

Yann Fürst

System-Dynamics-basierte Simulation von Erfahrungskurveneffekten

Diplomarbeit

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 Diplomica Verlag GmbH
ISBN: 9783832421892

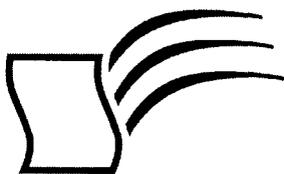
Yann Fürst

System-Dynamics-basierte Simulation von Erfahrungskurveneffekten

Yann Fürst

System-Dynamics-basierte Simulation von Erfahrungskurveneffekten

**Diplomarbeit
an der Universität Mannheim
Prüfer Prof. Dr. Peter Milling
August 1999 Abgabe**



Diplomarbeiten Agentur
Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke
und Guido Meyer GbR

Hermannstal 119 k
22119 Hamburg

agentur@diplom.de
www.diplom.de

ID 2189

Fürst, Yann: System-Dynamics-basierte Simulation von Erfahrungskurveneffekten / Yann

Fürst - Hamburg: Diplomarbeiten Agentur, 2000

Zugl.: Mannheim, Universität, Diplom, 1999

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden, und die Diplomarbeiten Agentur, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey, Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke & Guido Meyer GbR

Diplomarbeiten Agentur, <http://www.diplom.de>, Hamburg

Printed in Germany



Diplomarbeiten Agentur

Wissensquellen gewinnbringend nutzen

Qualität, Praxisrelevanz und Aktualität zeichnen unsere Studien aus. Wir bieten Ihnen im Auftrag unserer Autorinnen und Autoren Wirtschaftsstudien und wissenschaftliche Abschlussarbeiten – Dissertationen, Diplomarbeiten, Magisterarbeiten, Staatsexamensarbeiten und Studienarbeiten zum Kauf. Sie wurden an deutschen Universitäten, Fachhochschulen, Akademien oder vergleichbaren Institutionen der Europäischen Union geschrieben. Der Notendurchschnitt liegt bei 1,5.

Wettbewerbsvorteile verschaffen – Vergleichen Sie den Preis unserer Studien mit den Honoraren externer Berater. Um dieses Wissen selbst zusammenzutragen, müssten Sie viel Zeit und Geld aufbringen.

<http://www.diplom.de> bietet Ihnen unser vollständiges Lieferprogramm mit mehreren tausend Studien im Internet. Neben dem Online-Katalog und der Online-Suchmaschine für Ihre Recherche steht Ihnen auch eine Online-Bestellfunktion zur Verfügung. Inhaltliche Zusammenfassungen und Inhaltsverzeichnisse zu jeder Studie sind im Internet einsehbar.

Individueller Service – Gerne senden wir Ihnen auch unseren Papierkatalog zu. Bitte fordern Sie Ihr individuelles Exemplar bei uns an. Für Fragen, Anregungen und individuelle Anfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung. Wir freuen uns auf eine gute Zusammenarbeit

Ihr Team der *Diplomarbeiten Agentur*

Dipl. Kfm. Dipl. Hdl. Björn Bedey –
Dipl. Wi.-Ing. Martin Haschke —
und Guido Meyer GbR —————

Hermannstal 119 k —————
22119 Hamburg —————

Fon: 040 / 655 99 20 —————
Fax: 040 / 655 99 222 —————

agentur@diplom.de —————
www.diplom.de —————

System-Dynamics-basierte Simulation von Erfahrungskurveneffekten

Diplomarbeit

Vorgelegt am Industrieseminar der Universität Mannheim - Professor Dr. Peter Milling

von Yann Fürst

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Historische Entwicklung des Erfahrungskurvenkonzeptes	1
2. Der Einfluß der Erfahrungskurve auf die Marktposition des Unternehmens	7
2.1 Die Rückkopplung von Stückkosten und Marktnachfrage	7
2.2 Auswirkungen eines initialen Kostenvorsprungs	15
2.3 Die Bedeutung des Marktanteils	17
3. Die Bestimmungsfaktoren der Stückkostensenkung	21
3.1 Kapazitätssteigerung durch technischen Fortschritt	23
3.2 Lerneffekte im Produktionsprozeß	31
3.3 Kostensenkung durch Größendegression	44
3.4 Die Integration der einzelnen Teilmodelle	50
4. Mögliche Weiterentwicklung des Modells	53
Literaturverzeichnis	55
Anhang	58

