

Kaldasch, Joachim

**Preprint**

## Evolutionäre Diffusion und der Produktlebenszyklus von Gebrauchsgütern

*Suggested Citation:* Kaldasch, Joachim (2012) : Evolutionäre Diffusion und der Produktlebenszyklus von Gebrauchsgütern, ZBW - Deutsche Zentralbibliothek für Wirtschaftswissenschaften, Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft, Kiel und Hamburg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/59748>

**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.*

# Evolutionäre Diffusion und der Produktlebenszyklus von Gebrauchsgütern

Joachim Kaldasch

EBC Hochschule Berlin

Alexanderplatz 1, 10178 Berlin, Germany

(Email: [joachim.kaldasch@international-business-school.de](mailto:joachim.kaldasch@international-business-school.de))

Der Prozess der Ausbreitung innovativer (Marken-) Produkte und Dienstleistungen auf einem Markt wird als Diffusion bezeichnet. Der Titel enthält jedoch zusätzlich den Terminus "evolutionär" der dem Leser wahrscheinlich eher aus dem Biologie Unterricht bekannt ist. Tatsächlich gibt es neben der sogenannten neo-klassischen Theorie von Angebot und Nachfrage noch einen weiteren Zweig der Ökonomie, die sogenannte evolutionäre Ökonomie. Einflussreiche Ökonomen wie Veblen, Marshall oder Schumpeter waren Anhänger dieser Theorie. Die evolutionäre Ökonomie befasst sich mit grundlegenden theoretischen Fragen der Organisation, des Wissenstransfers, der Technologieentwicklung usw. [1]. Bisher steht Sie zu Unrecht im Schatten der neo-klassischen Theorie, trotz moderner Ansätze [2-4]. Das könnte sich jedoch ändern. Man kann nämlich auch die Dynamik von Märkten als evolutionären Prozess auffassen [5]. Und das ohne "Homo Oeconomicus", der gezwungen ist bei jeder Kaufentscheidung die Nutzenfunktion seines Haushaltes unter Berücksichtigung des Gesamteinkommens zu maximieren [6]. Vereinfacht gesagt, basiert die evolutionäre Sichtweise auf einem simplen Prinzip: Erfolg generiert Erfolg.

Evolution als Prozess kann man sich aus drei Schritten bestehend vorstellen: Selektion (S), Reproduktion (R) und Variation (V). Betrachten wir als einfaches Beispiel T-Shirts [7]. Die Angebotsseite besteht aus einer großen Auswahl von T-Shirt Varianten, wie sie von verschiedensten Herstellern weltweit produziert und in der Regel von Händlern vertrieben werden. Die Nachfrageseite ist bekanntlich wählerisch. Konsumenten selektieren die ihrer Meinung (Präferenz) nach geeignete Variante und kauft sie (S). Der Hersteller bzw. in unserem Beispiel der Händler, registriert die Umsätze der einzelnen T-Shirt Varianten. Er stellt fest, welche gut gelaufen sind und welche sich eher als Ladenhüter entwickelt haben. Natürlich bestellt er mehr von den Bestsellern als von den Ladenhütern. Das zwingt die Hersteller unter Kostenaspekten dazu, die Produktion der Ladenhüter zu reduzieren bzw. ganz einzustellen und vermehrt die gut laufenden Produkte zu fertigen. Der Reproduktionsprozess vermehrt also selektiv die Bestseller (R). In der evolutionären Theorie wird diese positive

Rückkopplung präferentielles Wachstum genannt. Aber der Hersteller reproduziert nicht nur vermehrt die gut laufenden T-Shirts, er variiert sie auch. Ob durch Designer oder auch durch Zufall, die erfolgreichen Produkte dienen als Basis für Variationen um noch erfolgreicher zu sein (oder schlecht laufende Produkte besser zu machen), denn die Konkurrenz schläft nicht. Dieser evolutionäre Variations-Selektions-Reproduktions-Mechanismus (kurz VSR-Mechanismus) führt zu einer Entwicklung, bei der sich die Produkte im Laufe der Zeit den Bedürfnissen der Käufer anpassen. Nach genügend langer Zeit haben die T-Shirts Eigenschaften, die die Mehrheit der Konsumenten wünscht. Die Entwicklung wird lediglich begrenzt durch die Möglichkeit auf der Anbieterseite damit Gewinne zu erzielen.

Bedingung für die Arbeit des VSR-Mechanismus ist jedoch die Vielfalt konkurrierender Varianten eines Gutes. Oder kurz gesagt: ein freier Markt. Allerdings ist der VSR-Mechanismus ein statistischer Prozess und deshalb macht die evolutionäre Theorie lediglich statistische Aussagen. Das heißt, es gibt keinen absoluten Mechanismus, bei dem zwangsläufig ein Zahnrad ins andere greift. Unternehmen haben die Freiheit zu tun was immer sie für richtig halten. Aber über kurz oder lang holt sie der VSR-Mechanismus über ihre Umsatzzahlen ein. Ausgenommen von der Betrachtung sind Monopole. Vorausgesetzt der evolutionäre Mechanismus beschreibt die Entwicklung eines freien Marktes adäquat, dann hat das eine ganze Reihe tiefgreifende Konsequenzen. Hier soll nur auf einige wenige Aspekte eingegangen werden. Zentral steht die Frage, welchen Einfluss der VSR-Mechanismus auf die Ausbreitung von Verbrauchsprodukten auf einem Markt hat.

Bevor wir uns der Antwort zuwenden, sei zunächst ein Ausflug in die Biologie gestattet, denn die Theorie der Evolution ist seit Darwin Gegenstand dieser Wissenschaftsdisziplin. Hier sind es die Arten die dem VSR-Mechanismus unterliegen. Die Reproduktion erfolgt durch Vermehrung der Spezies, die Variation über zufällige Mutationen und die Selektion durch die Umwelt. Im VSR-Bild kann man also Spezies gleich Produktvarianten setzen, und die Familie ist gleich dem Gut. Die evolutionäre Theorie behauptet nun, dass ähnlich wie bei Spezies jeder Produktvariante eine sogenannte Fitness zugeordnet werden kann. Diese Produktfitness bestimmt das Wachstum der Absatzzahlen jedes einzelnen Produktes eines Herstellers. Ist die Produktfitness höher als das Mittel über alle anderen Varianten eines Gebrauchsgutes, so werden die Absatzzahlen steigen, ansonsten fallen sie (sogenannte Replikator-Dynamik). Ein Produkt steht und fällt also mit seiner Produktfitness.

Die Fitness ist durch drei wesentliche Parameter charakterisiert. Einerseits natürlich durch den finanziellen Wert eines Produktes, also durch den Preis. Andererseits durch den Nutzen, den man mit dem Produkt gewinnt. Nutzen ist jedoch keine absolute und eindeutig messbare Größe. Die Theorie betrachtet statt dessen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Produkt beim Zusammentreffen mit einem potentiellen Käufer tatsächlich gekauft wird. Diese Größe lässt sich messen und beinhaltet quasi den Erfolg des Marketing-Mix mit all seinen Fassetten (Produkt, Kommunikation und Distribution), außer dem Preis. Der Parameter wird kurz als Präferenz bezeichnet. Der dritte Parameter schließlich ist die Fähigkeit des Herstellers auf Änderungen der Nachfrage zu reagieren. Er ist ein Maß für die Koevolution auf der Angebotsseite und wird Reproduktionsparameter genannt. Der Parameter ist das relative Verhältnis von zusätzlich gelieferten zu nachgefragten Produkten eines Herstellers. Man kann den Reproduktionsparameter wiederum als Erfolg der Anstrengungen auf der Angebotsseite auffassen, also z.B. als Funktion der vorhandenen Kapazitäten, eingesetzten Technologien, Organisationsstruktur, soziales Klima etc. Jede Produktvariante ist gekennzeichnet durch ein Punkt in einem (mindestens) dreidimensionalen Fitness-Raum, aufgespannt durch die Parameter: Preis, Präferenz und Reproduktion.

