

Christof Zangemeister

Thematik

Die Nutzwertanalyse ist eine Planungsmethodik zur systematischen Entscheidungsvorbereitung bei der Analyse und Auswahl komplexer Projektalternativen. Ihr besonderes Kennzeichen ist darin zu sehen, daß der Bewertung von Alternativen unter vergleichsweise geringen praktischen Schwierigkeiten eine Vielfalt von quantitativen und qualitativen Kriterien eines Zielsystems zugrunde gelegt werden kann.

Die nunmehr vorliegende 5. Auflage der "Nutzwertanalyse in der Systemtechnik" umfaßt im Kern den *unveränderten* Nachdruck des ursprünglich 1970 erschienen Werkes. Erstmals werden in dieser fünften Auflage jedoch zusätzlich zwei Themenkomplexe behandelt, die in neuerer Zeit infolge der breiten Anwendung der Nutzwertanalyse in Wissenschaft und Praxis zunehmend an Bedeutung gewonnen haben:

- Dabei handelt es sich zum einen um das *Thema Empfindlichkeitsanalyse* der Ergebnisse von Nutzwertanalysen. Dieses Thema wird in einem neu hinzugefügten Kapitel speziell unter dem Aspekt der möglichen Änderung von Zielgewichten behandelt.
- Zum anderen geht es in einem ebenfalls ergänzten Kapitel um die Frage, wie sich die rein monetär orientierte, eindimensionale Wirtschaftlichkeitsanalyse in Richtung Nutzwertanalyse (NWA) so erweitern läßt, daß bei Bedarf die Vorteile der Mehrdimensionalität der Nutzwertanalyse mit der Systematik einer ökonomischen Investitionsrechnung methodisch verknüpft werden können. Die dazu in jüngerer Zeit entstandenen Verfahren der *Erweiterten-Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA)* werden typologisiert und speziell am Beispiel eines nutzwertanalytischen Drei-Stufen-Verfahrens erläutert.

Zielgruppen

Entscheidungsträger in Forschung und Produktentwicklung, im Kontext innovativer Systeme für Dienstleistungsunternehmen und Technikhersteller; Dozenten und Studenten des Wirtschaftsingenieurwesens mit den Schwerpunkten Systemforschung und Innovationsmanagement.

Autor

Prof. Dr.-Ing. Christof Zangemeister, bis 2004 apl. Professor für Systemtechnik an der Technischen Universität Berlin; Inhaber und Geschäftsführer von Z&P Systemforschung und Innovationsberatung.

ZANGEMEISTER • NUTZWERTANALYSE IN DER SYSTEMTECHNIK

NUTZWERTANALYSE IN DER SYSTEMTECHNIK

Eine Methodik zur multidimensionalen
Bewertung und Auswahl von Projektalternativen

5. erweiterte Auflage



NUTZWERTANALYSE IN DER SYSTEMTECHNIK

Eine Methodik zur multidimensionalen
Bewertung und Auswahl von Projektalternativen

von

Prof. Dr.-Ing., Dipl.-Wirt.-Ing.

Christof Zangemeister

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

1. Auflage 1970
2. Auflage 1971
3. Auflage 1973
4. Auflage 1976
5. Auflage 2014 (erweitert)

Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

ISBN: 978-3-923264-00-1

© 2014, Prof. Dr.-Ing. Christof Zangemeister, 24398 Winnemark, Germany.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig.

Verlag: Zangemeister & Partner, Innovationsberatung; www.zangemeister.de
Herstellung: BoD – Books on Demand, Hamburg

