

Prinzipielle Gesamtlösung, the key to innovation

Vorlesungsskript ZPE, Version 2002, 1. Semester

Educational Material

Author(s):

Meier, Markus

Publication date:

2002

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004324295>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Prinzipielle Gesamtlösung

Dieses Dokument von Prof. Dr. Markus Meier entspricht noch nicht den Richtlinien von thekey to innovation. Der Inhalt dient dem internen Gebrauch der ETH Zürich.

1 Prinzipielle Gesamtlösungen erarbeiten

Prinzipielle Gesamtlösungen werden im Konzeptprozess zum Abschluss der Lösungsfindung erarbeitet. Sie integrieren die Ergebnisse der vorherigen Arbeitsschritte und verdichten sie zu aussichtsreichen und beurteilbaren Lösungsalternativen.

Voraussetzung für das Erarbeiten Prinzipieller Gesamtlösungen sind eine detaillierte Anforderungsliste und eine weitgehend vollständiges Spektrum an Teilfunktionen mit zugeordneten Teillösungen.

Dieser Teillösungsvorrat wird zuerst in einem Ordnungsschema (Morphologischer Kasten) übersichtlich dargestellt. Er repräsentiert die Gesamtheit aller Konzeptvarianten. Diese lassen sich durch systematisches Kombinieren der Teillösungen vollständig erzeugen und z. B. in Variantenbäumen darstellen. Im allgemeinen ergibt sich aus der systematischen Kombination eine Variantenflut, aus der nun in einem eigenen Arbeitsschritt aussichtsreiche Gesamtlösungen extrahiert werden müssen. Dazu werden Methoden wie Reduktionsstrategien eingesetzt, welche die Variantenvielfalt vor, während oder nach der Kombination gezielt auf geeignete Konzeptvarianten eindämmen. Durch eine anschließende Beurteilung dieser Konzeptvarianten lassen sich dann die für die weitere Entwicklungsarbeit erfolgversprechenden Gesamtlösungen ermitteln.

Prinzipielle Gesamtlösungen werden vorzugsweise dann erarbeitet, wenn der Überblick über das Lösungsfeld wichtig ist, z.B. bei Neuentwicklung mit besonderer Tragweite oder bei der Absicherung eigener bzw. der Umgehung fremder Schutzrechtsansprüche.

1.1 Grundlagen

Ein Produkt erfüllt fast immer mehrere Teilfunktionen, von denen jede grundsätzlich durch mehrere Teillösungen erfüllt werden kann. Wählt man für jede Teilfunktion eine Teillösung aus und verknüpft sie untereinander erhält man eine Konzeptvariante. Die Gesamtheit aller möglichen Konzeptvarianten erhält man durch eine systematische Verknüpfung des gesamten Teillösungsvorrats.

Diese systematische Verknüpfung kann mit den mathematischen Methoden der Kombinatorik gezielt und vollständig erreicht werden. Kommt es dabei nur auf die Art der jeweils verknüpften Teillösungen an, werden Kombinationen gebildet. Soll auch noch die Reihenfolge

der Teilfunktionen berücksichtigt werden, müssen Permutationen gebildet werden. Da die Anordnung der Teillösungen jedoch oft durch eine Funktionsstruktur vordefiniert ist, genügt es in der Regel, die Teillösungen zu kombinieren.

1.2 Teillösungen den Teilfunktionen zuordnen

Um Konzeptvarianten zu bilden, benötigt man einen Überblick über die Teilfunktionen und die zugeordneten Teillösungen. Diesen Überblick kann man besonders anschaulich durch ein Ordnungsschema erreichen.

1.2.1 Methode „Morphologischer Kasten“

Der Morphologische Kasten ist ein spezielles Ordnungsschema zur übersichtlichen Darstellung von Teilfunktionen und zugehörigen Teillösungen.

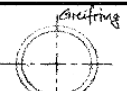

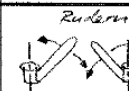








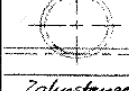





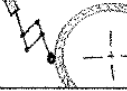
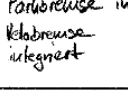
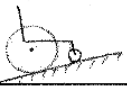


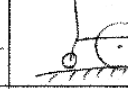

Die Methode des Morphologischen Kastens wurde von [Zwicky 1971 (1)] entwickelt, um die „Totalität aller Lösungen“ für eine Entwicklungsaufgabe übersichtlich darzustellen. Morphologisch bedeutet „gestaltgebend“ und soll das Erarbeiten eines Überblicks über ein Lösungsspektrum andeuten. Der Morphologische Kasten ist auch unter den Bezeichnungen „Morphologisches Schema“ oder nur „Morphologie“ bekannt.