Es gibt jedoch einen entscheidenden Unterschied, was die Dynamik der einzelnen Parameter angeht. Es ist viel einfacher und geht viel schneller den Preis zu ändern, als Kapazitäten auszubauen, Präferenzen durch neue Varianten zu verbessern oder die

Organisation umzustrukturieren. Deshalb kommt dem Preis in der Theorie eine besondere Bedeutung zu. Die Preisevolution ist die treibende Kraft, unterstützt durch die Koevolution der anderen Parameter. Das obige T-Shirt Beispiel spiegelt also nur einen Teil der Gesamtevolution wieder, nämlich die Präferenz-Evolution. Der VSR-Mechanismus wird ganz wesentlich durch kleine Preis-Variationen bestimmt. Interessanter Weise kann die Theorie zeigen, dass die resultierende Preisverteilung eines Gutes keinesfalls normalverteilt sein kann. Statt dessen treten seltene Ereignisse viel häufiger auf, als es die Normalverteilung vorhersagt, und das gilt ebenso für die Wachstumsarten der Umsätze der Produkte (sogenannte fat tails). Es ist bekannt, dass dies beispielsweise für Elektrizitätspreise zutrifft [8].

Desweiteren erzwingt die evolutionäre Theorie, dass die Absatzzahlen verschiedener Anbieter eines Gutes lognormalverteilt sein müssen. D.h. es gibt viele kleine und nur wenige große Anbieter. Nun gibt es in der Regel zu wenig Hersteller eines Gebrauchsgutes um statistisch relevante Verteilungen zu erhalten. Für Pharmaprodukte ist dieser Verlauf jedoch bekannt [9]. Gibrat versuchte bereits im letzten Jahrhundert eine Erklärung für die Lognormalverteilung der Größe von Unternehmen zu geben. Er führte das Prinzip des proportionalen Wachstums ein [10]. Interessanter Weise ist dieses Prinzip eine direkte Folge des evolutionären Modells. Allerdings besagt die Theorie, dass die Lognormalverteilung nur auf Produkte zutrifft, nicht aber auf Unternehmen. Unternehmen haben nämlich die Möglichkeit auf zweierlei Art zu wachsen. Einerseits werden sie größer aufgrund des Wachstums der Marktanteile ihrer Produkte. Andererseits wachsen sie in dem sie ihrer Produktpalette erweitern (d.h. in biologischen Termini entspricht ein Unternehmen einer Gattung). Die Häufigkeitsverteilung kleiner Unternehmen folgt daher zunächst einer lognormal-Verteilung. Große Unternehmen dagegen haben eine erheblich größere Produktpalette und weichen von dieser Verteilung ab. Sie genügen eher einem sogenannten Potenzgesetz (so wie es auch Gattungen tun)[11,12]. Unternehmen können also mit ihren Produkten groß werden, aber über ihre Produktpalette werden sie zu Riesen.

Kommen wir zurück zur Diffusion. Es ist instruktiv zunächst ein Beispiel aus der Biologie zu betrachten. Angenommen auf einer völlig leeren Insel strandet eine Pflanze. Wenn die Bedingungen optimal sind, kann sich die Pflanze vermehren, und die meisten Samen können heranwachsen. Je mehr Pflanzen vorhanden sind, desto mehr Nachkommen gibt es und desto mehr Pflanzen dieser Spezies kommen hinzu. Die Pflanze verbreitet sich im Laufe der Zeit über die Insel. Da die Fläche der Insel jedoch begrenzt ist, erreicht die Pflanzenpopulation irgendwann ihre Kapazitätsgrenze. Es lässt sich zeigen, dass in diesem Fall die Verbreitung der Pflanze, d.h. deren Menge als Funktion der Zeit, durch eine S-Kurve beschrieben werden kann. Dabei ist die Geschwindigkeit mit der die Pflanzendichte zunimmt zunächst klein, steigt an und erreicht einen Höhepunkt (Peak) bevor sie wieder abnimmt. Theoretisch erreicht die Population ihre maximale Größe nur asymptotisch.

Betrachten wir nun den Fall, dass diese Pflanze statt auf eine leere, auf eine schon besetzte Insel trifft, die schon von verschiedenen anderen Pflanzenarten besiedelt wird. Wieder wird sie sich verbreiten können, aber diesmal ist die Kapazitätsgrenze viel niedriger, denn die Fläche ist schon durch andere Pflanzen besetzt. Aber im Gegensatz zum Fall einer leeren Insel, ist damit noch nicht Schluss. Die Pflanze hat nämlich die Möglichkeit sich durch zufällige Variationen anzupassen. Das kann durch Zusammenarbeit mit anderen Pflanzen erfolgen (sogenannte Symbiose) oder durch Konkurrenz, indem sie andere Pflanzen verdrängt. Das Resultat dieser evolutionären Entwicklung ist eine langsame Zunahme der Populationsdichte bis zu einer nun höheren Kapazitätsgrenze. Zieht man also den VSR-Mechanismus mit in Betracht, so gibt es zwei Ausbreitungsprozesse. Einen schnellen Verbreitungsprozess durch Vermehrung und einen langsameren durch Anpassung.

Die Diffusion von Produkten auf einem Markt lässt sich aus diesen Überlegungen ableiten. Die Insel im obigen Beispiel steht für die Nachfrage nach einem Gut. Die Nachfrage

besteht zunächst aus allen potentiellen Käufern (auch industriellen), die an der Nutzung des Gutes interessiert sind. Diese Größe entspricht dem Marktpotential. Allerdings können sich nicht alle das Gut leisten. Diejenigen Käufer, die es sich für einen gegebenen Preis leisten können definieren das Marktvolumen. Die evolutionäre Theorie für Gebrauchsgüter behauptet nun, dass es wie im biologischen Fall mit der Insel zwei Ausbreitungsprozesse geben kann. Einen schnellen Prozess durch Vermehrung und einen langsamen durch Anpassung. Der schnelle Prozess beruht bei einem Gütermarkt darauf, dass potentielle Käufer "lediglich" auf das Gut aufmerksam gemacht werden müssen. Durch Mund-zu-Mund Propaganda gibt es einen sozialen Ansteckungseffekt, der zur schnellen Verbreitung der Produkte führt. Dieser Verbreitungsprozess ist bekannt als Bass-Diffusion (virales Marketing) [13,14]. Das Bass Modell beinhaltet zwei Prozesse, den spontanen Kauf des Kunden beim Kontakt mit dem Produkt (Innovationseffekt) und den oben erwähnten Ansteckungseffekt (Imitationseffekt). Das Bass-Modell wird gern für die Prognose der Absatzzahlen in der Wachstumsphase von Produkten und Technologien genutzt [15]. Und in der Tat beschreibt das Bass-Modell die Häufigkeit mit der das Gut einen Besitzer (Adopter) findet als S-Kurve in der Zeit. Da jeder hinzukommende Adopter mit einem Kaufereignis verbunden ist, sind die Verkaufszahlen gerade gleich der Geschwindigkeit der Ausbreitung auf dem Marktvolumen. Genau wie im biologischen Beispiel erzeugt deshalb die Bass-Diffusion einen Peak in den Verkaufszahlen für den Erstkauf. Allerdings sind die Gesamtverkaufszahlen die Summe aus zwei Prozessen, dem Erstkauf und dem Wiederkauf. Der Diffusionsprozess liefert dabei nur den Anteil für den Erstkauf des Gutes.

