



Systemanalyse

www.crgraph.de

Ursachen-Wirkungsdiagramme

Inhalt

Voraussetzung und verwandte Themen.....	1
Keywords	1
Einführung.....	2
Ziel und Nutzen	2
Grundlagen	3
Intensitäts-Beziehungsmatrix	5
Hinweise und Empfehlungen.....	8
Auswahlübersicht der Methoden.....	12
Literatur - Weiterführende Beschreibungen.....	14
Consulting & Schulungen	15
Hotline	15
Anwendung in Visual-XSel	16

Voraussetzung und verwandte Themen

Für diese Beschreibungen sind Grundlagen der Statistik vorteilhaft. Weiterführende und verwandte Themen sind:

www.crgraph.de/Literatur

www.versuchsmethoden.de/Versuchsplanung.pdf

www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf

Keywords:

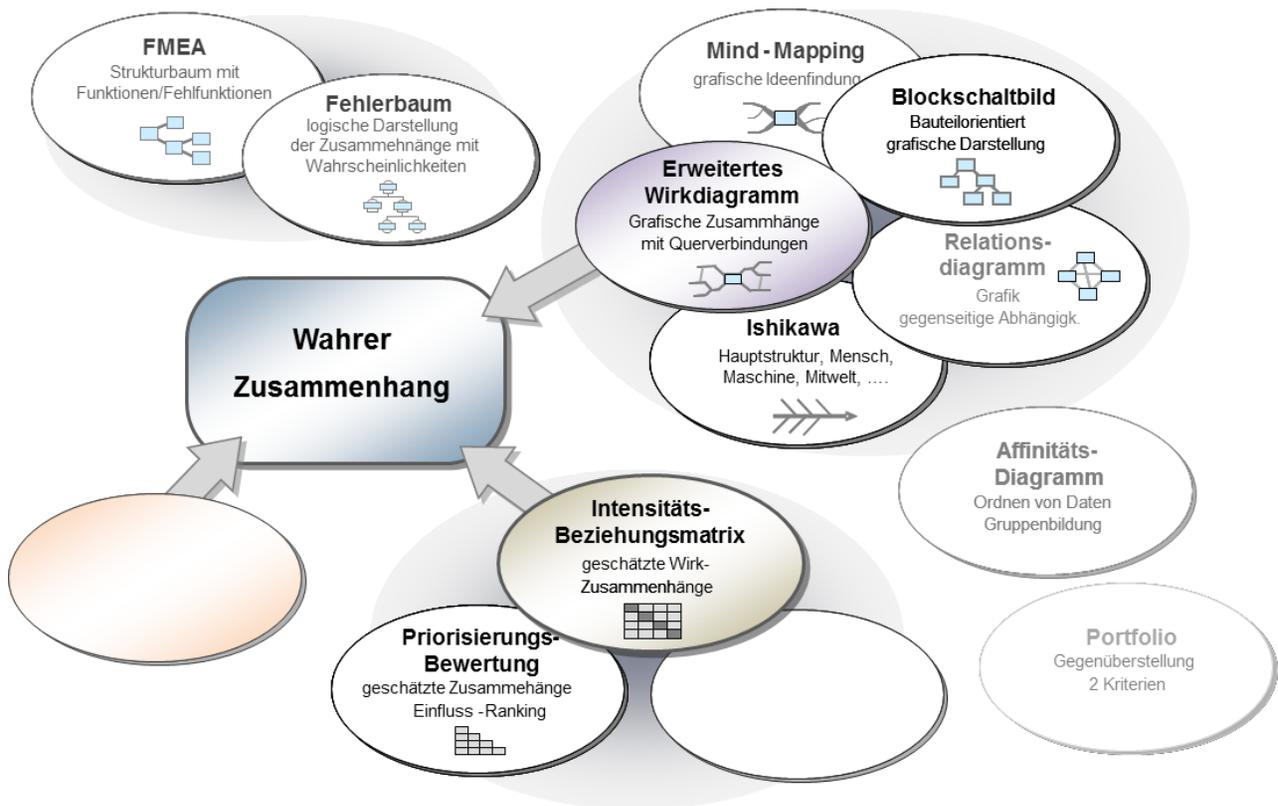
Systemanalyse, Ursachen-Wirkungsdiagramm, Wirkdiagramme, Wirkkette, Pareto, Parameterbestimmung, Beziehungen, Intensitäts-Beziehungsmatrix, Abhängigkeiten, DoE

Einführung

Allgemeine ist eine Systemanalyse eine systematische Untersuchung von „Elementen“ die in Beziehung zueinanderstehen (Kurzfassung aus Definition [Duden](#)).

