

Pack, Ludwig

Working Paper

Die optimale Nutzungsdauer von Anlagegütern: Dargestellt am Beispiel der Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines PKW

Diskussionsbeiträge - Serie C, No. 1

Provided in Cooperation with:

Department of Economics, University of Konstanz

Suggested Citation: Pack, Ludwig (1980) : Die optimale Nutzungsdauer von Anlagegütern: Dargestellt am Beispiel der Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines PKW, Diskussionsbeiträge - Serie C, No. 1, Universität Konstanz, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften und Statistik, Konstanz

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/92539>

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.

FAKULTÄT FÜR
WIRTSCHAFTSWISSENSCHAFTEN UND STATISTIK
UNIVERSITÄT KONSTANZ

Die optimale Nutzungsdauer
von Anlagegütern

Dargestellt am Beispiel der Bestimmung
der optimalen Nutzungsdauer eines PKW

Prof. Dr. L. | Pack

Serie C - Nr. 1

DISKUSSIONSBEITRÄGE

D-7750 Konstanz
Postfach 5560

Serie C

Betriebswirtschaftliche Beiträge

Nr. 1

Die optimale Nutzungsdauer
von Anlagegütern

Dargestellt am Beispiel der Bestimmung
der optimalen Nutzungsdauer eines PKW

Prof. Dr. L. | Pack

Serie C - Nr. 1

März 1980

Ag 2319 80
Wirtschaftswissenschaften
K-Kiel

C 94895

Serie A: Volkswirtschaftliche Beiträge

Serie B: Finanzwissenschaftliche Arbeitspapiere

Serie C: Betriebswirtschaftliche Beiträge

VERZEICHNIS DER SYMBOLE

A	:	Anschaffungswert nach Abzug einer evtl. Mehrwertsteuer
$a = \frac{A}{m}$:	jährliche steuerliche Abschreibung
$C(N, T, i)$:	die Ausgabenannuität in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer N , dem Steuersatz T und dem Zinssatz i
i	:	der Kalkulationszinsfuß nach Steuern = Zinssatz vor Steuern mal $(1-T)$
j	:	$(1, \dots, N)$ die einzelnen Jahre, in denen eine Anlage genutzt wird
k_j	:	die Ausgaben für Betrieb und Wartung im Jahre j
m	:	der steuerliche Abschreibungszeitraum in Jahren
N	:	die Nutzungsdauer in Jahren
$\text{Min}\{N, m\}$:	ist gleich dem kleineren der Werte von N bzw. m
$P(N)$:	Grenzausgaben im Bezug auf die Zeit im Jahre N
R	:	Steigerungssatz der Betriebs- und Wartungsausgaben
S_N	:	Veräußerungserlös am Ende des Jahres N
T	:	der Grenzsteuersatz der Einkommenssteuer bzw. der Körperschaftssteuer
$V(N)$:	der Barwert der mit Z_j bezeichneten Ausgaben, errechnet für den Zeitpunkt der Investition
$V_\infty(N)$:	der Gesamtbarwert von unendlich vielen $V(N)$ bei vorgegebener Nutzungsdauer N , ermittelt für den Anschaffungszeitpunkt der ersten Anlage
Z_j	:	die Ausgaben, die im Nutzungsjahr j mit dem Betrieb einer Anlage verbunden sind

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
I. Das gestellte Problem	1
II. Modellhafte Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer	2-12
1. Modellannahmen	2-5
2. Allgemeine Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer	5-12
a) Entwicklung des Modellansatzes	6-9
b) Ableitung des zu optimierenden Ausdrucks	9-12
III. Numerische Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer anhand von Zahlenbeispielen	13-36
1. Die Determinanten der optimalen Nutzungsdauer	13-18
a) Die Abnahme der Veräußerungswertes	13
b) Ausgaben für Betrieb und Wartung	14-16
c) Der Kalkulationszinsfuß	16
d) Der Einfluß der Steuer	16-17
e) Die Wirkung der Abschreibung	17-18
f) Ausgaben für Reparaturen, die mehr als Wartung sind	18
g) Durch plötzlichen Ausfall bedingte Ausgaben	18
2. Formulierung des zu optimierenden Ausdrucks in Abhängigkeit von den Determinanten der optimalen Nutzungsdauer	19-22
a) Allgemeine Form	19-21
b) Vereinfachte Formen	21-22
3. Bestimmung der Grenzausgaben	22
4. Durchführung der Optimierungsrechnung und Darstellung des Einflusses der einzelnen Determinanten	22-36
a) Darstellung einiger Berechnungsbeispiele	22-26
b) Übersicht über die Abhängigkeit der optimalen Nutzungsdauer von den einzelnen Determinanten	26-28
c) Berechnung der Ausgaben pro gefahrenen Kilometer	28-29
d) Sensitivitätsanalyse für den Fall der Abweichung von der optimalen Nutzungsdauer	29-30
e) Zum Problem des vorzeitigen Ersatzes	31-36
ea) Ersatz durch eine gleiche Anlage	31-33
eb) Ersatz durch eine neue (bessere) Anlage	34-36
IV. Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse	37-39
Anhang	40-76

1. DAS GESTELLTE PROBLEM

Das Problem der Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer von Anlagegütern wird am Beispiel des Anlageobjektes "PKW" erörtert. In engem Zusammenhang damit steht die Frage nach dem optimalen vorzeitigen Ersatzzeitpunkt einer noch leistungsfähigen Anlage. Dieses Problem wird jedoch zunächst ausgeklammert und in einem ersten Teil lediglich die Festlegung der Nutzungsdauer eines Anlagegutes im Anschaffungszeitpunkt behandelt.

Einführend wird die modellhafte Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer unter Berücksichtigung bestimmter Restriktionen in sehr allgemeiner Form dargestellt. Später werden auf das entwickelte Modell abgestellte Zahlenbeispiele zur Offenlegung der Zusammenhänge herangezogen.

Der Verfasser dankt Herrn Dipl.-Kfm. Karl-Heinz Heim und Herrn Dipl.-Kfm. Bernd Klüppelberg für die Berechnung der wiedergegebenen Tabellen auf dem Computer der Universität Mannheim, Herrn Dipl.-Kfm. Manfred Püschel für seine Mithilfe bei der redaktionellen Überarbeitung der Tonbandmitschrift des Vortrages und Frl. Ursula Opplinger vom Seminar für Operations Research der Universität Bern für die Anfertigung der Tonbandmitschrift.

II. MODELLHAFTE BESTIMMUNG DER OPTIMALEN NUTZUNGSDAUER

1. Modellannahmen

Eine modellhafte Betrachtung eines Problems ist durch modellbedingte, vereinfachende Annahmen gekennzeichnet. Im folgenden wird unterstellt, daß die nachgenannten Annahmen gelten:

- a) Es wird erstens von der Annahme eines vollkommenen Kapitalmarktes ausgegangen. Für den hier interessierenden Fall heißt das u.a., daß ein Unternehmer zum Kalkulationszinsfuß beliebige Beträge ent- bzw. verleihen kann. Bezüglich der Realitätsnähe dieser Annahme ist folgendes festzustellen: Ein Entleihen (Kreditaufnahme) von Kapital durch den Investor ist auch bei hohen Soll-Zinssätzen möglich, sofern der Investor diese hohen Zinsen zu zahlen bereit ist. Ein Verleihen (Kreditvergabe) kann jedoch in einer Hochzinsphase auf Schwierigkeiten stoßen, wenn sich niemand findet, der zu hohen Zinssätzen Kapital aufzunehmen bereit ist. Wir gehen deshalb davon aus, daß in der Hochzinsphase der Investor das ihm verfügbare Kapital zur Tilgung von Krediten einsetzt, dann entfällt die genannte Schwierigkeit. Gleichzeitig ist erklärt, warum es gerechtfertigt ist, Soll- und Haben-Zinssatz in gleicher Höhe anzusetzen; durch Rückzahlung von Krediten spart der Investor Zinsen in Höhe des Sollzinssatzes.
- b) Weiterhin wird angenommen, daß es sich um eine unendliche Investitionskette handelt, d.h. es wird unterstellt, daß dieselbe Investition unendlich oft identisch wiederholt wird. Diese Annahme impliziert, daß technischer Fortschritt ausgeklammert bleibt. Eine weitere Konsequenz liegt darin, daß die Nutzungsdauern der aufeinanderfolgenden Anlagegüter immer gleich groß bleiben.

Daß die Annahme unendlicher Investitionsketten dennoch nicht sehr weit von der Realität abweicht und keineswegs die Erfassung von Daten für unendlich große Zeiträume erforderlich macht, wird durch Tabelle a) verdeutlicht. Diese Tabelle enthält den Barwert, der sich für jährliche Zahlungen von DM 1,- ergibt, und zwar in Abhängigkeit von der Anzahl der Zahlungen bzw. Jahre. Die gestrichelte Linie zeigt an, wann 75% des Barwertes erreicht sind, der sich bei unendlicher Wiederholung der Zahlungen bzw. für einen unendlichen Planungs-

zeitraum ergibt. Diese 75% sind selbst für niedrige Zinssätze relativ früh erreicht; bei einem Zinssatz von 5% z.B. nach 25 Jahren, bei einem Zinssatz von 15% bereits nach 5 Jahren. Die untere durchgezogene Linie in Tabelle a) zeigt, wann 80% des Kapitalwertes von unendlich vielen Zahlungen bzw. Jahren erreicht sind. Selbst dies ist für realistische Zinssätze vor Ablauf von 25 Jahren der Fall.

- c) Drittens wird die Annahme eingeführt, daß das Unternehmen unabhängig vom betrachteten Anlagegut in seiner Gesamtheit stets Gewinn erwirtschaftet, auf den gewinnproportionale Steuern zu zahlen sind. Dies bedeutet, daß die zu zahlende Steuer durch die Anschaffung des betrachteten Anlagegutes um $T\%$ seiner steuerwirksamen Aufwendungen gemindert wird. Bei einem Unternehmensgewinn in Höhe von DM 100,-- und einem Steuersatz von 40% steht dem Unternehmen nach Abzug der Steuern z.B. ein Betrag in Höhe von $100 \cdot (1 - 0,4) \text{ DM} = \text{DM } 60,--$ zur Verfügung. Nach der Anschaffung eines Anlagegutes mit einem Aufwand von DM 50,-- pro Jahr verbleiben nur noch $(100 - 50) \text{ DM}$ Gewinn, für den Steuern zu entrichten sind. Der Restbetrag beläuft sich nun auf $(100 - 50) \cdot (1 - 0,4) \text{ DM} = \text{DM } 50,-- \cdot 0,6 = \text{DM } 30,--$. In Höhe von $\text{DM } 50,-- \cdot 0,4 = \text{DM } 20,--$ wird der Aufwand für das betreffende Anlagegut praktisch vom Finanzamt getragen. Fällt in einer Periode kein Gewinn an, so können von dem Anlageaufwand keine ersparten Steuern in Abzug gebracht werden. Der Aufwand ist in voller Höhe von der Unternehmung zu tragen. Zwar können auf dem Wege des Verlustvortrages Steuern gespart werden, aber erst später und nur, wenn das Unternehmen wieder die Gewinnzone erreicht, bevor die steuerliche Absetzbarkeit des Verlustvortrages endet. Der Verlustfall wird hier jedoch nicht behandelt.
- d) Nach der vierten Annahme sollen die Einnahmen, die durch das Anlagegut erwirtschaftet werden, unabhängig vom Alter des Anlagegutes sein. In der Regel ist nämlich nicht bekannt, ob eine Leistung von einem neuen oder einem älteren Anlagegut erbracht wurde. Die Einnahmen haben demzufolge keinen Einfluß auf das Optimum und können vernachlässigt werden.

Tab. a): Der Einfluß der Dauer des Planungszeitraumes auf den Barwert zukünftiger, jährlich gleich hoch anfallender Zahlungen, dargestellt für den Fall einer jährlichen Zahlung von 1,-- DM.

In Spalte (1) wird jeweils der Barwert der entsprechenden Zahlungen wiedergegeben, und zwar in Abhängigkeit vom Zins vor Steuern i und der Dauer d des Zahlungszeitraumes, also

$$\frac{(1+i)^d - 1}{(1+i)^d \cdot i}$$

In Spalte (2) wird die absolute Differenz zwischen dem in gleicher Zeile stehenden Wert in Spalte (1) und dem Wert in Spalte (1) für $d = \infty$ ausgewiesen, also

$$\frac{(1+i)^d - 1}{(1+i)^d \cdot i} - \frac{(1+i)^\infty - 1}{(1+i)^\infty \cdot i} = \frac{(1+i)^d - 1}{(1+i)^d \cdot i} - \frac{1}{i}$$

In Spalte (3) wird der Wert von Spalte (2) als Prozentsatz des Wertes aus Spalte (1) für $d = \infty$ wiedergegeben, also

$$\left[\frac{(1+i)^d - 1}{(1+i)^d \cdot i} - \frac{1}{i} \right] : \frac{1}{i} \cdot 100$$

d (Jahre)	i = 3 %			i = 5 %			i = 7 %			i = 10 %			i = 15 %			
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	
5	4,58	28,75	86,26	4,33	15,67	78,35	4,10	10,19	71,30	3,79	6,21	62,09	3,35	3,31	49,72	≥ 75 %
10	8,53	24,80	74,41	7,72	12,28	61,39	7,02	7,26	50,83	6,14	3,86	38,55	5,02	1,65	24,72	≥ 80 %
15	11,94	21,40	64,19	10,38	9,62	48,10	9,11	5,18	36,24	7,61	2,39	23,94	5,85	0,82	12,29	
20	14,88	18,46	55,37	12,46	7,54	37,70	10,59	3,69	25,84	8,51	1,49	14,86	6,26	0,41	6,11	
25	17,41	15,92	47,76	14,09	5,91	29,53	11,65	2,63	18,42	9,08	0,92	9,23	6,46	0,20	3,04	
30	19,60	13,73	41,20	15,37	4,63	23,14	12,41	1,88	13,14	9,43	0,57	5,73	6,57	0,10	1,51	
.																
.																
.																
∞	33,33	0	0	20	0	0	14,29	0	0	10,00	0	0	6,66	0	0	

- e) Daraus ergibt sich zu einem gewissen Teil eine weitere Konsequenz: Die Optimierungsrechnung erfolgt ausschließlich auf der Basis von Ausgaben, da die Einnahmen nicht entscheidungsrelevant sind. Neben einer ausgabenorientierten Investitionsrechnung wäre zwar auch eine Optimierung auf Kostenbasis möglich. Dies würde jedoch eine Einbeziehung von Opportunitätskosten bedingen, die den Modellansatz zusätzlich komplizieren würden. Außerdem müßte zur Errechnung der kalkulatorischen Abschreibungen die optimale Nutzungsdauer bekannt sein, die jedoch in dem hier zu entwickelnden Modellansatz selbst Entscheidungsvariable ist.
- f) Die von der Nutzungsdauer abhängigen Ausgaben mögen bekannt und voll steuerwirksam sein. Diese Ausgaben sind teilweise fix und teilweise variabel. Fix sind beim PKW z.B. die Steuern, die Versicherung, in gewissem Umfang auch Zinskosten. Variabel ist der Kraftstoffverbrauch. Es ist demnach eine Ausgabenfunktion aufzustellen, die sowohl fixe, d.h. pro Jahr konstante Ausgaben als auch in bezug auf die Fahrleistung variable Ausgaben enthält.
- g) Als siebente Annahme wäre zu nennen, daß unvorhersehbare plötzliche Ausgaben aus der Rechnung ausgeklammert bleiben. Zu diesen Ausgaben zählen:
1. Ausgaben zur Beseitigung der unvorhergesehenen Schadensfälle, also unvorhergesehene Reparaturkosten
 2. Eventuelle Abschleppkosten
 3. Ausgaben, die dadurch entstehen, daß das Anlagegut nicht zur Verfügung steht. Auf das PKW-Beispiel übertragen müßten hierzu Ausgaben für Taxi, Mietwagen, Bahn, evtl. Hotelkosten und finanzielle Einbußen wegen eines verpaßten Geschäftstermins, Verlust von Kunden und daraus folgende "Fehlmengenkosten"¹⁾ gerechnet werden.

1) Fehlmengenkosten im Sinne von entgangenen Einnahmen müssen berücksichtigt werden, obwohl nach der 4. Annahme die Einnahmen in der Optimierungsrechnung unberücksichtigt bleiben.

Diese Ausgaben werden erst in einer späteren Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

- h) Es wird Konstanz der Preise im Zeitverlauf vorausgesetzt. Dadurch wird sowohl von inflationsinduzierten als auch von anderweitig bedingten Preisänderungen abgesehen.
- i) Bei der Finanzierung wird davon ausgegangen, daß nur mit Eigenkapital finanziert wird. Dadurch sollen Einflüsse von Seiten der Kapitalstruktur ausgeschlossen und somit die Finanzierungssphäre neutralisiert werden. Andernfalls müßten noch Fremdkapitalzinsen und deren steuerliche Absetzbarkeit beachtet werden, so daß die Art der Finanzierung als zusätzliche Einflußgröße neben die Nutzungsdauer treten würde.
- j) Das Produktionsprogramm (bzw. beim PKW die Fahrleistung) sei vorgegeben und in jedem Jahr der Nutzung konstant. Somit entfällt die sonst notwendig werdende optimale Produktionsprogrammplanung, die die Untersuchung unnötig komplizieren und sogar verzerren würde. Außerdem ergeben sich in Verbindung mit Annahme h) für alle Nutzungsjahre gleich hohe Einnahmen.

2. Allgemeine Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer

a) Entwicklung des Modellansatzes

Z_j seien die Ausgaben, die im Nutzungsjahr j mit dem Betrieb einer Anlage verbunden sind. Zur Vereinfachung der Rechnung werden die Ausgaben so behandelt, als fielen sie geballt am Jahresende an. Z_0 ist die Anschaffungsausgabe.

$V(N)$ sei der Barwert der mit Z_j bezeichneten Ausgaben, errechnet für den Zeitpunkt der Investition, also für den Zeitpunkt der Anschaffung, unter der Voraussetzung, daß das Anlagegut N Jahre lang genutzt wird. Für $V(N)$ gilt:

$$(1) \quad V(N) = \sum_{j=0}^N \frac{Z_j}{(1+i)^j}$$

Wenn nun modellgemäß dieselbe Anlage unendlich oft angeschafft wird, dann sei

$V_{\infty}(N)$ der Gesamtbarwert von unendlich vielen $V(N)$ bei vorgegebener Nutzungsdauer N , ermittelt für den Anschaffungszeitpunkt der ersten Anlage

Wenn $V_1(N)$ der Barwert der zuerst angeschafften Anlage ist, dann ergibt sich für den Barwert $V_2(N)$ des als zweites angeschafften Anlagegutes, wenn man ihn auf den Anschaffungszeitpunkt der ersten Anlage bezieht:

$$\frac{V_2(N)}{(1+i)^N},$$

denn $V_2(N)$ als Barwert der zweiten Anlage fällt um N Jahre nach dem Anschaffungszeitpunkt der ersten Anlage an und muß demzufolge mit dem Faktor $\frac{1}{(1+i)^N}$ abgezinst werden. Analoges gilt für das dritte Anlagegut, das mit dem Faktor $\frac{1}{(1+i)^{2N}}$ diskontiert wird.

Für unendlich oftmaliges Wiederholen der Investition erhält man demzufolge, wenn man beachtet, daß gemäß Annahme $V_k(N) = V(N)$ für alle $k=1, \dots$ gilt:

$$V_{\infty}(N) = V(N) + \frac{V(N)}{(1+i)^N} + \frac{V(N)}{(1+i)^{2N}} + \frac{V(N)}{(1+i)^{3N}} + \dots$$

Nach Ausklammern des konstanten Faktors $V(N)$ ergibt sich

$$V_{\infty}(N) = V(N) \left[\frac{1}{(1+i)^0} + \frac{1}{(1+i)^N} + \frac{1}{(1+i)^{2N}} + \dots \right]$$

Der Ausdruck in der eckigen Klammer stellt eine unendliche geometrische Reihe dar, wobei für zwei aufeinanderfolgende Glieder k und $(k+1)$ der Reihe gilt:

$$\frac{1}{(1+i)^{(k+1)N}} : \frac{1}{(1+i)^{kN}} = \frac{1}{(1+i)^N} .$$

D.h. $\frac{1}{(1+i)^N}$ ist der Faktor, der jeweils aus dem Glied k das Glied $(k+1)$ entstehen läßt.