Nun kann es vorkommen, dass das Marktvolumen zu klein für einen Ansteckungseffekt (Imitation) ist, beispielsweise durch einen zu hohen Preis (Die Grenze dafür wird durch die sogenannte Perkolationschwelle bestimmt). In diesem Fall wird die Ausbreitung nicht durch das Bass Modell, sondern durch das sogenannte Dirichlet Modell beschrieben, bei dem es lediglich den Innovationseffekt gibt [16,17].

Wann kommt es nun zu einem evolutionären Diffusionsprozess? Das hängt von zwei Bedingungen ab. Erstens tritt evolutionäre Diffusion nur in einem Konkurrenzmarkt auf. D.h. in einem Monopolmarkt gibt es lediglich Bass-Diffusion (Das würde unserem Beispiel der leeren Insel entsprechen.). Und zweitens hängt die Entwicklung vom Einführungspreis ab. Die Grundannahme der Theorie ist, dass jeder potentielle Käufer bereit ist mindestens einen minimalen Preis für das Gebrauchsgut zu zahlen. Adam Smith nannte diesen Preis den natürlichen Preis und so wollen wir ihn hier auch nennen. Allerdings hängt der natürliche Preis vom mittleren Einkommen der Konsumenten ab. Um diese Einkommensabhängigkeit zu beseitigen betrachtet man statt dem nominalen Preis den realen Preis  $\mu$ , aus dem Inflationseffekte heraus gerechnet sind. Ist nun der (reale) Einführungspreis  $\mu_0$  geringer oder gleich dem natürlichen Preis ( $\mu_0 \leq \mu_n$ ), so ist das Marktvolumen gleich dem Marktpotential, denn alle potentiellen Käufer können sich das Gut leisten. In dem Fall tritt wiederum nur Bass-Diffusion auf.

Bass wurde kritisiert, weshalb denn seine Theorie keine ökonomisch relevanten Parameter, wie den Preis enthält [18]. Die evolutionäre Theorie kommt zu einem radikalen Schluss: Bass-Diffusion beschreibt lediglich, wie sich ein Produkt auf einem Markt verbreitet, welcher gerade nicht durch den Preis limitiert ist. Deshalb ist das ursprüngliche preisunabhängige Bass-Modell völlig ausreichend. Es bedarf keiner weiteren Preisabhängigkeit.

Die Preisabhängigkeit kommt statt dessen über den VSR-Mechanismus zum Tragen und zwar genau dann, wenn der Einführungspreis höher als der natürliche Preis ist ( $\mu_0 > \mu_n$ ). Das allerdings sollte bei der Einführung von Gebrauchsgütern die Regel gewesen sein. In diesem Fall ist das Marktvolumen kleiner als das Marktpotential, denn es gibt Konsumenten die sich das Produkt zunächst nicht leisten können. (Das würde unserem Beispiel der besetzten Insel entsprechen.) Hier gibt es zwei Diffusionsprozesse. Zunächst breitet sich das

Gut schnell über das vorhandene Marktvolumen gemäß Bass-Modell aus. Dabei bestimmt der Einführungspreis die Größe des Volumens. Schon währenddessen, aber im wesentlichen erst nach Erreichen des Einführungs-Marktvolumens kommt der langsamere VSR-Mechanismus zu tragen.

Wie funktioniert die evolutionäre Diffusion? Die Antwort steckt im obigen Beispiel der schon besetzten Insel. Sie heißt Anpassung durch Variation. Da der Konsument auf den Preis selektiv reagiert, sind diejenigen Produkte im Wettbewerbsvorteil, die einen niedrigeren Preis anbieten. Anders ausgedrückt, Produkte mit niedrigerem Preis haben eine höhere Fitness und werden daher häufiger gekauft. Als Folge des VSR-Mechanismus fällt der mittlere Preis. Mit Hilfe statistischer Methoden kann man nun den Verlauf dieses Preisverfalls vorhersagen (vorausgesetzt es gibt keine dramatischen Ereignisse). Der reale mittlere Preis nimmt danach exponentiell ab und nähert sich asymptotisch dem natürlichen Preis,  $\mu(t) \sim e^{-at}$ . Der Grund für die Sättigung ist, dass die Produktfitness ihr Maximum gerade beim natürlichen Preis hat, bei dem das Marktvolumen gleich dem Marktpotential ist. Und das muss auch so sein, denn mehr potentielle Kunden gibt es nun mal nicht. Damit können nach genügend langer Zeit alle potentiellen Käufer das Gut kaufen. Das ist zweifellos einer der entscheidenden Leistungen einer freien Marktwirtschaft. Der Preisverfall ist direkte Folge der Konkurrenz, denn der Parameter  $a$  ist proportional der Breite der Preisverteilung. Mit anderen Worten, je mehr Konkurrenz, desto schneller fällt der mittlere Preis. Gibt es nur einen Anbieter, ist  $a=0$  und der (mittlere) Preis ist vollständig durch das Monopol bestimmt.

Während der mittlere Preis fällt nähert sich das Marktvolumen dem Marktpotential. Die Zunahme des Marktvolumens als Folge des Preisverfalls ist aber gerade der gesuchte evolutionäre Diffusionsprozess, denn der langsame Preisverfall hat seine Ursache im VSR-Mechanismus. Es lässt sich nun zeigen, dass die Anzahl Adopter als Folge des Preisverfalls ebenfalls wie eine S-Kurve wächst. Allerdings ist sie durch den exponentiellen Preisverfall gerade so deformiert, dass sie durch eine Gompertz Gleichung beschrieben werden kann. Genau diese Gleichung wird häufig für die Prognose des Verlauf der Ausbreitung von Gebrauchsgütern benutzt. Schematisch dargestellt in Abb.1 ist der theoretische Ablauf der evolutionären Diffusion wie es hier kurz skizziert wurde. Dargestellt ist einen Schnitt durch den Fitness-Raum entlang des mittleren realen Preises, bei dem die beiden anderen Parameter konstant gehalten werden. Da in der Theorie die Fitness gerade der Nachfrage proportional ist, entspricht die Darstellung im Wesentlichen der bekannten Preis-Nachfrage-Kurve, wobei im Gegensatz zur üblichen Darstellung die Achsen vertauscht sind. Man beachte, dass der natürliche Preis nicht unterschritten wird.

