Anfangsstände und Sättigungen liefern unterschiedliche Ergebnisse, wie z. B.:  $A \dots$  Anfangsstand,  $B \dots$  Vorgabe,  $C \dots$  Höchstsättigung,  $D \dots$  Mindest- und Höchstsättigung (vgl. Abb. 5).

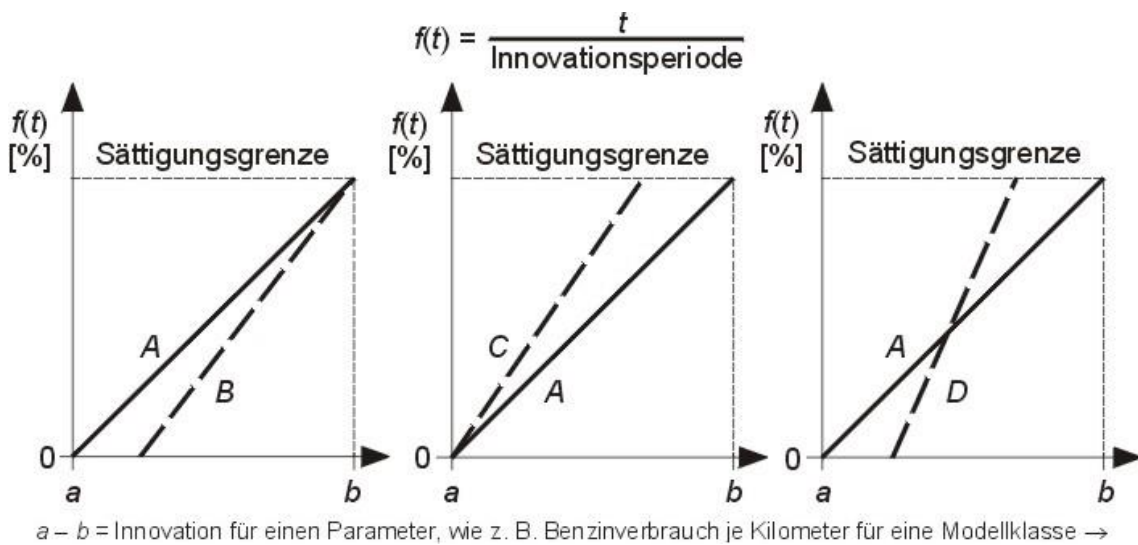


Abb. 5: Einfluss bei linearer Skalierung der Erfüllungssätze

Durch die Wahl eines Bezugswertes kann ein Forschungsziel, eine Marktaufgabenstellung, ein Standard, eine Lizenzlösung usw. vorgegeben werden. Die *Benotung* ist Ausdruck allgemeiner Werturteile durch Sachverständige anhand verschiedenster Werteskalen. Sie gestattet die dimensionslose Darstellung der Vergleichsanalyse verschiedener Innovationslösungen durch Spinnendiagramme<sup>23</sup> (vgl. Abb. 6), Bewertungsmatrizen usw., bei der die Produkte anhand der Erfüllung jedes Bewertungskriteriums (Vergleichsparameters) beurteilt werden.

<sup>23</sup> Je kleiner die Fläche der Erfüllungssätze, desto besser ist das Produkt.

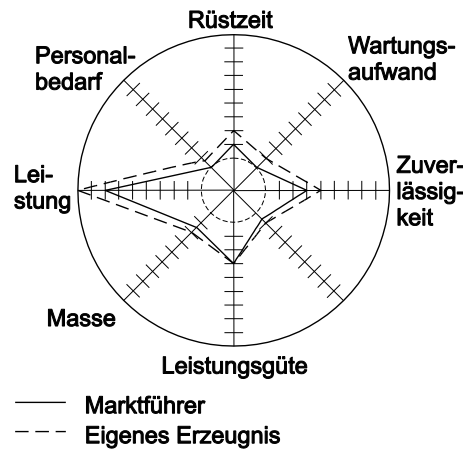


Abb. 6: Spinnendiagramm der Erfüllungssätze von zwei Werkzeugmaschinen

Bei der *Platzbewertung* wird die Vergleichsanalyse verschiedener Innovationen in ihrer Reihenfolge durch die Vergabe von Rangnoten festgelegt. Das ist nur sinnvoll, wenn die absoluten Werte für die bestimmenden Erfüllungssätze der Vergleichsanalyse verschiedener Innovationslösungen nicht hinreichend genau bestimmt werden können.

Bei Erreichen der wissenschaftlich-technischen Sättigung beträgt der Erfüllungssatz definitionsgemäß  $P = 1$ . Je mehr er sich ihm annähert, umso hochwertiger ist die Vorgabe. Aus Anfangsstand  $P_A$ , Vorgabe  $P_E$  und Sättigung  $P_S$  ergibt sich der Erfüllungssatz  $P$ :

$$P = \frac{P_E - P_A}{P_S - P_A}, \quad \text{Bedingunge n: } P_E > P_A, \quad P_A < P_S \dots \text{konstant.}^{24}$$

Erfüllungssätze sind besonders gut, wenn die Einflussgrößen experimentell bestimmt werden können, wie z. B. Länge der Bildschirmdiagonale, Anzahl der High Definition Multimedia Interface [HDMI-] Anschlüsse, oder rechnerisch mit Standards, verbindlichen Kennzahlen, wie z. B. die Leistungsaufnahme:

Anfangsstand	$P_A$	=	100	Wh
Vorgabe	$P_E$	=	65	Wh
Sättigung	$P_S$	=	40	Wh
<hr/>				
Erfüllungssatz	$P$	=	58,00	%

<sup>24</sup> Besteht die Sättigungswert in einem Tiefstwert wie beim nachfolgenden Beispiel, dann gilt vorstehende Formel in gleicher Weise, weil ein Minus-Zähler und Minus-Nenner auftreten.

Sanfte Erfüllungsparameter, wie z. B. Bedienungsfreundlichkeit, formgestalterische Merkmale, Service, sind durch linguistische Variablen mit Noten zu bewerten, wie z. B. bestimmte Erfüllungsparameter (vgl. Tab. 5) bei einem internet- und netzwerkfähigen Fernsehgerät [Smart-TV].

S	Linguistische Variable	Note	P [%]
$P_A$	Nicht verwirklicht	0	
$P_E$	Vorbereitet	1	33,33
$P_E$	Eingebaut	2	66,67
$P_S$	Serververnetzung	3	

Tab. 5: Erfüllungsparameter für Smart-TV (S...Symbol)

Aus vorausschauenden Gründen sollten auch theoretisch denkbare Innovationsparameter mit Erfüllungssätzen:  $P_i = 0$ , berücksichtigt werden, die in der Unternehmenspraxis noch nicht zu verwirklichen sind. Wenn eine Pflichtenheftvorgabe vom wissenschaftlich-technischen Vorlaufstand aus möglich, aber fehlender Ressourcen wegen nicht zu verwirklichen ist, trägt seine Benennung als Innovationsparameter dazu bei, die Denkarbeit schon mit der Vorbereitung des Pflichtenheftes auf einen höheren technischen Entwicklungsstand zu richten. Das stützt auch die Erfahrung, dass die spätere erstmalige Verwirklichung einer Innovation, die noch kein Konkurrenzprodukt aufweist, zu einem durchschlagenden Markterfolg führen kann.