Infolgedessen gilt für den Gesamtbarwert:

$$V_{\infty}(N) = V(N) \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{(1+i)^N}} = V(N) \cdot \frac{(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

Diese Gleichung ist ökonomisch leichter zu interpretieren, wenn man sie mit dem Zinssatz i multipliziert:

$$(2) \quad V_{\infty}(N) \cdot i = V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

Da der Zinssatz i eine Konstante ist, muß dann, wenn $V_{\infty}(N) \cdot i$ ein Minimum wird, auch $V_{\infty}(N)$ minimal werden.

Der Faktor

$$\frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

in der Gleichung (2) ist nichts anderes als der sogenannte Wiedergewinnungsfaktor bzw. - was dasselbe ist - der reziproke Wert des Postnumerando-Rentenabzinsungsfaktors. Der Wiedergewinnungsfaktor ist dabei bekanntlich der Betrag, den man bei einer Kreditvergabe von 1,- DM, einem Zinssatz von i % und einer Rückzahlungsdauer von N Jahren in jährlich gleichen Zahlungen als Kreditgeber erhalten muß, damit der Kredit incl. Zins und Zinseszins nach N Jahren wiedergewonnen ist.¹⁾

Durch Multiplikation von $V(N)$ mit dem Wiedergewinnungsfaktor wird $V(N)$ in eine N Jahre lang fließende äquivalente Annuität transformiert, die mit $C(N)$ bezeichnet wird.

Die bisher entwickelten Ergebnisse können wie folgt interpretiert werden: Wenn der Gesamtbarwert aller aufeinanderfolgenden unendlich vielen Anlagegüter $[V_{\infty}(N)]$ minimiert werden soll, dann genügt es, den Barwert der Ausgaben eines einzelnen dieser Anlagegüter $[V(N)]$ durch Multiplikation mit dem Wiedergewinnungsfaktor in die Ausgabenannuität $C(N)$ zu transformieren und für diese Ausgabenannuität in Abhängigkeit von N - z.B. auf dem Wege der Tabellierung - festzustellen, für welches N sich ein Minimum ergibt. Dieser Weg soll hier besprochen werden.

b) Gewinnung des zu optimierenden Ausdrucks

In der Literatur, so z.B. bei Erich Schneider²⁾, unterstellt man in der Regel bei der durchzuführenden Optimierung, eine stetige Verzinsung, statt mit diskreten Investitionsfunktionen zu arbeiten. Dieses Arbeiten mit Verzinsungsintensitäten erlaubt zwar unmittelbar ein Optimierungskriterium abzuleiten, jedoch nur auf dem Wege über mathematische Umformungen und Differentiationen sowie Inkaufnahme der dafür erforderlichen mathematischen Voraussetzungen. Dieser Weg soll hier umgangen werden, wenn es dabei auch nicht sofort gelingt, ein Optimierungskriterium abzuleiten.

1) Vgl. Schneider, E.: Wirtschaftlichkeitsrechnung, 8. Auflage, Tübingen 1973, S. 25.

2) Vgl. ebenda, S. 151 ff.

Um zu einem zu optimierenden Ausdruck zu gelangen, müssen einige Vorüberlegungen angestellt werden. Die äquivalente Annuität des Anschaffungswertes wird umso niedriger, je größer die Anzahl der Jahre der Nutzung ist, auf die sich der Anschaffungswert verteilt. In Abb. 1 entspricht diese Beziehung einem Ast einer gleichseitigen Hyperbel.

Hinzu kommen die Ausgaben für Betrieb und Wartung des Anlagengutes (PKW), die mit zunehmender Nutzungsdauer ansteigen. Die kumulierten Ausgaben für Betrieb und Wartung werden ebenfalls in eine äquivalente Annuität überführt.

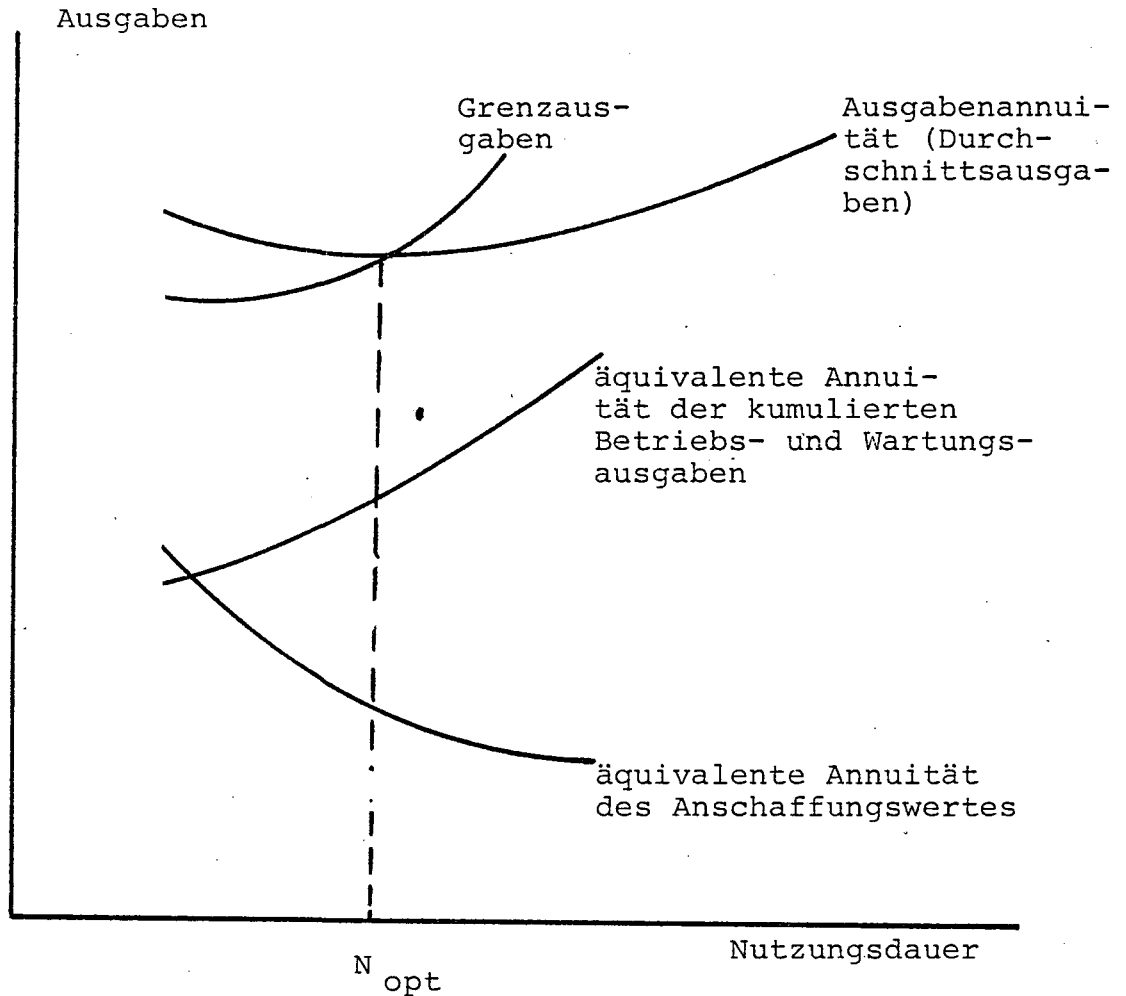


Abb. 1: Beziehung zwischen Ausgabenannuität und Nutzungsdauer

Aus der Addition dieser beiden Funktionen erhält man die Ausgabenannuität als Funktion der Nutzungsdauer - in Abb. 1 eine langgezogene, fast u-förmige Kurve -, die als Durch-

schnittsausgaben interpretiert werden können. Diese Funktion der Ausgabenannuität hat dort ihr Minimum - und das ist die gesuchte optimale Nutzungszeit N_{opt} -, wo sie gleich den Grenzausgaben ist; d.h. es ist in dem Jahr vorteilhaft, eine neue Anlage des gleichen Typs (mit derselben Ausgabenfunktion) zu beschaffen, in dem die Ausgaben für ein zusätzliches Nutzungsjahr der alten Anlage (Grenzausgaben) größer werden als die durchschnittlichen Ausgaben pro Jahr (Ausgabenannuität).

Für dieses optimale N_{opt} muß ferner erstens gelten:

$$V_{\infty}(N+1) \geq V_{\infty}(N) \quad \text{woraus wegen (2) folgt:}$$

$$(3) \quad V(N+1) \cdot \frac{(1+i)^{N+1} \cdot i}{(1+i)^{N+1} - 1} \geq V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}, \text{ bzw.}$$

als Annuität geschrieben:

$$(3') \quad C(N+1) \geq C(N)$$

Zweitens muß gelten:

$$V_{\infty}(N-1) \geq V_{\infty}(N) \quad \text{woraus wegen (2) folgt:}$$

$$(4) \quad V(N-1) \cdot \frac{(1+i)^{N-1} \cdot i}{(1+i)^{N-1} - 1} \geq V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}, \text{ bzw.}$$

als Annuität geschrieben:

$$(4') \quad C(N-1) \geq C(N).$$

(3) und (4) lassen sich zusammenziehen und verallgemeinern zu:

$$(5) \quad \left\{ \begin{array}{l} V(N-1) \cdot \frac{(1+i)^{N-1} \cdot i}{(1+i)^{N-1} - 1} \geq V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1} \\ V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1} < V(N+1) \cdot \frac{(1+i)^{N+1} \cdot i}{(1+i)^{N+1} - 1} \end{array} \right.$$

Bei einer endlichen Variation von N , z.B. jeweils um ein Jahr, gilt für (5): Die optimale Nutzungsdauer ist dann erreicht, wenn die Ausgabenannuität für ein weiteres Nutzungsjahr größer oder gleich der Ausgabenannuität des Vorjahres ist. Diese Beziehung wurde bereits graphisch in Abb. 1 herausgearbeitet.

Die Beziehung (5) gilt jedoch nur bei einem konvexen Verlauf der Ausgabenannuität. Diese Konvexität ergibt sich, wenn a) die Abnahmen der Verkaufserlöse monoton fallen und b) die Betriebs- und Wartungsausgaben monoton ansteigen.

Ist nicht sicher, daß die Ausgabenannuität konvex ist, kann (5) ein partielles Optimum definieren. Deshalb darf, wenn, wie hier, Konvexität nicht vorausgesetzt und das Optimum der Lebensdauer durch Tabellieren bestimmt wird, die Tabellierung nach Erreichen des (ersten) Optimums nicht abgebrochen werden; sie muß vielmehr bis zum voraussichtlichen technischen Ende der Lebensdauer erfolgen.

III. NUMERISCHE BESTIMMUNG DER OPTIMALEN NUTZUNGSDAUER ANHAND VON ZAHLENBEISPIELEN

1. Die Determinanten der optimalen Nutzungsdauer

Zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer ist die Einführung einiger relevanter Einflußgrößen notwendig. Zur Offenlegung dieses Zusammenhanges wird in einer Reihe von Zahlenbeispielen von zwei Anlagegütern mit differierendem Anschaffungswert ausgegangen und zwar 1. von einem PKW zum Preis von 15.000,- DM und 2. einem PKW zum Preis von 35.000,- DM.

Als Einflußgrößen werden berücksichtigt:

* a) Die Abnahme des Veräußerungswertes

Die erste, und wie sich später herausstellen wird, besonders wichtige Bestimmungsgröße ist die Abnahme des Wiederveräußerungswertes. Für den ersten PKW (15.000 DM) wird eine Abnahme des Veräußerungswertes um monoton fallende Beträge unterstellt. Für den zweiten PKW (35.000 DM) werden Listenpreise für Gebrauchtwagen¹⁾ angesetzt, wobei die Abnahme des Wiederverkaufswertes nicht mehr einem mathematischen Gesetz folgt, was zum Auftreten partieller Optima führen kann. Zu beachten ist also, daß die Wiederverkaufspreise beim ersten PKW konstruiert, beim zweiten dagegen empirisch fundiert sind. Die Veräußerungswertabnahme im Jahre N ist definiert durch

$$S_{N-1} - S_N$$

wobei S_N der Veräußerungswert am Ende des Jahres N ist.

1) Ab dem 10. Jahr konnten die Preise nur geschätzt werden.

b) Ausgaben für Betrieb und Wartung

Als weitere Einflußgrößen sind die Betriebs- und Wartungsausgaben zu nennen. Leider ist es nicht gelungen, empirisches Zahlenmaterial zu erhalten. Aus Mangel an empirischen Daten sind die folgenden Werte ebenfalls konstruiert, jedoch weitgehend der Realität angenähert. Dabei wird von der wohl realistischen Annahme ausgegangen, daß Firmen dann, wenn sie anhand der hier vorgelegten Berechnungen wissen, wie das verwandte Verfahren arbeitet und sich ausrechnen können, zu welchem Ergebnissen es für ihre Fabrikate - auch im Vergleich zu anderen - führt, eher bereit sein werden, empirisches Zahlenmaterial, über das sie verfügen, bereitzustellen oder solches Zahlenmaterial zu sammeln.

Für die beiden Anlagegüter (PKW 1 und 2) wird von folgenden Ausgabearten ausgegangen:

Ausgabenarten	Anlagegüter	
	PKW 1 (15.000 DM)	PKW 2 (35.000 DM)
1. Kfz-Steuer	230,-	403,-
2. Versicherung	600,-	900,-
3. Kraftstoff-Verbrauch	1.900,-	2.200,-
4. Werkstattkosten	650,-	1.400,-
5. Reifenverbrauch	180,-	280,-
Gesamtausgaben	3.560,-	5.183,-

Der Kraftstoffverbrauch wurde in beiden Fällen auf der Basis einer Fahrleistung von 20.000 km/Jahr und einem Benzinpreis von 0,92 DM pro Liter errechnet. Die Ausgaben für Wartung und Reifenverbrauch sind auf Grund der derzeitigen Preise geschätzt worden.

Zu den fixen, d.h. vom Alter eines PKW unabhängigen Ausgaben zählen diejenigen für Steuer, Versicherung und Reifenverbrauch, da eine konstante jährliche Fahrleistung unterstellt

wird. Variabel in Bezug aufs Alter sind dagegen die Ausgaben für Benzin und Wartung.

Auf Grund dieser Überlegungen werden in Abhängigkeit von der Lebensdauer N folgende Ausgabenfunktionen den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt:

Für PKW 1 (DM 15.000,-)

$$\begin{aligned} K_N^1 &= (230 + 600 + 180) + (1.900 + 650) \cdot (1+R)^{N-1} \\ (6) \quad K_N^1 &= 1.010 + 2.550 \cdot (1+R)^{N-1} \end{aligned}$$

und für PKW 2 (DM 35.000,-)

$$\begin{aligned} K_N^2 &= (403 + 900 + 280) + (1.400 + 2.200) \cdot (1+R)^{N-1} \\ (7) \quad K_N^2 &= 1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1} \end{aligned}$$

Bei einer konstant vorgegebenen Fahrleistung von $x = 20.000$ km/Jahr sind in K_N^1 und K_N^2 die Werte in der ersten Klammer fix und vom Lebensalter unabhängig. Die Werte in der zweiten Klammer sind dagegen von der Lebensdauer abhängig. Mit dem Parameter R wird dabei jener Prozentsatz bezeichnet, um den annahmegemäß die variablen Ausgaben pro Jahr in Abhängigkeit von der Lebensdauer N ansteigen.¹⁾

Der Zusammenhang zwischen N und R wird aus Tabelle b) ersichtlich. Beispielsweise sind die variablen Ausgaben bei einem Steigerungssatz von 10% im 7. Nutzungsjahr 77,16% höher als im ersten Jahr.

1) Der Klarheit halber sei darauf verwiesen, daß K_N die Ausgaben für Betrieb und Wartung im Jahre N bedeutet und nicht für die Jahre 1 bis N.

Tab. b): Prozentsatz, um den bei gegebenem Steigerungssatz R der variable Teil der Ausgaben für Betrieb und Wartung im Jahr N höher ist als im ersten Jahr

N	R = 5%	R = 7%	R = 10%	R = 15%
1	-	-	-	-
2	5,00	7,00	10,00	15,00
3	10,25	14,49	21,00	32,25
4	15,76	22,50	33,10	52,09
5	21,55	31,08	46,41	74,90
6	27,63	40,26	61,05	101,14
7	34,01	50,07	77,16	131,31
8	40,71	60,58	94,87	166,00
9	47,75	71,82	114,36	205,90
10	55,13	83,85	135,79	251,79
11	62,90	96,72	159,37	304,56
12	71,03	110,49	185,31	365,24

*c) Der Kalkulationszinsfuß

Die nächste relevante Einflußgröße, der Kalkulationszinsfuß, wird zwischen 0% und 30% variiert. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß eine Erhöhung des Zinssatzes in diesem Zusammenhang entgegen einer häufig praktizierten Vorgehensweise in der Investitionsrechnung nicht als Sicherheitsäquivalent angesehen wird. Bei einem auf Ausgaben basierenden Modell würde das zu falschen Ergebnissen führen.¹⁾

* d) Der Einfluß der Steuern

Der Einfluß der Steuer besteht in zweifacher Hinsicht, und zwar zum einen in Bezug auf die Aufwendungen, zum anderen bezüglich des Kalkulationszinsfußes. Die steuerliche Wirkung

1) E. Schneider weist dies im Zusammenhang mit der Theorie des Zeitentrums nach; vgl. Schneider, E., Wirtschaftlichkeitsrechnung, a.a.O., S.8

auf die Aufwendungen wurde schon an anderer Stelle behandelt.¹⁾

Bei der Verzinsung von Kapital sind auch die auf den Kapitalzins zu entrichtenden Steuern zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde ist zwischen einem Zinssatz vor und einem Zinssatz nach Steuern zu unterscheiden. Von einem Zinssatz von $i\%$ vor Steuern verbleibt nach Steuern ein Zinssatz von $i \cdot (1-T)\%$, wobei mit T der Steuersatz bezeichnet wird. Die Tab. c) gibt Aufschluß darüber, wie hoch der Zinssatz vor Steuern sein muß, wenn bei unterschiedlichen Steuersätzen bestimmte Zinssätze nach Steuern erreicht werden sollen.

Tab. c): Zinssatz vor und nach Steuern in Abhängigkeit vom Steuersatz T

Steuersatz	Folgender Zinssatz vor Steuern entspricht einem Zinssatz nach Steuern in Höhe von		
	4%	6%	8%
20%	5 %	7,5 %	10 %
30%	5,7 %	8,75 %	11,4 %
40%	6,67%	10 %	13,33%
50%	8 %	12 %	16 %
60%	10 %	15 %	20 %

In der BRD ist von einem Grenzsteuersatz von ca. 60% auszugehen. Der Grenzsteuersatz gibt an, wieviel Prozent man bei gegebenem Einkommen von einer zusätzlich verdienten Mark an Steuern abführen muß.

* e) Die Wirkung der Abschreibung

Als nächste Determinante ist die Wirkung der Abschreibung zu nennen, die sich in diesem Modell auf die steuerlichen Abschreibungen und die daraus folgende Steuererminderung beschränkt. Es wird von einer linearen Abschreibung

1) Vgl. S. 2.