Die evolutionäre Diffusion (Gompertz Diffusion) erfolgt nun relativ langsam. Leider sind über große Zeiträume die notwendigen Daten für nicht allzu viele Gebrauchsgüter bekannt. Als empirisches Beispiel soll hier die Diffusion von Schwarz-Weiß und Farbfernsehern in den USA betrachtet werden [5]. Dargestellt in den Abbildungen 2 und 3 sind die empirischen Daten für die Marktdurchdringung in Prozent, sowie der reale Preis als Funktion der Zeit. Die durchgezogenen Linien zeigen einen Gompertz-Fit des Verlaufs der Marktpenetration und den dazugehörigen exponentiellen Fit der Preisentwicklung, wie er von der Theorie her zu erwarten ist (Für weitere Beispiel siehe [5].) Das evolutionäre Diffusionsmodell erlaubt desweiteren die Berechnung der Absatzzahlen auf dem Markt, aus der zeitlichen Änderung der Marktdurchdringung. Diese Zahlen entsprechen wie oben erwähnt dem Erstkauf des Gutes.

Nun lässt sich das statistische Modell derart erweitern, dass man ebenfalls den Wiederkauf der Produkte berücksichtigt. Man kann das sowohl für Monopol als auch für Konkurrenzmärkte von Gebrauchsgütern tun und erhält, zumindest qualitativ, die Absatzzahlen über sehr lange Zeiträume, d.h. den sogenannten Produktlebenszyklus. Der Wiederkauf besteht dabei aus zwei Komponenten, dem Mehrfachkauf und dem Ersatzkauf. Kauft ein Adopter mehr als nur eine Produkteinheit, so handelt es sich um einen

Mehrfachkauf, während Ersatzkauf den Ersatz eines bisherigen Gebrauchsguts beinhaltet. Nun ist es schwierig im Nachhinein über Informationen zum Grund des Wiederkaufs zu kommen. Meist ist jedoch die Lebensdauer eines Gebrauchsgutes viel länger als der Diffusionsprozess dauert. In dem Fall kann man eine statistische Aussage über das Verhältnis der beiden Wiederkauf-Komponenten machen. Die Idee dahinter ist, dass Konsumenten, die sich nach einer mittleren Lebensdauer entschließen einen Ersatzkauf zu tätigen durch den Zeitpunkt ihres Erstkaufs miteinander verbunden sind. Vereinfacht gesagt, erzeugt der Erstkauf (durch den Diffusionsprozess) eine Verkaufswelle, die genau nach Ablauf der mittleren Lebensdauer aufgrund des Ersatzkaufs wieder auftritt. Betrachtet man alle anderen Käufe, die nicht mit dieser Welle in Korrelation stehen als Mehrfachkauf, lässt sich der Produktionslebenszyklus, d.h. die Verkaufszahlen als Funktion der Zeit, annähernd wiedergeben (immer vorausgesetzt es kommt zu keinen einschneidenden Ereignissen) [5].

Bekanntermaßen besteht der Produktlebenszyklus aus den Phasen Einführung, Wachstum, Reife, Sättigung und Degeneration des Gutes [19]. Die evolutionäre Theorie erlaubt eine eigene Interpretation dieser Phasen. Jedoch bezieht sie sich lediglich auf die Entwicklung der Gesamtverkaufszahlen. Die Einführungsphase ist eher durch die Angebotsseite in Bezug auf die Gewinnschwelle bestimmt und daher nicht direkt in den Gesamtverkaufszahlen zu sehen. Allerdings, wie oben angedeutet, kann es vorkommen, dass das Marktvolumen zu klein für einen Ansteckungseffekt ist. Dann bleiben die Umsatzzahlen zunächst gering. Diese Phase könnte man als Einführungsphase interpretieren. Sie wäre aber unabhängig von der Gewinnschwelle. Die Wachstumsphase (takeoff) ist gekoppelt an die Bass-Diffusion. Deren Bedeutung hängt wie gezeigt vom Einführungspreis  $\mu_0$  bzw. dem dazugehörigen Marktvolumen ab. Sie endet in der Regel mit einer Delle in den Verkaufszahlen. Die Reifephase ist an die evolutionäre Diffusion (Gompertz-Diffusion) gekoppelt, denn sie geht zwangsläufig mit einem Preis-Wettbewerb und damit mit einem Preisverfall einher. Dieser Prozess führt zu einem zweiten Peak in den Absatzzahlen. In der Sättigungsphase schließlich kommen keine (bzw. kaum) neue Adopter hinzu. Die Absatzzahlen werden daher durch den Wiederkauf des Gutes bestimmt. Im Gegensatz zum Mehrfachkauf führt nun der Ersatzkauf nach endlicher Lebensdauer zu den oben vorher gesagten periodischen Verkaufswellen, synchronisiert durch die beiden Diffusionsprozesse. Auf die Degenerationsphase sei hier nicht weiter eingegangen. Auch die klassische Konjunkturtheorie sagt Verkaufswellen verursacht durch eine endliche Lebensdauer voraus. [20]. Sie werden als Juglar-Wellen bezeichnet und haben in der Regel eine Periodizität von 6-10 Jahren. Die Entwicklung des Produktlebenszyklus ist in den Inserts von Abb.1 schematisch dargestellt.

Es gibt jedoch noch weitere Parallelen zum Inselbeispiel. Wird eine Produktvariante auf dem Markt eingeführt dessen Fitness viel kleiner ist als das Mittel der anderen, so wird es nach kurzer Zeit wieder verschwinden. Andererseits, ist die Fitness viel höher, so ersetzt diese Variante die konkurrierenden Produkte nach einem logistischen Gesetz. Das heißt, die Marktanteile entwickeln sich im Mittel nach dem sogenannten Fisher-Pry-Modell. Dies ist bekanntlich für eine ganze Reihe von Gütern (und Technologien) der Fall und empirisch nachgewiesen worden [21-23]. Auch ist es möglich, dass Produktvarianten an andere koppeln (sogenannte Systemkopplung). In diesem Fall bilden die Produkte dann sozusagen eine "Symbiose", anders ausgedrückt, es werden Synergien erzeugt.

Als Beispiel für die Diffusion eines Gebrauchsgutes seien hier die Verkaufszahlen von Schwarz/Weiß Fernsehgeräten in den USA betrachtet, (Abb.4). Die Theorie behauptet also, dass es zunächst immer eine Bass-Diffusion geben muss. Nur im Falle eines Konkurrenzmarktes kommt es dann zusätzlich zu einer evolutionären (Gompertz-) Diffusion. Obwohl in der Marktdurchdringung nicht wahrnehmbar zeigen die Verkaufszahlen tatsächlich eine Doppel-Peak Struktur. Der erste Peak 1950 ist demnach Folge der Bass-Diffusion. Der zweite Peak in den Absatzzahlen etwa 1954-55, ist der Theorie nach auf die evolutionäre

Erweiterung des Marktvolumens zurückzuführen. Und tatsächlich ist dieser Teil nichts anderes als die Ableitung der Marktdurchdringung nach der Zeit. Formal tritt also die Reifephase ab etwa 1951 auf. Die Ursache für die scheinbare Abwesenheit der Bass-Diffusion in Abb.2 ist darauf zurückzuführen, dass die Verkaufszahlen sehr empfindlich auf Änderungen der Marktdurchdringung reagieren, denn sie sind deren zeitlichen Ableitung.