Teil- Funktionen	Teillösungen				Allgemein:
	1	2	3	4	
TA	A ₁	A ₂			A _i , i = 1 – m hier m = 2
TB	B ₁	B ₂	B ₃		B _j , j = 1 – n hier n = 3
TC	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C _k , k = 1 – o hier o = 4
TD	D ₁	D ₂			D _l , l = 1 – p hier p = 2

Tabelle (T101gesD) Morphologischer Kasten (schematisch)

Der Morphologische Kasten ordnet in einem matrixförmigen Ordnungsschema [Dreibholz 1975 (1)] den Teilfunktionen die jeweils zugehörigen Teillösungen zu.

Die Teilfunktionen werden in der Kopfspalte aufgelistet. Falls die vorher ermittelten Teilfunktionen für die Konzeptvariante unterschiedlich lösungsbestimmend sind, ist es zweckmäßig, sie in der Reihenfolge ihrer Lösungsdominanz von oben nach unten in den Morphologischen Kasten einzutragen. Dies erleichtert den Überblick beim nachfolgenden Kombinieren der Teillösungen.

Kraftaufnahme	 Greifring	 Pedale	 Rollen	 Sperr- mechanismus	
Kraftübertragung	 Stäbe	 fest auf Folge	 Kette/Riemen	 Welle	 Sch
Schaltung	 Planetengetriebe	 Zahnrad	 Zahnstange	 Schaltwerk	 Naben- Stur- -dehler z. B.
Bremsen	 Trommelbremse	 Scheibenbremse	 Rollenbremse	von Hand über die Greifringe	
	 Parkbremse	 Parkbremse in Rollenbremse integriert			
Strassenlage	 normal		 Stützrad		 Stos

ih Institut für Konstruktion und Bauweisen

Team 2

Bild (B101gesZ) Ausschnitt aus einer Lösungssammlung für die Entwickler eines schaltbaren Rollstuhles (ETH 96/97)

Der Morphologische Kasten bietet eine Übersicht über den Lösungsraum und erleichtert die Diskussion über potentielle Gesamtlösungen.

1.3 Teillösungen kombinieren

Teillösungen müssen nun zu Gesamtlösungen verknüpft werden. Dabei kann die Kombinatorik wegen ihrer systematischen Vorgehensweise hilfreich sein.

1.3.1 Methode „Kombinieren von Teillösungen“

Kombinieren ist eine mathematische Methode, die Elemente aus einer Elementmenge systematisch zu vollständigen Kombinationen verknüpft, wobei sich diese Kombinationen nur durch die Art der in ihnen enthaltenen Elemente unterscheiden [Franke 1976 (1)].

Jede Kombination der im Morphologischen Kasten enthaltenen Teillösungen $A_i - B_j - C_k - D_e$ repräsentiert eine eigene Konzeptvariante, z. B. die Konzeptvariante $A_2 - B_3 - C_1 - D_2$ (Bild 6.3).

Teil-Funktionen	Teillösungen			
	1	2	3	4
TA	A ₁	A ₂		
TB	B ₁	B ₂	B ₃	
TC	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
TD	D ₁	D ₂		

Bild (T102gesD) Konzeptvariante aus der Kombination von Teillösungen im Morphologischen Kasten

Durch systematisches Kombinieren aller Teillösungen einer Teilfunktion mit allen Teilfunktionen der jeweils anderen Teilfunktionen entsteht ein vollständiges Variantenspektrum. Die maximale Anzahl N_x an Konzeptvarianten ergibt sich als Produkt der jeweiligen Gesamtzahl an Teillösungen.

$$N_x = (A_m * B_n * C_o * D_p); \quad \text{hier: } N_x = 2 * 3 * 4 * 2 = 48$$

Vorteile

- Die Kombinatorik stellt durch ihr algorithmisches Vorgehen sicher, dass keine Konzeptvariante „verloren geht“
- Sie lässt sich als mathemati-

Nachteile

- Kombinieren ist ein reines Generierungsverfahren, das neben geeigneten auch ungeeignete und unsinnige Kombinationen erzeugt. Deshalb ist

ches Verfahren programmieren und kann damit den Aufwand für das Kombinieren stark reduzieren immer eine Beurteilung erforderlich.

1.4 Varianten darstellen

Die durch Kombination ermittelten Konzeptvarianten lassen sich in einem Ordnungsschema [Dreibholz 1975 (1)] oder in einem Variantenbaum darstellen.

1.4.1 Methode „Ordnungsschema“

Innerhalb des morphologischen Kastens können aussichtsreiche Kombinationen durch graphische Hilfsmittel (Verbindungslinien, farbige Fäden, ...) sehr gut dargestellt werden.