Meinem Vater

Prof. Dr. med. Hans E. Zangemeister

1907 - 1970

Vorwort zur ersten Auflage

Die Nutzwertanalyse ist eine Planungsmethode zur systematischen Entscheidungsvorbereitung bei der Auswahl komplexer Projektalternativen. Ihr besonderes Kennzeichen ist darin zu sehen, daß der Bewertung von Alternativen unter vergleichsweise geringen praktischen Schwierigkeiten auch eine Vielfalt von Zielkriterien zugrunde gelegt werden kann. Die Nutzwertanalyse gewinnt daher in allen sozio-ökonomisch-technischen Bereichen, wo die herkömmlichen, eindimensionalen Methoden der ökonomischen Investitionsrechnung alleine zur Entscheidungsfindung nicht ausreichen, zunehmend an Bedeutung. Insbesondere gilt das auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung, wofür die Planung in der amerikanischen Raumfahrt ein charakteristisches Beispiel ist.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzwertanalyse im Rahmen systemtechnisch orientierter Planungsprozesse aufzuzeigen. Dazu wird die allgemeine Logik von Nutzwertanalysen beschrieben und die praktische Bedeutung der durch sie implizierten Annahmen über die Entscheidungssituation hervorgehoben. Davon ausgehend werden dann die alternativen Verfahrensweisen für die praktische Durchführung von Nutzwertanalysen behandelt (vgl. Abb.2 auf Seite 11).

Diese Arbeit entspricht der von mir im Zusammenhang mit meiner wissenschaftlichen Tätigkeit am Brennpunkt Systemtechnik der Technischen Universität Berlin angefertigte Dissertation. Ihr unveränderter Abdruck in diesem Buch trägt dem vielfach an mich herangetragenen Wunsch Rechnung, die von mir im Rahmen der "Aufbauseminare Systemtechnik" gehaltene Vorlesung bereits jetzt in vertiefter Form einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Die damit gelegentlich in Kauf zu nehmenden Kompromisse zwischen theoretischer Be-

trachtung und praktischer Arbeitsanleitung müssen unter diesem Gesichtspunkt verstanden werden. Diese unter praxisorientierten Aspekten zu vermindern, soll einer zukünftigen Überarbeitung des Themas vorbehalten bleiben.

Besonderen Dank für wertvolle Anregungen und weitreichende Unterstützung beim Entstehen dieser Arbeit schulde ich Herrn Professor Dr.-Ing. H.H. Koelle, dem Ordinarius für Raumfahrttechnik und Leiter des Brennpunktes Systemtechnik an der Technischen Universität Berlin. Herr Professor Dr. rer.oec. H. H. Weber, Ordinarius für allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Unternehmensforschung an der Technischen Universität Berlin, war so freundlich, das fertige Manuskript kritisch durchzusehen, was mir die Vornahme verschiedenerer Ergänzungen ermöglichte. Schließlich danke ich nicht zuletzt Frau Lilli Reiser für ihre in großer Sorgfalt ausgeführten Schreibarbeiten.

Berlin, Januar 1970

Christof Zangemeister

Vorwort zur fünften Auflage

Seit der ersten Auflage dieses Buches im Jahr 1970 sind in relativ kurzer Folge drei weitere Auflagen als Nachdruck in unveränderter Form erschienen. Nachdem auch die vierte Auflage bereits seit einigen Jahren vergriffen ist, wurde und wird diese Arbeit dennoch nach wie vor nachgefragt. Ein Grund dafür dürfte darin liegen, daß das Thema Nutzwertanalyse (NWA) bisher in keiner anderen Monographie vergleichsweise breit und tiefgehend behandelt wurde und sich an den methodischen Grundlagen der Nutzwertanalyse trotz des inzwischen großen zeitlichen Abstandes seit der Erstveröffentlichung kaum etwas geändert hat. Dies erklärt auch den gerade in jüngster Zeit wiederholt an mich herangebrachten Wunsch von Studenten und Doktoranden, die für ihre wissenschaftliche Arbeit die Originalfassung der Nutzwertanalyse benötigen, möglichst noch ein Exemplar aus dem Restbestand zu erwerben oder bei mir auszuleihen.