Für alternative Erfüllungssätze, die nur eine der beiden Zustände annehmen können: *vorhanden oder nicht vorhanden*, gilt: Sättigung  $P_S = 1$ , Anfangsstand  $P_A = 0$ . Die Vorgabe  $P_E$  kann folglich nur einen der beiden Kennzahlen oder linguistische Variablen annehmen. Ein Fernsehgerät hat z. B. eine CI + Schnittstelle<sup>25</sup>  $P_i = 1$  oder hat keine  $P_i = 0$  (vgl. Tab. 6).

Innovationsparameter	Erfüllungsbezüge für $P_A$ , $P_S$ und $P_E$
Tonart	1 = Stereo, 2 = Dolby, 3 = surround
Tonausgangsleistung	Watt
Darstellungstechnik	1 = Plasma, 2 = LCD/LED, 3 = OLED
Darstellungsqualität	1 = HD/HD+, 2 = FullHD, 3 = UHD
HbbTV	0 = nein, 1 = ja

<sup>25</sup> Common Interface: Allgemeine Schnittstelle zur Übertragung von digitalen Inhalten für Flachbild-Fernsehgeräte einen CI-Schacht. Karten, die in diesen Schacht passen, heißen CI-Module.

Innovationsparameter	Erfüllungsbezüge für P <sub>A</sub> , P <sub>S</sub> und P <sub>E</sub>
SmartTV	0 = nein, 1 = ja
EPZ	0 = nein, 1 = ja
PVR	0 = nein, 1 = ja
Bildwiederholungsrate	1 = 100Hz, 2 = 200Hz, 3 = 600Hz
Reaktionszeit	1 = >5ms, 2 = <5ms
WLAN / LAN	0 = nein, 1 = ja
HDMI / DVI	0 = nein, 1 = ja
USB	0 = nein, 1 = ja
SCART /VGA	0 = nein, 1 = ja
CI+ (Pay TV)	0 = nein, 1 = ja
SD / SSD	0 = nein, 1 = ja
Satelliten-TV-Tuner	0 = nein, 1 = ja
WLAN-Modul	0 = nein, 1 = ja
Gesichtserkennung	0 = nein, 1 = ja
Gestensteuerung	0 = nein, 1 = ja
Split-Screen	0 = nein, 1 = ja
Helligkeitsoptimierung	0 = nein, 1 = ja
Kontrastverhältnis	0 = nein, 1 = ja
Bildoptimierung	0 = nein, 1 = ja
Ausfallquote	1 = >5%, 2 = <5%
Vor Ort Service	0 = nein, 1 = ja
Lebensdauer	in Jahren
Leistungsaufnahme	Watt
Bilddiagonale	1 = 32-40Zoll, 2 = 41-50Zoll, 3 = 51-65Zoll
Gewicht	In kg
Formgestaltung	1 = Spitzendesign
Störstrahlung	1 = keine
Störleistung	1 = keine
Effizienzklasse	0 = A, 1 = A+, 2 = A++

Tab. 6: Erfüllungsbezüge für Rangfolgeparameter der Flachbild-Fernsehgeräte

Oft ist es zweckmäßig, die Erfüllungssätze hinsichtlich der Materialkosten zu untersuchen, um die Vorgaben für die Erfüllungsparameter nochmals aus Materialkostensicht zu überprüfen und dafür Kostengrenzen für das Pflichtenheft abzuleiten. Die Kosten sind innerhalb der gesetzten Grenzen in der Auswertung der Rangfolgeanalyse zu optimieren, um den höchstmöglichen Zuwachs an Innovationsgrad des Produktes bei niedrigem Kostenaufwand zu ermitteln.

Die Materialkostenfaktoren je Erfüllungssatz  $g_i$  umfassen den einmaligen Beschaffungsaufwand einschließlich der Kapitalkosten für die Lagerhaltung, die laufenden Materialkosten und die voraussichtliche Seriengröße der zur Realisierung der Vorgabe notwendigen Stückzahl, die hinsichtlich des Baugruppenbedarfs größer sein kann als die Serienstückzahl des Produktes.

Ebenso brauchen beim einzelnen Erfüllungssatz nicht immer einmalige Beschaffungskosten aufzutreten, weil sehr oft die zur Beschaffung erforderlichen Vorleistungen in den laufenden Kosten berücksichtigt werden.

$$A_{Mi} = A_{Si} + \frac{A_{Ei}}{Q_{Si}} \quad i = 1, \dots, m$$

$A_M$  Materialkosten des Innovationsparameters [€/Stück]

$A_S$  Serienkosten [€/Stück]

$A_E$  Einmalige Kosten [€/Serie]

$Q_S$  Seriengröße des  $i$ -ten Erfüllungssatzes [Stück/Serie]

$m$  Anzahl der Innovationsparameter.

Zur Verdeutlichung für Erfüllungssätze von Flachbild-Fernsehgeräten folgende Annahmen:  
Zur Erhöhung des Innovationsgrad des Produktes um ein Prozent sind je Gerät erforderlich:  
Für

- einen CI-Schacht 7,19 € Materialkosten,
- die Verbesserung der Ton-Ausgangsleitung 9,38 € Materialkosten.

Solche Angaben gestatten es, Entscheidungen über die Vorgaben der Entwicklung der Produkte zu optimieren. Hier ist durch die Unternehmensführung zu entscheiden, ob es sinnvoll ist, den Innovationsgrad überhaupt zu erhöhen und, falls doch, über den CI-Schacht oder die Ton-Ausgangsleistung.

## 3 Funktionalisierung zeitabhängiger Erfüllungssätze

### 3.1 Deduktive Funktionstypen

Aus der zeitlichen Folge der Innovationsgrade der Produktgenerationen ergibt sich eine Datenreihe für die Berechnung der dynamischen Ausbreitung der Innovationen. Das ist die Voraussetzung für die Entwicklung und Anwendung dynamischer und statischer Ausbreitungsmodelle der Innovationen. Bei der funktionellen Bestimmung des Erfüllungsmaßes  $P_i$  wird davon ausgegangen, dass es im unmittelbaren Zusammenhang zum Anfangsstand  $P_A$ , der Vorgabe  $P_E$  und der Sättigung  $P_S$  steht; denn zur Vorausschau über wissenschaftlich-technische Entwicklungen gehört die Kenntnis der Erfüllungstendenzen der



Innovationsparameter, um Aussagen über Entwicklungsziele, Absatzchancen und Laufzeiten für F&E, Produktion und Absatz neuer Produkte zu gewinnen und in die Pflichtenheftvorgaben einzubringen. Ihre Beteiligungsfunktionen können mit monoton steigenden eindimensionalen Funktionen  $y(t)$  zeitlich unbeschränkt frei an- oder abschwelend ohne:  $y(t \rightarrow \infty) \rightarrow \infty$  oder mit Sättigung:  $y(t \rightarrow \infty) \rightarrow y_s$  auftreten:

- Abnehmendes Verhalten, wie z. B. Verringerung der Leistungsaufnahme der Flachbild-Fernsehgeräte, Senkung der Fertigungskosten für die innerhalb einer Erzeugnisgeneration aufgelegten Serien auf Grund der Betriebsmittelmodernisierung während der Instandhaltungsprozesse<sup>26</sup> (vgl. Abb. 7).