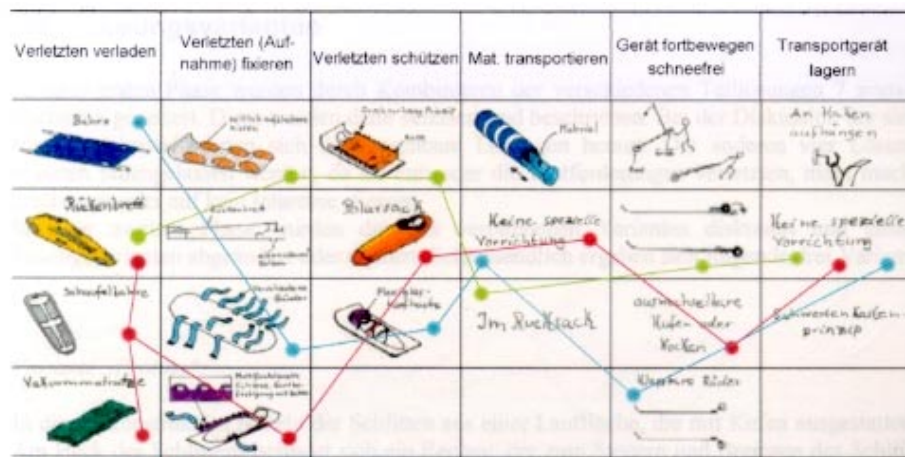


Bild (B102gesZ) Darstellung von Gesamtlösungen im morphologischen Kasten durch Verbinden der Teillösungen; in dieser Darstellung sind die Funktionen vertikal dargestellt (ETH 98/99)

1.4.2 Methode „Variantenbaum“

Ein Variantenbaum ist die visuelle Darstellung (Baumstruktur) der durch Kombinieren erhaltenen Varianten als Verkettung ihrer Elemente.

Beim Darstellen von Konzeptvarianten in einem Variantenbaum sind die zu kombinierenden Elemente die Teillösungen

$$A_i - B_j - C_k - D_e$$

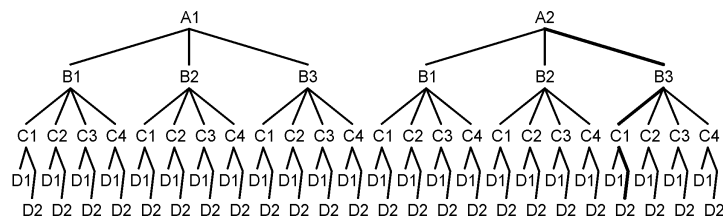


Bild (B103gesZ) Vollständiger Variantenbaum für alle Konzeptvarianten des Morphologischen Kastens

Werden Reduktionsstrategien während der Kombination angewandt (alternierende Kombination und Auswahl) werden i.allg. mehrere Äste des Variantenbaumes durch Auswahlkriterien abgeschnitten. Es entsteht dann ein unvollständiger Variantenbaum, der nur mehr die prinzipiell geeigneten Konzeptvarianten enthält.

Die Darstellung im Variantenbaum ist wegen ihrer Baumstruktur übersichtlich und zeigt auch anschaulich die jeweiligen Generierungspfade. Sie eignet sich besonders für die Darstellung nicht allzu großer Variantenspektren (<50 Varianten).

1.5 Variantenflut beherrschen

1.5.1 Problematik des kombinatorischen Vorgehens

Die beim Erarbeiten von Konzeptvarianten genutzte Kombinatorik ist ein reines Generierungsverfahren. Sie liefert deshalb keinerlei Hinweise auf die Eignung und Qualität der kombinierten Varianten. Daraus ergeben sich 3 Probleme:

1. Problem der Variantenfülle: Bereits bei mittleren Anzahlen von Teilfunktionen und Teillösungen ergeben sich schon $10^3 - 10^4$

theoretisch mögliche Konzeptvarianten (z.B. 3125 Konzeptvarianten bei 5 Teilfunktionen mit je 5 Teillösungen). Die Ursache dafür ist die Explosion der Variantenzahl bei kombinatorischen Verfahren generell.

2. Problem des Variantenschrotts: Erfahrungsgemäß sind mehr als 95% der theoretisch möglichen Konzeptvarianten sinnlos oder untauglich. Durch die Kombinatorik werden auch sinnlose Varianten generiert, da keinerlei Unverträglichkeiten von Teillösungen untereinander berücksichtigt werden. Ein Elektromotor z.B. ist funktionell unverträglich mit einem nachgeschalteten Hydraulikzylinder.