über m Jahre auf Null ausgegangen. Dann erhält man im Jahre N für den

$$\text{Barwert der Steuermin-} \left\{ \begin{array}{l} \frac{A}{m} \cdot \frac{1}{(1+i)^N} = a \cdot \frac{1}{(1+i)^N} \text{ für } N \leq m \\ 0 \text{ für } N > m \end{array} \right.$$

derung aus einer Abschreibung am Ende des Jahres N

Ergibt sich ein Veräußerungsgewinn, so ist dieser ebenfalls zu versteuern; liegt der Veräußerungswert unter dem Buchwert, so ergibt sich jedoch eine zusätzliche Steuerersparnis; vgl. dazu weiter unten die Formeln (8) bis (10).

f) Ausgaben für Reparaturen, die mehr als Wartung sind

Diese Ausgaben werden, wie bereits an anderer Stelle erwähnt, nicht in die Optimierungsrechnung einbezogen, sondern erst in der Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

g) Durch plötzlichen Ausfall bedingte Ausgaben

Diese Einflußgröße steht in engem Zusammenhang mit der letztgenannten Determinante der optimalen Nutzungsdauer. Z.B. können neben den durch einen plötzlichen Schaden notwendigen Reparaturkosten noch Abschleppkosten usw. anfallen. Außerdem können dabei möglicherweise Fehlmengenkosten auftreten.

Auch diese Ausgaben werden erst in der Sensitivitätsanalyse berücksichtigt.

2. Formulierung des zu optimierenden Ausdruckes in Abhängigkeit von den Determinanten der optimalen Nutzungsdauer

a) Allgemeine Form

Die bisher eingeführten Einflußgrößen werden nun durch folgende Symbole in einen Ausdruck allgemeiner Form überführt:

Der Restbuchwert:

$$(8) \quad A - \text{Min} \{N, m\} \cdot a$$

Der Veräußerungsgewinn = $(S(N) - \text{Restbuchwert})$:

$$(9) \quad S(N) - [A - \text{Min} \{N, m\} \cdot a]$$

Der Veräußerungserlös nach Steuern:

$$(10) \quad S(N) - [S(N) - (A - \text{Min} \{N, m\} \cdot a)] \cdot T$$

Zur Ermittlung seines Barwertes ist (10) mit dem Faktor $(1+i)^{-N}$ zu diskontieren.

Als Barwert der jährlichen Ausgaben für Betrieb und Wartung k_j erhält man vor Steuer:

$$(11) \quad \sum_{j=1}^N \frac{k_j}{(1+i)^j} \quad \text{bzw.}$$

nach Steuern

$$\sum_{j=1}^N \frac{k_j}{(1+i)^j} (1-T)$$

Die durch die Betriebs- und Wartungsausgaben gesparte Steuer beträgt daher:

$$(12) \quad \sum_{j=1}^N \frac{k_j \cdot T}{(1+i)^j}$$

Für die durch Abschreibung ersparte Steuer im Jahre $j < m$ gilt:

$$(13) \quad \frac{aT}{(1+i)^j}$$

Es ist jedoch zu beachten, daß nur für $N \leq m$ die Abschreibungen steuerwirksam werden. Daher ergibt sich als abschreibungsinduzierte Steuerersparnis

$$(14) \quad \sum_{j=1}^{\text{Min}\{N, m\}} \frac{aT}{(1+i)^j}$$

Von den Anschaffungsausgaben A und dem Barwert der Betriebs- und Wartungsausgaben (11) sind die durch Abschreibung und Betriebsausgaben bedingten Steuerersparnisse (12) und (14) sowie der Barwert des Veräußerungserlöses (10) in Abzug zu bringen; dann erhält man für den Barwert $V(N)$:¹⁾

$$(15) \quad V(N) = A + \sum_{j=1}^N \frac{k_j}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^{\text{Min}\{N, m\}} \frac{aT}{(1+i)^j} - \sum_{j=1}^N \frac{k_j T}{(1+i)^j} - \frac{S_N - [S_N - (A - \text{Min}\{N, m\} \cdot a)] T}{(1+i)^N}$$

1) Vgl. S. 6 unten, Gleichung (1)

Dieser Ausdruck lässt sich umformen zu

$$(15) V(N) = A - \frac{S_N - [S_N - (A - \text{Min}\{N, m\} \cdot a)] \cdot T}{(1+i)^N} + \sum_{j=1}^{\text{Min}\{N, m\}} \frac{k_j - (k_j + a) \cdot T}{(1+i)^j} + \sum_{j=m+1}^N k_j \cdot \frac{1-T}{(1+i)^j}$$

Multipliziert man $V(N)$ mit dem Wiedergewinnungsfaktor, erhält man als zu optimierenden Ausdruck die Ausgabenannuität

$C(N, i, T)$:

$$(16) C(N, i, T) = \left[A - \frac{S_N - [S_N - (A - \text{Min}\{N, m\} \cdot a)] \cdot T}{(1+i)^N} + \sum_{j=1}^{\text{Min}\{N, m\}} \frac{k_j - (k_j + a) \cdot T}{(1+i)^j} + \sum_{j=m+1}^N \frac{k_j \cdot (1+T)}{(1+i)^j} \right] \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

In den Tabellen des Anhanges wird (16) mit $C1(N)$ bezeichnet.

b) Vereinfachte Formen

Wenn auf Diskontierung verzichtet wird ($i=0$), ergibt sich für die Ausgabenannuität (16) folgende vereinfachte Form:

$$(17) C(N, 0, T) = (A - S_N + \sum_{j=1}^N k_j) \cdot \frac{1-T}{N}$$

Ohne Steuern, aber mit Diskontierung erhält man für $C(N,i,T)$:

$$(18) \quad C(N,i,0) = \left[A - \frac{S_N}{(1+i)^N} + \sum_{j=1}^N \frac{k_j}{(1+i)^j} \right] \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

Ohne Steuern und ohne Diskontierung gilt für $C(N,i,T)$:

$$(19) \quad C(N,0,0) = (A - S_N + \sum_{j=1}^N k_j) \cdot \frac{1}{N}$$

3. Bestimmung der Grenzausgaben

Da in der vorliegenden Untersuchung der Weg der Tabellierung beschritten wird, reichen der Ausdruck (16) und die daraus abgeleiteten Ausdrücke (17) bis (19) für die Bestimmung der optimalen Lebensdauer aus. Um die Verbindung zu Abschnitt II., 2,b) und zu Abb. 1 herzustellen, sei jedoch ergänzend gezeigt, wie von (15') ausgehend die Grenzausgaben bestimmt werden können.

Als Grenzausgaben (in bezug auf die Nutzungsdauer) werden die Ausgaben bezeichnet, welche ein Anlagegut in seinem N-ten Lebensjahr verursacht; diejenigen Ausgaben also, die im Jahr N anfallen, wenn das Anlagegut am Ende des Jahres N-1 nicht veräußert, sondern im Jahre N weiter benutzt wird.

Gleichung (15') definiert in expliziter Form den Barwert $V(N)$ der Ausgaben, die ein Anlagegut verursacht, das N Jahre lang genutzt wird. Davon ausgehend, ist $V(N-1) - V(N)$ die Barwertdifferenz, die sich ergibt, wenn die Lebensdauer um ein Jahr von $N-1$ auf N erhöht wird. Die Grenzausgaben, die mit $P(N)$ bezeichnet werden, entsprechen der vorgenannten Barwertdifferenz, wobei ihr Barwert jedoch, damit er mit der Ausgabenannuität gemäß (16) verglichen werden kann, nicht für den Zeitpunkt der Anschaffung des Anlagegutes wie bei $V(N)$ und $V(N-1)$, sondern für das Ende des Jahres N zu bestimmen ist. Folglich gilt folgende Definitionsgleichung für die Grenzausgaben P in Abhängigkeit von der Lebensdauer N , dem Zinssatz i und dem Steuersatz T :

$$(20) \quad P(N, i, T) = [V(N, i, T) - V(N-1, i, T)] \cdot [1+i(T)]^N$$

Setzt man in (20) für $V(N)$ und $V(N-1)$ die gemäß (15') sich ergebenden Ausdrücke ein und vereinfacht so weit wie möglich, erhält man:

$$(21) \quad P(N, i, T) = \begin{cases} [S_{N-1}(1+i) - S_N + k_N] \cdot (1-T) + (m-N+1) \cdot a \cdot T \cdot i & N < m \\ [S_{N-1}(1+i) - S_N + k_N] \cdot (1-T) & N \geq m \end{cases}$$

In den Tabellen des Anhanges wird (21) mit $P_1(N)$ bezeichnet.

Wie für die Ausgabenannuität bereits geschehen, können unter bestimmten Bedingungen vereinfachte Ausdrücke aus (21) abgeleitet werden.

Ohne Diskontierung ($i=0$) erhält man:

$$(22) P(N,0,T) = [S_{N-1}(1+i) - S_{N+k_N}] \cdot (1-T)$$

Ohne Steuern ($T=0$), aber mit Diskontierung gilt:

$$(23) P(N,i,0) = S_{N-1}(1+i) - S_{N+k_N}$$

Ohne Steuern und ohne Diskontierung ergibt sich:

$$(24) P(N,0,0) = S_{N-1} - S_N + k_N$$

Als Optimierungskriterium erhält man unter Bezugnahme auf die Grenzausgaben:

$$(25) P(N,i,T) \leq C(N,i,T) \leq P(N+1,i,T)$$

4. Durchführung der Optimierungsrechnung und Darstellung des Einflusses der einzelnen Determinanten

a) Darstellung einiger Berechnungsbeispiele

Für den allgemeinen Ausdruck $C(N,i,T)$ in (16) wurden unter Zugrundelegung eines Anschaffungswertes von 15.000 DM bzw. 35.000 DM und den bereits entwickelten Kostenfunktionen numerische Ergebnisse ermittelt. Dabei wurde der Zinssatz i von 0% bis 30% um jeweils 0,5% gesteigert. Der Steuersatz wurde um jeweils 10% zwischen 0% und 60% variiert. Für den Kostensteigerungssatz R wurden Werte von 5%, 7%, 10% und 15% angenommen. Die Kombination der einzelnen Determinanten lieferte eine grosse Anzahl von Tabellen, von denen einige ausgewählt wurden (Tab. 1 bis 9), um die Auswirkungen der Bestimmungsgrößen aufzuzeigen.¹⁾

Die obere Hälfte der Tabellen 1 bis 9 zeigt die Ausgabenannuität C in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer und dem Steuersatz bei vorgegebenen Werten für den Kalkulationszinsfuß und

1) Tab. 1 ist auf der nächsten Seite wiedergegeben; die übrigen Tabellen werden im Anhang aufgeführt.

Tab. 1 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=8,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $5,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	7170,00	6453,00	5736,00	5019,00	4302,00	3585,00	2868,00
2	9870,0	3372,50	6980,43	6278,12	5576,72	4876,26	4176,73	3478,16	2780,56
3	7740,0	3490,63	6804,79	6114,83	5426,89	4741,00	4057,20	3375,51	2695,97
4	5900,0	3614,66	6642,58	5962,78	5286,26	4613,07	3943,29	3276,98	2614,22
5	4350,0	3744,89	6493,31	5821,62	5154,57	4492,30	3834,92	3182,54	2535,29
6	3090,0	3881,63	6356,50	5694,73	5038,40	4387,65	3742,62	3103,43	2470,23
7	2120,0	4025,22	6231,64	5580,02	4934,36	4294,81	3661,50	3034,55	2414,11
8	1440,0	4175,98	6118,25	5476,25	4840,64	4211,53	3589,05	2973,33	2364,47
9	990,0	4334,27	6020,65	5387,08	4760,23	4140,21	3527,15	2921,13	2322,26
10	690,0	4500,49	5941,89	5315,20	4695,51	4082,92	3477,52	2879,39	2288,60
11	490,0	4675,01	5881,11	5259,85	4645,80	4039,04	3439,64	2847,65	2263,12
12	390,0	4858,26	5834,55	5217,55	4607,92	4005,73	3411,00	2823,78	2244,06

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	7170,00	6453,00	5736,00	5019,00	4302,00	3585,00	2868,00
2	9870,0	3372,50	6775,70	6090,64	5407,25	4725,52	4045,45	3367,05	2690,31
3	7740,0	3490,63	6410,23	5752,14	5097,85	4447,34	3800,63	3157,71	2518,59
4	5900,0	3614,66	6073,86	5437,75	4808,02	4184,67	3567,71	2957,13	2352,94
5	4350,0	3744,89	5766,89	5147,72	4537,99	3937,70	3346,85	2765,44	2193,48
6	3090,0	3881,63	5489,63	4909,35	4336,02	3769,66	3210,26	2657,81	2112,33
7	2120,0	4025,22	5242,42	4695,93	4154,38	3617,78	3086,12	2559,41	2037,64
8	1440,0	4175,98	5025,58	4507,76	3993,33	3482,29	2974,64	2470,39	1969,53
9	990,0	4334,27	4899,47	4399,15	3901,14	3405,44	2912,03	2420,94	1932,14
10	690,0	4500,49	4879,69	4384,59	3891,08	3399,15	2908,81	2420,05	1932,87
11	490,0	4675,01	4930,21	4432,22	3935,34	3439,55	2944,88	2451,31	1958,84
12	390,0	4858,26	4997,46	4494,19	3991,70	3489,99	2989,07	2488,93	1989,58

den Kostensteigerungssatz. In der ersten Spalte $[S(N)]$ steht der im Zeitablauf abnehmende Veräußerungserlös am Ende des Jahres N . Die zweite Spalte $[K(N)]$ enthält die Ausgaben für Betrieb und Wartung im Jahre N . In der unteren Hälfte der Tabellen sind die mit $P(N)$ bezeichneten Grenzausgaben aufgeführt, d.h. diejenigen Ausgaben, die für jeweils ein weiteres Nutzungsjahr anfallen. In dem Jahr, für welches die Grenzausgaben $P(N)$ und die Ausgabenannuität $C(N)$ gleich sind oder die absolut kleinste Differenz aufweisen, muß nach (5) die optimale Nutzungsdauer N_{opt} erreicht sein.

In Tab. 1 wird von einem Anschaffungswert von 15.000 DM, einem Zins vor Steuer von $i=8\%$ und einem Kostensteigerungssatz von 5% ausgegangen. Die Ausgabenannuitäten fallen unter diesen Bedingungen, wie aus Tab. 1 ersichtlich, bis zum 12. Jahr der Nutzung ab. Dies bedeutet, daß die optimale Nutzungsdauer ≥ 12 Jahre, also überraschend lange ist.

In Tab. 2 ist bei sonst gleichen Werten ein Kostensteigerungssatz von 7% und ein Zinssatz von 5% unterstellt. Dann sinkt die optimale Nutzungsdauer für Steuersätze $\geq 30\%$ auf 11 Jahre. Ein höherer Steigerungssatz der Betriebs- und Wartungskosten pro Jahr läßt also, wie zu erwarten, die optimale Lebensdauer kürzer werden. Bezüglich der Grenzausgaben $P(N)$ zeigt sich das Erreichen des Optimums daran, daß sie ab $T \geq 30\%$, für $N=11$ noch kleiner, für $N=12$ aber bereits größer sind als die Ausgabenannuität; ein Sachverhalt, der bereits in (5) allgemein abgeleitet wurde.¹⁾

Tabelle 3 weist einen Zinssatz von 0% und einen Kostensteigerungssatz von 10% auf. Es zeigt sich, daß bei dieser Parameter-Konstellation die optimale Nutzungsdauer auf $N_{opt} = 5$ zurückgeht. Der Grund dafür liegt in den relativ hohen Zuwachsraten für die Betriebs- und Wartungsausgaben. Zusätzlich wirkt sich das Fehlen jeglicher Diskontierung aus, d.h. Ausgaben, die zeitlich weit in der Zukunft liegen, haben praktisch denselben

1) Vgl. S. 10 .

Einfluß wie die Betriebs- und Wartungsausgaben im ersten Nutzungsjahr. Der Steuersatz beeinflusst beim Zinssatz von 0% das Optimum nicht mehr, was allgemein auch aus (17) abgeleitet werden kann.¹⁾

Wie stark der Einfluß des Kalkulationszinsfußes ist, wird aus Tab. 4 ersichtlich, in welcher gegenüber Tab. 3 der Zinssatz bei gleichem Kostensteigerungssatz auf 6% angehoben wird. Die optimale Nutzungsdauer erhöht sich für Steuersätze, die < 30% sind, auf 9 Jahre. Für Steuersätze, die > 40% sind, steigt die optimale Nutzungsdauer um 1 Jahr weniger auf 8 Jahre.

Die Wirkung einer Erhöhung des Kalkulationszinsfußes läßt sich auch aus Tab. 5 erkennen. Der Kostensteigerungssatz wird mit 10%, der Zinssatz jedoch mit 20% angenommen. In dieser Situation werden die jährlichen Betriebs- und Wartungsausgaben so stark diskontiert und damit ihr Einfluß vermindert, daß die optimale Nutzungsdauer auf 11 Jahre ansteigt.

An Hand der Tabelle 6 läßt sich bei einer neuen Konstellation der Parameterwerte ($i=4\%$, $R=15\%$) die umgekehrte Wirkung der Steuer demonstrieren. Während in den Tab. 2 und 4 bei steigendem Steuersatz die optimale Nutzungsdauer zurückgeht, steigt sie in diesem Zahlenbeispiel ab einem Steuersatz von 50% um 1 Jahr auf 4 Jahre an. Der Grund dafür liegt in der steuermindernden Wirkung der Betriebs- und Wartungsausgaben, die vor allem bei dem hohen Steigerungssatz von $R=15\%$ und hohen Steuersätzen sichtbar wird.

Die Tabellen 7 bis 9 gehen von dem zweiten Anlagegut, einem PKW mit einem Anschaffungswert von 35.000 DM aus. In Tab. 7 wird dabei mit denselben Zins- und Kostensteigerungssätzen gerechnet wie in Tab. 3. Ein Vergleich zeigt, daß bei dieser Konstellation die optimale Nutzungsdauer 5 Jahre beträgt, und zwar

1) Vgl. S. 21. Bei gegebenem Steuersatz T ist ohne Diskontierung die Ausgabenannuität nach Steuer das $(1-T)$ fache der Ausgabenannuität vor Steuern; beide erreichen also das Optimum für das gleiche N . Vgl. (17) und (19).

unabhängig von der Höhe des Anschaffungswertes (15.000 DM oder 35.000 DM). Zu beachten ist, daß für den PKW mit Anschaffungsausgaben von 35.000 DM die Abnahme des Veräußerungswertes nicht monoton sinkt mit der Folge, daß sich für die Ausgabenannuität partielle Optima ergeben können. In Tab. 7 findet sich z.B. für $N = 8$ ein partielles Optimum.

In Tab. 8 bewirkt der Einfluß des gegenüber Tab. 7 von 0 auf 4% erhöhten Kalkulationszinsfußes eine Erhöhung der optimalen Nutzungsdauer auf $n=9$ Jahre. Auch hier treten partielle Optima auf (in Periode 5).

Durch einen Vergleich von Tab. 9 mit Tab. 6 können erhebliche Unterschiede bei der optimalen Nutzungsdauer der beiden Anlagegüter festgestellt werden. Obwohl die Zins- und Kostensteigerungssätze in beiden Fällen identisch sind, ergibt sich bei $A = 15.000$ DM eine Nutzungsdauer von $N_{opt.} = 3$ Jahren und ab einem Steuersatz von 50% eine solche von $N_{opt} = 4$ Jahren; bei $A=35.000$ DM gilt dagegen für alle Steuersätze eine optimale Nutzungsdauer von 5 Jahren. Der Grund hierfür liegt vor allem in der unterschiedlichen Entwicklung der Veräußerungswerte.

b) Übersicht über die Abhängigkeit der optimalen Nutzungsdauer von den einzelnen Determinanten

Der letzte Abschnitt brachte einige interessante Aufschlüsse über den Einfluß der einzelnen Bestimmungsgrößen der optimalen Nutzungsdauer. Aussagekräftiger erscheint jedoch eine systematische Darstellung der Veränderungen der optimalen Nutzungsdauer N_{opt} bei Variation der einzelnen Parameter, wie er in den Tabellen 10 bis 15 wiedergegeben wird.¹⁾

Für jede der Tabellen 10 bis 15 sind jeweils ein bestimmter Kostensteigerungssatz R und ein bestimmter Anschaffungswert A vorgegeben. Die Entwicklung der optimalen Nutzungsdauer wird sodann in Abhängigkeit von Steuer- und Zinssätzen wiedergegeben.

1) siehe Anhang S.50-58.