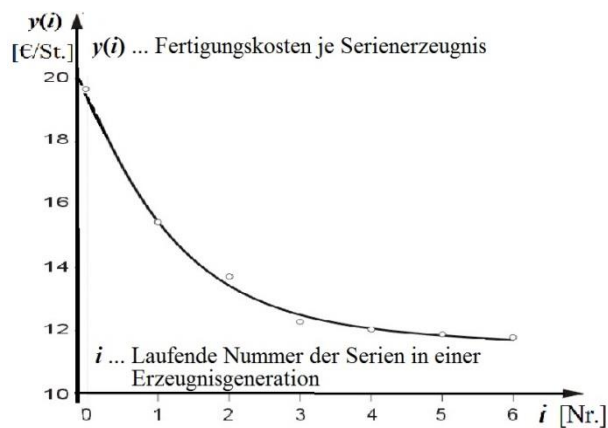
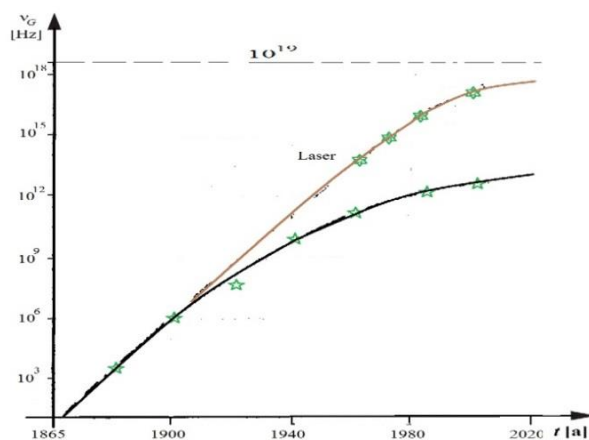


Abb. 7: Kurve der Fertigungskosten durch Modernisierung der Betriebsmittel

- Ansteigende Verläufe mit fallendem (vgl. Abb. 8) und wendischem<sup>27</sup> Anstieg (vgl. Abb. 9) mit Sättigung.



<sup>26</sup> Vgl. Oppitz 2011/1, Erneuerungsstatistik, S. 187/193.

<sup>27</sup> Vgl. Oppitz 1999, S. 701

Abb. 8: Kurve der technischen Beherrschung elektromagnetischer Wellen

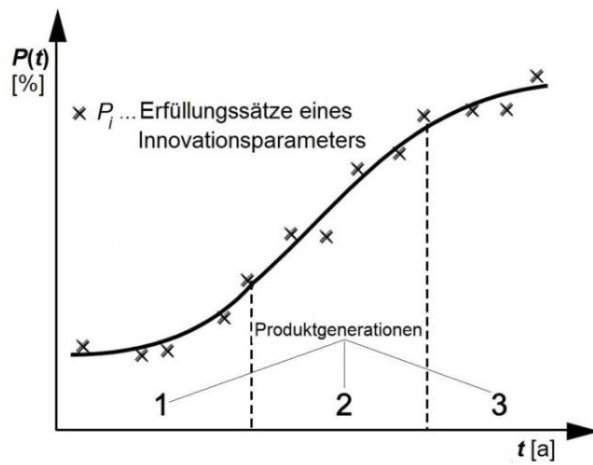


Abb. 9: Kurve der Erfüllungssätze mit wendischem Anstieg

Die Funktionskurven werden umso flacher, je näher die Sättigung rückt. Beim wendischen Verlauf ist bis zu einem Wendepunkt ein zunehmender, danach ein abnehmender Anstieg zu verzeichnen.

- Ansteigende Verläufe ohne Sättigung, wie z. B. die Anreicherung der Atmosphäre mit  $\text{CO}_2$ <sup>28</sup> (vgl. Abb. 10).

---

<sup>28</sup> Meadows (1972), S. 59 f. Das Gesetz des organischen Verlaufs ist der in Wirtschaftswissenschaften am häufigsten angewandte mathematische Algorithmus. Seine Differentialgleichung [DGL] beschreibt, dass die Menge der Bestandteile  $y$  proportional zur Zeit  $dy/dt$  an ihrem Wachstum beteiligt ist.

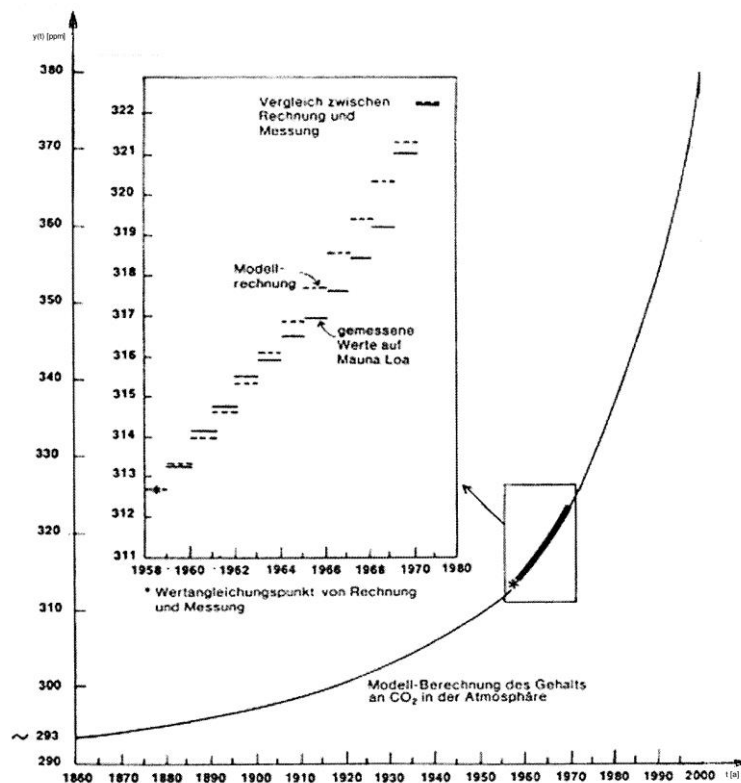


Abb. 10: Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre

Bestimmend ist u. a. die Hypothese: „Kapital  $[K_T]$  ist Mehrwert  $[DK_T]$  heckender  $[a]$  Wert  $[K_0]$ “  
 Die DGL drückt aus, dass die Kapitalmächtigkeit  $K$  mit dem Mehrwertfaktor  $\alpha$  und der Zeit  $t$  an ihrem Zuwachs  $dK/dt$  direkt beteiligt ist und innerhalb der Zeitdauer  $T$  einen Mehrwert  $\Delta K_T$  bildet:

$$\frac{dK}{dt} = \alpha \cdot K \rightarrow \begin{cases} \alpha > 0 \\ K(0) = K_0 \end{cases} \rightarrow K = K_0 \cdot e^{\alpha t}, \quad t = T \rightarrow \Delta K_T = K_T - K_0.$$

Deduktiv gefundene Beteiligungsfunktionen verwirklichen ebenso wie induktiv gewonnene bei statistisch begründeter Analyse der empirischen Daten einen Trend, der zur Entscheidungsfindung über Innovationen beiträgt. I. d. R. gestatten sie eine ziemlich sichere Vorausschau und ermöglichen die Kombination verschiedener Teilsysteme zu einem übersichtlichen Gesamtsystem in Bezug auf Zeitabläufe und Entwicklungskapazitäten.

Die induktiv entwickelten Beteiligungsfunktionen der Erfüllungsparameter beruhen i. d. R. auf Differentialgleichungen [DGL], die es ermöglichen, bei Vorliegen empirischer Innovationsdaten ihren Trend und Erfüllungssatz  $P_i$  durch eine Regressionsanalyse zu berechnen. Die Funktionsentwicklung erfolgt in traditioneller Schreibweise, wie z. B.:

Es gelten für die unabhängige Variable (Zeit)  $t$ , für die abhängige (Erfüllungsparameter)  $y$ ; für die Erfüllungsparameter  $P$  gilt:  $P = y$ . Im Folgenden werden einige DGL für weitere Beteiligungsfunktionen zur Algorithmierung der dynamischen Ausbreitung der Innovationen dargestellt.