3. Problem der geringen Ausbeute an guten und eigenständigen Konzeptvarianten: Die prinzipiell möglichen Konzeptvarianten enthalten meist viele mittelmäßige oder sich nur unwesentlich unterscheidende Konzeptvarianten. Erfahrungsgemäß ergeben viele mittelmäßige Teillösungen meistens eine schlechte Konzeptvariante, die Mittelmäßigkeit verstärkt sich. Auch sehr ähnliche Varianten werden von der Kombinatorik als eigenständige Varianten generiert, obwohl vielleicht nur unwesentliche Unterschiede in der Realisierung einer Teilfunktion bestehen.

Das Hauptproblem beim Erarbeiten Prinzipieller Gesamtlösungen ist daher das schnelle und gezielte Ermitteln der optimalen Konzeptvariante(-en) aus dem möglichen Variantenspektrum [Birkhofer 1980 (1)]. Lösungen dafür liegen zum einen in der zweckmäßigen Gestaltung des Morphologischen Kastens selbst, zum anderen in der Integration von Auswahlverfahren in die Lösungskombination.

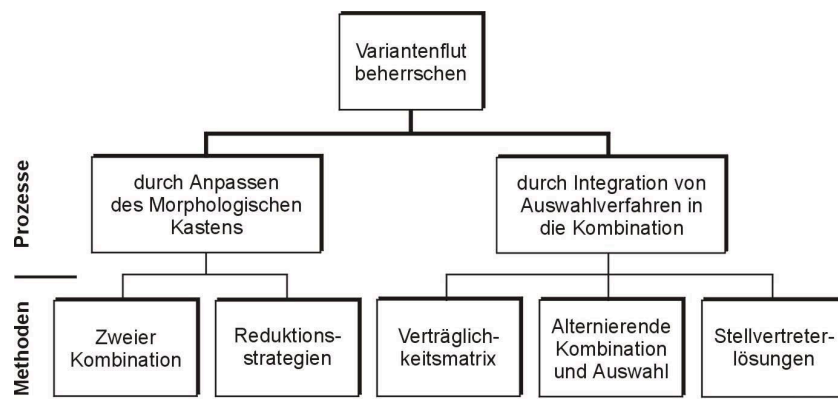


Bild (B104gesD) Methoden zum Beherrschen der Variantenflut beim Erarbeiten prinzipieller Gesamtlösungen

1.5.2 Variantenflut beherrschen durch Anpassen des Morphologischen Kastens


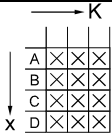
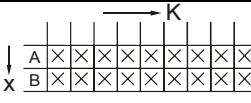
Ein erster Ansatz zum Beherrschen der Variantenflut besteht darin, den Morphologischen Kasten so umzustrukturieren, dass der Aufwand für das Erarbeiten von Konzeptvarianten verringert wird.

1.5.2.1 Methode „Strukturierung Morphologischer Kasten“

Die Strukturierung eines Morphologischen Kastens hinsichtlich der Anzahl von Teilfunktionen und Teillösungen sollte so gewählt werden, dass der Aufwand für die Beurteilung von Zweierkombinationen (Teillösungspaare) minimiert wird.

Beim Kombinieren von Teillösungen werden als einfachste Kombinationen (Zweierkombinationen) Paare von Teillösungen unterschiedlicher Teilfunktionen gebildet. Diese Teillösungspaare müssen hinsichtlich ihrer Eignung als Lösungsbestandteile beurteilt werden.

Stellt man sich nun vor, dass beim vollständigen Erstellen eines Lösungsfeldes alle Teillösungspaare kombiniert werden sollen, dann ist dafür ein Beurteilungsaufwand erforderlich. Dieser ist in erster Näherung proportional zur Gesamtzahl N_2 der Teillösungspaare. Geht man von 2 Morphologischen Kästen mit gleicher Anzahl an Konzeptvarianten N_x aus, zeigt sich, dass dieser Beurteilungsaufwand je nach Breite des Morphologischen Kastens erheblich differieren kann [Birkhofer 1980 (1)].

Breite des Morphologischen Kastens	Schmal	Breit
 = Teillösung		
K = Anzahl der Teillösungen / Teilfunktion	3	9
x = Anzahl der Teilfunktionen	4	2

Lösungsfeldumfang N_x	81	81
Anzahl der Teillösungen N_1	12	18
Anzahl der Zweier- Kombinationen N_2	54	81
$N_2 = \frac{K^2}{2} \cdot x(x-1)$		
für K = konstant		

Tabelle (T103gesD) Günstiger und ungünstiger Aufbau von Morphologischen Kästen (Beispiel)

Schmale Morphologische Kästen mit 2–3 Teillösungen pro Teilfunktion ergeben trotz gleicher Anzahl an Konzeptvarianten deutlich weniger Zweierkombinationen und damit weniger Beurteilungsaufwand als sehr breite Morphologische Kästen.