Vor diesem Hintergrund und den heute gegebenen Möglichkeiten des "Book On Demand", Nachdrucke preiswert zu erstellen, habe ich mich daher entschlossen, nunmehr doch noch eine 5. Auflage bereitzustellen. Sie besteht - wie die vorangegangenen vier Auflagen - im Kern aus dem *unveränderten* Nachdruck des ursprünglichen Werks. Erstmals wurden hier jedoch zwei Themenkomplexe hinzugefügt, die im Laufe der Jahre infolge der breiten Anwendung der Nutzwertanalyse in der Praxis zunehmend an Bedeutung gewonnen haben:

Zum einen betrifft dies das *Thema Empfindlichkeitsanalyse* der Ergebnisse von Nutzwertanalysen. Dieser Themenkomplex wird in dem neu hinzugefügten Kapitel 9 speziell unter dem Aspekt der möglichen Änderung von Zielgewichten behandelt. Zum anderen geht es in dem ebenfalls neu hinzugekommenen Kapitel 10 um die Frage, wie die rein monetär orientierte, eindimensionale Wirt-

schaftlichkeitsanalyse in Richtung Nutzwertanalyse (NWA) erweitert werden kann, um bei Bedarf die Vorteile der Mehrdimensionalität der Nutzwertanalyse mit der Systematik einer ökonomischen Investitionsrechnung methodisch zu verknüpfen. Die dazu in jüngster Zeit entstandenen Verfahren der *Erweiterten-Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA)* werden typologisiert und speziell am Beispiel des nutzwertanalytischen Drei-Stufen-Verfahrens zur EWA erläutert.

In den vergangenen Jahren hatte ich wiederholt Gelegenheit, mit Hörern meiner Vorlesung an der TU Berlin und Lesern dieses Buches in einen fruchtbaren Gedankenaustausch über die Verfahren und Anwendungen der Nutzwertanalyse zu treten. Ich würde mich freuen, wenn diese Kommunikation auch in Zukunft weiterentwickelt werden kann (info@zangemeister.de).

Hamburg, Mai 2014

Christof Zangemeister

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINFÜHRUNG	6
II.	ALLGEMEINE GRUNDLAGEN	13
	1) Zur Charakteristik der Systemtechnik	14
	1.1) Ursprünge und Entstehungsmomente der Systemtechnik.....	14
	1.2) Zum gegenwärtigen Begriffsinhalt der Systemtechnik	20
	1.3) Der wissenschaftliche Standort der Systemtechnik	22
	1.4) Die Methodik der Systemtechnik.....	28
	2) Das Auswahlproblem und allgemeine Lösungsgrundsätze	34
	2.1) Definition der Problemstellung	34
	2.2) Zur Begründung systematischer Analyse von Auswahlproblemen	35
	2.3) Die entscheidungsbestimmenden Einflussbereiche von Auswahlproblemen	38
	2.4) Ansätze zur Lösung des Auswahlproblems	43
	2.5) Definition der Nutzwertanalyse (NWA).....	45
	2.6) Zur Optimalität von Nutzwertanalyseergebnissen.....	47
	3) Das Grundmodell multidimensionaler Nutzwertanalyse	55
	3.1) Die Makrologik der Nutzwertanalyse.....	55
	3.2) Das Bewertungsproblem.....	60
	3.3) Ein allgemeiner Ansatz zur operationalen Lösung multidimensionaler Bewertungsaufgaben	69
	3.4) Die entscheidungstheoretisch relevanten Lösungsannahmen und ihre praktische Bedeutung für die Nutzwertanalyse	75
III	ZUR METHODOLOGIE PRAKTISCHER NUTZWERTANALYSE	89
	4) Problematik und Methodik bei der Aufstellung eines Zielsystems	89
	4.1) Die Bedeutung des Zielsystems	90