Für die Sättigungsphase lässt sich nur bedingt ein exakter Zeitpunkt bestimmen, denn durch den exponentiellen Preisverfall kommen zwar stets weniger, aber über die nächsten zwanzig Jahre immer noch Adopter hinzu. Die Sättigungsphase ist jedoch durch den Wiederkauf geprägt, und zeigt daher die periodischen Schwankungen der Absatzzahlen. Der Doppelpeak verursacht durch die beiden Diffusionswellen, wiederholt sich etwa alle 9-10 Jahre für dieses Gut. Die durchgezogene Linie in Abb.4 ist ein Produktlebenszyklus, wie er sich aus der Theorie ergibt. Die Theorie kann die tatsächlichen Verkaufszahlen natürlich nicht exakt vorhersagen, denn sie enthält nur die beiden Diffusionswellen mit wenigen freien Parameter. Ereignisse die nicht an die Preisentwicklung gekoppelt sind, sind nicht Teil des Gompertz-Modells. Vernachlässigt wird also die Koevolution der anderen beiden Parameter Änderungen in den Präferenzen, Marketingevents, neue Technologien etc. sind nicht enthalten. Für kurzfristige Prognosen eignen sich die statistischen Methoden der Zeitreihenanalyse besser. Dennoch spiegelt die Theorie die wesentlichen Tendenzen der Verkaufszahlenentwicklung über lange Zeiten relativ gut wieder.

Die Theorie ist ebenfalls dazu in der Lage, die wesentlichen Tendenzen der Absatzzahlen von Monopolen zu bestimmen. Es ist sogar einfacher, denn im Unterschied zum Konkurrenzmarkt kommt es lediglich zur Bass-Diffusion. Zu erwarten ist, dass auch für Monopole der Produktlebenszyklus periodischen Schwankungen unterliegt, die durch den Ersatzkauf nach mittlerer Lebensdauer verursacht werden. Ein Markt in dem Käufer starke Präferenzen aufweisen und daher dazu neigen sich immer wieder das Produkt des gleichen Herstellers zu kaufen ist der Automobilmarkt. Automobilmarken haben daher die Tendenz zu de facto Monopolmärkten.

Als Beispiel seien hier zwei Marken der Daimler Car Group betrachtet. Dargestellt in Abb.5 sind die empirischen Absatzzahlen, sowie der reale Preis des Einstiegsmodells der Mercedes Benz C-Klasse und der Mercedes Benz S-Klasse [24,25]. Die durchgezogene Linie stellt ein Fit der Verkaufszahlen dar, wie sie aus dem dargelegten Modell folgt. Zunächst ist anzumerken, dass beide Modelle die zu erwartenden periodischen Schwankungen aufweisen (ohne Doppelpeak). Allerdings könnte man vermuten, dass die Schwankungen mit den Modellwechseln des Herstellers zu tun haben. Deshalb wurden desweiteren die Modellwechsel als Pfeile eingezeichnet. Für die C-Klasse scheint es, als würde jeder Zuwachs der Verkaufszahlen mit dem Wechsel der Modelle erklärt werden können, zumal der reale Preis relativ konstant bleibt. Betrachtet man die Entwicklung der S-Klasse, so stellt man zunächst fest, dass der Durchbruch (Takeoff) mit dem Modell W116 erfolgte. Die Bass-Diffusion startet also etwa 1964. Der Theorie nach sollte das Marktvolumen für den Vorgänger W108 einfach noch zu klein gewesen sein. Auch hier scheint es, als wären die neuen Modelle die treibende Kraft, denn auch die Einführung des Modells W126 ist mit einer Zunahme der Verkaufszahlen verbunden. Das ändert sich allerdings mit den darauf folgenden Modellen W140 und W220 in den neunziger Jahren. Die Einführung des Modells W140 ist mit einem realen Preissprung gepaart. Die Abnahme der Absatzzahlen hat sicher auch eine Ursache im Preisanstieg. Nun führte das Unternehmen jedoch nach nur kurzer Zeit das Modell W220 ohne Preissprung ein. Und auch hier gab es keine wesentliche Zunahme der Absatzzahlen. Erst das Modell W463 war ein Verkaufserfolg. Man könnte argumentieren, dass der Misserfolg eben an dem "schlechten" Modell lag. Die Anwendung der hier skizzierten Theorie als durchgezogene Linie impliziert eine andere Erklärung. Die mittlere Lebensdauer für die S-Klasse liegt bei ca. 15 Jahren. Führt der Hersteller also neue Modelle ein, ohne Rücksicht auf die mittlere Lebensdauer zu nehmen, riskiert er finanziellen Ausfälle.



Die Möglichkeiten der Käufer neue Modelle zu kaufen sind begrenzt, denn das Produkt muss sich "amortisieren". Andererseits sagt die Theorie erhöhte Absatzzahlen um das Jahr 2014-16 voraus. Natürlich kann ein Produzent die Verkaufszahlen mit Hilfe neuer Modelle steuern. Aber wie das Beispiel S-Klasse zeigt, nur innerhalb bestimmter Grenzen die durch die mittlere Lebensdauer des Gutes bestimmt sind.

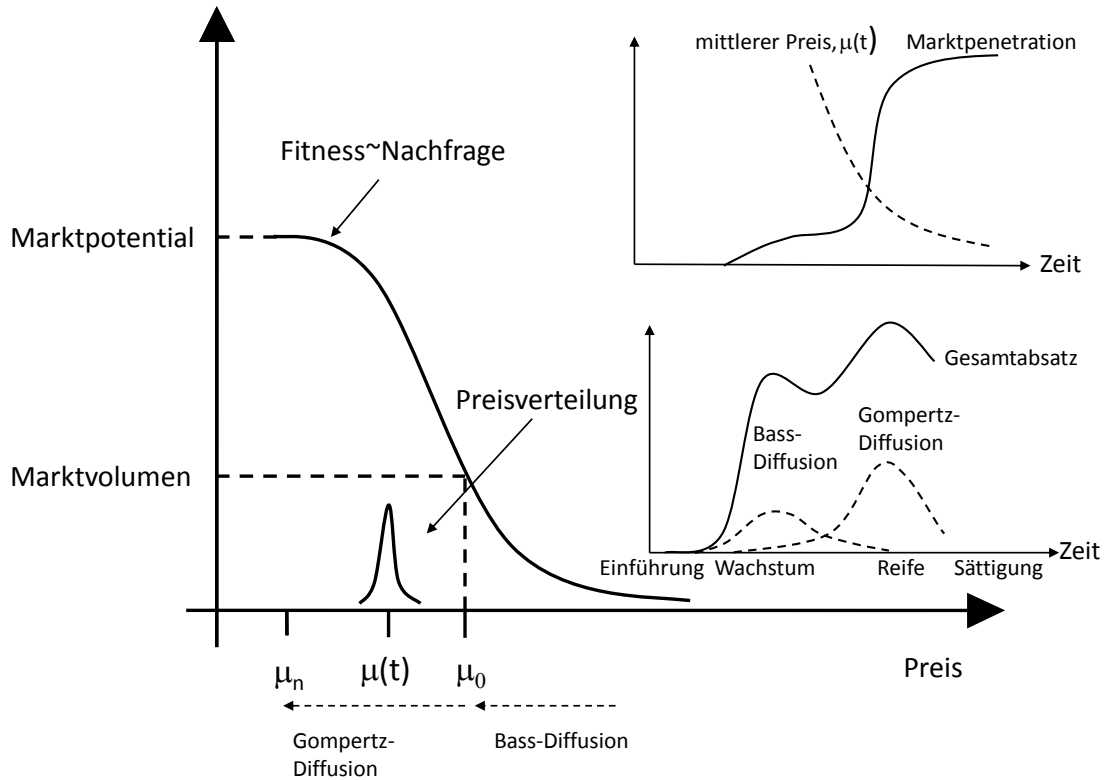
Die evolutionäre Theorie ist also in der Lage eine ganze Reihe von empirisch gefundener statistischer Daten der Marktentwicklung in einem einzigen Modell zu erklären. Grundlage ist der VSR-Mechanismus von Produkten auf einem freien Markt. Man könnte auch sagen, die "unsichtbare Hand" von der Adam Smith in seinen Überlegungen zur Marktwirtschaft spricht, ist nichts anderes als der VSR-Mechanismus [26]. Nun gibt es natürlich immer Tendenzen seine Marktmacht zu missbrauchen. Anders gesagt, Erfolg ist ein dehnbarer Begriff. Ohne staatliche Eingriffe wäre nicht der Erfolgreiche, sondern der Stärkere der Gewinner. Das freie Spiel von Angebot und Nachfrage ist keineswegs ohne Schattenseiten, denn die Deflation im Laufe des Produktlebenszyklus hat auch seinen Preis. Es können beispielsweise nicht alle Produzenten und damit Arbeitsplätze überleben (sogenannter Shakeout [27]). Eine weitergehende Diskussion über die Konsequenzen der evolutionären Theorie würde hier jedoch zu weit führen. Es soll lediglich darauf verwiesen werden, dass die Theorie nicht nur auf Gebrauchsgüter, sondern auch auf Verbrauchsgüter erweitert werden kann [28].