Breite Morphologische Kästen sollten also wenn möglich vermieden werden. Treten sie auf, können sie oft in schmale überführt werden, indem

- die ursprünglichen Teilfunktionen in mehrere Unterfunktionen aufgeteilt und diese in einen modifizierten Morphologischen Kasten eingetragen werden
- die Teillösungen einer Teilfunktion zu Klassen zusammengefasst werden.

Das Umstrukturieren von Morphologischen Kästen sollte am Anfang jeder Variantenentwicklung überlegt werden.

1.5.2.2 Methode „ Reduktionsstrategien für Morphologische Kästen“

Reduktionsstrategien sind Vorgehensvorschläge, die einen Morphologischen Kasten so reduzieren, dass aussichtsreiche Konzeptvarianten mit geringerem Aufwand gewonnen werden können [Birkhofer 1980 (1)].

Durch den Umfang eines Morphologischen Kastens ist die Anzahl der möglichen Konzeptvarianten festgelegt. Gelingt es, die Anzahl der Teilfunktionen und Teillösungen vor der Kombination sinnvoll zu reduzieren, müssen deutlich weniger Konzeptvarianten generiert werden und der Kombinations- und Beurteilungsaufwand kann drastisch abnehmen.

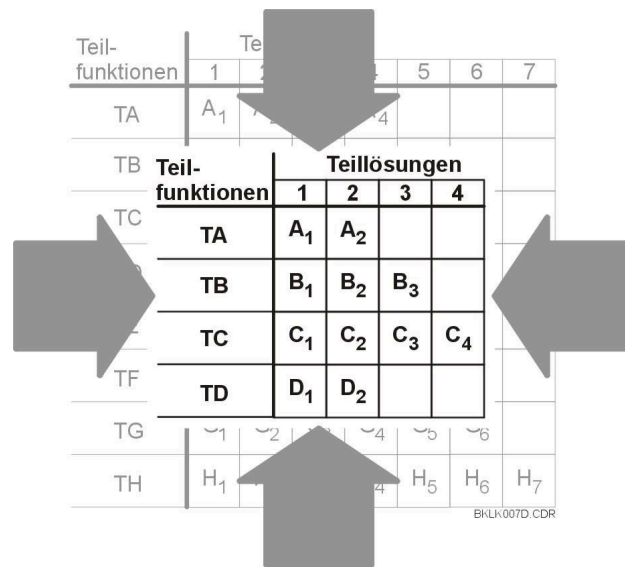


Bild (B105gesD) Die Wirkung von Reduktionsstrategien

Die Variantenexplosion als Nachteil der Kombinatorik wird durch geeignete Reduktionsstrategien in einen Vorteil umgekehrt. Das Zurückstellen von Teilfunktionen und Teillösungen schneidet ganze Äste des Variantenbaumes und damit alle darunter liegenden Teillösungskombinationen ab und spart so erheblichen Bearbeitungsaufwand.

Es hat sich bewährt, Reduktionsstrategien in der nachfolgend genannten Reihenfolge anzuwenden:

- Strategie1: Teilfunktionen nach Wichtigkeit ordnen
- Strategie2: Weniger wichtige oder lösungsbestimmende Teilfunktionen für die erste Kombination zurückstellen
- Strategie3: Weniger geeignete Teillösungen für die erste Kombination zurückstellen
- Strategie4: Einzelne Teillösungen zu Teillösungsklassen zusammenfassen

Reduktionsstrategien werden bevorzugt eingesetzt, um aus einem umfangreichen Morphologischen Kasten in einem ersten Durchlauf die grundsätzlich unterschiedlichen und aussichtsreichen Konzeptvarianten zu ermitteln. Mit den zurückgestellten Teilfunktionen und Teillösungen können bei Bedarf die aussichtsreichen Konzeptvarianten angereichert werden.

Vorteile

- Der Morphologische Kasten kann oft erheblich reduziert und die Anzahl an Konzeptvarianten drastisch eingeschränkt werden
- Man erkennt in einem reduzierten Morphologischen Kasten wesentlich besser die aussichtsreichen Konzeptvarianten (sogenannte Stellvertreterlösungen)

Nachteile

- Werden Teillösungen zurückgestellt, fallen damit ganze Lösungszweige aus dem Variantenbaum weg. Ein Zurückstellen muss daher gut überlegt werden und erfordert oft eine Vorauschau auf spätere Lösungseigenschaften

1.5.3 Variantenflut beherrschen durch Integration von Auswahlverfahren in die Kombination

Ein zweiter Ansatz zum Beherrschen der Variantenflut besteht darin, das Kombinieren mit einem Auswahlprozess zu verbinden um so nur mehr die Kombinationen zu erzeugen, die verträgliche Teillösungen enthalten oder aussichtsreiche Konzeptvarianten liefern.