1. Historische Entwicklung des Erfahrungskurvenkonzeptes

Die Formulierung des als Erfahrungskurve (experience curve) bekannten Effektes einer potentiellen Senkung der auf die Wertschöpfung bezogenen, realen Stückkosten um einen konstanten Prozentsatz bei einer Vervielfachung der kumulierten Produktionsmenge geht auf empirische Untersuchungen der Boston Consulting Group in den 60er Jahren zurück. Vor allem in der rapide wachsenden Branche der elektronischen Industrie sanken die Preise nach der Markteinführung von Halbleitern derart schnell, daß ein Zusammenhang zwischen Marktwachstum, den damit verbundenen Zuwächsen der Produktionsmengen, Marktpreisen und den dahinterstehenden Stückkosten vermutet werden konnte.¹ Bei umfangreichen empirischen Erhebungen zeigte sich, daß Marktpreise und Stückkosten tatsächlich bei einer Verdopplung der in den kumulierten Produktionsmengen ausgedrückten Produkterfahrung mit einer konstanten Quote von 20% bis 30 % abnahmen.² Dieser mathematische Zusammenhang zeigt bei einer graphischen Analyse mit linearer Skalierung des Koordinatensystems eine degressiv fallende Kurve, in einem doppelt-logarithmischen Koordinatensystem eine Gerade, wenn man von über den gesamten Lernprozeß konstanten Lernraten ausgeht. Die Linearhypothese der Lernkurventheorie bezieht sich damit auf die Darstellung im Koordinatensystem mit logarithmischer Skalierung.³

Die Erkenntnis über Abhängigkeit von Stückkosten und der gesammelten Erfahrung der Mitarbeiter im Unternehmen geht allerdings bereits auf frühere Untersuchungen zurück: Seine Wurzeln hat das Erfahrungskurvenkonzept in der Theorie der Lernkurven, die anfänglich ausschließlich für den Bereich der Fertigung formuliert wurden. Die Erfahrungskurve kann als Weiterentwicklung der Lernkurve verstanden werden.⁴

Erste Untersuchungen zur Bestimmung von Lernfortschritten im Fertigungsprozeß entstanden im Zuge des von *Taylor* (1911) propagierten Scientific Management, der minutiösen Zerlegung von Arbeitsprozessen in Einzelschritte und dem Versuch, diese durch Experimente zu optimieren.⁵

¹ Vgl. Henderson, B.: Die Erfahrungskurve in der Unternehmensstrategie, Frankfurt / New York 1984, S. 14, Zitierweise: Die Erfahrungskurve,

² Vgl. ebd., S. 19

³ Vgl. Hieber, W. L.: Lern- und Erfahrungskurveneffekte und ihre Bestimmung in der flexibel automatisierten Produktion, München 1991, S. 40, Zitierweise: Lern- und Erfahrungskurveneffekte

⁴ Vgl. Wacker, P.-A.: Die Erfahrungskurve in der Unternehmensplanung – Analyse und empirische Überprüfung, Diss., München 1980, S. 15, Zitierweise: Die Erfahrungskurve in der Unternehmensplanung

⁵ Vgl. Taylor, F. W.: The Principles of Scientific Management, New York 1911

Anfang der 30er Jahre zeigt *Meyer* in arbeitsphysiologischen Untersuchungen im Zuge des Taylorismus den Zusammenhang zwischen Übung und Arbeitsgeschwindigkeit, indem er den Output von Arbeitern bei konstanten Arbeitsbedingungen untersucht. Er kommt zu dem Schluß, daß der Übungsfortschritt begrenzt und damit ab einer gewissen produzierten Menge eine weitere Steigerung der Leistung nicht mehr möglich ist.⁶

Das Phänomen sinkender Stückkosten bei steigender kumulierter Ausbringung wird erstmals ausdrücklich von *Wright* in seiner Funktion als Manager der Curtiss-Wright Cooperation im Rahmen einer empirischen Untersuchung der direkten Stückherstellungskosten von Flugzeugen bereits 1925 festgestellt, die Untersuchung aber erst 1936 veröffentlicht. *Wright* verknüpft in seiner Lernkurve die über die Fertigungszeit bestimmten direkten Fertigungskosten und die kumulierte Ausbringung über eine ebenfalls empirisch ermittelte Lernrate, die den Rückgang der Kosten mit Lerneffekten bei der wiederholten Verrichtung einzelner Arbeitsgänge erklärt.⁷ In diesem „Quantitätseffekt“ sieht *Wright* neben Rationalisierungen in der Konstruktion das größte Kostensenkungspotential.⁸

Ausgangspunkt des allgemeinen Erfahrungskurvenkurvenmodells ist eine mathematische Funktion, die den exponentiell fallenden Zusammenhang zwischen zunehmender Produkterfahrung und den Stückkosten beschreibt.