## Literatur

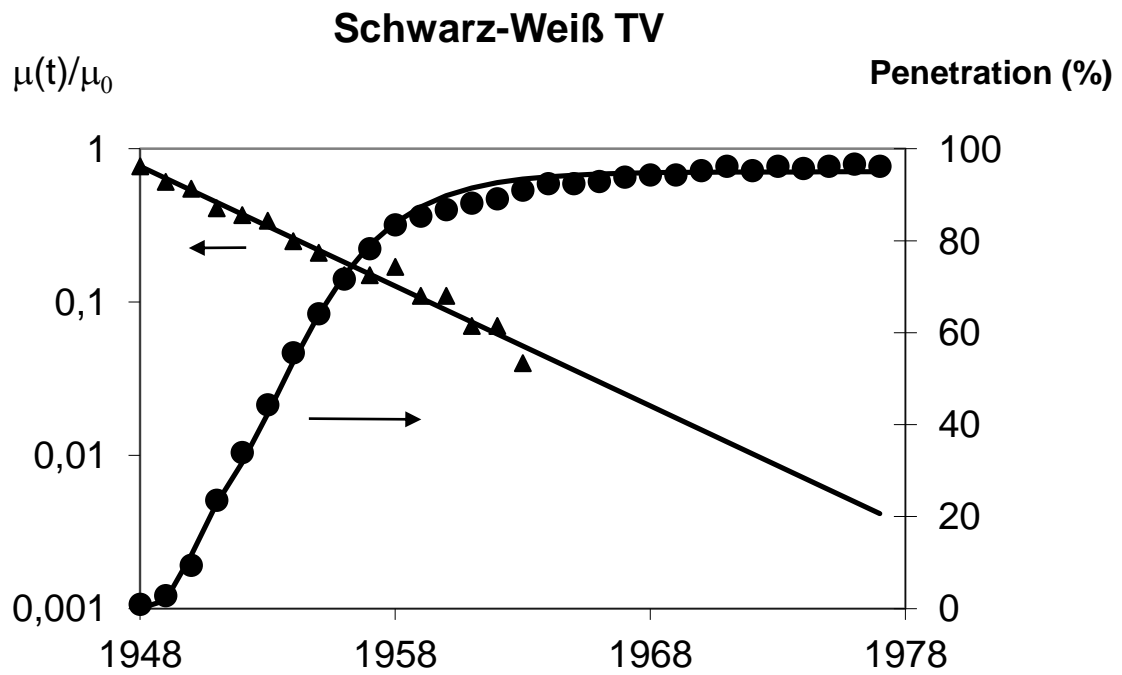
- [1] C.Herrmann-Pillath, *Grundriß der Evolutionsökonomik*, UTB Verlag (2002).
- [2] R.R. Nelson, S.G. Winter, *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press MA, (1982).
- [3] K.Dopfer, *The Evolutionary Foundation of Economics*. University Press Cambridge UK, (2005).
- [4] U. Witt, Evolutionary Economics, Papers on Economics Evolution #0605, (2006).
- [5] J. Kaldasch, Evolutionary Model of an Anonymous Consumer Durable Market, *Physica A*, 390, (2011) 2692-2715.
- [6] H.R.Varian, *Grundzüge der Mikroökonomik*. Oldenburg Wissenschaftsverlag (2007).
- [7] E.D. Beinhocker, *The Origin of Wealth*, Harvard Business School Press (2006).
- [8] G. Bottazzi, S. Sapio and A. Secchi, Some Statistical Investigations on the Nature and Dynamics of Electricity Prices. (2004) LEM Papers Series. RePEc:ssa:lemwps:2004/13.
- [9] G. De Fabritiis, F. Pamolli, M. Riccaboni, On size and growth of business units, *Physica A* 324.1-2 (2003) 38-44.
- [10] R. Gibrat, *Les Inegalites Economiques*, Sirey, Paris (1913).
- [11] J. Growiec, F. Pammolli, M. Riccaboni, H.E. Stanley, On the size distribution of business firms, *Economic Letters* 98 (2008) 207-212.
- [12] R.L. Axtell, Zipf Distribution of U.S. Firm Sizes, *Science* 293 (2001) 1818-1820.
- [13] F. M. Bass, A new product growth model for consumer durables, *Management Science* 15 (1969) 215-227.
- [14] E. M. Rogers, *Diffusion of Innovations*, eds. Simon and Schuster, New York, (2003).
- [15] L.K. Vanston, Practical Tips for Forecasting New Technology Adoption, *Teletronikk* 3/4, 179-189 (2008).
- [16] Colombo, R.A., W. Jiang, Brand Repertoires in Dirichlet Markets, ANZMAC Proceedings (2002).
- [17] G.J. Goodhardt, A.S.C. Ehrenberg, C. Chatfield, The Dirichlet: A Comprehensive Model of Buying Behaviour, *Journal of the Royal Statistical Society, A*, 147, (1984) 621-655.
- [18] F.M. Bass, T.V. Krishnan, D. Jain, Why the Bass Model fits without Decision Variables, *Marketing Sci.* 13 (1994) 203-223.
- [19] S. Hollensen, *Marketing Management: A Relationship Approach*, Pearson Education (2010).
- [20] L. Tvede, *Business Cycles, History, Theory and Investment Reality*, Jon Wiley & Sons (2006).
- [21] J.C. Fisher, H.R. Pry, A simple substitution model of technological change, *General Electric Report No.70-C-215* (1970).
- [22] C. Marchetti, Primary Energy Substitution Models: On the Integration between Energy and Society, *Technological Forecasting and Social Change*, 10 (1977) 345-356.
- [23] V.Mahajan, E.Muller, Timing, Diffusion, and Substitution of Successive Generations of Technological Innovations: The IBM Mainframe Case, *Technological Forecasting and Social Change*, 51

- (1996) 109-132.
- [24] B.Gottschalk, R.Kalmbach, J. Dannenberg, *Markenmanagement in der Automobilindustrie*, Gabler (2005).
  - [25] M. Rahmati, *Markenentwicklung im Geschäftsfeld Mercedes-Benz Cars der Daimler AG*, Bachelor Thesis EBC Berlin (2011).
  - [26] A. Smith, *Der Wohlstand der Nationen*, DTV (1999)
  - [27] Z. Wang, Income Distribution, Market Size and the Evolution of Industry, *Review of Economic Dynamics*, 11(3), 542-565, (2007).
  - [28] J. Kaldasch, Evolutionary Model of Non-durable Markets, Preprint, Arxiv preprint arXiv:1109.5791 (2011).