Bei einem Anschaffungswert von $A = 15.000$ DM und einem Zuwachs der Betriebs- und Wartungsausgaben von 5% entfällt eine Tabellierung, da in diesem Fall N_{opt} generell 12 Jahre oder länger ist.

Ein Kostensteigerungssatz von 7% führt bei gleichem Anschaffungswert und einem Zins von 0% zu einer Senkung von N_{opt} auf 10 Jahre. Bei steigendem Zins wird die Nutzungsdauer jedoch wieder auf 11 bzw. 12 Jahre angehoben. Dies bestätigt die bereits früher angedeutete Tatsache, daß sich mit steigendem Zinssatz auch die optimale Nutzungsdauer erhöht.

Dieser Effekt wird verstärkt durch eine weitere Zunahme der Betriebs- und Wartungsausgaben. In Tab. 11 z.B., die von einem Steigerungssatz von 10% ausgeht, beginnt die optimale Nutzungsdauer bei 5 Jahren ($i=0\%$), steigt jedoch bereits bei einem Zinssatz von 0,5% auf 6 Jahre und bei einem Zinssatz von 1,5% auf 7 Jahre, erreicht jedoch erst bei Zinssätzen von 20% eine optimale Nutzungszeit von > 12 Jahren.

In Tab. 12 wird der sehr hohe Kostensteigerungssatz von 15% zugrundegelegt. Dann zeigt sich der Einfluß der Betriebs- und Wartungsausgaben natürlich besonders stark. Die optimale Nutzungsdauer beginnt in Tab. 12 bei 1 Jahr und beträgt selbst bei einem Zinssatz von 30% "nur" 9 Jahre.

Die Tabellen 13 und 14 basieren auf einem Anschaffungswert von $A = 35.000$ DM und können mit den Tabellen 10 und 11 verglichen werden, wobei in Tab. 14 ein relativ großer Sprung von $N_{opt} = 5$ bei einem Zinssatz von 0% auf $N_{opt} = 9$ bei einem Zinssatz von 1,5% festzustellen ist; er resultiert aus der nicht-monotonen Entwicklung des Veräußerungserlöses.

Anhand der Tabelle 15 kann der Einfluß der Steuer aufgezeigt werden, wobei besonders auf den Bereich zwischen den Zinssätzen von 10% und 12% hinzuweisen ist. Ab einem Zinssatz von 10% und einem Steuersatz von 50% steigt die optimale Nutzungsdauer von 5 auf 7 Jahre. Dieser Anstieg setzt jedoch bei einem Zinssatz von 10,5% bereits ab einem Steuersatz von 30% ein. Ein

Zinssatz von 11% führt dazu, daß die Anhebung der optimalen Nutzungsdauer von 5 auf 8 Jahre schon bei einem relativ niedrigen Steuersatz von 10% erfolgt, wogegen bei Steuersätzen von 50% und 60% die optimale Nutzungsdauer weiterhin bei 7 Jahren liegt. Ein Zinssatz von 11,5% ergibt für alle Steuersätze dieselbe optimale Nutzungsdauer von 8 Jahren. Die Auswirkung der Steuer verstärkt sich mit steigenden Zinssätzen. Bei Zinssätzen über 24% ist eine deutliche Staffelung bei der optimalen Nutzungsdauer zu erkennen.

c) Berechnung der Ausgaben pro gefahrenen Kilometer

Neben der Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer interessiert im folgenden auch die Berechnung der Ausgaben pro gefahrenen Kilometer. Es wurden daher einige Tabellen¹⁾ ausgesucht, die interessante bzw. stark voneinander abweichende Ergebnisse aufweisen.

In Tab. 16 sind die Ausgaben pro Kilometer bei einer Fahrleistung von 20.000 km pro Jahr aufgelistet. Dabei sind ein Anschaffungswert von 15.000 DM ein Zinssatz von 0% und ein Kostensteigerungssatz von 10% unterstellt. Bei der optimalen Nutzungszeit von 5 Jahren ergeben sich für die Ausgaben pro Kilometer Werte von 29,4 bis 11,8 Pfennigen, je nach Steuersatz.

Tab. 17 geht von einem Anschaffungswert von 15.000 DM, einem Zinssatz von 6% und einem Kostensteigerungssatz von 10% aus. Das Optimum liegt hier bei 8 Jahren. Für einen Steuersatz von 0% ergeben sich 32 Pfennig pro Kilometer, für einen von 60% erhält man 12,6 Pfennig pro Kilometer. D.h. auch hier gilt die Beziehung: je höher der Steuersatz, um so kostengünstiger wird die Nutzung des PKW.

1) siehe Anhang S.59-62.

Auch ein Vergleich der Tabellen 18 und 19 liefert interessante Ergebnisse. Tab. 18 geht von $A = 35.000 \text{ DM}$, $R = 10\%$ und $i = 0\%$ aus. Die optimale Nutzungsdauer liegt bei 5 Jahren, wobei sich wiederum große Unterschiede bei den einzelnen Steuersätzen zeigen. Tab. 19 arbeitet mit einem Zinssatz von 20% . Dies bewirkt, daß die optimale Nutzungsdauer auf 12 Jahre ansteigt und die Ausgaben pro km bei einem Steuersatz von 0% auf $73,2 \text{ Pfennig}$ steigen. Der entsprechende Wert für N_{opt} in Tab. 17 liegt bei $51,2 \text{ Pfennig}$.

Die vorliegenden Tabellen lassen einen weiteren Sachverhalt erkennen. In Tab. 17 liegt die optimale Nutzungsdauer beispielsweise bei 8 Jahren. Die Ausgaben pro gefahrenem Kilometer weichen jedoch in der Umgebung von N_{opt} nur geringfügig voneinander ab. Hier stellt sich natürlich die Frage, wie sensibel die Ausgabenannuität auf Unter- bzw. Überschreitungen der optimalen Nutzungsdauer reagiert und welchen Einfluß die Unsicherheit von unerwarteten Ausgaben hat. Auf dieses Problem soll im nächsten Abschnitt näher eingegangen werden.

d) Sensitivitätsanalyse für den Fall der Abweichung von der optimalen Nutzungsdauer

In den Tabellen 20 bis 28¹⁾ finden sich im oberen Teil der Tabellen jeweils die Abweichungen der Annuität $C(N)$ von der bei Realisierung der optimalen Nutzungsdauer sich ergebenden optimalen Annuität $C(N_{\text{opt}})$. Dargestellt wird dort also die absolute Abweichung

$$C(N) - C(N_{\text{opt}}).$$

Im unteren Teil der Tabellen 20 bis 28 werden die relativen Abweichungen wiedergegeben. Zu ihrer Bestimmung werden die absoluten Abweichungen in Relation zu der optimalen Ausgabenannuität gesetzt und in Prozent der optimalen Ausgabenannuität ausgedrückt. Dargestellt wird dort also:

$$\frac{C(N) - C(N_{\text{opt}})}{C(N_{\text{opt}})} \cdot 100$$

1) siehe Anhang, S.63-71.

In den Tabellen 20 bis 28 wurden die Parameterkonstellationen der Tab. 1 bis 9 beibehalten und somit ein direkter Vergleich ermöglicht. Soweit die optimale Nutzungsdauer > 12 ist, wird die Annuität für $N=12$ so behandelt, als sei sie die optimale, also N_{opt} gleich 12 gesetzt (was nicht der Fall zu sein braucht).

Aus Tab. 20 geht hervor, daß beispielsweise bei einem Steuersatz von 40% die Ausgabenannuität bei einem Unterschreiten der optimalen Nutzungsdauer um 1 Jahr nur um 28,64 DM bzw. um 0,84% der optimalen Annuität steigt.

Eine Analyse von Tab. 22 verdeutlicht diese relativ geringe Sensibilität der Ausgaben noch stärker. Ausgegangen wird von $A = 15.000$ DM, $i = 6\%$ und $R = 10\%$. Die optimale Nutzungsdauer beträgt bis zu einem Steuersatz von 30% 9 Jahre, dann sinkt sie auf 8 Jahre. Wird der PKW bei einem Steuersatz von 30% jedoch nur 7 Jahre genutzt, so erhöht sich die Ausgabenannuität lediglich um 13 Pfennig. Dies bedeutet eine relative Abweichung von 0%. Wird bei dem gleichen Steuersatz der PKW nur 6 Jahre gefahren, steigt die jährliche Ausgabenannuität um 15,50 DM. Das entspricht 0,35%. Selbst bei einer Nutzung von nur 3 Jahren, also einer Abweichung vom Optimum um 6 Jahre, beträgt die Steigerung der Ausgabenannuität "nur" 207,34 DM pro Jahr. Der Anstieg beläuft sich relativ auf ca. 4,67%.¹⁾

In Anbetracht der Tatsache, daß diejenigen Ausgaben, die durch einen unerwarteten Ausfall des Wagens entstehen, in den Tabellen nicht berücksichtigt wurden, stellt sich nun die Frage, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, den Wagen bis zum Ende der errechneten optimalen Nutzungsdauer zu fahren, oder ob es nicht besser ist, ihn bereits vorher zu ersetzen. Hierauf soll im nächsten Abschnitt eingegangen werden.

1) Ähnliche Ergebnisse liefern auch die anderen Datenkonstellationen, die alle im Anhang zu finden sind.

e) Zum Problem des vorzeitigen Ersatzes

Ein Ersatz wird dann als "vorzeitig" bezeichnet, wenn eine vorhandene, noch leistungsfähige Anlage vor Erreichen ihrer im voraus als optimal ermittelten Nutzungsdauer durch eine neue Anlage ersetzt wird.

ea) Ersatz durch eine gleiche Anlage

Ersatz durch eine gleiche Anlage liegt vor, wenn das neu angeschaffte Gut die gleiche Leistung erbringt und die gleichen Ausgabenfunktionen besitzt wie die bisher benutzte Anlage, also praktisch mit ihr bis auf das Lebensalter übereinstimmt.

Bei der Entscheidung darüber, ob die Anlage vorzeitig ersetzt werden soll, spielen die nicht vorhersehbaren, bisher nicht berücksichtigten Ausgaben (z.B. bei plötzlichem, unerwartetem Ausfall auftretende Ausgaben) eine wichtige Rolle. Obwohl an der Nichtvorhersehbarkeit dieser Ausgaben sich nichts ändern läßt, kann man dem Entscheider dennoch mit Hilfe der Methode kritischer Werte¹⁾ wichtige Entscheidungshilfen geben. Dabei ist von folgender Fragestellung auszugehen: Wie hoch dürfen die nicht vorhersehbaren Ausgaben, die zwischen einem Jahr $N < N_{opt}$ und dem Jahr N_{opt} anfallen, höchstens sein, wenn die Nutzung einer Anlage bis zum Ende des Jahres N_{opt} günstiger sein soll als ihre Ersetzung am Ende des Jahres N ? Der Beantwortung dieser Fragen dienen die folgenden Überlegungen.

U sei der Barwert einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben, welche, sofern sie in den Jahren $N+1$ bis N_{opt} anfallen, die optimale Nutzungsdauer auf das Ende des Jahres N vorziehen.

1) Vgl. Kilger, W.: Kritische Werte in der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. in ZfB 35 1965, S. 338 ff.; Schneider, E.: Wirtschaftlichkeitsrechnung. Theorie der Investition, 6. Auflage Tübingen 1962, S. 62 ff.

Für die Ausgabenannuität $C(N)$ gilt nach (15') und (16):

$$(16') \quad C(N) = V(N) \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

Für $C(N_{\text{opt}})$ gilt:

$$(16'') \quad C(N_{\text{opt}}) = V(N_{\text{opt}}) \cdot \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1}$$

Für die Annuität, die dem Barwert der in den Jahren $N+1$ bis N_{opt} anfallenden unvorhergesehenen Ausgaben äquivalent ist, gilt:

$$(26) \quad U \cdot \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1}$$

Damit diese Annuität die optimale Nutzungszeit vom Jahre N_{opt} auf das Ende des Jahres N verkürzen kann, muß sie folgender Bedingung genügen:

$$(27) \quad V(N_{\text{opt}}) \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1} + U \cdot \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1} \geq V(N) \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1}$$

Unter Berücksichtigung der Beziehungen (16') und (16'') folgt:

$$C(N_{\text{opt}}) + U \cdot \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1} \geq C(N)$$

Für U ergibt sich dann:

$$(28) \quad U > \left[C(N) - C(N_{\text{opt}}) \right] \cdot \frac{(1+i)^{N_{\text{opt}}} - 1}{(1+i)^{N_{\text{opt}}} \cdot i}$$

Die gemäß (28) für U sich ergebenden Werte sind in den Tabellen 29 bis 33 wiedergegeben.¹⁾

In Tabelle 29 wird von einem Anschaffungswert von 15.000 DM, einem Zinssatz von 8% und einem Kostensteigerungssatz von $R = 5\%$ ausgegangen. In dieser Situation beträgt die optimale Nutzungsdauer 12 Jahre. Bei einem Steuersatz von 60% genügt z.B. eine einzige nicht vorhergesehene Ausgabe mit einem Barwert von 589,32 DM, um die Nutzungsdauer von 12 auf 9 Jahre zu mindern. Dasselbe gilt dann, wenn in den Jahren 10, 11 und 12 mehrere nicht vorhergesehene Ausgaben auftreten, deren Barwert zusammen 589,32 DM ausmacht. Bei den derzeitigen Preisen für Reparaturen (z.B. genügen heute die Erneuerung der Auspuffanlage oder der Ersatz der Kupplung für das Erreichen des genannten Betrages) erscheint ein vorzeitiger Ersatz, d.h. eine Ersetzung vor Erreichen der errechneten optimalen Nutzungsdauer, als durchaus sinnvoll. Da unvorhersehbare Ausgaben zufällig eintreten, hängt jedoch die Entscheidung über den Ersatzzeitpunkt letztlich von der persönlichen Risikopräferenz des Entscheidungssubjektes ab, wobei die Zahlen in den Tabellen 29 bis 33 wertvolle Hilfe geben. Aus den Tabellen 30 bis 33 ergeben sich dabei teilweise noch schärfere Konsequenzen als aus Tab. 29. Nach Tab. 31 genügt z.B. bei einem Steuersatz von 60% eine oder mehrere nicht vorhergesehene Ausgaben in den Jahren 5 bis 9 mit einem Barwert von 618,02 DM, um den optimalen Ersatzzeitpunkt auf das Ende des Jahres 4 vorzuziehen.

1) siehe Anhang S.72-76.

Die bisherigen Ausführungen standen, ohne daß dies besonders erwähnt wurde, unter der Annahme, daß U bei allen aufeinanderfolgenden Anlagegütern anfällt. Es sei nun noch kurz auf den Fall eingegangen, daß mit dem Anfall von U nur bei der z. Zt. in Betrieb befindlichen Anlage gerechnet wird. Bei den nachfolgenden Anlagegütern möge U wieder gleich Null sein, so daß bei ihnen wieder mit dem normalen N_{opt} gearbeitet werden kann. Dann gilt statt (27):

$$(29) \quad V_{\infty}(N_{opt}) + U \geq V(N) + V_{\infty}(N_{opt}) \cdot \frac{1}{(1+i)^N}$$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} U &\geq V(N) + V_{\infty}(N_{opt}) \cdot \left[\frac{1}{(1+i)^N} - 1 \right] \\ &\geq V(N) - \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \cdot V_{\infty}(N_{opt}) \cdot i \\ &\geq \left[V(N) \cdot \frac{(1+i)^N \cdot i}{(1+i)^N - 1} - V_{\infty}(N_{opt}) \cdot i \right] \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i} \end{aligned}$$

Daraus folgt unter Beachtung von (2), (3) und (3'):

$$(30) \quad U \geq [C(N) - C(N_{opt})] \frac{(1+i)^N - 1}{(1+i)^N \cdot i}$$

(30) unterscheidet sich von (27) nur durch den nach der eckigen Klammer stehenden Rentenbarwertfaktor, der in (27) N_{opt} , dagegen in (30) N enthält. Da $N < N_{opt}$, ist dieser Faktor - und als Folge davon auch U - in (30) stets etwas kleiner als in (27). Wirklich ins Gewicht fallende Veränderungen bezüglich der Tabellen 29 bis 33 ergeben sich dadurch jedoch nur für relativ kleine Werte von N_{opt} (z.B. für Werte, die kleiner als 5 sind). Auf die Berechnung zusätzlicher Tabellen für (30) wird deshalb verzichtet.

eb) Ersatz durch eine neue, bessere Anlage

Die Möglichkeit, die bisherige Anlage durch eine neue und bessere zu ersetzen, hat die Berücksichtigung des technischen Fortschritts zur Folge. Dieser kann bei der hier generell gesetzten Prämisse gleicher Leistung der einander ersetzenden Anlagen auf zwei Arten wirksam werden:

1. Auf den Markt kommen Anlagen, die bei gleichem Anschaffungswert wie die bisherige Anlage geringere Betriebsausgaben verursachen.
2. Die Anlagen des gleichen Typs werden im Anschaffungspreis billiger.

Beide Varianten haben, ökonomisch gesehen, dieselben Konsequenzen. Jedoch dürfte bezüglich des Anlagegutes "PKW" die erste Möglichkeit realistischer sein.

Die Ersatzmöglichkeit durch eine neue Anlage steht augenscheinlich im Widerspruch zur Annahme einer unendlichen Investitionskette. Diese Annahme wird jedoch nicht aufgegeben - sie ist aus rechentechnischen Gründen weiterhin erforderlich - sondern dahingehend variiert, daß die bisherige Investitionskette durch eine neue Kette ersetzt wird, d.h. es wird angenommen, daß auch eine eventuell neu angeschaffte, bessere Anlage unendlich oft identisch ersetzt wird.

Es ist dann vorteilhaft, die alte Anlage vorzeitig durch eine neue, leistungsfähigere Anlage zu ersetzen, wenn gilt:

$$\text{Grenzausgaben der alten Anlage} \geq \text{Minimale Ausgabenannuität (Durchschnittsausgaben) der neuen (besseren) Anlage}$$

In Abb. 2 bezeichnet der Schnittpunkt mit dem Abzissenabschnitt $N_{\text{opt}}^{\text{vorz}}$ diesen Zeitpunkt. Für die neue Anlage läßt sich ebenfalls eine optimale Nutzungsdauer berechnen, die in Abb. 2 bei $N_{\text{opt}}^{\text{neu}}$ liegt.