## 3.2 Degressiv ansteigende Funktionstypen

### 3.2.1 Exponentiell fallende Innovationssättigung.

Bezugspunkt ist die Innovationsbreite:  $y_S - y$ :

$$\frac{dy}{dt} = \kappa \cdot (y_S - y) \rightarrow \frac{dy}{y_S - y} = \kappa \cdot dt \quad \begin{cases} u = y_S - y \\ du = -dy \end{cases} \rightarrow y = y_S - \frac{e^C}{e^{\kappa t}} \quad \begin{cases} \lim_{t \rightarrow \infty} y = y_S \\ \kappa > 0 \end{cases}$$

Nebenbedingung: bei  $t \rightarrow 0$  ist ein Anfangswert  $y_0$  vorhanden:

$$y = y_S - \frac{e^C}{e^{\kappa t}} \quad \begin{cases} \lim_{t \rightarrow 0} y = y_0 \\ \kappa > 0 \end{cases} \rightarrow e^C = y_S - y_0 \rightarrow y = y_S - \frac{y_S - y_0}{e^{\kappa t}} \rightarrow$$

$$P_E = P_S - \frac{P_S - P_A}{e^{\kappa t}} \rightarrow P = \frac{1}{e^{\kappa t}} \cdot \frac{P_E - P_A}{P_S - P_E}.$$

### 3.2.2 Hyperbolisch fallende Innovationssättigung<sup>29</sup>

Verhältnis der Innovationsgeschwindigkeit zur Innovationsbeschleunigung mit gleichgesetzten Integrationskonstanten, da die Funktionen durch den Nullpunkt gehen:

$$y = \frac{\dot{y}}{\ddot{y}} \Rightarrow \begin{cases} \dot{y} = z = \kappa \cdot \dot{u} \\ \ddot{y} = u = \kappa \cdot \dot{z} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \kappa \cdot \dot{u} = \dot{z} \\ \kappa \cdot \dot{z} = u \end{cases} \quad \text{mit} \quad \begin{matrix} 0 < \kappa < 1 \\ C_1 = C_2 = C_u = C_z \end{matrix}$$

Aus den **DGL** folgt:

$$\begin{cases} \kappa \cdot \dot{u} = u \rightarrow u = C_u \cdot (e^{\kappa t} + e^{-\kappa t}) \\ \kappa \cdot \dot{z} = z \rightarrow z = C_z \cdot (e^{\kappa t} - e^{-\kappa t}) \end{cases} \rightarrow y = \frac{\dot{y}}{\ddot{y}} = \frac{z}{u} = y_S \cdot \frac{e^{\kappa t} - e^{-\kappa t}}{e^{\kappa t} + e^{-\kappa t}} \rightarrow$$

$$P_E = P_S \cdot \frac{e^{\kappa t} - e^{-\kappa t}}{e^{\kappa t} + e^{-\kappa t}} \rightarrow P = \frac{P_S \cdot P_E \cdot (e^{\kappa t} - e^{-\kappa t}) - P_A \cdot (e^{\kappa t} + e^{-\kappa t})}{P_S \cdot (e^{\kappa t} + e^{-\kappa t}) - P_A \cdot (e^{\kappa t} - e^{-\kappa t})}.$$

---

<sup>29</sup> Vgl. Oppitz (1975), S. 58 ff.

### 3.2.3 Parabolisch fallende Innovationsättigung

Proportionalität:  $\kappa < 1$ , Verhältnis der Innovationszunahme zur erreichten Innovationsdichte  $y/t$ . Bei Verdopplung der Innovationszeit  $t$  nimmt die Veränderliche  $y$  mit dem Faktor  $s$  in Abhängigkeit vom Exponenten  $\kappa$  zu:

$$\frac{dy}{dt} = \kappa \cdot \frac{y}{t} \quad \begin{cases} \kappa < 1 \\ y(1) = y_1 \end{cases} \rightarrow y = y_1 \cdot t^\kappa, \quad y(2 \cdot t) = s \cdot y(t) \rightarrow s = 2^\kappa \rightarrow$$

$$P_E = P_A \cdot t^\kappa \rightarrow P = P_A \cdot \frac{t^\kappa - 1}{P_S - P_A}.$$

### 3.2.4 Törnquistsche fallende Innovationsättigung

Proportionalität der Innovationsdichte  $y/t$  und der relativen Innovationsbreite: Sättigungsgrenze  $y_S$  und Mächtigkeit  $y$ :

$$\frac{dy}{dt} = \frac{y}{t} \cdot \left( \frac{y_S - y}{y_S} \right) = \frac{y}{t} - \frac{y^2}{t \cdot y_S} \Rightarrow \frac{y}{y^2} - \frac{dt}{t \cdot y} = - \frac{dt}{t \cdot y_S} \quad \text{mit } x = \frac{1}{y}.$$

Mit den Ableitungen der Variablen  $x$  und  $1/t$  ergeben sich:

$$\dot{x} = -\frac{\dot{y}}{y^2} \quad \text{und} \quad \frac{1}{t} = \frac{\dot{u}}{u} \quad \text{mit der Lösung für } u: \quad u = t \Rightarrow \dot{x} + x \cdot \frac{\dot{u}}{u} = \frac{1}{t \cdot y_S}.$$

Nach Multiplikation mit der Variablen  $u$ , dem Einsetzen ihrer Lösung auf der rechten Seite und der Übernahme der Parameter wird die DGL integriert:

$$\dot{x} \cdot u + \dot{u} \cdot x = \frac{1}{y_S} \Rightarrow u \cdot x = \frac{1}{y_S} \cdot \int dt \quad \text{mit} \quad \begin{cases} x = y^{-1} \\ u = t \end{cases} \Rightarrow \frac{t}{y} = \frac{t}{y_S} + C.$$

Die Umstellung zur Variablen  $y$  und die Substitution einer Konstanten  $a$  liefern:

$$y = \frac{y_S \cdot t}{C \cdot y_S + t}, \quad a = C \cdot y_S \rightarrow y = \frac{y_S \cdot t}{a + t} \rightarrow$$

$$P_E = \frac{P_S \cdot t}{a + t} \rightarrow P = \frac{P_S \cdot t - P_A \cdot (a + t)}{(P_S - P_A) \cdot (a + t)}.$$

### 3.2.5 Anwendungsbeispiel

Die Approximation der Funktionen erfolgt mit einer Zeitreihe der relativen Muskelkraft (physiologische maximale Endkraft  $P_S = 100$  [%], vgl. Tab. 7)<sup>30</sup> bei Anwendung einer computergesteuerten Hantelbank ergibt unterschiedliche Funktionskurven und -parameter (vgl. Abb. 11 und Tab. 8).