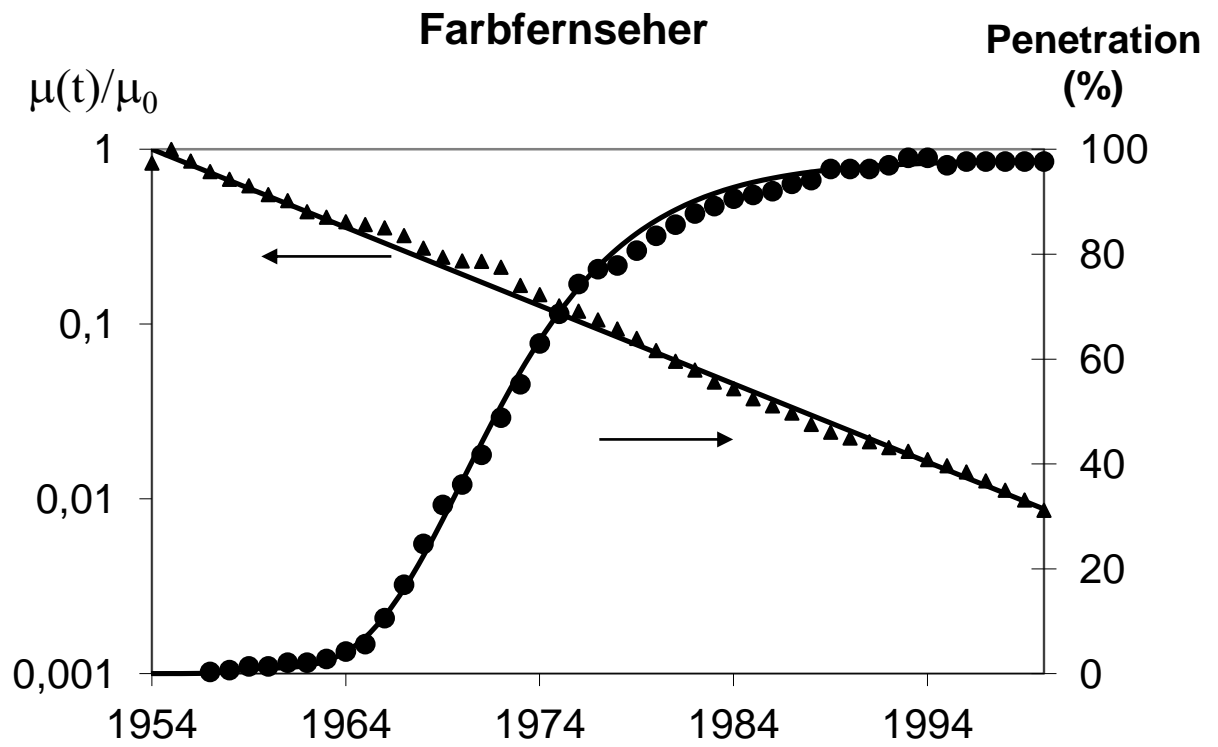
## Abbildungen



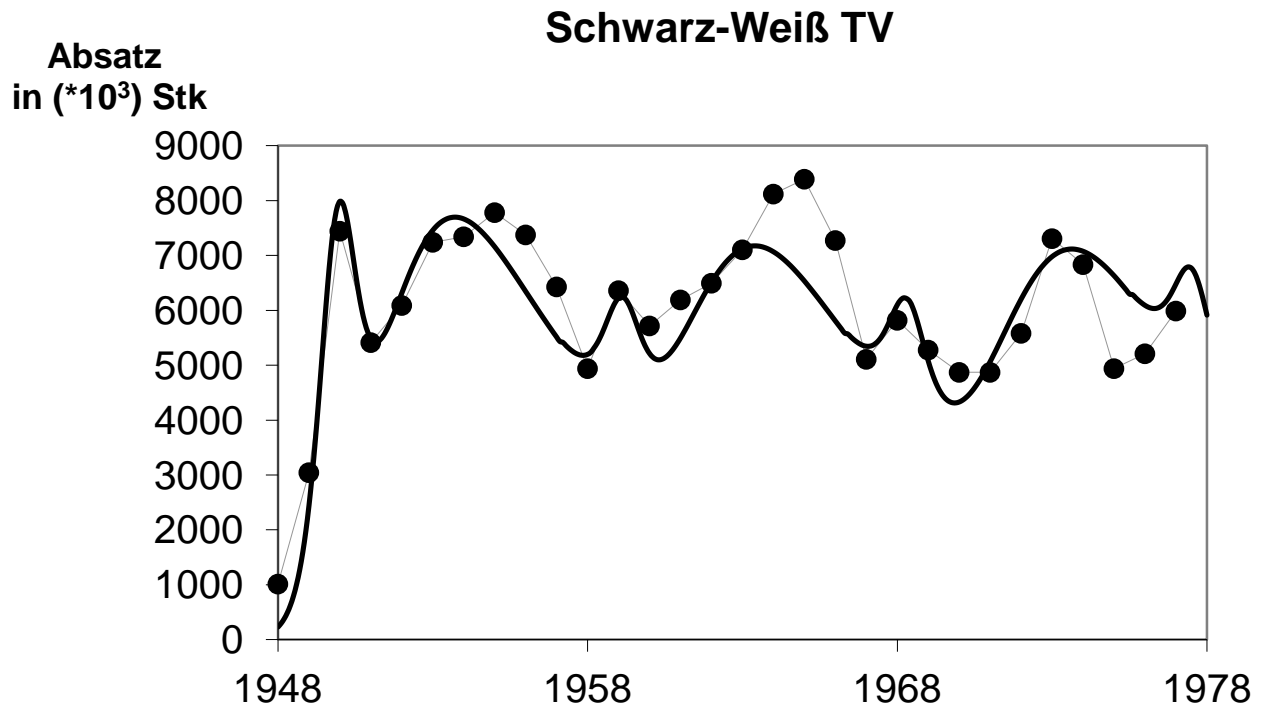
**Abb. 1:** Schematisch dargestellt ist die Fitness eines Gebrauchsgutes als Funktion des realen Preises  $\mu$ . Da die Fitness proportional zur Nachfrage ist, entspricht die durchgezogene Linie in etwa der Preis-Nachfrage-Kurve, mit vertauschten Achsen. Die Ausbreitung zum Einführungspreis  $\mu_0$  erfolgt zunächst durch Bass Diffusion über das dazugehörige Marktvolumen. Während der Gompertz-Diffusion ändert sich der mittlere Preis und nähert sich dem natürlichen Preis  $\mu_n$ . Die Inserts zeigen die Marktpenetration, die Preisentwicklung, und den Gesamtabsatz der sich aus den beiden Diffusionswellen ergibt.