1.5.3.1 Methode „Verträglichkeitsmatrix“

Eine Verträglichkeitsmatrix ist ein spezielles Ordnungsschema für den vollständigen Paarvergleich von Elementen hinsichtlich ihrer Verträglichkeit [Birkhofer 1980 (1)].

Die Verträglichkeitsmatrix wird hier genutzt, um die Verträglichkeit zwischen allen Teillösungen eines Morphologischen Kastens zu untersuchen. In die Verträglichkeitsmatrix werden dazu alle Teillösungen eines Morphologischen Kastens in der Kopfzeile und in der Kopfspalte eingetragen.

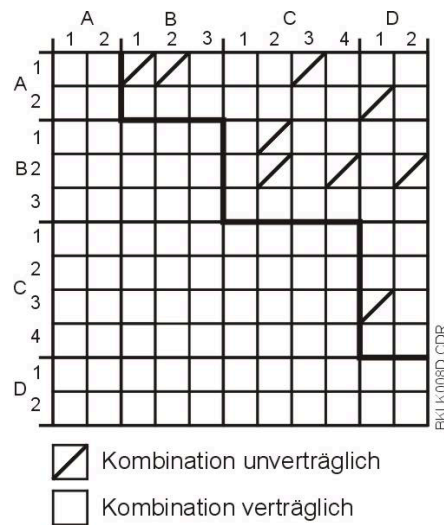


Bild (B106gesD) Verträglichkeitsmatrix (theoretisch mögliche Konzeptvarianten 48, verbliebene Konzeptvarianten 14)

Durch einen Paarvergleich werden alle Teillösungen miteinander verglichen und ihre Verträglichkeit beurteilt. Jede unverträgliche Zweierkombination wird in der Matrix gekennzeichnet. Es empfiehlt sich für spätere Rückgriffe, gleichzeitig auch den Grund der Unverträglichkeit zu dokumentieren. Da es sich um eine symmetrische Matrix handelt, reicht es aus, nur eine Hälfte oberhalb oder unterhalb der Hauptdiagonalen auszufüllen.

Eine Unverträglichkeit ist ein Widerspruch zwischen Teillösungen, der ihre Kombination verhindert [Birkhofer 1980 (1)]. Widersprüche können durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Teillösungen selbst begründet sein, z. B. durch Unterschiede in Handhabung, Design, Wirkprinzip oder Bauart. Widersprüche können aber auch aus nicht kompatiblen Anschlussbedingungen resultieren, z. B. Unverträglichkeit hinsichtlich geometrischer, kinematischer oder energetischer Anschlussbedingungen. Unverträglichkeiten führen zum Ausschluss einer Kombination.

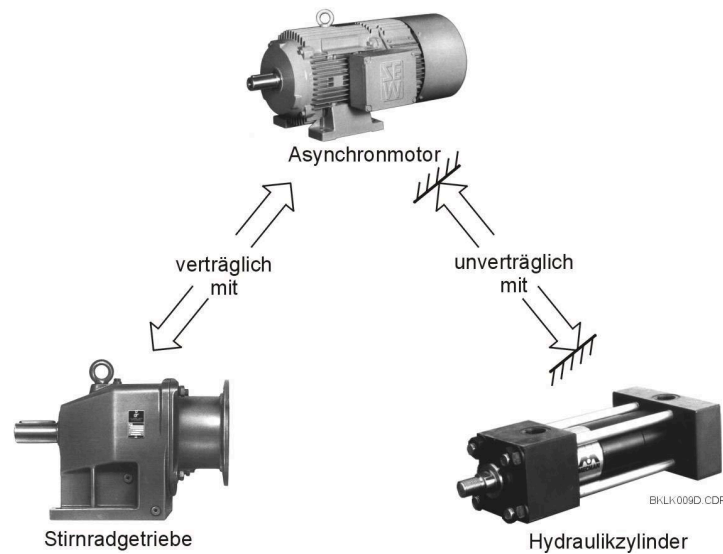


Bild (B107gesD) Verträgliche und unverträgliche Zweierkombinationen (Teillösungspaare)
(Quelle: www.boschrexroth.se, www.sew-eurodrive.de)

Aus der Verträglichkeitsmatrix wird danach der Variantenbaum entwickelt. Ist die Reihenfolge der Teillösungen unerheblich oder ist diese durch die Reihenfolge des Eintrags der Teilfunktionen in die Verträglichkeitsmatrix vorbestimmt, genügt es, nur die Felder oberhalb der Hauptdiagonalen zu betrachten. Dies reduziert den Beurteilungsaufwand um mehr als 50 % !