$t$ [d]	$y$ [%]	$t$ [d]	$y$ [%]	$t$ [d]	$y$ [%]
1	16,29	6	65,58	11	85,85
2	29,92	7	71,19	12	88,15
3	41,33	8	75,88	13	90,08
4	50,89	9	79,81	14	91,70
5	58,89	10	83,10		

Tab. 7: Anstieg der relativen Muskelkraft in Bezug auf ein neues Trainingsgerät

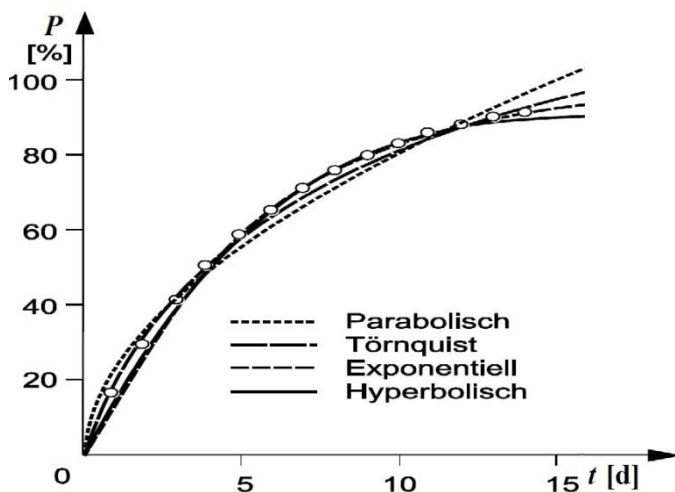


Abb. 11: Innovationskurven des Anstiegs der relativen Muskelkraft

Funktion	Code	$a, \kappa$	$y_A$ [%]	$y_S$ [%]	$\sigma$ [%/Mon.]
Exponentiell	ORE	$\kappa = 0,17778$	-	100,00	0,00000
Hyperbolisch	ORG	$\kappa = 0,15225$	-	92,34	1,60241
Parabolisch	ORP	$\kappa = 0,53337$	23,80	$\infty$	3,95467
Törnquist	ORF	$a = 6,8991$	-	139,30	1,02188

Tab. 8: Exponenten, Sättigungswerte und Streuungen

<sup>30</sup> Ermittelt nach vierzehn Trainingstagen in Bezug auf ein neues Trainingsgerät.

### 3.3 Wendisch ansteigende Funktionstypen

#### 3.3.1 Exponentiell wendische Innovationssättigung

Negative Proportionalität  $\kappa$  der relativen Mächtigkeit  $y/t$  zum negativen Exponenten  $t$ , Basis  $a$ , in Bezug auf die Veränderung der Innovationsdichte:

$$\frac{y}{t} \equiv \frac{y}{a^{-t}} \Rightarrow \frac{dy}{dt} = -\kappa \cdot \frac{y}{a^{-t}} \quad \text{mit } 0 < a < 1, \kappa > 0.$$

Aus der 1. sowie 2. Ableitung und deren Nullsetzung folgt die Wendestelle  $t_W$ :

$$\int \frac{dy}{y} = -\kappa \cdot \int a^t \cdot dt + C \Rightarrow \ln y = \frac{-\kappa \cdot a^t}{\ln a} + C \Rightarrow y = \frac{e^C}{\ln a} \cdot e^{-\kappa a^t},$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} y = y_S = \frac{e^C}{a \cdot e^{\kappa \cdot 0}} = \frac{e^C}{a} \Rightarrow y = \frac{y_S}{e^{\kappa a^t}} \Rightarrow \dot{y} = \frac{y}{a^t} \cdot \kappa \cdot \ln a,$$

$$\ddot{y} = y \cdot \left( \frac{\kappa \cdot \ln a}{a^{t_W}} \right)' + \dot{y} \cdot \left( \frac{\kappa \cdot \ln a}{a^{t_W}} \right) = 0 \Rightarrow t_W = \frac{\ln \kappa}{\ln a},$$

$$y = \frac{y_S}{e^{\kappa a^t}} \rightarrow P_E = \frac{P_S}{e^{\kappa a^t}} \rightarrow P = \frac{P_S \cdot e^{-\kappa a^t} - P_A}{P_S - P_A}.$$

#### 3.3.2 Wendische Innovationssättigung nach Johnson

Zuweisung eines zeitabhängigen Terms der Innovationsdichte für die Proportionalitätskonstante  $\kappa$ :

$$\dot{y} = \kappa \cdot y, \quad \kappa = \frac{-a}{(b+t)^2} \rightarrow \int \frac{dy}{y} = \int \frac{-a \cdot dt}{(b+t)^2} + C \rightarrow y = \frac{y_S}{\frac{a}{e^{b+t}}}, \quad a, b, y_S > 0 \rightarrow$$

$$y = \frac{y_S}{\frac{a}{e^{b+t}}} \rightarrow P_E = \frac{P_S}{\frac{a}{e^{b+t}}} \rightarrow P = \frac{P_S \cdot e^{\frac{a}{b+t}} - P_A}{P_S - P_A}.$$

Die 2. Ableitung und deren Nullsetzung ergeben den Wendepunkt  $y_W, t_W$ :

$$\dot{y} = \frac{y \cdot a}{(b+t)^2} \rightarrow \ddot{y} = y \cdot \left( \frac{a}{(b+t)^2} \right)' + \frac{\dot{y} \cdot a}{(b+t)^2} = 0 \rightarrow t_W = \frac{a}{2} - b, \quad y_W = y_S \cdot e^{-2}$$

### 3.3.3 Logistische wendische Innovationssättigung

Multiplikation des Produkts aus Proportionalitätsfaktor  $\kappa$  und Mächtigkeit  $y$  mit der Variationsbreite:  $y_S - y > 0, y > 0$ :

$$\dot{y} = \kappa \cdot y \cdot (y_S - y) \rightarrow \int \frac{dy}{y \cdot (y_S - y)} = \kappa \cdot \int dt + C \rightarrow y = \frac{y_S}{1 + b \cdot e^{-\kappa t}}, \quad b, \kappa > 0$$

$$y = \frac{y_S}{1 + b \cdot e^{-\kappa t}} \rightarrow P_E = \frac{P_S}{1 + b \cdot e^{-\kappa t}} \rightarrow P = \frac{P_S - P_A \cdot (1 + b \cdot e^{-\kappa t})}{(P_S - P_A) \cdot (1 + b \cdot e^{-\kappa t})}$$

Die Nullsetzung der 2. Ableitung liefert den Wendepunkt  $y_W, t_W$ :

$$\dot{y} = \kappa \cdot y \cdot \left(1 - \frac{y}{y_S}\right) \quad \text{und} \quad \ddot{y} = \frac{y(t_W)}{y_S} - 1 + \frac{y(t_W)}{y_S} = 0 \Rightarrow t_W = \frac{\ln b}{\kappa}, \quad y_W = \frac{y_S}{2}$$

### 3.3.4 Anwendungsbeispiel

Approximation der Bestandswerte an elektronischen Betriebsmitteln, erfasst jeweils bei Einführung neuer Laborausrüstungen (vgl. Tab. 9). Die Parameterwerte und Funktionskurven (vgl. Abb. 12, Tab. 10) werden ausgegeben.

t [a]	y [10 <sup>3</sup> €]	t [a]	y [10 <sup>3</sup> €]	t [a]	y [10 <sup>3</sup> €]
1	3994,92	4	10534,22	8	14699,23
	7361,81	6	12996,39	10	15799,33