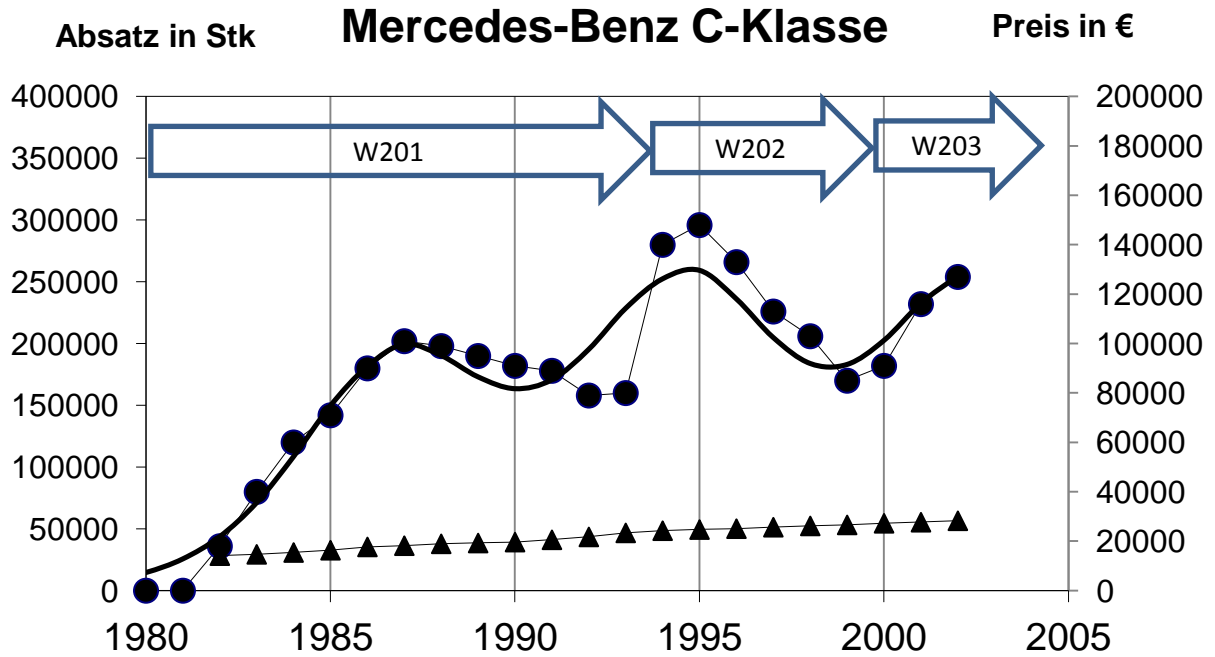
**Abb.2:** Dargestellt ist die skalierte empirische Preisentwicklung (Dreiecke) und die Marktpenetration (Kreise) von Schwarz-Weiß Fernsehern in den USA. Die durchgezogenen Linien ergeben sich als Fit aus der Theorie [5]. Durch die logarithmischen Darstellung wird der Preisverfall zu einer Geraden.



**Abb.3:** Dargestellt ist die skalierte empirische Preisentwicklung (Dreiecke) und die Marktpenetration (Kreise) von Farbfernsehern in den USA. Die durchgezogenen Linien ergeben sich als Fit aus der Theorie [5].

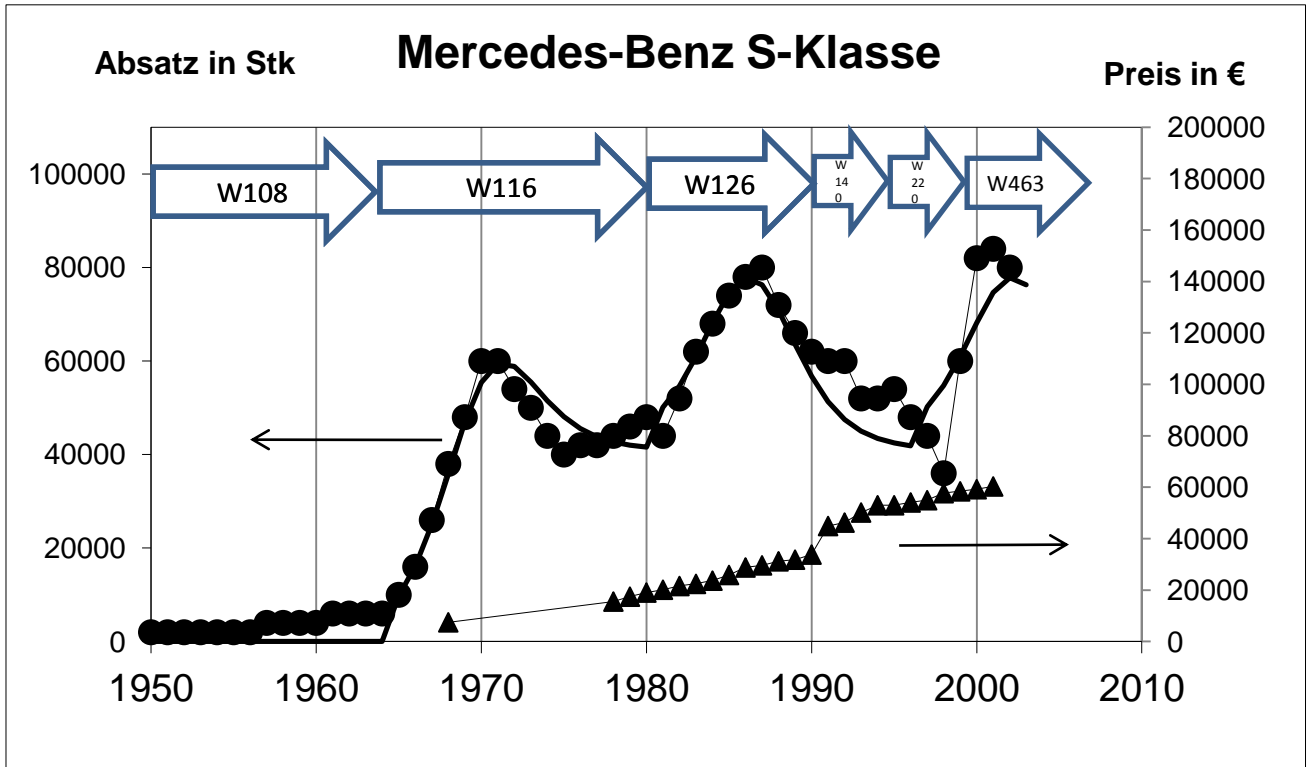


**Abb.4:** Dargestellt sind die empirische Absatzzahlen (Kreise) von Schwarz-Weiß Fernsehern in den USA. Die durchgezogene Linie ist ein Fit des Produktlebenszyklus [5]. Dabei treten die beiden Peaks 1950 und 1953-54 die von der Bass- bzw. Gompertz-Diffusion stammen periodisch etwa alle 9-10 Jahre wieder auf. Trotz Abweichungen ist diese Tendenz zu erkennen.



**Abb.5:** Dargestellt sind die empirische Absatzzahlen (Kreise) der Mercedes Benz C-Klasse sowie der Einstiegspreis (Dreiecke) für das Standardmodell [24]. Die durchgezogene Linie ist ein Fit des Produktlebenszyklus. Die Pfeile deuten die Laufzeit der Modelle an.





**Abb.6:** Dargestellt sind die empirische Absatzzahlen (Kreise) der Mercedes Benz S-Klasse sowie der Einstiegspreis (Dreiecke) für das Standardmodell [24]. Die durchgezogene Linie ist ein Fit des Produktlebenszyklus.