Vorteile

- Die völlig von Konzeptvarianten losgelöste Betrachtung von Zweierkombinationen fördert erheblich die Objektivität der Beurteilung. Die Beurteilung von Konzeptvarianten kann nicht mehr auf spezielle Konzeptvarianten „hingedreht“ werden, da schon bei der Bearbeitung kleiner Verträglichkeitsmatrizen der Überblick über das Variantenspektrum verloren geht.
- Durch eine rechnerunterstütz-

Nachteile

- Das Verfahren ist wegen seines schnellen Wechsels zwischen Vorstellungsbildern kognitiv extrem anspruchsvoll.
- Eine Fehlentscheidung kann erhebliche Auswirkungen auf die Vollständigkeit und Qualität der Konzeptvarianten haben, wird selbst aber nur schwer entdeckt.
- Es werden nur Verträglichkeiten von Zweierkombinationen betrachtet. Wirkungsketten in der Verträglichkeit zwischen mehr als 2 Teillösungen müssen durch ei-

te Präsentation der Zweier- ne nachgeschaltete Feinbeurtei-
kombinationen wird der Be- lung erfasst werden.
arbeiter von jedem
Kombinatorikaufwand
entlastet und kann sich voll
auf die Beurteilung konzent-
rieren.

1.5.3.2 Methode „Alternierende Kombination und Auswahl“

Eine alternierende Kombination und Auswahl integriert Auswahl-
schritte in das Generierungsverfahren, indem nach jedem Kombinati-
onsschritt sofort die erzeugten Kombinationen beurteilt werden [Birk-
hofer 1980 (1)].

Bei der alternierenden Kombination und Auswahl von Konzept-
varianten wird der Variantenbaum erstellt, wobei nach jeder weiteren
Zuordnung von Teillösungen sofort ein Auswahlverfahren durchge-
führt wird. Daraus resultierende abgebrochene Äste des Varianten-
baums werden üblicherweise durch einen Strich gekennzeichnet.

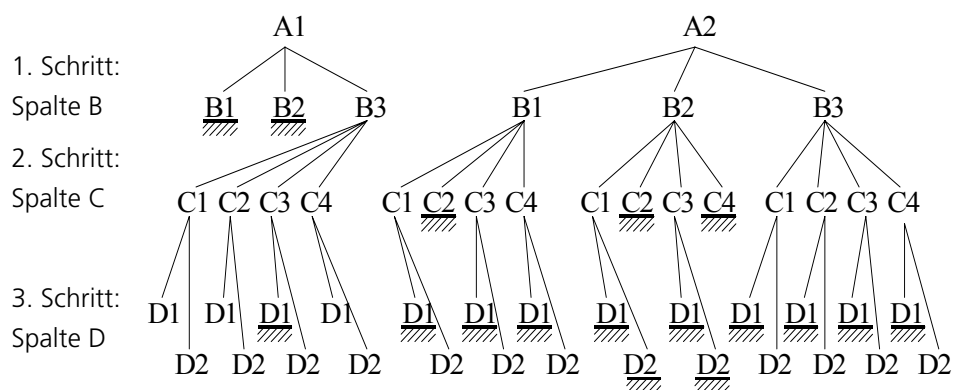


Bild (B108gesD) Alternierende Kombination und Auswahl
(theoretisch mögliche Konzeptvarianten 48, verbliebene Konzeptvarianten 14)

Es empfiehlt sich, die Teilfunktionen vorher so zu ordnen, dass die
lösungsbestimmenden Teilfunktionen zuerst kombiniert werden. Da-
mit werden neu erzeugte Kombinationen besser beurteilbar, da die
bereits erzeugten Kombinationen in hohem Masse lösungsbestim-
mend sind.

Die alternierende Kombination ist eines der effizientesten Verfah-
ren zur Beherrschung der Variantenflut und wird bevorzugt nach der

Anwendung der Reduktionsstrategien eingesetzt. Dabei können gleichzeitig die Eigenschaften der Teillösungen selbst, ihre direkte Verträglichkeit zu benachbarten und die Verträglichkeit zu allen anderen, bisher kombinierten Teillösungen berücksichtigt werden. Gleichzeitig gewinnt man einen zunehmend gesamthafteren Eindruck der jeweiligen Gesamtlösungen

1.5.3.3 Methode „Stellvertreterlösungen für Konzeptvarianten“

Stellvertreterlösungen sind exemplarische Konzeptvarianten, die stellvertretend für eine ganze Lösungsklasse stehen und eine schnelle Abschätzung ihrer Eigenschaften ermöglichen. [Schneider 2001 (1)].