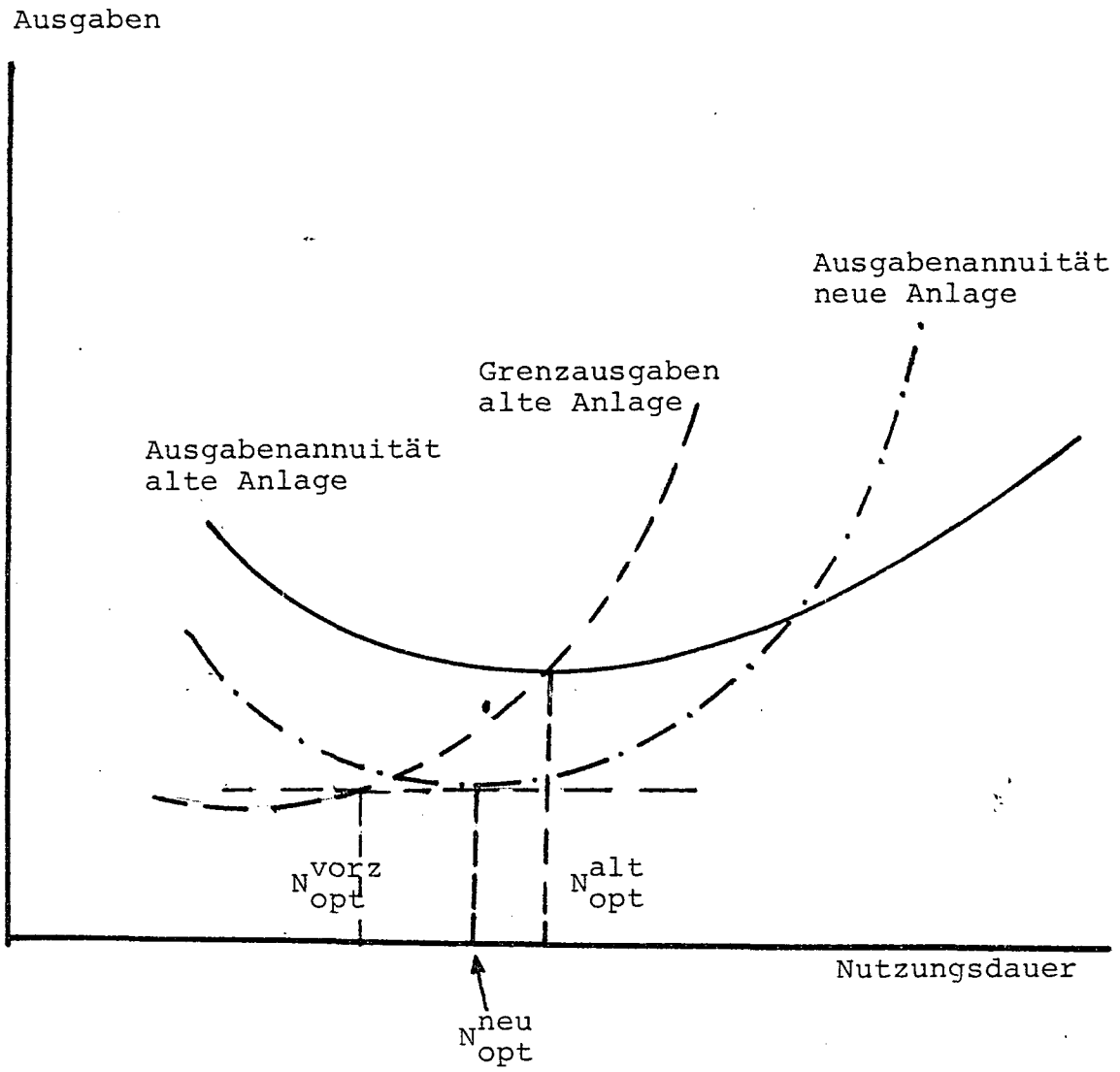


Abb. 2: Optimaler Ersatzzeitpunkt bei einer neuen besseren Anlage

Um die Zusammenhänge kurz zu verdeutlichen, werden für die beschriebenen Symbole folgende Werte angenommen:

$$N_{\text{opt}}^{\text{alt}} = 10 \text{ Jahre}$$

$$N_{\text{opt}}^{\text{neu}} = 9 \text{ Jahre}$$

$$N_{\text{opt}}^{\text{vorz}} = 7,5 \text{ Jahre}$$

Für den alten Pkw ergab sich eine optimale Nutzungsdauer von 10 Jahren. Für ein neu auf dem Markt erscheinendes Modell mit niedrigeren Betriebsausgaben läßt sich ein optimaler Ersatzzeitpunkt von 7,5 Jahren ermitteln, d.h. statt den alten Pkw 10 Jahre lang zu nutzen, wird er bereits im 7. Jahr, bzw. 2,5 Jahre eher, durch einen neuen Pkw ersetzt. Dieser neue Wagen wird entsprechend seiner optimalen Nutzungsdauer 9 Jahre lang genutzt, um nach dieser Zeitspanne identisch ersetzt zu werden (unter der eingangs bereits erwähnten, nicht sehr realistischen Bedingung, daß innerhalb dieses Zeitintervalls kein verbessertes, leistungsfähigeres Anlagegut entwickelt wird).

Die aufgezeigten Zusammenhänge bedürfen keiner besonderen Darstellung. Die erforderlichen Optimierungen können mit Hilfe von Berechnungen, wie sie in den Tabellen 1 bis 9 ihren Niederschlag gefunden haben, leicht durchgeführt werden. Erforderlich dafür ist jeweils stets nur ein Vergleich der Grenzausgaben des alten Wagens (die in den unteren Hälften der Tabellen 1 bis 9 wiedergegeben sind) mit den Ausgabenannuitäten des ersetzenden Wagens (die in der gleichen Weise zu errechnen sind wie die Werte in den oberen Hälften der Tabellen 1 bis 9).

IV. ZUSAMMENFASSUNG UND INTERPRETATION DER ERGEBNISSE

Ziel dieser Untersuchung war es, Determinanten der optimalen Nutzungsdauer von Anlagegütern sowie deren Wirkung, insbesondere ihr Zusammenspiel untereinander, aufzuzeigen und zu beschreiben. Dabei konnten sich gegenseitig verstärkende Wirkungen, aber auch gegenläufige Effekte festgestellt werden.

Bei Variation der einzelnen Parameter ergaben sich optimale Nutzungszeiten von 1 bis 12 Jahren. Obwohl viele Parameterkonstellationen als unrealistisch angesehen werden können, so z.B. die Annahme $i=0\%$, waren sie jedoch zur Offenlegung der Zusammenhänge erforderlich.

Als Ergebnisse sind festzuhalten:

- 1) Eine Erhöhung des Kalkulationszinssatzes i bewirkt einen starken Anstieg der optimalen Nutzungsdauer N_{opt} .
- 2) Wachsende Steuersätze T beeinflussen in der Regel die optimale Nutzungsdauer N_{opt} ebenfalls entscheidend in dieser Richtung.
- 3) Steigende Steuersätze vermindern deutlich die Ausgaben nach Steuern pro Kilometer. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß diese Aussage nur dann gilt, wenn der Steuerzahler in seiner Steuerbilanz einen Gewinn ausweisen kann.
- 4) Die Ausgaben pro km werden, wenn auch in verhältnismäßig geringem Umfang, von einem steigenden Kalkulationszinssatz erhöht.
- 5) Die Entwicklung des Kostensteigerungssatzes R und der optimalen Nutzungsdauer N_{opt} ist stark gegenläufig.
- 6) Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse konnte festgestellt werden, daß in vielen Fällen ein Unterschreiten von N_{opt} zu Ausgabenerhöhungen führt, die im Vergleich zu den nicht vorhersehbaren, ausfallbedingten Ausgaben relativ niedrig sind. Da die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Ausgaben sich mit fortschreitender Nutzungsdauer erhöht, spricht dies für den Ersatz eines Wagens vor Erreichen der ohne ihre Berücksichtigung als optimal errechneten Nutzungsdauer.

Andere Untersuchungen kamen zum Teil zu abweichenden Ergebnissen. So empfiehlt die Stiftung Warentest auf Grundlage einer Studie Anfang 1979, eine Nutzungsdauer für PKW's von 6 Jahren.¹⁾ Die vorliegende Untersuchung hat jedoch gezeigt, daß die Fixierung der optimalen Nutzungsdauer auf einen bestimmten Wert nicht sinnvoll ist.

Eine Optimierung für einen Mercedes auf der Basis der dynamischen Programmierung²⁾ gelangte zu dem Resultat, daß es am günstigsten sei, den Wagen zu kaufen, wenn er ein halbes Jahr alt ist, und ihn nach drei Jahren wieder zu verkaufen. Auch dieser These kann nicht generell gefolgt werden.

Ziel dieser Arbeit war es nicht, allgemeine Empfehlungen über die optimale Nutzungszeit von PKW's zu geben, sondern die Wirkung und das Zusammenspiel der einzelnen Bestimmungsgrößen der optimalen Nutzungsdauer aufzuzeigen. Was die Abgabe derartiger Empfehlungen anbetrifft, darf auch Folgendes nicht unerwähnt bleiben. In den Naturwissenschaften können Experimente beliebig oft wiederholt werden. Außerdem besteht für die Forschungsobjekte keine Möglichkeit, auf eine Optimierung Einfluß zu nehmen oder darauf zu reagieren. Innerhalb der empirischen Wirtschaftsforschung können derartige Reaktionen dagegen nicht ausgeschlossen werden. Ein kleines Beispiel: Wird die Stellung des Mondes für einen bestimmten Zeitpunkt berechnet und prognostiziert, so wird der Mond sich in seinem Verhalten (der Einhaltung seiner Bahn) nicht im geringsten um diese Prognose, an der vorausberechneten Stelle zu stehen, kümmern. Wenn jedoch z.B. von der Betriebswirtschaftslehre das Forschungsergebnis verbreitet wird, die optimale Nutzungsdauer eines PKW beträgt 6 Jahre, und wenn

1) Vgl. "Verkaufen Sie erst nach sechs Jahren!", in: Test, Heft 3, 1979, S. 20 ff.

2) Wolf, Wilhelm, Unternehmensforschung, Bd. 12, 1968, S.51-54. Die Howardsche Berechnung optimalen Anschaffungs- und Betriebsalters für Kraftwagen: Ein ergänzender Befund mit Deutschen Daten.

sich genügend Wirtschaftssubjekte finden, die sich an diese Empfehlung halten, werden nach den Gesetzen von Angebot und Nachfrage die Veräußerungserlöse von sechs Jahre alten Pkw's rapide sinken. Die errechnete optimale Nutzungsdauer ist dann nicht mehr optimal. Die Voraussage hat sich durch das Verhalten, das sie induziert, selbst widerlegt. Daß es neben den längst bekannten "Self-Fulfilling-Prophecies" auch derartige "Self-Falsifying-Prophecies" gibt, wird viel zu wenig beachtet; ihre theoretische Erörterung hat nicht einmal begonnen.

ANHANG:	Seite
I. Darstellung von Berechnungsbeispielen der Ausgabenannuität $C(N)$ und der Grenzausgaben $F(N)$	41
II. Übersicht über die Abhängigkeit der optimalen Nutzungsdauer von den einzelnen Determinanten	50
III. Übersicht über die Kosten pro gefahrenen Kilometer	59
IV. Absolute und relative Erhöhung der Ausgabenannuität bei einem Abweichen vom Optimum (Sensitivitätsanalyse)	63
V. Wirkung von bisher nicht berücksichtigten, unvorhergesehenen Ausgaben auf die optimale Nutzungsdauer	72

Tab. 1 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=8,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $5,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T =							
			0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
1	12290,0	3260,00	7170,00	6453,00	5736,00	5019,00	4302,00	3585,00	2868,00	
2	9870,0	3372,50	6980,43	6278,12	5576,72	4876,26	4176,73	3478,16	2780,56	
3	7740,0	3490,63	6804,79	6114,83	5426,89	4741,00	4057,20	3375,51	2695,97	
4	5900,0	3614,66	6642,58	5962,78	5286,26	4613,07	3943,29	3276,98	2614,22	
5	4350,0	3744,89	6493,31	5821,62	5154,57	4492,30	3834,92	3182,54	2535,29	
6	3090,0	3881,63	6356,50	5694,73	5038,40	4387,65	3742,62	3103,43	2470,23	
7	2120,0	4025,22	6231,64	5580,02	4934,36	4294,81	3661,50	3034,55	2414,11	
8	1440,0	4175,98	6118,25	5476,25	4840,64	4211,53	3589,05	2973,33	2364,47	
9	990,0	4334,27	6020,65	5387,08	4760,23	4140,21	3527,15	2921,13	2322,26	
10	690,0	4500,49	5941,89	5315,20	4695,51	4082,92	3477,52	2879,39	2288,60	
11	490,0	4675,01	5881,11	5259,85	4645,80	4039,04	3439,64	2847,65	2263,12	
12	390,0	4858,26	5834,55	5217,55	4607,92	4005,73	3411,00	2823,78	2244,06	

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T =							
			0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
1	12290,0	3260,00	7170,00	6453,00	5736,00	5019,00	4302,00	3585,00	2868,00	
2	9870,0	3372,50	6775,70	6090,64	5407,25	4725,52	4045,45	3367,05	2690,31	
3	7740,0	3490,63	6410,23	5752,14	5097,85	4447,34	3800,63	3157,71	2518,59	
4	5900,0	3614,66	6073,86	5437,75	4808,02	4184,67	3567,71	2957,13	2352,94	
5	4350,0	3744,89	5766,89	5147,72	4537,99	3937,70	3346,85	2765,44	2193,48	
6	3090,0	3881,63	5489,63	4909,35	4336,02	3769,66	3210,26	2657,81	2112,33	
7	2120,0	4025,22	5242,42	4695,93	4154,38	3617,78	3086,12	2559,41	2037,64	
8	1440,0	4175,98	5025,58	4507,76	3993,33	3482,29	2974,64	2470,39	1969,53	
9	990,0	4334,27	4899,47	4399,15	3901,14	3405,44	2912,03	2420,94	1932,14	
10	690,0	4500,49	4879,69	4384,59	3891,08	3399,15	2908,81	2420,05	1932,87	
11	490,0	4675,01	4930,21	4432,22	3935,34	3439,55	2944,88	2451,31	1958,84	
12	390,0	4858,26	4997,46	4494,19	3991,70	3489,99	2989,07	2488,93	1989,58	

Tab. 2 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=5,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $7,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T =						
			0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	12290,0	3260,00	6720,00	6048,00	5376,00	4704,00	4032,00	3360,00	2688,00
2	9870,0	3417,50	6589,27	5927,77	5266,82	4606,45	3946,64	3287,41	2628,75
3	7740,0	3586,03	6468,81	5816,24	5164,90	4514,81	3865,96	3218,39	2572,10
4	5900,0	3766,35	6358,50	5713,35	5070,20	4429,07	3789,99	3152,99	2518,08
5	4350,0	3959,29	6258,20	5619,02	4982,69	4349,26	3718,75	3091,23	2466,74
6	3090,0	4165,74	6167,79	5535,70	4906,88	4281,37	3659,23	3040,51	2425,27
7	2120,0	4386,64	6087,14	5462,18	4840,70	4222,75	3608,38	2997,64	2390,58
8	1440,0	4623,01	6016,13	5397,83	4783,13	4172,08	3564,70	2961,05	2361,17
9	990,0	4875,92	5960,06	5347,27	4738,12	4132,66	3530,92	2932,92	2338,69
10	690,0	5146,53	5923,17	5314,28	4709,03	4107,44	3509,53	2915,31	2324,79
11	490,0	5436,09	5905,39	5298,83	4695,83	4096,39	3500,52	2908,21	2319,46
12	390,0	5745,92	5903,19	5297,69	4695,60	4096,92	3501,63	2909,72	2321,17

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T =						
			0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	12290,0	3260,00	6720,00	6048,00	5376,00	4704,00	4032,00	3360,00	2688,00
2	9870,0	3417,50	6452,00	5802,12	5153,28	4505,48	3858,72	3213,00	2568,32
3	7740,0	3586,03	6209,53	5577,91	4948,66	4321,79	3697,28	3075,14	2455,37
4	5900,0	3766,35	5993,35	5376,06	4762,76	4153,45	3548,13	2946,80	2349,46
5	4350,0	3959,29	5804,29	5197,31	4596,23	4001,05	3411,77	2828,39	2250,92
6	3090,0	4165,74	5643,24	5059,34	4479,79	3904,59	3333,74	2767,24	2205,10
7	2120,0	4386,64	5511,14	4946,12	4384,19	3825,35	3269,60	2716,94	2167,38
8	1440,0	4623,01	5409,01	4858,57	4310,25	3764,05	3219,97	2678,01	2138,16
9	990,0	4875,92	5397,92	4851,65	4306,82	3763,42	3221,47	2680,96	2141,89
10	690,0	5146,53	5496,03	4941,97	4388,90	3836,83	3285,74	2735,64	2186,53
11	490,0	5436,09	5670,59	5100,43	4530,95	3962,17	3394,07	2826,67	2259,96
12	390,0	5745,92	5870,42	5281,17	4692,42	4104,15	3516,37	2929,09	2342,29

Tab. 3 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i = 0,0$ %, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $10,0$ % pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	5970,00	5373,00	4776,00	4179,00	3582,00	2985,00	2388,00
2	9870,0	3485,00	5937,50	5343,75	4750,00	4156,25	3562,50	2968,75	2375,00
3	7740,0	3732,50	5912,50	5321,25	4730,00	4138,75	3547,50	2956,25	2365,00
4	5900,0	4004,75	5895,56	5306,01	4716,45	4126,89	3537,34	2947,78	2358,23
5	4350,0	4304,23	5887,30	5298,57	4709,84	4121,11	3532,38	2943,65	2354,92
6	3090,0	4633,65	5888,35	5299,52	4710,68	4121,85	3533,01	2944,18	2355,34
7	2120,0	4996,01	5899,45	5309,50	4719,56	4129,61	3539,67	2949,72	2359,78
8	1440,0	5394,61	5921,34	5329,21	4737,07	4144,94	3552,81	2960,67	2368,54
9	990,0	5833,07	5961,54	5365,38	4769,23	4173,07	3576,92	2980,77	2384,61
10	690,0	6315,38	6026,92	5424,23	4821,54	4218,84	3616,15	3013,46	2410,77
11	490,0	6845,92	6119,56	5507,60	4895,65	4283,69	3671,73	3059,78	2447,82
12	390,0	7429,51	6237,05	5613,35	4989,64	4365,94	3742,23	3118,53	2494,82

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	5970,00	5373,00	4776,00	4179,00	3582,00	2985,00	2388,00
2	9870,0	3485,00	5905,00	5314,50	4724,00	4133,50	3543,00	2952,50	2362,00
3	7740,0	3732,50	5862,50	5276,25	4690,00	4103,75	3517,50	2931,25	2345,00
4	5900,0	4004,75	5844,75	5260,28	4675,80	4091,33	3506,85	2922,38	2337,90
5	4350,0	4304,23	5854,23	5268,81	4683,38	4097,96	3512,54	2927,12	2341,69
6	3090,0	4633,65	5893,65	5304,28	4714,92	4125,56	3536,19	2946,83	2357,46
7	2120,0	4996,01	5966,01	5369,41	4772,81	4176,21	3579,61	2983,01	2386,40
8	1440,0	5394,61	6074,61	5467,15	4859,69	4252,23	3644,77	3037,31	2429,84
9	990,0	5833,07	6283,07	5654,76	5026,46	4398,15	3769,84	3141,54	2513,23
10	690,0	6315,38	6615,38	5953,84	5292,30	4630,77	3969,23	3307,69	2646,15
11	490,0	6845,92	7045,92	6341,33	5636,74	4932,14	4227,55	3522,96	2818,37
12	390,0	7429,51	7529,51	6776,56	6023,61	5270,66	4517,71	3764,76	3011,80

Tab. 4 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=6,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $10,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	6870,00	6183,00	5496,00	4809,00	4122,00	3435,00	2748,00
2	9870,0	3485,00	6759,51	6080,54	5402,22	4724,56	4047,57	3371,26	2695,62
3	7740,0	3732,50	6663,77	5990,77	5319,20	4649,07	3980,39	3313,20	2647,50
4	5900,0	4004,75	6582,71	5913,72	5247,02	4582,64	3920,61	3260,98	2603,77
5	4350,0	4304,23	6516,28	5849,42	5185,77	4525,41	3868,38	3214,76	2564,61
6	3090,0	4633,65	6464,43	5800,84	5140,88	4484,61	3832,10	3183,43	2538,65
7	2120,0	4996,01	6427,14	5766,72	5110,06	4457,23	3808,30	3163,32	2522,36
8	1440,0	5394,61	6404,37	5746,43	5092,24	4441,86	3795,34	3152,72	2514,07
9	990,0	5833,07	6401,34	5744,49	5091,28	4441,73	3795,87	3153,75	2515,38
10	690,0	6315,38	6422,08	5764,58	5110,46	4459,73	3812,40	3168,47	2527,96
11	490,0	6845,92	6466,52	5806,65	5149,78	4495,89	3844,95	3196,96	2551,88
12	390,0	7429,51	6531,27	5867,65	5206,51	4547,81	3891,48	3237,48	2585,75