4.1.1)	Die entscheidungslogische Bedeutung des Zielsystems.....	91
4.1.2)	Die praktische Bedeutung des Zielsystems.....	93
4.2)	Zielbeziehungen und ihre Bedeutung für die Nutzwertanalyse	94
4.2.1)	Technologische Zielbeziehungen	95
4.2.3)	Klassifikatorische Zielbeziehungen	106
4.3)	Makrostruktur einer Zielgesamtheit.....	112
4.4)	Grundsätze und Verfahrensweisen zur Aufstellung eines Zielsystems.....	114
4.4.1)	Bestimmung der Struktur eines Zielsystems	114
4.4.2)	Definition des Zielrahmens.....	118
4.4.3)	Definition des Zielprogramms.....	126
4.4.4)	Allgemeine Verfahrensgrundsätze	136
5)	Eindimensionale Bewertungsmethoden	142
5.1)	Die Grundlagen der messenden Bewertung.....	143
5.1.1)	Das Modell der messenden Bewertung.....	144
5.1.2)	Die Skalentypen der messenden Bewertung	149
5.2)	Skalierungsmethoden	156
5.2.1)	Nominale Skalierung	157
5.2.2)	Ordinale Skalierung.....	158
5.2.3)	Intervallskalierung.....	162
5.2.3.1)	Die Methode der direkten Intervallskalierung	163
5.2.3.2)	Die Methode der indirekten Intervallskalierung	171
5.2.3.2.1)	Transformation von Rangreihen n-ter Ordnung.....	172
5.2.3.2.2)	Transformation von Vorzugshäufigkeiten	175
5.2.3.2.2.1)	Das Gesetz vom komparativen Urteil	179
5.2.3.2.2.2)	Das Gesetz vom kategorialen Urteil	195
5.2.3.2.2.3)	Besonderheiten bei der Intervallskalierung mit Hilfe von Vorzugshäufigkeiten.....	203
5.2.4)	Verhältnisskalierung	207
5.2.4.1)	Methode der sukzessiven Vergleiche	209
5.2.4.2)	Verhältnisskalierung durch Verhältnisherstellung.....	216
5.2.4.3)	Verhältnisskalierung durch direkte Verhältnisschätzung	221
5.3)	Besondere Probleme der messenden Bewertung.....	227
5.3.1)	Notwendigkeit und Möglichkeiten zur Überprüfung der Urteilsübereinstimmung.....	227

5.3.1.1)	Ordinale Urteilsübereinstimmung bei 1-maligem Paarvergleich von n-Objekten	230
5.3.1.2)	Ordinale Urteilsübereinstimmung bei r-maligem Paarvergleich von n-Objekten	233
5.3.1.3)	Ordinale Urteilsübereinstimmung bei r-maliger vollständiger Ordnung von n-Objekten	235
5.3.1.4)	Urteilsübereinstimmung in Hinblick auf die Intervall- eigenschaft der Ergebnisse von r Urteilsfolgen	242
5.3.2)	Charakteristische Ursachen für geringe Urteilsübereinstimmung	244
5.3.3)	Bestimmung eines Indexes der Objektivität von Bewertungsergebnissen	247
5.3.4)	Ursachen und Bedeutung konstanter Urteilsfehler	249
6.)	Entscheidungsregeln zur Wertsynthese	252
6.1)	Die allgemeine Problematik der Wertsynthese	252
6.2)	Wertsynthese von nominalen Präferenzordnungen	256
6.3)	Wertsynthese von ordinalen Präferenzordnungen	259
6.3.1)	Die Majoritätsregel	259
6.3.2)	Vorzugshäufigkeitsregeln	263
6.3.2.1)	Die Copeland-Regel	264
6.3.2.2)	Die Austin-Slight-Regel	265
6.3.2.3)	Die Thurstone-Regel	267
6.3.3)	Die Rangordnungssummenregel	269
6.4)	Wertsynthese von kardinalen Präferenzordnungen	271
6.4.1)	Die Additionsregel bei intervallfixierten Zielwertskalen	272
6.4.2)	Die Multiplikationsregel bei punktfixierten Zielwertskalen	277
6.4.3)	Die Additionsregel bei absolut fixierten Zielwertskalen	281
6.4.4)	Spieltheoretisch begründete Entscheidungsregeln bei absolut fixierten Zielwertskalen	284
6.5)	Ein Beispiel zur Wertsynthese einer Zielwertmatrix nach verschiedenen Entscheidungsregeln	286
6.6)	Graphische Hilfsmittel zur Darstellung von Zielwertmustern	289
6.6.1)	Nominale Wertprofile	290
6.6.2)	Ordinale Wertprofile	290
6.6.3)	Kardinaler Wertprofile	293
7)	Problematik und Methodik bei der praktischen Berücksichtigung der Ungewissheit	297
7.1)	Bedeutung der Prognoseungewissheit für die Nutzwertanalyse	297
7.2)	Charakteristische Ursachen von Ungewissheitssituationen	299