Tab. 9: Bestandswerte elektronischer Betriebsmitteln bei Serienbeginn

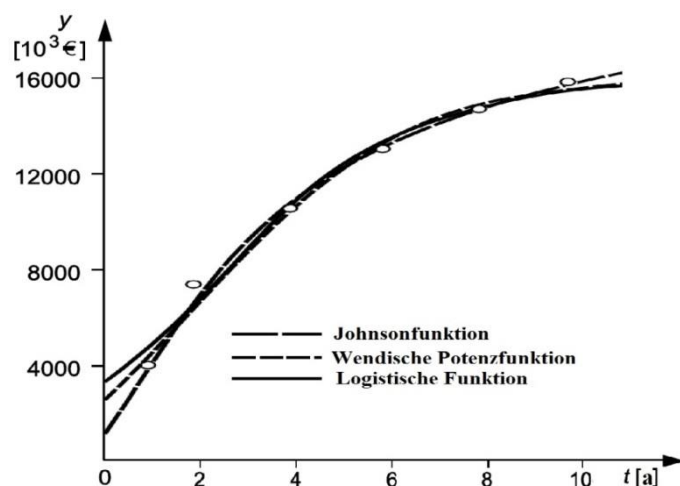


Abb. 12: Exponentielle Potenz-, Johnson- und logistische Funktionskurven



Funktion	Code	a	b, κ	y <sub>A</sub>	y <sub>S</sub>	σ	t <sub>w</sub>
				10 <sup>3</sup> €		10 <sup>3</sup> €/a	a
Potenz-	WWG	0,95195	κ = 1,70793	3436,19	18959,20	734,14	11
Johnson-	WWJ	18,59497	b = 6,24410	1113,86	21885,92	16193,82	3
Logistische	WWL	3,87895	κ = 0,10065	3255,74	15884,62	694,65	13

Tab. 10: Parameterwerte und Streuungen des Betriebsmittelbestandes

Für die Anwendung und Interpretation der Vorgabe  $P_E$  mittels Trendfunktionen lassen die Beträge des Verteilungsparameters Schlüsse auf die zeitliche Ausprägung der Produktinnovationen zu; denn ihre Kennzahlen oder linguistische Variablen bestimmen die Form des Erfüllungstendenzen des Innovationsparameters. Nach der Abschätzung des Erfüllungssatzes können auch solche wichtigen Trendparameter wie der Umschlagszeitpunkt  $t_w$  von der progressiven in die degressive Phase des Zuwachses an Innovationsgraden und deren voraussichtliche Sättigung  $P_S$  berechnet werden.

## 4 Verallgemeinerung der Funktionalisierung

Für die Umsetzung der aus der Parametrisierung und Funktionalisierung der Innovationsparameter abzuleitenden Schlüsse in die langfristige Planung ist die Kenntnis der zeitlichen Abhängigkeiten der Innovationen von Investitionen – im weitesten Sinne – wichtig; denn trotz der vielfältigen Formen der Innovationsparameter besitzen die Erfüllungssätze einige gemeinsame Merkmale, aus deren Analyse sich allgemeingültige Aussagen ableiten lassen. Hauptsinn der Verbesserung des Erfüllungssatzes für einen Innovationsparameter ist das Ziehen von Schlüssen, wie der Innovationsgrad des Produktes optimiert werden kann. Dies geschieht meist in den Stufen: 1. Stabilisieren des Funktionsprinzips, 2. Leistungsverbesserung der Erfüllungssätze sowie 3. Optimierung der Lebensdauer und Zuverlässigkeit des Produktes.

Für konstruktive, organisatorische und technologische Erfüllungsparameter bilden Kennzahlen die beste Datengrundlage für die Bestimmung des Erfüllungssatzes. Auch Schwankungen der Erfüllungsstände zurückliegender Perioden können durch induktive Auswahl einer Beteiligungsfunktion (vgl. Tab. 11) ausgewertet (vgl. Abb. 13) und die Vorgaben  $P_E$  daraus abgeleitet werden; dann bilden empirische Verteilungen eine ausgezeichnete Grundlage, um die Erfüllungssätze  $P_i$  für den Innovationsparameter  $I_i$  zu ermitteln.

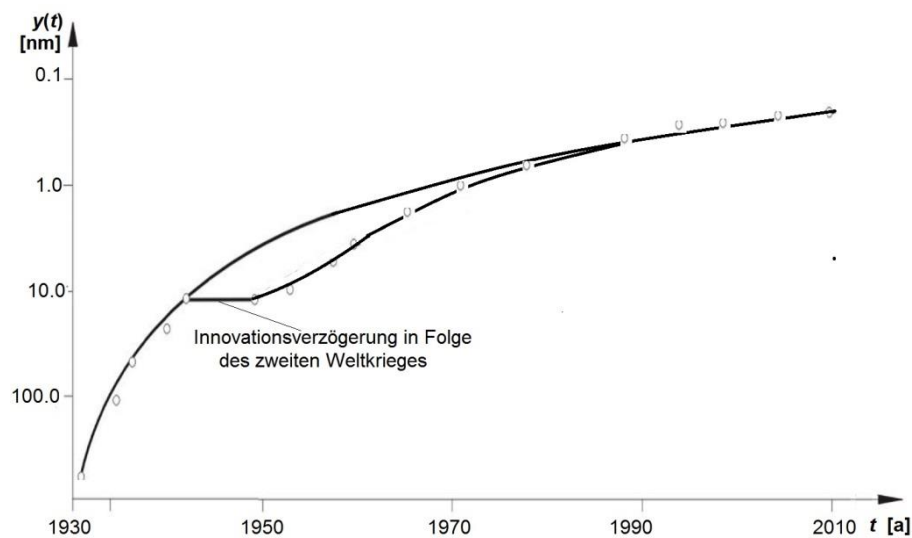


Abb. 13: Steigerung des Auflösungsvermögens der Durchstrahlungselektronenmikroskopie in Punkttrennung

Name	Algorithmus
Entwicklungsstufe <sup>31</sup>	$y = y_s + \frac{y_0 - y_s}{e^{\kappa t}}, \quad t_w \rightarrow \infty$
Exponentialfunktion <sup>32</sup>	$y = y_0 \cdot e^{\kappa t}, \quad t_w \rightarrow \infty$
Gompertz <sup>33</sup>	$y = y_s \cdot e^{b \cdot \kappa^{-t}}, \quad t_w = \frac{\ln(-b)}{\ln \kappa}$

<sup>31</sup> Vgl. Oppitz 2011/1, S. 187/189.

<sup>32</sup> Vgl. Oppitz 2011/2, S. 46 ff.

<sup>33</sup> Vgl. Gompertz (1825), S. 513-585, und Oppitz 2011/1, S. 217/219.

Name	Algorithmus
Innovationsfunktion <sup>34</sup>	$y = y_s - (y_s - y_0) \cdot e^{\kappa \cdot \left(1 + \frac{t}{T}\right)^\alpha}, t_w = T \cdot \left(\sqrt[\alpha]{\frac{1-\alpha}{\alpha \cdot \kappa}} - 1\right)$
Janoschek <sup>35</sup>	$y = y_s \cdot \left(1 - e^{-b \cdot t^\kappa}\right), t_w = \left(\frac{\alpha - 1}{\alpha \cdot \kappa}\right)^{\frac{1}{\alpha}}$
Johnson <sup>36</sup>	$y = y_s \cdot e^x, x = \frac{-\kappa}{b+t}, t_w = \frac{\kappa}{2} - b$
Logistische <sup>37</sup>	$y = \frac{y_s}{1 + b \cdot e^{-\kappa \cdot t}}, t_w = \frac{\ln b}{\kappa}$
Potentialfunktion <sup>38</sup>	$y = y_1 \cdot t^\kappa, t_w \rightarrow \infty$
Richards <sup>39</sup>	$y = y_s \cdot \left(1 - b \cdot e^{\kappa \cdot t}\right)^\alpha, t_w = \frac{1}{\kappa} \cdot \ln\left(\frac{b}{\alpha}\right)$
Logistisch-Exponential <sup>40</sup>	$y = y_s \cdot \frac{e^{\frac{\kappa}{2} \cdot t \cdot (2T-t)} - 1}{e^{\frac{\kappa}{2} T^2} - 1}, t_w = T - \sqrt{\frac{1}{\kappa}}$
Potenz-Exponential <sup>41</sup>	$y = y_s \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^{\kappa \cdot T} \cdot e^{\kappa \cdot (T-t)}, t_w = T - \frac{T}{\sqrt{\kappa \cdot T}}$
Sinuspotenzfunktion <sup>42</sup>	$y = Y_s \cdot \sin^\kappa\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{t}{T}\right), t_w = \frac{\pi \cdot \arctan(\kappa - 1)}{2 \cdot T}$
Sinuszeitpotenzfunktion <sup>43</sup>	$y = y_s \cdot \sin \frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^\kappa, t_w = \frac{T}{\sqrt[\kappa]{2}}$

Tab. 11: Auswahl an dynamischen Beteiligungsfunktionen  $y(t)$

<sup>34</sup> Vgl. Oppitz (2014), S. 154.