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	6870,00	6183,00	5496,00	4809,00	4122,00	3435,00	2748,00
2	9870,0	3485,00	6642,40	5972,54	5303,94	4636,58	3970,46	3305,60	2641,98
3	7740,0	3732,50	6454,70	5796,43	5141,01	4488,43	3838,69	3191,80	2547,75
4	5900,0	4004,75	6309,15	5656,69	5009,02	4366,13	3728,03	3094,72	2466,20
5	4350,0	4304,23	6208,23	5555,55	4909,94	4271,42	3639,98	3015,61	2398,33
6	3090,0	4633,65	6154,65	5515,69	4881,96	4253,44	3630,15	3012,07	2399,22
7	2120,0	4996,01	6151,41	5519,58	4891,46	4267,05	3646,35	3029,35	2416,07
8	1440,0	5394,61	6201,81	5570,18	4941,10	4314,55	3690,56	3069,11	2450,20
9	990,0	5833,07	6369,47	5724,75	5081,75	4440,49	3800,95	3163,14	2527,05
10	690,0	6315,38	6674,78	6001,96	5330,32	4659,87	3990,61	3322,54	2655,66
11	490,0	6845,92	7087,32	6374,86	5663,23	4952,43	4242,46	3533,31	2824,99
12	390,0	7429,51	7558,91	6800,37	6042,42	5285,06	4528,29	3772,11	3016,51

Tab. 5 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=20,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $10,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	8970,00	8073,00	7176,00	6279,00	5382,00	4485,00	3588,00
2	9870,0	3485,00	8694,09	7813,82	6935,78	6060,04	5186,66	4315,71	3447,27
3	7740,0	3732,50	8458,49	7588,86	6724,00	5864,08	5009,29	4159,83	3315,91
4	5900,0	4004,75	8259,95	7395,74	6538,96	5689,98	4849,19	4016,99	3193,78
5	4350,0	4304,23	8095,24	7232,04	6378,96	5536,61	4705,66	3886,79	3080,72
6	3090,0	4633,65	7961,14	7102,51	6255,62	5421,24	4600,14	3793,15	3001,11
7	2120,0	4996,01	7854,52	7001,00	6160,36	5333,43	4521,04	3724,04	2943,30
8	1440,0	5394,61	7772,34	6923,33	6088,08	5267,43	4462,21	3673,26	2901,40
9	990,0	5833,07	7714,58	6869,09	6038,00	5222,16	4422,37	3639,41	2874,01
10	690,0	6315,38	7679,87	6836,99	6008,97	5196,59	4400,61	3621,70	2860,47
11	490,0	6845,92	7664,44	6823,64	5997,94	5188,05	4394,63	3618,23	2859,26
12	390,0	7429,51	7663,51	6824,57	6000,80	5192,84	4401,19	3626,23	2868,13

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	8970,00	8073,00	7176,00	6279,00	5382,00	4485,00	3588,00
2	9870,0	3485,00	8363,00	7507,98	6657,12	5810,42	4967,88	4129,50	3295,28
3	7740,0	3732,50	7836,50	7010,19	6193,36	5386,01	4588,14	3799,75	3020,84
4	5900,0	4004,75	7392,75	6581,65	5786,52	5007,34	4244,13	3496,87	2765,58
5	4350,0	4304,23	7034,23	6224,61	5438,58	4676,16	3937,34	3222,11	2530,49
6	3090,0	4633,65	6763,65	6008,98	5271,72	4551,85	3849,39	3164,32	2496,66
7	2120,0	4996,01	6584,01	5869,99	5168,33	4479,03	3802,09	3137,51	2485,28
8	1440,0	5394,61	6498,61	5810,59	5131,05	4459,99	3797,41	3143,31	2497,68
9	990,0	5833,07	6571,07	5888,04	5210,78	4539,27	3873,52	3213,54	2559,31
10	690,0	6315,38	6813,38	6114,22	5419,02	4727,79	4040,51	3357,19	2677,83
11	490,0	6845,92	7183,92	6453,11	5725,06	4999,76	4277,23	3557,46	2840,45
12	390,0	7429,51	7627,51	6855,94	6086,33	5318,68	4552,99	3789,26	3027,48

Tab. 6 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 150% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	6570,00	5913,00	5256,00	4599,00	3942,00	3285,00	2628,00
2	9870,0	3597,50	6540,15	5884,24	5228,75	4573,67	3919,01	3264,78	2610,96
3	7740,0	3985,63	6530,63	5873,50	5217,26	4561,91	3907,46	3253,91	2601,27
4	5900,0	4431,97	6542,62	5881,92	5222,61	4564,71	3908,22	3253,18	2599,58
5	4350,0	4945,26	6577,45	5910,77	5246,00	4583,17	3922,31	3263,45	2606,61
6	3090,0	5535,55	6636,56	5963,48	5292,42	4623,41	3956,47	3291,64	2628,94
7	2120,0	6214,39	6721,57	6040,71	5361,72	4684,62	4009,45	3336,22	2664,96
8	1440,0	6995,04	6834,25	6143,69	5454,68	4767,24	4081,37	3397,10	2714,43
9	990,0	7892,80	6982,24	6279,27	5577,35	4876,50	4176,70	3477,95	2780,26
10	690,0	8925,22	7172,36	6453,67	5735,36	5017,40	4299,78	3582,48	2865,48
11	490,0	10112,50	7407,25	6669,41	5931,05	5192,12	4452,58	3712,38	2971,48
12	390,0	11477,88	7686,12	6925,89	6164,00	5400,36	4634,91	3867,57	3098,27

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	6570,00	5913,00	5256,00	4599,00	3942,00	3285,00	2628,00
2	9870,0	3597,50	6509,10	5854,45	5200,62	4547,63	3895,48	3244,15	2593,66
3	7740,0	3985,63	6510,43	5850,85	5193,18	4537,39	3883,51	3231,51	2581,42
4	5900,0	4431,97	6581,57	5909,05	5239,72	4573,58	3910,64	3250,88	2594,32
5	4350,0	4945,26	6731,26	6036,89	5347,25	4662,32	3982,12	3306,63	2635,86
6	3090,0	5535,55	6969,55	6256,93	5547,80	4842,14	4139,97	3441,27	2746,06
7	2120,0	6214,39	7307,99	6566,07	5826,62	5089,64	4355,13	3623,10	2893,53
8	1440,0	6995,04	7759,84	6976,22	6194,30	5414,08	4635,55	3858,72	3083,58
9	990,0	7892,80	8400,40	7555,18	6711,10	5868,18	5026,42	4185,80	3346,34
10	690,0	8925,22	9264,82	8334,77	7405,52	6477,06	5549,39	4622,51	3696,42
11	490,0	10112,50	10340,10	9303,61	8267,66	7232,27	6197,44	5163,15	4129,42
12	390,0	11477,88	11597,48	10435,97	9274,85	8114,12	6953,78	5793,84	4634,29

Tab. 7 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	15483,00	13934,70	12386,40	10838,10	9289,80	7741,50	6193,20
2	122800,0	5543,00	11463,00	10316,70	9170,40	8024,10	6877,80	5731,50	4585,20
3	119600,0	5939,00	10688,33	9619,50	8550,67	7481,83	6413,00	5344,17	4275,33
4	116500,0	6374,60	10384,90	9346,41	8307,92	7269,43	6230,94	5192,45	4153,96
5	113700,0	6853,76	10238,67	9214,80	8190,94	7167,07	6143,20	5119,34	4095,47
6	9688,0	7380,84	10431,03	9387,93	8344,83	7301,72	6258,62	5215,52	4172,41
7	7850,0	7960,62	10340,69	9306,62	8272,55	7238,48	6204,41	5170,34	4136,28
8	6350,0	8598,38	10310,40	9279,36	8248,32	7217,28	6186,24	5155,20	4124,16
9	5200,0	9299,92	10325,90	9293,31	8260,72	7228,13	6195,54	5162,95	4130,36
10	4300,0	10071,61	10390,47	9351,43	8312,38	7273,33	6234,28	5195,24	4156,19
11	3600,0	10920,47	10502,29	9452,06	8401,83	7351,60	6301,37	5251,15	4200,92
12	3000,0	11854,22	10664,95	9598,46	8531,96	7465,47	6398,97	5332,48	4265,98

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	15483,00	13934,70	12386,40	10838,10	9289,80	7741,50	6193,20
2	122800,0	5543,00	7443,00	6698,70	5954,40	5210,10	4465,80	3721,50	2977,20
3	119600,0	5939,00	9139,00	8225,10	7311,20	6397,30	5483,40	4569,50	3655,60
4	116500,0	6374,60	9474,60	8527,14	7579,68	6632,22	5684,76	4737,30	3789,84
5	113700,0	6853,76	9653,76	8688,38	7723,01	6757,63	5792,26	4826,88	3861,50
6	9688,0	7380,84	11392,84	10253,56	9114,27	7974,99	6835,70	5696,42	4557,14
7	7850,0	7960,62	9798,62	8818,76	7838,90	6859,03	5879,17	4899,31	3919,45
8	6350,0	8598,38	10098,38	9088,54	8078,70	7068,87	6059,03	5049,19	4039,35
9	5200,0	9299,92	10449,92	9404,93	8359,94	7314,94	6269,95	5224,96	4179,97
10	4300,0	10071,61	10971,61	9874,45	8777,29	7680,13	6582,97	5485,81	4388,64
11	3600,0	10920,47	11620,47	10458,42	9296,38	8134,33	6972,28	5810,24	4648,19
12	3000,0	11854,22	12454,22	11208,80	9963,38	8717,95	7472,53	6227,11	4981,69

Tab. 8 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i = 40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	16883,00	15194,70	13506,40	11818,10	10129,80	8441,50	6753,20
2	122800,0	5543,00	12739,86	11461,29	10183,72	8907,16	7631,62	6357,09	5083,60
3	119600,0	5939,00	11878,49	10678,33	9480,84	8286,06	7093,99	5904,67	4718,12
4	116500,0	6374,60	11497,02	10326,62	9160,69	7999,28	6842,45	5690,22	4542,66
5	113700,0	6853,76	11278,56	10121,22	8970,22	7825,63	6687,54	5556,03	4431,18
6	9688,0	7380,84	11378,41	10208,97	9046,33	7890,56	6741,76	5600,00	4465,39
7	7850,0	7960,62	11227,45	10071,03	8921,87	7780,05	6645,66	5518,78	4399,50
8	6350,0	8598,38	11139,00	9990,88	8850,16	7716,93	6591,26	5473,22	4362,88
9	5200,0	9299,92	11097,88	9954,36	8818,17	7689,39	6568,07	5454,28	4348,06
10	4300,0	10071,61	11104,69	9961,87	8826,14	7697,55	6576,12	5461,91	4354,93
11	3600,0	10920,47	11155,69	10010,01	8870,99	7738,65	6613,01	5494,06	4381,83
12	3000,0	11854,22	11251,69	10099,58	8953,51	7813,47	6679,44	5551,40	4429,33

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	16883,00	15194,70	13506,40	11818,10	10129,80	8441,50	6753,20
2	122800,0	5543,00	8431,00	7593,48	6754,72	5914,72	5073,48	4231,00	3387,28
3	119600,0	5939,00	10051,00	9026,82	8006,88	6991,18	5979,72	4972,50	3969,52
4	116500,0	6374,60	10258,60	9193,68	8137,44	7089,88	6051,00	5020,80	3999,28
5	113700,0	6853,76	10313,76	9222,98	8145,41	7081,03	6029,86	4991,88	3967,10
6	9688,0	7380,84	11940,84	10697,44	9464,99	8243,51	7032,98	5833,42	4644,82
7	7850,0	7960,62	10186,14	9132,65	8086,91	7048,92	6018,68	4996,19	3981,45
8	6350,0	8598,38	10412,38	9342,88	8279,66	7222,73	6172,07	5127,69	4089,59
9	5200,0	9299,92	10703,92	9610,67	8522,50	7439,40	6361,39	5288,46	4220,61
10	4300,0	10071,61	11179,61	10042,93	8910,41	7782,05	6657,85	5537,80	4421,92
11	3600,0	10920,47	11792,47	10597,74	9406,46	8218,61	7034,20	5853,23	4675,71
12	3000,0	11854,22	12598,22	11325,44	10055,54	8788,51	7524,37	6263,11	5004,73

Tab. 9 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $15,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Ausgabenannuität $C1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	16883,00	15194,70	13506,40	11818,10	10129,80	8441,50	6753,20
2	122800,0	5723,00	12828,10	11540,86	10254,59	8969,29	7684,98	6401,65	5119,31
3	119600,0	6344,00	12068,20	10849,53	9633,44	8419,95	7209,07	6000,84	4795,26
4	116500,0	7058,15	11803,03	10603,00	9407,24	8215,79	7028,68	5845,98	4667,71
5	113700,0	7879,42	11717,43	10517,97	9324,45	8136,97	6955,59	5780,40	4611,47
6	9688,0	8823,89	11968,67	10743,08	9523,65	8310,47	7103,62	5903,19	4709,24
7	7850,0	9910,02	11989,80	10761,53	9539,58	8324,00	7114,88	5912,29	4716,31
8	6350,0	11159,07	12096,51	10859,07	9627,64	8402,28	7183,07	5970,05	4763,29
9	5200,0	12595,48	12276,33	11024,05	9777,14	8535,66	7299,64	6069,10	4844,09
10	4300,0	14247,35	12532,78	11259,67	9990,96	8726,65	7466,75	6211,26	4960,18
11	3600,0	16147,01	12865,43	11565,65	10268,91	8975,18	7684,42	6396,59	5111,66
12	3000,0	18331,61	13278,73	11946,26	10615,04	9285,01	7956,06	6628,11	5301,07

Grenzkosten $P1(N)$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	16883,00	15194,70	13506,40	11818,10	10129,80	8441,50	6753,20
2	122800,0	5723,00	8611,00	7755,48	6898,72	6040,72	5181,48	4321,00	3459,28
3	119600,0	6344,00	10456,00	9391,32	8330,88	7274,68	6222,72	5175,00	4131,52
4	116500,0	7058,15	10942,15	9808,87	8684,28	7568,36	6461,13	5362,57	4272,70
5	113700,0	7879,42	11339,42	10146,08	8965,94	7798,99	6645,25	5504,71	4377,37
6	9688,0	8823,89	13383,89	11996,18	10619,43	9253,64	7898,81	6554,94	5222,04
7	7850,0	9910,02	12135,54	10887,11	9646,43	8413,50	7188,32	5970,89	4761,21
8	6350,0	11159,07	12973,07	11647,50	10328,22	9015,21	7708,48	6408,03	5113,87
9	5200,0	12595,48	13999,48	12576,67	11158,94	9746,30	8338,73	6936,24	5538,83
10	4300,0	14247,35	15355,35	13801,09	12251,00	10705,06	9163,29	7625,67	6092,22
11	3600,0	16147,01	17019,01	15301,63	13587,69	11877,19	10170,13	8466,50	6766,32
12	3000,0	18331,61	19075,61	17155,09	15237,45	13322,69	11410,81	9501,81	7595,68

Tab. 10: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 15.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 7% pro Jahr.

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0	10	20	30	40	50	60
0,0	10	10	10	10	10	10	10
0,5	"	"	"	"	"	"	"
1,0	"	"	"	"	"	"	"
1,5	11	11	11	"	"	"	"
2,0	"	"	"	11	11	11	11
2,5	"	"	"	"	"	"	"
3,0	"	"	"	"	"	"	"
3,5	"	"	"	"	"	"	"
4,0	"	"	"	"	"	"	"
4,5	"	"	"	"	"	"	"
5,0	12	12	12	"	"	"	"
5,5	"	"	"	12	12	"	"
6,0	"	"	"	"	"	12	"
6,5	"	"	"	"	"	"	12
bis Ende	"	"	"	"	"	"	"

Tab. 11: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 15.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 10% pro Jahr.

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0	5	5	5	5	5	5	5
0,5	6	6	6	6	6	6	6
1	"	"	"	"	"	"	"
1,5	7	7	7	7	7	7	7
2	"	"	"	"	"	"	"
2,5	"	"	"	"	"	"	"
3	8	8	8	8	8	8	"
3,5	"	"	"	"	"	"	8
4	"	"	"	"	"	"	"
4,5	"	"	"	"	"	"	"
5	"	"	"	"	"	"	"
5,5	"	"	"	"	"	"	"
6	9	9	9	9	"	"	"
6,5	"	"	"	"	9	9	"
7	"	"	"	"	"	"	9
7,5	"	"	"	"	"	"	"
8	"	"	"	"	"	"	"
8,5	"	"	"	"	"	"	"
9	"	"	"	"	"	"	"
9,5	"	"	"	"	"	"	"
10	10	"	"	"	"	"	"
10,5	"	10	10	"	"	"	"
11	"	"	"	10	"	"	"
11,5	"	"	"	"	10	"	"
12	"	"	"	"	"	10	"
12,5	"	"	"	"	"	"	10
13	"	"	"	"	"	"	"
13,5	"	"	"	"	"	"	"
14	"	"	"	"	"	"	"
14,5	"	"	"	"	"	"	"
15	11	"	"	"	"	"	"
15,5	"	11	"	"	"	"	"
16	"	"	11	"	"	"	"
16,5	"	"	"	11	"	"	"
17	"	"	"	"	"	"	"
17,5	"	"	"	"	11	"	"
18	"	"	"	"	"	"	"
18,5	"	"	"	"	"	11	"
19	"	"	"	"	"	"	"
19,5	"	"	"	"	"	"	11
20	12	"	"	"	"	"	"
20,5	"	12	"	"	"	"	"
21	"	"	"	"	"	"	"
21,5	"	"	12	"	"	"	"
22	"	"	"	"	"	"	"
22,5	"	"	"	12	"	"	"
23	"	"	"	"	"	"	"
23,5	"	"	"	"	12	"	"

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
24	12	12	12	12	12	11	11
24,5	"	"	"	"	"	"	"
25	"	"	"	"	"	12	"
25,5	"	"	"	"	"	"	"
26	"	"	"	"	"	"	"
26,5	"	"	"	"	"	"	"
27	"	"	"	"	"	"	12
27,5	"	"	"	"	"	"	"
28	"	"	"	"	"	"	"
28,5	"	"	"	"	"	"	"
29	"	"	"	"	"	"	"
29,5	"	"	"	"	"	"	"
30	"	"	"	"	"	"	"

Tab. 11 (Fortsetzung)

Tab. 12: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 15.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 15% pro Jahr.

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0	10	20	30	40	50	60
0,0	1	1	1	1	1	1	1
0,5	"	"	"	"	"	"	"
1,0	"	"	"	"	"	"	"
1,5	"	"	"	"	"	2	2
2,0	2	2	2	2	2	"	"
2,5	"	"	"	"	"	"	3
3,0	"	"	3	3	3	3	"
3,5	3	3	"	"	"	"	"
4,0	"	"	"	"	"	4	4
4,5	"	"	"	4	4	"	"
5,0	"	4	4	"	"	"	"
5,5	4	"	"	"	"	5	5
6,0	"	"	"	"	5	"	"
6,5	"	"	5	5	"	"	"
7,0	"	5	"	"	"	"	"
7,5	5	"	"	"	"	"	"
8,0	"	"	"	"	"	"	"
8,5	"	"	"	"	"	"	"
9,0	"	"	"	"	"	"	6
9,5	"	"	"	"	6	6	"
10,0	"	"	6	6	"	"	"
10,5	6	6	"	"	"	"	"
11,0	"	"	"	"	"	"	"
11,5	"	"	"	"	"	"	"
12,0	"	"	"	"	"	"	"
12,5	"	"	"	"	"	"	"
13,0	"	"	"	"	"	"	"
13,5	"	"	"	"	"	"	"
14,0	7	7	7	7	7	7	"
14,5	"	"	"	"	"	"	7
15,0	"	"	"	"	"	"	"
15,5	"	"	"	"	"	"	"
16,0	"	"	"	"	"	"	"
16,5	"	"	"	"	"	"	"
17,0	"	"	"	"	"	"	"
17,5	"	"	"	"	"	"	"
18,0	"	"	"	"	"	"	"
18,5	8	"	"	"	"	"	"
19,0	"	8	8	"	"	"	"
19,5	"	"	"	8	"	"	"
20,0	"	"	"	"	8	"	"
20,5	"	"	"	"	"	8	"
21,0	"	"	"	"	"	"	8
21,5	"	"	"	"	"	"	"
22,0	"	"	"	"	"	"	"
22,5	"	"	"	"	"	"	"
23,0	"	"	"	"	"	"	"
23,5	"	"	"	"	"	"	"

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0	10	20	30	40	50	60
24,0	8	8	8	8	8	8	8
24,5	"	"	"	"	"	"	"
25,0	9	"	"	"	"	"	"
25,5	"	9	"	"	"	"	"
26,0	"	"	9	"	"	"	"
26,5	"	"	"	"	"	"	"
27,0	"	"	"	9	"	"	"
27,5	"	"	"	"	9	"	"
28,0	"	"	"	"	"	"	"
28,5	"	"	"	"	"	9	"
29,0	"	"	"	"	"	"	"
29,5	"	"	"	"	"	"	9
30,0	"	"	"	"	"	"	"

Tab. 12 (Fortsetzung)

Tab. 13: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 35.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 7% pro Jahr.

