

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](http://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](mailto:info@zangemeister.de) ).

Hamburg, Mai 2014

Christof Zangemeister

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>I.</b>	<b>EINFÜHRUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>II.</b>	<b>ALLGEMEINE GRUNDLAGEN .....</b>	<b>13</b>
	<b>1) Zur Charakteristik der Systemtechnik .....</b>	<b>14</b>
	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
	<b>2) Das Auswahlproblem und allgemeine Lösungsgrundsätze .....</b>	<b>34</b>
	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
	<b>3) Das Grundmodell multidimensionaler Nutzwertanalyse .....</b>	<b>55</b>
	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
<b>III</b>	<b>ZUR METHODOLOGIE PRAKTISCHER NUTZWERTANALYSE .....</b>	<b>89</b>
	<b>4) Problematik und Methodik bei der Aufstellung eines Zielsystems .....</b>	<b>89</b>
	<b>4.1) Die Bedeutung des Zielsystems .....</b>	<b>90</b>

4.1.1)	Die entscheidungslogische Bedeutung des Zielsystems.....	91
4.1.2)	Die praktische Bedeutung des Zielsystems.....	93
<b>4.2)</b>	<b>Zielbeziehungen und ihre Bedeutung für die Nutzwertanalyse .....</b>	<b>94</b>
4.2.1)	Technologische Zielbeziehungen .....	95
4.2.3)	Klassifikatorische Zielbeziehungen .....	106
<b>4.3)</b>	<b>Makrostruktur einer Zielgesamtheit.....</b>	<b>112</b>
<b>4.4)</b>	<b>Grundsätze und Verfahrensweisen zur Aufstellung eines Zielsystems.....</b>	<b>114</b>
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
<b>5)</b>	<b>Eindimensionale Bewertungsmethoden .....</b>	<b>142</b>
<b>5.1)</b>	<b>Die Grundlagen der messenden Bewertung.....</b>	<b>143</b>
5.1.1)	Das Modell der messenden Bewertung.....	144
5.1.2)	Die Skalentypen der messenden Bewertung .....	149
<b>5.2)</b>	<b>Skalierungsmethoden .....</b>	<b>156</b>
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
<b>5.3)</b>	<b>Besondere Probleme der messenden Bewertung.....</b>	<b>227</b>
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
<b>6.)</b>	<b>Entscheidungsregeln zur Wertsynthese .....</b>	<b>252</b>
<b>6.1)</b>	<b>Die allgemeine Problematik der Wertsynthese .....</b>	<b>252</b>
<b>6.2)</b>	<b>Wertsynthese von nominalen Präferenzordnungen .....</b>	<b>256</b>
<b>6.3)</b>	<b>Wertsynthese von ordinalen Präferenzordnungen .....</b>	<b>259</b>
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
<b>6.4)</b>	<b>Wertsynthese von kardinalen Präferenzordnungen .....</b>	<b>271</b>
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
<b>6.5)</b>	<b>Ein Beispiel zur Wertsynthese einer Zielwertmatrix nach verschiedenen Entscheidungsregeln .....</b>	<b>286</b>
<b>6.6)</b>	<b>Graphische Hilfsmittel zur Darstellung von Zielwertmustern .....</b>	<b>289</b>
6.6.1)	Nominale Wertprofile .....	290
6.6.2)	Ordinale Wertprofile .....	290
6.6.3)	Kardinaler Wertprofile .....	293
<b>7)</b>	<b>Problematik und Methodik bei der praktischen Berücksichtigung der Ungewissheit .....</b>	<b>297</b>
<b>7.1)</b>	<b>Bedeutung der Prognoseungewissheit für die Nutzwertanalyse .....</b>	<b>297</b>
<b>7.2)</b>	<b>Charakteristische Ursachen von Ungewissheitssituationen .....</b>	<b>299</b>

<b>7.3)</b>	<b>Grundsätze und Methoden zur praktischen Berücksichtigung der Ungewissheit.....</b>	<b>301</b>
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
<b>IV.</b>	<b>SCHLUSSBEMERKUNG.....</b>	<b>318</b>
<b>V.</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>323</b>
<b>8)</b>	<b>Beispiele zur Nutzwertanalyse.....</b>	<b>324</b>
8.1)	Nutzwertanalyse aufgrund ordinaler Zielwerte.....	324
8.2)	Nutzwertanalyse aufgrund kardinaler Zielwerte .....	332
8.3)	Nutzwertanalyse aufgrund des "Gesetzes vom komparativen Urteil" .....	338
	<b>Liste der wichtigsten Bezeichnungen .....</b>	<b>344</b>
	<b>Tafeln .....</b>	<b>346</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>356</b>
	<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>367</b>
<b>VI.</b>	<b>ERGÄNZUNGEN zur 5. Auflage 2014.....</b>	<b>371</b>
<b>9)</b>	<b>Empfindlichkeitsanalyse: Bestimmung kritischer Zielgewichte.....</b>	<b>372</b>
<b>9.1)</b>	<b>Ausgangssituation und Problemstellung .....</b>	<b>372</b>
9.1.1)	Fragestellungen der Empfindlichkeitsanalyse .....	372
9.1.2)	Mathematische Problemstellung zur Bestimmung kritischer Gewichte .....	375
<b>9.2)</b>	<b>Lösungsverfahren zur Berechnung kritischer Gewichte.....</b>	<b>376</b>
9.2.1)	Verfahren V1: "Simultane Gewichtsänderung".....	376
9.2.2)	Verfahren V2: "Selektive, schrittweise Gewichtsänderung" .....	379

<b>9.3)</b>	<b>Empfindlichkeitsmaße .....</b>	<b>380</b>
9.3.1)	Allgemeine Beurteilung der Gewichtsänderungen .....	381
9.3.2)	Präferenzbezogene Beurteilung von Gewichtsänderungen .....	383
<b>9.4)</b>	<b>Beispiel und Folgerungen .....</b>	<b>386</b>
<b>9.5)</b>	<b>Literaturhinweise zu Kap.9 .....</b>	<b>389</b>
<b>10)</b>	<b>Erweiterte Wirtschaftlichkeits-Analyse (EWA) .....</b>	<b>390</b>
<b>10.1)</b>	<b>Problemstellung und Zielsetzung .....</b>	<b>390</b>
10.1.1)	Grenzen rein monetärer Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen.....	391
10.1.2)	Perspektiven erweiterter Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen .....	393
<b>10.2)</b>	<b>Typologie von EWA-Verfahren.....</b>	<b>398</b>
10.2.1)	Eindimensionale EWA-Verfahren .....	398
10.2.2)	Mehrdimensionale EWA-Verfahren .....	401
<b>10.3)</b>	<b>Nutzwertanalytisches Drei-Stufen-Verfahren zur EWA.....</b>	<b>405</b>
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
<b>10.4)</b>	<b>Schlussbemerkungen und Ausblick.....</b>	<b>411</b>
<b>10.5)</b>	<b>Literaturhinweise zu Kap.10 .....</b>	<b>413</b>