<sup>35</sup> Vgl. Janoschek (1957), S. 25 ff.; Vgl. Sager (1978), S. 366 ff.

<sup>36</sup> Vgl. Oppitz 2011/1, S. 247.

<sup>37</sup> Vgl. Oppitz (1974), S. 38/45.

<sup>38</sup> Vgl. Oppitz 2011/2, S. 47.

<sup>39</sup> Vgl. Richards (1959), S. 290 ff.

<sup>40</sup> Vgl. Oppitz (1977), S. 106 ff.

<sup>41</sup> Oppitz (1969), S. 467 ff.

<sup>42</sup> Oppitz (1961), S. 5 ff.

<sup>43</sup> Oppitz (1966), S. 775 ff.

Die Analyse umfasst einmal das Studium der empirischen Daten und der Gesetzmäßigkeiten ihrer Innovationen, zum andern die Modellbeziehungen zwischen Funktionsparametern und Innovationsdynamik.<sup>44</sup> So gelingt es meistens, Gesetzmäßigkeiten der Innovationsentwicklung zu modellieren und analytisch-vorausschauend zu benutzen. Falls die Abhängigkeiten zwischen Innovation und Bedingungsgefüge, wie z. B. aufzuwendende Investitionen, aufgedeckt werden, ist es i. d. R. möglich, strategische Hinweise auf Rangfolgeparameter zu erlangen, Entscheidungsvorlauf für höhere Innovationsziele, denkbare Abweichungen und notwendiges Kapital im Vergleich zu anderen Wettbewerbern zu bestimmen.

Der Vergleich der Entwicklungsstufen ist die innovative Seite der Konkurrenzanalyse. Er ist stets komplementär mit dem Preis- und Kostenvergleich vorzunehmen. Erst bei der Betrachtung der Vorgabe-Kosten- und Vorgabe-Preis-Beziehungen ist die Unternehmensführung in der Lage, zusammenfassende Schlüsse zu ziehen, Entscheidungen zu treffen und Strategien für die Entwicklung der Produktgenerationen in Einheit von innovativen und monetären Werten abzuleiten.

Ein stark vereinfachtes Quotenverfahren ist die Vornahme einer *kompetenten Bewertung der Rangfolgeparameter*. An die Stelle eines aus einer Grundgesamtheit nach biologisch-demografischen und soziografischen Anteilen nach dem Zufallsprinzip ausgewählten Panels an Anwendern tritt eine repräsentativ ausgewählte Gruppe sachkundiger Nachfrager, wie z. B. Anwender, Groß-, Einzelhändler, und fachlich versierter Sachverständiger, wie z. B. Sachverständige, Fachpersonal aus dem Absatz- und Entwicklungsbereich, von denen die Rangfolgeparameter der Produktgeneration zu bewerten sind. Von Kompetenz ist dann die Rede, wenn die ausgewählten Bewerter eine ähnliche oder gleiche Struktur wie die (vermutliche) Grundgesamtheit der fachlich versierter Anwender und Sachverständigen aufweisen.

Der Vergleich der *Erfüllungssätze der Innovationsparameter* dient der Abschätzung der Erfolgsaussichten eines neuen Produktes. Für die Vergleichsanalyse verschiedener Innovationslösungen ist der verwirklichte Erfüllungssatz einzusetzen, der schrittweise ermittelt wird:

---

<sup>44</sup> Für die Berechnungen ist die Software auf CD ROM „OR\_MAT<sup>©</sup>“ verfügbar.

- Vergleichsanalyse verschiedener Innovationslösungen nach allen bedeutsamen Erfüllungssätzen mit Hilfe der Kennzahlen oder linguistische Variablen der Innovationsparameter aus dem Rangfolgemodell.
- Marktwirtschaftliche Bewertung und Einordnung der Erfüllungssätze der Innovationsparameter  $P_i$  hinsichtlich ihrer ganzheitlichen Aussage im Hinblick auf ihre Wirksamkeit am Absatzmarkt.
- Ganzheitliche Bewertung durch Multiplikation der Matrix der Kennzahlen oder linguistische Variablen der Rangfolgeparameter mit dem Vektor der Erfüllungssätze.

Dabei geht es um die Kenntnis der Dynamik der Innovationen, die Klärung notwendiger Investitionen, die Analyse von Abweichungen und die unternehmerische Entwicklung der Innovationen.

## 5 Zusammenfassung (Hinweise in Stichworten)

- Bedeutung der Beteiligungsfunktionen für die Erfassung der horizontalen und vertikalen Innovationsausbreitung und die Ableitung von Erneuerungsstrategien
- Hypothetisch richtige Begründung der dynamischen und statischen Diffusionsfunktionen
- Bemessung der F&E-Kapazität und Kooperationen, weil in der Unternehmenspraxis das Produkt aus Investitionszuführung und Wirksamkeit der F&E-Kapazitäten nicht unbeschränkt wachsen kann.
- Empirische Ermittlung der Ausbreitungsdaten der Innovationen zur Erkennung der Ausbreitungstendenzen der Innovation.
- Begründung der Innovationsspannen  $(y_s - y_1)$ ,  $(y_s - y_0)$  und Auswertung der Funktionsparameter der Innovationsausprägungen.
- Prognose der über die gefundenen Erkenntnisschwellen hinausgehenden neuen Innovationsstufen und der Zeiträume für deren Beginn.
- Verallgemeinerung der Analyse und Anwendung der Diffusionsfunktion der Innovation in Forschung, Lehre und Praxis.
- Strategien der Innovationsausbreitung sind konsequent marktkonform zu wählen, um eine hinreichende Produktlebensdauer zu erreichen.