Steuersatz $T(\%)$ Zins nach St. ($i\%$)	0	10	20	30	40	50	60
0,0	11	11	11	11	11	11	11
0,5	"	"	"	"	"	"	"
1,0	"	"	"	"	"	"	"
1,5	"	"	"	"	"	"	"
2,0	12	12	12	12	12	12	"
bis Ende	"	"	"	"	"	"	12

Tab. 14: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 35.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 10% pro Jahr.

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
0,0	5	5	5	5	5	5	5
0,5	"	"	"	"	"	"	"
1,0	"	"	"	"	"	"	"
1,5	9	9	9	9	9	9	9
2,0	"	"	"	"	"	"	"
2,5	"	"	"	"	"	"	"
3,0	"	"	"	"	"	"	"
3,5	"	"	"	"	"	"	"
4,0	"	"	"	"	"	"	"
4,5	"	"	"	"	"	"	"
5,0	10	10	10	10	"	"	"
5,5	"	"	"	"	10	10	"
6,0	"	"	"	"	"	"	10
6,5	"	"	"	"	"	"	"
7,0	"	"	"	"	"	"	"
7,5	"	"	"	"	"	"	"
8,0	"	"	"	"	"	"	"
8,5	11	"	"	"	"	"	"
9,0	"	11	11	"	"	"	"
9,5	"	"	"	11	"	"	"
10,0	"	"	"	"	11	"	"
10,5	"	"	"	"	"	11	"
11,0	"	"	"	"	"	"	11
11,5	"	"	"	"	"	"	"
12,0	"	"	"	"	"	"	"
12,5	"	"	"	"	"	"	"
13,0	12	"	"	"	"	"	"
13,5	"	12	"	"	"	"	"
14,0	"	"	12	"	"	"	"
14,5	"	"	"	12	"	"	"
15,0	"	"	"	"	"	"	"
15,5	"	"	"	"	12	"	"
16,0	"	"	"	"	"	12	"
16,5	"	"	"	"	"	"	"
17,0	"	"	"	"	"	"	12
17,5	"	"	"	"	"	"	"
18,0	"	"	"	"	"	"	"
bis Ende	"	"	"	"	"	"	"

Tab. 15: Die optimale Nutzungsdauer eines Anlagegutes

Anschaffungswert $A = 35.000$ DM; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 15% pro Jahr.

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
0,0	5	5	5	5	5	5	5
0,5	"	"	"	"	"	"	"
1,0	"	"	"	"	"	"	"
1,5	"	"	"	"	"	"	"
2,0	"	"	"	"	"	"	"
2,5	"	"	"	"	"	"	"
3,0	"	"	"	"	"	"	"
3,5	"	"	"	"	"	"	"
4,0	"	"	"	"	"	"	"
4,5	"	"	"	"	"	"	"
5,0	"	"	"	"	"	"	"
5,5	"	"	"	"	"	"	"
6,0	"	"	"	"	"	"	"
6,5	"	"	"	"	"	"	"
7,0	"	"	"	"	"	"	"
7,5	"	"	"	"	"	"	"
8,0	"	"	"	"	"	"	"
8,5	"	"	"	"	"	"	"
9,0	"	"	"	"	"	"	"
9,5	"	"	"	"	"	"	"
10,0	"	"	"	"	"	7	7
10,5	"	"	"	7	7	"	"
11,0	"	8	8	8	8	"	"
11,5	8	"	"	"	"	8	8
12,0	"	"	"	"	"	"	"
12,5	"	"	"	"	"	"	"
13,0	"	"	"	"	"	"	"
13,5	"	"	"	"	"	"	"
14,0	"	"	"	"	"	"	"
14,5	"	"	"	"	"	"	"
15,0	"	"	"	"	"	"	"
15,5	"	"	"	"	"	"	"
16,0	"	"	"	"	"	"	"
16,5	9	9	"	"	"	"	"
17,0	"	"	9	"	"	"	"
17,5	"	"	"	9	9	"	"
18,0	"	"	"	"	"	9	"
18,5	"	"	"	"	"	"	9
19,0	"	"	"	"	"	"	"
19,5	"	"	"	"	"	"	"
20,0	"	"	"	"	"	"	"
20,5	"	"	"	"	"	"	"
21,0	"	"	"	"	"	"	"
21,5	"	"	"	"	"	"	"
22,0	"	"	"	"	"	"	"
22,5	10	"	"	"	"	"	"
23,0	"	10	"	"	"	"	"
23,5	"	"	"	"	"	"	"

Steuersatz T(%) Zins nach St. (i%)	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
24,0	10	10	10	9	9	9	9
24,5	"	"	"	10	"	"	"
25,0	"	"	"	"	"	"	"
25,5	"	"	"	"	10	"	"
26,0	"	"	"	"	"	"	"
26,5	"	"	"	"	"	10	"
27,0	"	"	"	"	"	"	"
27,5	"	"	"	"	"	"	10
28,0	"	"	"	"	"	"	"
28,5	"	"	"	"	"	"	"
29,0	"	"	"	"	"	"	"
29,5	11	"	"	"	"	"	"
30,0	"	"	"	"	"	"	"

Tab. 15 (Fortsetzung)

Tab. 16 : Kosten in Pfennig pro gefahrenen Kilometer bei
 20.000 km pro Jahr, A = 15.000 DM, i = 0 %
 und R = 10 % (vgl. Tab. 3)

N \ T (%)	0	10	20	30	40	50	60
1	29,9	26,9	23,9	20,9	17,9	14,9	11,9
2	29,7	26,7	23,8	20,8	17,8	14,8	11,9
3	29,6	26,6	23,7	20,7	17,7	14,8	11,8
4	29,5	26,5	23,6	20,6	17,7	14,7	11,8
5	29,4	26,5	23,5	20,6	17,7	14,7	11,8
6	29,4	26,5	23,6	20,6	17,7	14,7	11,8
7	29,5	26,5	23,6	20,6	17,7	14,7	11,8
8	29,6	26,6	23,7	20,7	17,8	14,8	11,8
9	29,8	26,8	23,8	20,7	17,9	14,9	11,9
10	30,1	27,1	24,1	21,1	18,1	15,0	12,1
11	30,6	27,5	24,5	21,4	18,4	15,3	12,2
12	31,2	28,1	24,9	21,8	18,7	15,6	12,5

Tab. 17 : Kosten in Pfennig pro gefahrenen Kilometer bei
 20.000 km pro Jahr, $A = 15.000 \text{ DM}$, $i = 6,0 \%$
 und $R = 10,0 \%$ (vgl. Tab. 4)

N \ T(%)	0	10	20	30	40	50	60
1	34,4	30,9	27,5	24,0	20,6	17,2	13,7
2	33,8	30,4	27,0	23,6	20,2	16,9	13,5
3	33,3	30,0	26,6	23,2	19,9	16,6	13,2
4	32,9	29,6	26,2	22,9	19,6	16,3	13,0
5	32,6	29,2	25,9	22,6	19,3	16,1	12,8
6	32,3	29,0	25,7	22,4	19,2	15,9	12,7
7	32,1	28,8	25,6	22,3	19,0	15,8	12,6
8	32,0	28,7	25,5	22,2	19,0	15,8	12,6
9	32,0	28,7	25,6	22,3	19,1	15,8	12,6
10	32,1	28,8	25,6	22,3	19,1	15,8	12,6
11	32,3	29,0	25,7	22,5	19,2	16,0	12,8
12	32,7	29,3	26,0	22,7	19,5	16,1	12,9

Tab. 18 : Kosten in Pfennig pro gefahrenen Kilometer bei
 20.000 km pro Jahr, A = 35.000 DM, $i = 0,0\%$
 und $R = 10,0\%$ (vgl. Tab. 7)

N \ T(%)	0	10	20	30	40	50	60
1	77,4	69,7	61,9	54,2	46,4	38,7	31,0
2	57,3	51,6	45,9	40,1	34,4	28,7	22,9
3	53,4	48,1	42,8	37,4	32,1	26,7	21,4
4	51,9	46,7	41,5	36,3	31,2	26,0	20,8
5	51,2	46,1	41,0	35,8	30,7	25,6	20,5
6	52,2	46,9	41,7	36,5	31,3	26,1	20,9
7	51,7	46,5	41,4	36,2	31,0	25,9	20,7
8	51,6	46,4	41,2	36,1	30,9	25,8	20,6
9	51,6	46,5	41,3	36,1	31,0	25,8	20,7
10	52,0	46,8	41,6	36,4	31,2	26,0	20,8
11	52,5	47,3	42,0	36,8	31,6	26,3	21,0
12	53,3	48,0	42,7	37,3	32,0	26,7	21,3

Tab. 19 : Kosten in Pfennig pro gefahrenen Kilometer bei
 20.000 km pro Jahr, $A = 35.000 \text{ DM}$, $i = 20,0 \%$
 und $R = 10,0 \%$

N \ T(%)	0	10	20	30	40	50	60
1	112,4	101,2	89,9	78,7	68,7	56,2	45,0
2	89,5	80,4	71,3	62,3	53,3	44,4	35,4
3	83,7	75,0	66,4	57,8	49,3	40,9	32,6
4	80,6	72,0	63,5	55,1	46,9	38,7	30,7
5	78,5	69,9	61,4	53,1	45,0	37,0	29,2
6	77,7	69,1	60,6	52,4	44,3	36,4	28,6
7	76,2	67,7	59,3	51,1	43,1	35,4	27,8
8	75,1	66,6	58,3	50,2	42,3	34,6	27,2
9	74,3	65,9	57,6	49,6	41,7	34,1	26,8
10	73,8	65,4	57,1	49,1	41,3	33,8	26,5
11	73,4	65,0	56,8	48,8	41,1	33,6	26,3
12	73,2	64,8	56,7	48,7	41,0	33,5	26,3

Tab. 20: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=8,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt $5,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	112290,0	3260,00	1335,45	1235,45	1128,08	1013,27	891,00	761,22	623,94
2	9870,0	3372,50	1145,88	1060,57	968,80	870,53	765,73	654,38	536,49
3	7740,0	3490,63	970,24	897,28	818,97	735,28	646,19	551,73	451,90
4	5900,0	3614,66	808,03	745,23	678,34	607,35	532,29	453,21	370,16
5	4350,0	3744,89	658,76	604,07	546,65	486,58	423,92	358,76	291,22
6	3090,0	3881,63	521,95	477,18	430,48	381,93	331,62	279,65	226,16
7	2120,0	4025,22	397,09	362,47	326,44	289,08	250,50	210,78	170,05
8	1440,0	4175,98	283,70	258,71	232,72	205,80	178,05	149,55	120,41
9	990,0	4334,27	186,10	169,53	152,30	134,49	116,14	97,35	78,20
10	690,0	4500,49	107,34	97,65	87,59	77,20	66,52	55,62	44,54
11	490,0	4675,01	46,56	42,30	37,88	33,31	28,64	23,87	19,06
12	390,0	4858,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	112290,0	3260,00	22,89	23,68	24,48	25,30	26,12	26,96	27,80
2	9870,0	3372,50	19,64	20,33	21,02	21,73	22,45	23,17	23,91
3	7740,0	3490,63	16,63	17,20	17,77	18,36	18,94	19,54	20,14
4	5900,0	3614,66	13,85	14,28	14,72	15,16	15,61	16,05	16,49
5	4350,0	3744,89	11,29	11,58	11,86	12,15	12,43	12,71	12,98
6	3090,0	3881,63	8,95	9,15	9,34	9,53	9,72	9,90	10,08
7	2120,0	4025,22	6,81	6,95	7,08	7,22	7,34	7,46	7,58
8	1440,0	4175,98	4,86	4,96	5,05	5,14	5,22	5,30	5,37
9	990,0	4334,27	3,19	3,25	3,31	3,36	3,40	3,45	3,48
10	690,0	4500,49	1,84	1,87	1,90	1,93	1,95	1,97	1,98
11	490,0	4675,01	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85
12	390,0	4858,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tab.21: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert A=15.000 DM; Zins vor Steuern: $i = 50\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten K(N) beträgt $7,0\%$ pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N: Jahre der Nutzungsdauer; K(N): Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N, hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 S(N)=Veräußerungswert am Ende des Jahres N; C1(N)=Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 P1(N)=Grenzkosten im Jahre N.

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	816,81	750,31	680,40	607,61	531,48	451,79	368,54
2	9870,0	3417,50	686,08	630,08	571,22	510,06	446,12	379,20	309,29
3	7740,0	3586,03	565,62	518,55	469,30	418,41	365,45	310,18	252,64
4	5900,0	3766,35	455,31	415,66	374,60	332,68	289,48	244,78	198,62
5	4350,0	3959,29	355,01	321,33	287,09	252,86	218,24	183,03	147,28
6	3090,0	4165,74	264,60	238,01	211,27	184,98	158,72	132,31	105,80
7	2120,0	4386,64	183,95	164,49	145,10	126,36	107,87	89,43	71,11
8	1440,0	4623,01	112,93	100,14	87,53	75,68	64,19	52,85	41,70
9	990,0	4875,92	56,87	49,57	42,52	36,27	30,40	24,71	19,22
10	690,0	5146,53	19,98	16,59	13,43	11,05	9,01	7,10	5,33
11	490,0	5436,09	2,20	1,14	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
12	390,0	5745,92	0,00	0,00	0,00	0,53	1,12	1,51	1,70

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	13,84	14,16	14,49	14,83	15,18	15,54	15,89
2	9870,0	3417,50	11,62	11,89	12,17	12,45	12,74	13,04	13,33
3	7740,0	3586,03	9,58	9,79	9,99	10,21	10,44	10,67	10,89
4	5900,0	3766,35	7,71	7,85	7,98	8,12	8,27	8,42	8,56
5	4350,0	3959,29	6,01	6,07	6,11	6,17	6,23	6,29	6,35
6	3090,0	4165,74	4,48	4,49	4,50	4,52	4,53	4,55	4,56
7	2120,0	4386,64	3,12	3,10	3,09	3,08	3,08	3,08	3,07
8	1440,0	4623,01	1,91	1,89	1,86	1,85	1,83	1,82	1,80
9	990,0	4875,92	0,96	0,94	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83
10	690,0	5146,53	0,34	0,31	0,29	0,27	0,26	0,24	0,23
11	490,0	5436,09	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	390,0	5745,92	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05	0,07

Tab.22: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert A=15.000 DM; Zins vor Steuern: $i = 00\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten K(N) beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N: Jahre der Nutzungsdauer; K(N): Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N, hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 S(N)=Veräußerungswert am Ende des Jahres N; C1(N)=Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 P1(N)=Grenzkosten im Jahre N.

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	82,70	74,43	66,16	57,89	49,62	41,35	33,08
2	9870,0	3485,00	50,20	45,18	40,16	35,14	30,12	25,10	20,08
3	7740,0	3732,50	25,20	22,68	20,16	17,64	15,12	12,60	10,08
4	5900,0	4004,75	8,27	7,44	6,61	5,79	4,96	4,13	3,31
5	4350,0	4304,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	3090,0	4633,65	1,06	0,95	0,85	0,74	0,64	0,53	0,42
7	2120,0	4996,01	12,15	10,94	9,72	8,51	7,29	6,08	4,86
8	1440,0	5394,61	34,05	30,64	27,24	23,83	20,43	17,02	13,62
9	990,0	5833,07	74,24	66,82	59,39	51,97	44,54	37,12	29,70
10	690,0	6315,38	139,62	125,66	111,70	97,74	83,77	69,81	55,85
11	490,0	6845,92	232,26	209,03	185,81	162,58	139,36	116,13	92,90
12	390,0	7429,51	349,76	314,78	279,81	244,83	209,85	174,88	139,90

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
2	9870,0	3485,00	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
3	7740,0	3732,50	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
4	5900,0	4004,75	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
5	4350,0	4304,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	3090,0	4633,65	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7	2120,0	4996,01	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
8	1440,0	5394,61	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
9	990,0	5833,07	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
10	690,0	6315,38	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
11	490,0	6845,92	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
12	390,0	7429,51	5,94	5,94	5,94	5,94	5,94	5,94	5,94

Tab.2.3: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=60\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	468,66	438,51	404,72	367,27	326,66	282,28	233,93
2	9870,0	3485,00	358,18	336,04	310,94	282,83	252,24	218,53	181,55
3	7740,0	3732,50	262,43	246,28	227,92	207,34	185,06	160,47	133,42
4	5900,0	4004,75	181,37	169,23	155,74	140,91	125,27	108,25	89,70
5	4350,0	4304,23	114,94	104,92	94,49	83,68	73,05	62,04	50,54
6	3090,0	4633,65	63,10	56,35	49,60	42,88	36,77	30,70	24,58
7	2120,0	4996,01	25,80	22,22	18,78	15,50	12,96	10,59	8,29
8	1440,0	5394,61	3,04	1,93	0,96	0,13	0,00	0,00	0,00
9	990,0	5833,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	1,02	1,31
10	690,0	6315,38	20,75	20,09	19,18	18,00	17,06	15,75	13,89
11	490,0	6845,92	65,18	62,16	58,50	54,16	49,62	44,23	37,80
12	390,0	7429,51	129,93	123,16	115,23	106,08	96,15	84,76	71,67

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	7,32	7,63	7,95	8,27	8,61	8,95	9,30
2	9870,0	3485,00	5,60	5,85	6,11	6,37	6,65	6,93	7,22
3	7740,0	3732,50	4,10	4,29	4,48	4,67	4,88	5,09	5,31
4	5900,0	4004,75	2,83	2,95	3,06	3,17	3,30	3,43	3,57
5	4350,0	4304,23	1,80	1,83	1,86	1,88	1,92	1,97	2,01
6	3090,0	4633,65	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98
7	2120,0	4996,01	0,40	0,39	0,37	0,35	0,34	0,34	0,33
8	1440,0	5394,61	0,05	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
9	990,0	5833,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,05
10	690,0	6315,38	0,32	0,35	0,38	0,41	0,45	0,50	0,55
11	490,0	6845,92	1,02	1,08	1,15	1,22	1,31	1,40	1,50
12	390,0	7429,51	2,03	2,14	2,26	2,39	2,53	2,69	2,85

Tab.24 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=20\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 10% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	1306,49	1249,36	1178,06	1090,95	987,37	866,77	728,74
2	9870,0	3485,00	1030,58	990,17	937,84	871,99	792,03	697,48	588,01
3	7740,0	3732,50	794,98	765,22	726,06	676,03	614,66	541,60	456,65
4	5900,0	4004,75	596,45	572,10	541,03	501,93	454,56	398,75	334,52
5	4350,0	4304,23	431,73	408,40	381,02	348,56	311,02	268,56	221,46
6	3090,0	4633,65	297,64	278,87	257,69	233,19	205,51	174,92	141,84
7	2120,0	4996,01	191,01	177,35	162,43	145,38	126,41	105,81	84,03
8	1440,0	5394,61	108,83	99,69	90,14	79,38	67,57	55,03	42,14
9	990,0	5833,07	51,08	45,44	40,06	34,11	27,73	21,17	14,74
10	690,0	6315,38	16,36	13,35	11,03	8,54	5,97	3,47	1,20
11	490,0	6845,92	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	390,0	7429,51	0,00	0,92	2,87	4,79	6,56	8,00	8,86