Viele Morphologische Kästen lassen bereits vor der Kombination deutliche Schwerpunkte hinsichtlich aussichtsreicher Lösungsklassen erkennen. Durch eine gezielte „Ansprache“ dieser Lösungsklassen und Konzentration auf ihre typischen Elemente können Stellvertreterlösungen [Schneider 2001 (1)] ermittelt werden, die eine schnelle Abschätzung der Eignung der Lösungsklasse ermöglichen.

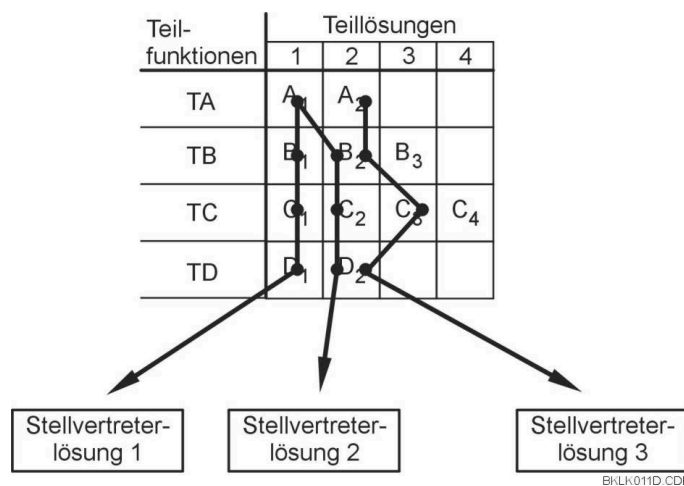


Bild (B109gesD) Morphologischer Kasten und Stellvertreterlösungen

Stellvertreterlösungen lassen schnell erste Vorstellungen über Gesamtlösungen erkennen und sind damit ein gutes Mittel, um die bisherigen konzeptionellen Überlegungen zu reflektieren. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass weitere aussichtreiche Konzept-

doch darauf zu achten, dass weitere aussichtreiche Konzeptvarianten nicht übersehen werden.

1.6 Aussichtsreiche Gesamtlösungen ermitteln

Gesamtlösungen sind Konzeptvarianten, die aus untereinander verträglichen Teillösungen bestehen und die als Ganzes die Anforderungen erfüllen.

Die Auswahl von Konzeptvarianten und die Reduktion des Variantenspektrums liefern Konzeptvarianten, die bereits das Sieb der Unverträglichkeitsprüfung passiert haben. Meist bleiben jedoch noch zu viele Varianten übrig, die nicht alle weiter konkretisiert werden können. Hier ist eine dem Kombinieren nachgeschaltete Beurteilung notwendig.

1.6.1 Methode „Systematische Auswahl“

Die systematische Auswahl ist eine Methode zum Eingrenzen der Variantenvielfalt, in der die Eigenschaften von Varianten mit den entsprechenden Fest- oder Bereichsforderungen verglichen und Varianten bei einem Verstoß gegen diese Anforderungen ausgeschieden werden.

In vielen Fällen ist es ausreichend, die verbliebenen Konzeptvarianten durch einen Vergleich mit Fest- oder Bereichsforderungen zu selektieren und die aussichtsreichen auszuwählen. Ergebnis dieser systematischen Auswahl sind Gesamtlösungen, deren Teillösungen untereinander verträglich sind und die Fest- und Bereichsforderungen erfüllen.

Bleiben immer noch zu viele Gesamtlösungen übrig, müssen diese hinsichtlich ihrer Qualität bewertet werden. Dabei ist unbedingt auf eine bewertungsrelevante Konkretisierung ihrer Eigenschaften zu achten.

Üblicherweise werden nach dem Kombinieren 3-6 Gesamtlösungen für die weitere Bearbeitung ausgewählt.

Zusammenfassung

Die systematische Variation geht von realen oder virtuellen Objekten aus. Man beschreibt deren Eigenschaften und ermittelt daraus die, für den jeweiligen Anwendungsfall erfolgversprechenden Merkmale. Diesen ordnet man alle Werte der Wertemenge zu und kombiniert danach systematisch die Werte für alle Merkmale. Um grundsätzliche Varianten zu finden, werden zuerst die physikalischen Effekte variiert und darauf aufbauend die Wirkprinzipien. Eine alternierende Kombination und Auswahl hilft dabei oft, die Variantenflut auf die wirklich aussichtsreichen Varianten einzugrenzen. Als Ergebnis erhält man nicht nur ein Spektrum erfolgversprechender Wirkprinzipien sondern auch die Gewissheit, keine wirklich neue Lösung übersehen zu haben.