- Widersprüchlichkeit der an ein Produkt gestellten Anforderungen, beispielsweise die Forderung nach niedrigen Herstellungskosten bei gleichzeitig sehr hohen Ansprüchen an bestimmte Innovationsparameter.
- Ableitung preispolitischen Strategien für den Diffusionsverlauf im Rahmen der Diffusionsforschung, besonders beim Markteintritt.<sup>45</sup> Optimalitätskriterium: Nutzwert geteilt durch Aufwand —Maximum! Für das Unternehmen gilt:
- Erkenntnisse aus der Analyse und Vorausschau der Ausbreitung der Innovationen so nutzen, dass alle erkenntnistheoretisch denkbaren Innovationsziele aufgefunden werden und eine systemische Planung wichtiger Innovationen angewandt werden kann.
- Bedeutung der Investitionsforschung, weil auf alle Wissensgebieten zutrifft, die Erfindungsgabe stärkt und durch Systematisierung einen Handlungsrahmen bietet. D. h.:
  - Aufstellung innovativer Ziele mit Handlungsrichtlinien und Erfolgskriterien.
  - Ausarbeitung marktkonformer Pflichtenhefts mit Ziel- und Aufgabenstellungen,
  - Begründung der erkenntnistheoretischen und praktischen Grenzen der Innovationen.
  - Evaluierung des Istzustandes durch empirische Daten und Regressionsanalyse zur Ermittlung der Funktionsparameter der Diffusionsfunktion der dynamischen und statischen Innovation.
  - Anfertigung der Befunde über die Regressionsanalyse, Berechnungen und erzielten Ergebnisse.
  - Ableitung der am besten geeigneten Strategie der Innovationsausbreitung, unternehmerischer Maßnahmen und Forschungsprojekte.
  - Ständige Überarbeitung und Vervollkommnung der strategischen Planung und deren echtzeitlichen Umsetzung.
- Notwendigkeit: Anwendung der Verfahren auf Praxisuntersuchungen erfordert umfangreiche Fachkenntnisse und tiefes Eindringen in die Innovationsforschung; nicht immer sind geschlossene Lösungen möglich.
- Bei bestimmten Problemstellungen oder Detaillösungen wird mit Näherungen gearbeitet.

---

<sup>45</sup> Vgl. Hofbauer 2004, S. 75.

- Weitere Betrachtungen betreffen die Nutzung der Erkenntnisse der Gruppenpsychologie und Soziologie, besonders im Hinblick auf die Ausarbeitung der Unternehmensstrategien der dynamischen Innovationsausbreitung und der Marketingstrategien der statischen Ausbreitung, wie z. B. Aussagekraft, Innovationskosten-Bilanzierung der F&E-Projekte, Kosten, Qualität.

## 6 Literatur

- Bechmann, A.: Grundlagen der Bewertung von Umweltauswirkungen. In: Handbuch der Umweltverträglichkeitsprüfung. Berlin 1989.
- Chur, W.: Bosch und das Nutzfahrzeug: 75 Jahre Diesel und noch viel mehr. Vortrag am 10. September 2002. In: Auto News.
- Gompertz, B.: On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and new mode of determining the value of live contingencies. Phil. Trans. Roy. Soc. 182.
- Hofbauer, G.; Körner, R.; Nikolaus, U.; Poost, A. (2009): Marketing von Innovationen, Strategien und Mechanismen zur Durchsetzung von Innovationen, Kohlhammer Stuttgart 2009.
- Hofbauer, G.; Sangl, A. (2011): Professionelles Produktmanagement, Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien, 2. Auflage, Publicis Erlangen 2011.
- Hofbauer, G.; Bergmann, S. (2008): Optimales Rating für KMU, Publicis Erlangen 2011.
- Hofbauer, G.; Haensel, H. (Hrsg.) (2012): Herausforderungen, Forschung und Perspektiven, uni edition Berlin 2012.
- Hofbauer, G. (Hrsg.) (2013): Herausforderungen, Forschung und Perspektiven, uni edition Berlin 2013.
- Hofbauer, G. (Hrsg.) (2014): Herausforderungen, Forschung und Perspektiven, uni edition Berlin 2014.
- Hofbauer, G. (2012): Customer Integration: Prinzipien der Kundenintegration zur Entwicklung neuer Produkte, Working Paper der Technischen Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt 2012.

- Hofbauer, G. (2012): Prinzipien des Innovations- und Technologiemanagements, Working Paper der Technischen Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt 2012.
- Hofbauer, G. (2004): Erfolgsfaktoren bei der Einführung von Innovationen, Working Paper der Technischen Hochschule Ingolstadt, Ingolstadt 2004.
- Janoschek, A.: Das reaktionswirkliche Grundgesetz und seine Beziehungen zum Verlaufs des Sättigungs- und Ertragsgesetz. In: Stat. Vjschr. 10.
- Meadows, D.: Die Grenzen des Wachstums. Stuttgart Hamburg München 1972.
- Oppitz, V. 1961: Die Verteilung des Arbeitsaufwandes in der Produktionszeit. In: Deutsche Flugtechnik, Heft 4/1961.
- Oppitz, V. 1966: Zur Berechnung einer wirtschaftlichen Losanzahl. In: Werkstatt und Betrieb. 1966 (11).
- Oppitz, V. 1969: Modellierte Darstellung von zeitabhängigen Prozessen mit endlicher Prozessdauer. In: Fertigungstechnik und Betrieb, 1969, 8, S. 467 ff.
- Oppitz, V. 1974: Optimierter Programmablauf bei logarithmischer Regression durch Ausgleichsfunktionen mit Exponentialteil und additivem Glied. In: Rechentechnik/Datenverarbeitung, Heft 6/1974.
- Oppitz, V. 1975: Planübung zur rechnergestützten Vorbereitung der Planaufgaben für ein neues Produkt. TU Dresden 1975, Studienmaterial für die Weiterbildung, 3. Lehrbrief, Teil II. Sektion 23.
- Oppitz, V. 1977: Grundlagen und ausgewählte ökonomisch-mathematische Aspekte der Produktplanung in der metallverarbeitenden Industrie – Abschnitt: Zur zeitlichen Verteilung des einmaligen Aufwandes der Entwicklung und Überleitung von Produktgenerationen. Inauguraldissertation – Promotionsordnung B – Fakultät für Gesellschaftswissenschaften des Wissenschaftsrates der Technischen Universität Dresden. Einreichung: 25. März 1977.
- Oppitz, V. 1995: Gabler Lexikon Wirtschaftlichkeitsrechnung. Wiesbaden 1995. S. 160 ff.
- Oppitz, V. 1999: Nominal und effektiv verzinst – ein nur finanzwirtschaftliches Problem? In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Heft 7/1999.
- Oppitz, V. 2011/1: Betriebsökonomisches Lexikon: Unternehmensstatistik. Berlin 2011.



- Oppitz, V. 2011/2: Betriebsökonomisches Lexikon: Wirtschaftsmathematik. Berlin 2011.
- Oppitz, V. 2014: Diffusionsmodelle der Produktinnovation. In: Schriften der Sudetendeutschen Akademie der Wissenschaften und Künste, Band 34, Forschungsbeiträge der Naturwissenschaftlichen Klasse. München.
- Richards, F. J.: A flexible growth curve for empirical use. In. J. Exp. Bot. 10.
- Sager, G.: Zuwachsfunktionen vom Typ  $dw/dt = k \cdot t^p (E - W^{\otimes})$  und ihre Integrale. In: Anat. Anz. 144.



*Prof. Dr. Günter Hofbauer,  
Prof. Dr. Volker Oppitz*

## ***Rangfolgemodelle zum Benchmarking von Innovationen***

### ***Impressum***

#### **Herausgeber**

Der Präsident der Technischen Hochschule Ingolstadt  
Esplanade 10, 85049 Ingolstadt  
Telefon: +49 841 9348-0  
Fax: +49 841 9348-2000  
E-Mail: [info@thi.de](mailto:info@thi.de)

#### **Druck**

Hausdruck

Die Beiträge aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“ erscheinen in unregelmäßigen Abständen. Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, ist gegen Quellenangabe gestattet, Belegexemplar erbeten.

#### **Internet**

Alle Themen aus der Reihe „Arbeitsberichte – Working Papers“, können Sie unter der Adresse [www.thi.de](http://www.thi.de) nachlesen.