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	17,05	18,31	19,64	21,03	22,47	23,96	25,49
2	9870,0	3485,00	13,45	14,51	15,64	16,81	18,02	19,28	20,56
3	7740,0	3732,50	10,37	11,21	12,11	13,03	13,99	14,97	15,97
4	5900,0	4004,75	7,78	8,38	9,02	9,67	10,34	11,02	11,70
5	4350,0	4304,23	5,63	5,99	6,35	6,72	7,08	7,42	7,75
6	3090,0	4633,65	3,88	4,09	4,30	4,49	4,68	4,83	4,96
7	2120,0	4996,01	2,49	2,60	2,71	2,80	2,88	2,92	2,94
8	1440,0	5394,61	1,42	1,46	1,50	1,53	1,54	1,52	1,47
9	990,0	5833,07	0,67	0,67	0,67	0,66	0,63	0,59	0,52
10	690,0	6315,38	0,21	0,20	0,18	0,16	0,14	0,10	0,04
11	490,0	6845,92	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	390,0	7429,51	0,00	0,01	0,05	0,09	0,15	0,22	0,31

Tab. 25: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=15.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 150% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.010 + 2.250 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	39,37	39,50	38,74	37,09	34,54	31,82	28,42
2	9870,0	3597,50	9,52	10,74	11,49	11,76	11,56	11,60	11,39
3	7740,0	3985,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,73	1,70
4	5900,0	4431,97	12,00	8,42	5,35	2,80	0,77	0,00	0,00
5	4350,0	4945,26	46,82	37,26	28,73	21,26	14,85	10,27	7,03
6	3090,0	5535,55	105,94	89,98	75,16	61,50	49,01	38,46	29,36
7	2120,0	6214,39	190,95	167,20	144,45	122,71	101,99	83,05	65,38
8	1440,0	6995,04	303,63	270,19	237,42	205,33	173,92	143,92	114,85
9	990,0	7892,80	451,62	405,77	360,09	314,58	269,24	224,78	180,69
10	690,0	8925,22	641,73	580,17	518,10	455,49	392,33	329,31	265,90
11	490,0	10112,50	876,62	795,91	713,79	630,21	545,12	459,20	371,90
12	390,0	11477,88	1155,49	1052,39	946,74	838,45	727,45	614,40	498,69

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	12290,0	3260,00	0,60	0,67	0,74	0,81	0,88	0,98	1,09
2	9870,0	3597,50	0,15	0,18	0,22	0,26	0,30	0,36	0,44
3	7740,0	3985,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,07
4	5900,0	4431,97	0,18	0,14	0,10	0,06	0,02	0,00	0,00
5	4350,0	4945,26	0,72	0,63	0,55	0,47	0,38	0,32	0,27
6	3090,0	5535,55	1,62	1,53	1,44	1,35	1,25	1,18	1,13
7	2120,0	6214,39	2,92	2,85	2,77	2,69	2,61	2,55	2,52
8	1440,0	6995,04	4,65	4,60	4,55	4,50	4,45	4,42	4,42
9	990,0	7892,80	6,92	6,91	6,90	6,90	6,89	6,91	6,95
10	690,0	8925,22	9,83	9,88	9,93	9,98	10,04	10,12	10,23
11	490,0	10112,50	13,42	13,55	13,68	13,81	13,95	14,12	14,31
12	390,0	11477,88	17,69	17,92	18,15	18,38	18,62	18,89	19,18

Tab.26: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=90\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	5244,33	4719,90	4195,46	3671,03	3146,60	2622,16	2097,73
2	122800,0	5543,00	1224,33	1101,90	979,46	857,03	734,60	612,16	489,73
3	119600,0	5939,00	449,66	404,70	359,73	314,76	269,80	224,83	179,86
4	116500,0	6374,60	146,23	131,61	116,98	102,36	87,74	73,11	58,49
5	113700,0	6853,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	9688,0	7380,84	192,36	173,13	153,89	134,65	115,42	96,18	76,94
7	7850,0	7960,62	102,02	91,81	81,61	71,41	61,21	51,01	40,81
8	6350,0	8598,38	71,73	64,56	57,38	50,21	43,04	35,86	28,69
9	5200,0	9299,92	87,23	78,51	69,78	61,06	52,34	43,62	34,89
10	4300,0	10071,61	151,80	136,62	121,44	106,26	91,08	75,90	60,72
11	3600,0	10920,47	263,62	237,26	210,90	184,53	158,17	131,81	105,45
12	3000,0	11854,22	426,28	383,65	341,02	298,40	255,77	213,14	170,51

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	51,22	51,22	51,22	51,22	51,22	51,22	51,22
2	122800,0	5543,00	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96	11,96
3	119600,0	5939,00	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39	4,39
4	116500,0	6374,60	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
5	113700,0	6853,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	9688,0	7380,84	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88	1,88
7	7850,0	7960,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	6350,0	8598,38	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
9	5200,0	9299,92	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
10	4300,0	10071,61	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
11	3600,0	10920,47	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57	2,57
12	3000,0	11854,22	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16

Tab 27 : Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=4,0\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 100% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	5785,12	5240,34	4688,23	4128,71	3561,73	2987,22	2405,14
2	122800,0	5543,00	1641,98	1506,94	1365,55	1217,77	1063,54	902,82	735,54
3	119600,0	5939,00	780,61	723,97	662,67	596,66	525,92	450,39	370,06
4	116500,0	6374,60	399,14	372,26	342,52	309,89	274,37	235,95	194,61
5	113700,0	6853,76	180,68	166,87	152,05	136,24	119,47	101,75	83,12
6	9688,0	7380,84	280,52	254,61	228,16	201,17	173,68	145,73	117,33
7	7850,0	7960,62	129,57	116,68	103,70	90,66	77,59	64,51	51,44
8	6350,0	8598,38	41,11	36,52	31,99	27,54	23,19	18,94	14,82
9	5200,0	9299,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	4300,0	10071,61	6,81	7,52	- 7,97	8,16	8,05	7,63	6,87
11	3600,0	10920,47	57,81	55,65	52,82	49,26	44,93	39,79	33,77
12	3000,0	11854,22	153,81	145,22	135,34	124,08	111,37	97,13	81,27

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	52,13	52,64	53,17	53,69	54,23	54,77	55,32
2	122800,0	5543,00	14,80	15,14	15,49	15,84	16,19	16,55	16,92
3	119600,0	5939,00	7,03	7,27	7,51	7,76	8,01	8,26	8,51
4	116500,0	6374,60	3,60	3,74	3,88	4,03	4,18	4,33	4,48
5	113700,0	6853,76	1,63	1,68	1,72	1,77	1,82	1,87	1,91
6	9688,0	7380,84	2,53	2,56	2,59	2,62	2,64	2,67	2,70
7	7850,0	7960,62	1,17	1,17	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
8	6350,0	8598,38	0,37	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,34
9	5200,0	9299,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	4300,0	10071,61	0,06	0,08	0,09	0,11	0,12	0,14	0,16
11	3600,0	10920,47	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,73	0,78
12	3000,0	11854,22	1,39	1,46	1,53	1,61	1,70	1,78	1,87

Tab. 28: Zahlenbeispiel zur Bestimmung der optimalen Nutzungsdauer eines Anlagegutes (PKW)

Anschaffungswert $A=35.000$ DM; Zins vor Steuern: $i=40\%$, nach Steuern $i \cdot (1-T)$; der Steigerungssatz R der Betriebs- und Wartungskosten $K(N)$ beträgt 150% pro Jahr; Abschrg.: 4 Jahre linear auf Null.
 N : Jahre der Nutzungsdauer; $K(N)$: Betriebs- und Wartungskosten im Jahre N , hier: $1.583 + 3.600 \cdot (1+R)^{N-1}$
 $S(N)$ =Veräußerungswert am Ende des Jahres N ; $C1(N)$ =Ausgabenannuität bei einer Nutzungsdauer von N Jahren;
 $P1(N)$ =Grenzkosten im Jahre N .

Absolute Abweichung vom Optimum = $C1(N) - C1(N_{opt})$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	5165,57	4676,73	4181,95	3681,13	3174,21	2661,10	2141,73
2	122800,0	5723,00	1110,67	1022,89	930,14	832,33	729,39	621,25	507,84
3	119600,0	6344,00	350,77	331,57	308,99	282,98	253,48	220,43	183,79
4	116500,0	7058,15	85,59	85,04	82,79	78,82	73,09	65,58	56,24
5	113700,0	7879,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	9688,0	8823,89	251,24	225,11	199,20	173,50	148,03	122,79	97,77
7	7850,0	9910,02	272,37	243,57	215,12	187,03	159,29	131,89	104,84
8	6350,0	11159,07	379,08	341,10	303,18	265,32	227,48	189,65	151,82
9	5200,0	12595,48	558,90	506,08	452,69	398,69	344,04	288,70	232,62
10	4300,0	14247,35	815,35	741,71	666,51	589,68	511,16	430,86	348,71
11	3600,0	16147,01	1148,00	1047,68	944,46	838,21	728,82	616,19	500,18
12	3000,0	18331,61	1561,30	1428,29	1290,59	1148,04	1000,47	847,71	689,60

Relative Abweichung vom Optimum in Prozent = $\frac{C1(N) - C1(N_{opt})}{C1(N_{opt})} \cdot 100$

N	S(N)	K(N)	T= 0,0	T= 0,1	T= 0,2	T= 0,3	T= 0,4	T= 0,5	T= 0,6
1	124700,0	5183,00	44,08	44,46	44,85	45,24	45,64	46,04	46,44
2	122800,0	5723,00	9,48	9,73	9,98	10,23	10,49	10,75	11,01
3	119600,0	6344,00	2,99	3,15	3,31	3,48	3,64	3,81	3,99
4	116500,0	7058,15	0,73	0,81	0,89	0,97	1,05	1,13	1,22
5	113700,0	7879,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	9688,0	8823,89	2,14	2,14	2,14	2,13	2,13	2,12	2,12
7	7850,0	9910,02	2,32	2,32	2,31	2,30	2,29	2,28	2,27
8	6350,0	11159,07	3,24	3,24	3,25	3,26	3,27	3,28	3,29
9	5200,0	12595,48	4,77	4,81	4,85	4,90	4,95	4,99	5,04
10	4300,0	14247,35	6,96	7,05	7,15	7,25	7,35	7,45	7,56
11	3600,0	16147,01	9,80	9,96	10,13	10,30	10,48	10,66	10,85
12	3000,0	18331,61	13,32	13,58	13,84	14,11	14,38	14,67	14,95

Tab. 29 : Barwert U einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben (z.B. bei plötzlichem Ausfall auftretende Ausgaben), welche, sofern sie in den Jahren N bis N_{opt} anfallen, ausreichen, die optimale Nutzungsdauer auf das Jahr N vorzuziehen, wenn gelten

$A = 15.000$, $i = 8\%$, $r = 5\%$ (vgl. Tab. 1).

T \ N	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	10.064,08	9.310,47	8.501,32	7.636,10	6.714,67	5.736,63	4.702,07
2	8.635,47	7.992,56	7.300,97	6.560,40	5.770,62	4.931,47	4.043,04
3	7.311,83	6.761,99	6.171,84	5.541,14	4.869,75	4.157,89	3.405,56
4	6.089,39	5.616,13	5.112,04	4.577,05	4.011,39	3.415,44	2.789,56
5	4.964,48	4.552,33	4.119,61	3.666,92	3.194,70	2.703,65	2.194,66
6	3.933,47	3.596,08	3.244,14	2.878,26	2.499,12	2.167,47	1.704,36
7	2.992,51	2.731,61	2.460,08	2.178,54	1.887,79	1.588,46	1.281,51
8	2.137,99	1.949,66	1.753,80	1.550,93	1.345,19	1.127,02	907,42
9	1.401,47	1.277,60	1.147,75	1.013,53	875,24	733,64	589,32
10	808,92	735,90	660,09	581,79	501,30	419,16	335,66
11	350,88	318,78	285,47	251,03	215,83	179,89	143,64
12	-	-	-	-	-	-	-

$$U = [C1(N) - C1(N_{opt})] \cdot \frac{(1+i)^{N_{opt}} - 1}{(1+i)^{N_{opt}} \cdot i}$$

Tab. 30 : Barwert U einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben (z.B. bei plötzlichem Ausfall auftretende Ausgaben), welche, sofern sie in den Jahren N bis N_{opt} anfallen, ausreichen, die optimale Nutzungsdauer auf das Jahr N vorzuziehen, wenn gelten
 A = 15.000 , i = 20 % , r = 10 % (vgl. Tab. 5).

N \ T	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	5.799,77	5.406,11	5.097,58	4.720,65	4.272,45	3.750,60	3.153,33
2	4.574,95	4.284,56	4.058,13	3.773,19	3.427,19	3.018,07	2.544,38
3	3.529,08	3.311,18	3.141,73	2.925,25	2.659,70	2.343,56	1.975,97
4	2.647,76	2.475,53	2.341,09	2.171,90	1.966,93	1.725,43	1.447,50
5	1.916,54	1.767,19	1.648,71	1.508,25	1.345,81	1.162,09	958,28
6	1.321,28	1.206,70	1.115,05	1.009,04	889,26	756,90	613,76
7	847,93	767,41	702,85	629,07	546,99	457,85	363,61
8	483,12	431,37	390,04	343,49	292,38	238,12	182,34
9	226,75	196,62	173,34	147,60	119,99	91,60	63,78
10	72,63	57,77	47,73	36,95	25,83	15,02	5,19
11	4,13	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-

$$U = [C1(N) - C1(N_{opt})] \cdot \frac{(1+i)^{N_{opt}} - 1}{(1+i)^{N_{opt}} \cdot i}$$

Tab.31 : Barwert U einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben (z.B. bei plötzlichem Ausfall auftretende Ausgaben), welche, sofern sie in den Jahren N bis N_{opt} anfallen, ausreichen, die optimale Nutzungsdauer auf das Jahr N vorzuziehen, wenn gelten

A = 35.000 i = 4 % r = 10%

N \ T (%)	0	10	20	30	40	50	60
1	43.014,29	38.963,67	34.858,54	30.698,33	26.482,64	22.210,97	17.883,01
2	12.208,67	11.204,60	10.153,32	9.054,52	7.907,77	6.712,77	5.468,98
3	5.804,09	5.382,96	4.927,17	4.436,36	3.910,39	3.348,80	2.751,52
4	2.967,74	2.767,88	2.546,75	2.304,13	2.040,03	1.754,37	1.446,99
5	1.343,42	1.240,73	1.130,54	1.012,99	888,30	756,54	618,02
6	2.085,76	1.893,11	1.696,45	1.495,77	1.291,37	1.083,55	872,39
7	963,40	867,55	771,04	674,09	576,91	479,65	382,47
8	305,67	271,54	237,86	204,77	172,42	140,83	110,19
9	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--

$$U = [C1(N) - C1(N_{opt})] \cdot \frac{(1+i)^{N_{opt}} - 1}{(1+i)^{N_{opt}} \cdot i}$$

Tab.32 : Barwert U einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben (z.B. bei plötzlichem Ausfall auftretende Ausgaben), welche, sofern sie in den Jahren N bis N_{opt} anfallen, ausreichen, die optimale Nutzungsdauer auf das Jahr N vorzuziehen, wenn gelten
 $A = 35.000$, $i = 20\%$, $r = 10\%$ (vgl. Tab. 12).

N \ T	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1	34.787,79	32.254,07	29.532,66	26.612,82	23.484,83	20.140,07	16.571,58
2	14.407,87	13.800,63	13.028,70	12.081,90	10.951,20	9.628,67	8.108,07
3	9.294,13	9.023,87	8.623,15	8.083,47	7.397,39	6.558,61	5.562,67
4	6.527,44	6.349,61	6.075,44	5.698,82	5.214,73	4.619,48	3.911,33
5	4.640,52	4.464,55	4.224,61	3.917,64	3.541,90	3.097,32	2.585,79
6	3.943,56	3.758,49	3.523,66	3.237,33	2.899,02	2.509,92	2.073,15
7	2.637,95	2.505,40	2.338,04	2.135,26	1.897,67	1.627,28	1.328,03
8	1.676,77	1.586,35	1.472,35	1.334,82	1.174,83	994,74	798,48
9	971,52	913,54	840,70	726,83	653,01	541,28	422,79
10	483,52	449,65	407,61	357,89	301,55	240,52	177,52
11	169,40	154,00	135,26	113,60	89,76	64,81	40,31
12	-	-	-	-	-	-	-

$$U = [C1(N) - C1(N_{opt})] \cdot \frac{(1+i)^{N_{opt}} - 1}{(1+i)^{N_{opt}} \cdot i}$$

Tab. 33: Barwert U einer oder mehrerer nicht vorhergesehener, bisher nicht berücksichtigter Ausgaben (z.B. bei plötzlichem Ausfall auftretende Ausgaben), welche, sofern sie in den Jahren N bis N_{opt} anfallen, ausreichen, die optimale Nutzungsdauer auf das Jahr N vorzuziehen, wenn gelten

A = 35.000 i = 4,0 % r = 15,0 %

T(%) \ N	0	10	20	30	40	50	60
1	22.996,20	20.819,97	18.617,30	16.387,74	14.131,02	11.846,74	9.534,6
2	4.944,51	4.553,72	4.140,82	3.705,39	3.247,11	2.765,69	2.260,81
3	1.561,57	1.476,09	1.375,57	1.259,78	1.128,45	981,32	818,20
4	381,03	378,58	368,57	350,89	325,38	291,95	250,37
5	--	--	--	--	--	--	--
6	--	--	--	--	--	--	--
7	--	--	--	--	--	--	--
8	--	--	--	--	--	--	--
9	--	--	--	--	--	--	--
10	--	--	--	--	--	--	--
11	--	--	--	--	--	--	--
12	--	--	--	--	--	--	--

$$U = [C1(N) - C1(N_{opt})] \cdot \frac{(1+i)^{N_{opt}} - 1}{(1+i)^{N_{opt}} \cdot i}$$

Verzeichnis der bisher erschienenen Beiträge

I. Bisher erschienen in der Serie A (Volkswirtschaftliche Beiträge):

(Ein Verzeichnis der Beiträge bis einschließlich Nr. 93 kann beim Fachbereichssekretariat angefordert werden)

- | | |
|--|--|
| 94. CHRISTOPHE DEISSENBERG
Man-Machine Interaction
as an Answer to the
Multiple-Goal-Problem
Januar 1977 | 101. HANS JÜRGEN RAMSER
Lebenszyklus des Sparens:
Zum Stand der Theorie
September 1977 |
| 95. BRUNO S. FREY und
GEBHARD KIRCHGÄSSNER
A Basic Dilemma in
Democracy
Januar 1977 | 102. MANFRED GÄRTNER
WERNER W. POMMEREHNE
Der Fußballzuschauer -
ein homo oeconomicus?
September 1977 |
| 96. HANS-EDI LOEF
Vermögen, Zinssätze und
Nachfrage nach realer
Kasse: Empirische Evidenz
zur MBA-Hypothese in der
BRD 1950 - 1975
Januar 1977 | 103. EUGEN SMOLENSKY
WERNER W. POMMEREHNE
ROBERT DALRYMPLE
Post-Fisc Inequality:
U. S. & West Germany Compared
Oktober 1977 |
| 97. CHARLES BEAT BLANKART
Wohlfahrtsökonomie und
Defizite öffentlicher
Unternehmungen: Das
Beispiel der Bundesbahnen
Mai 1977 | 104. WERNER W. POMMEREHNE
Bureaucratic Behavior im
Democracy: A Case Study
Oktober 1977 |
| 98. CHARLES BEAT BLANKART
Zunehmende Skalenerträge
in der Nutzung als wohl-
fahrtsökonomisches Problem
Juli 1977 | 105. HANS JÜRGEN RAMSER
Anmerkungen zur Theorie
politischer Konjunkturzyklen
November 1977 |
| 99. JÜRGEN BACKHAUS
Pareto on Public Choice
August 1977 | 106. HANS JÜRGEN RAMSER
Rentenparadoxon und politische
Theorie der Sozialversicherung
November 1977 |
| 100. JÜRGEN BACKHAUS
Homogenous social groups
August 1977 | 107. HANS-EDI LOEF
Distributed Lags and Truncated
Pascal Distribution
Januar 1978 |
| | 108. HANS-EDI LOEF
Wartezeiten im Bauspargeschäft
- Eine empirische Analyse für
die BRD 1958 - 1976
Januar 1978 |