7.3)	Grundsätze und Methoden zur praktischen Berücksichtigung der Ungewissheit.....	301
7.3.1)	Grundsätze zur qualitativen Berücksichtigung der Ungewissheit.....	302
7.3.2)	Methoden zur quantitativen Berücksichtigung der Ungewissheit ohne Wahrscheinlichkeiten	303
7.3.3)	Methoden zur quantitativen Berücksichtigung der Ungewissheit mit Wahrscheinlichkeiten	305
7.3.3.1)	Abbildung der Ungewissheit durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen.....	305
7.3.3.2)	Entscheidungsregeln zur Wertsynthese von Zielwertverteilungen.....	309
7.3.3.2.1)	Entscheidungsregeln mit fixierten Risikopräferenzen.....	309
7.3.3.2.2)	Entscheidungsregeln mit beliebigen Risikopräferenzen.....	311
IV.	SCHLUSSBEMERKUNG.....	318
V.	ANHANG	323
8)	Beispiele zur Nutzwertanalyse.....	324
8.1)	Nutzwertanalyse aufgrund ordinaler Zielwerte.....	324
8.2)	Nutzwertanalyse aufgrund kardinaler Zielwerte	332
8.3)	Nutzwertanalyse aufgrund des "Gesetzes vom komparativen Urteil"	338
	Liste der wichtigsten Bezeichnungen	344
	Tafeln	346
	Literaturverzeichnis	356
	Sachverzeichnis	367
VI.	ERGÄNZUNGEN zur 5. Auflage 2014.....	371
9)	Empfindlichkeitsanalyse: Bestimmung kritischer Zielgewichte.....	372
9.1)	Ausgangssituation und Problemstellung	372
9.1.1)	Fragestellungen der Empfindlichkeitsanalyse	372
9.1.2)	Mathematische Problemstellung zur Bestimmung kritischer Gewichte	375
9.2)	Lösungsverfahren zur Berechnung kritischer Gewichte.....	376
9.2.1)	Verfahren V1: "Simultane Gewichtsänderung".....	376
9.2.2)	Verfahren V2: "Selektive, schrittweise Gewichtsänderung"	379

9.3)	Empfindlichkeitsmaße	380
9.3.1)	Allgemeine Beurteilung der Gewichtsänderungen	381
9.3.2)	Präferenzbezogene Beurteilung von Gewichtsänderungen	383
9.4)	Beispiel und Folgerungen	386
9.5)	Literaturhinweise zu Kap.9	389
10)	Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA)	390
10.1)	Problemstellung und Zielsetzung	390
10.1.1)	Grenzen rein monetärer Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	391
10.1.2)	Perspektiven erweiterter Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	393
10.2)	Typologie von EWA-Verfahren.....	398
10.2.1)	Eindimensionale EWA-Verfahren	398
10.2.2)	Mehrdimensionale EWA-Verfahren	401
10.3)	Nutzwertanalytisches Drei-Stufen-Verfahren zur EWA.....	405
10.3.1)	<u>Stufe 1</u> : Finanzanalytische "Grundrechnung"	408
10.3.2)	<u>Stufe 2</u> : Finanzanalytische "Erweiterungsrechnung"	408
10.3.3)	<u>Stufe 3</u> : Nutzwertanalytische "Ergänzungsrechnung"	409
10.4)	Schlussbemerkungen und Ausblick.....	411
10.5)	Literaturhinweise zu Kap.10	413