Es gilt:

$$k_i = k_1 \cdot Q_i^\varepsilon$$

mit:

k_1 = Stückkosten für das erste Stück

k_i = Stückkosten für das i-te Stück

Q_i = kumulierte Produktionsmenge bis zum i-ten Stück

ε = Ausbringungselastizität der Stückkosten

Die Stückkosten für das i-te Stück errechnen sich damit als Produkt aus den Stückkosten für das erste Stück und der bis zum i-ten Stück kumulierten Produktionsmenge, die mit

⁶ Vgl. Meyer, A.: Einfluß der Übung auf die Arbeitsgeschwindigkeit, in: Psychotechnik 1930, Jg. 7, H. 2, S. 53 ff, zitiert nach: Baur, W.: Neue Wege der betrieblichen Planung, Berlin / New York 1967, S. 35, Zitierweise: Betriebliche Planung

⁷ Vgl. Wright, T. P.: Factors affecting the cost of airplanes, in: Journal of Aeronautical Sciences 1936, Vol. 3, S. 125, zitiert nach: Baur, W.: Betriebliche Planung, S. 44

⁸ Vgl. Hieber, W. L.: Lern- und Erfahrungskurveneffekte, S. 19

der Ausbringungselastizität der Stückkosten potenziert wird. Die Ausbringungselastizität der Stückkosten bezogen auf die kumulierte Menge gibt an, um wieviel Prozent die Stückkosten sinken, wenn die kumulierte Ausbringung um 1% steigt.⁹

Es gilt:

$$\frac{dk_i/k_i}{dQ_i/Q_i} = \varepsilon k_i Q_i^{\varepsilon-1} \cdot \frac{Q_i}{k_i} = \frac{\varepsilon k_i Q_i^{\varepsilon}}{Q_i} \cdot \frac{Q_i}{k_i Q_i^{\varepsilon}} = \varepsilon$$

Die Ausbringungselastizität ε wird als im Zeitverlauf konstant bleibend angenommen. Sie errechnet sich aus der Erfahrungsrate α , die bei einem Stückkostenvergleich nach einer Vervielfachung der kumulierten Ausbringung das Verhältnis der Stückkosten beschreibt:

$$\frac{k_2}{k_1} = 1 - \alpha$$

Bei einer Erfahrungsrate von 20% betragen die Stückkosten nach der Vervielfachung nur noch 80% der Ausgangsstückkosten. Üblicherweise werden die Stückkosten bei einer Verdopplung der kumulierten Ausbringung verglichen, d. h.

$$Q_2 = 2Q_1$$

Die Stückkosten bei einer kumulierten Ausbringung von 2 Stück errechnen sich dann aus

$$k_2 = k_1 \cdot Q_2^{\varepsilon}$$

Mit $Q_1 = 1$ ergibt sich

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{k_1 Q_2^{\varepsilon}}{k_1} = (2Q_1)^{\varepsilon} = 2^{\varepsilon} = 1 - \alpha$$

und damit

$$\varepsilon = \frac{\ln(1 - \alpha)}{\ln 2}$$

oder

$$\varepsilon = \frac{\ln(1 - \text{Kostenreduktionsrate})}{\ln \text{Vervielfachungsfaktor}}$$

Gewöhnlich wird eine Verdopplung der kumulierten Produktionsmenge als Bezugsbasis verwendet und oftmals implizit vorausgesetzt.¹⁰ Der Vervielfachungsfaktor beträgt dann

⁹ Vgl. Simon, H.: Preismanagement, Wiesbaden 1992, S. 281, Zitierweise: Preismanagement

¹⁰ Vgl. Bauer, H. H.: Das Erfahrungskurvenkonzept – Möglichkeiten und Problematik der Ableitung strategischer Handlungsalternativen, in Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 15. Jg., Heft 1, Januar 1986, S. 2, Zitierweise: Das Erfahrungskurvenkonzept