Unter dem Begriff Systemanalyse verbergen sich eine Vielzahl von Methoden und Darstellungen. Im Rahmen dieser Beschreibungen sollen einschränkend die Bausteine betrachtet werden, die für eine spätere Untersuchung, insbesondere für die Erstellung von Versuchsplänen wichtig sind.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen grafischen Verfahren und Matrix-Strukturen die teilweise auch ineinander über gehen. Das Ziel ist es durch Abschätzung den wirklichen Beziehungen so nahe wie möglich zu kommen. Eine Gegenüberstellung der wichtigsten Methoden zeigt folgendes Bild:



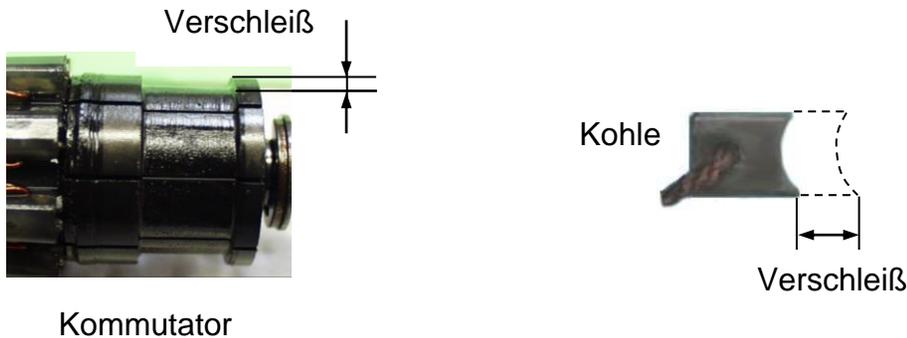
Ziel und Nutzen

Leider scheitern Versuchsplanungen an der ungenügenden Vorbereitung. Die besten statistischen Methoden können nicht in die Untersuchung einbezogene Faktoren nicht bewerten. Das Ziel einer Systemanalyse ist es die richtigen Einflussparameter zu erkennen und zu priorisieren. Die weniger wichtigen können weggelassen werden und reduzieren so den Versuchsaufwand.

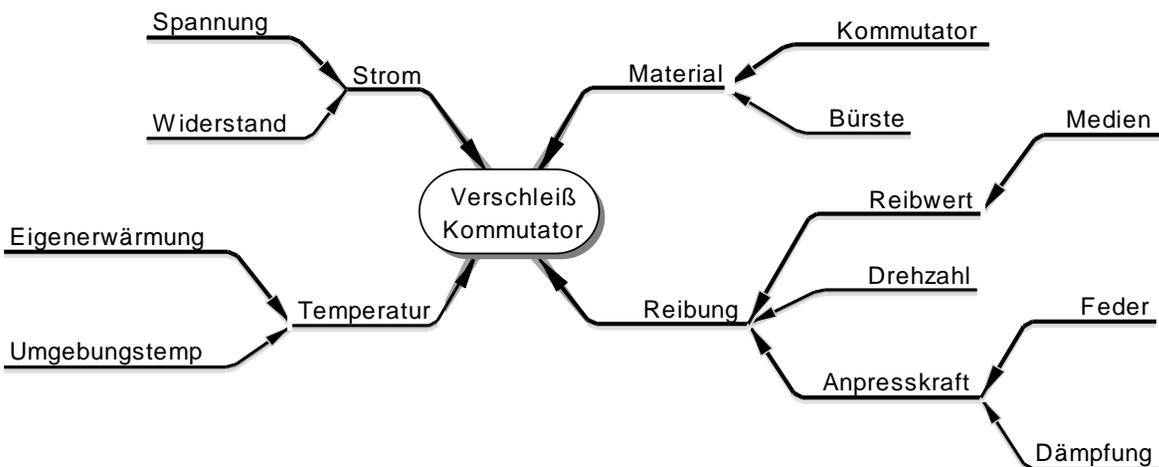
Grundlagen

Anhand eines Beispiels unter Verwendung eines Ursachen-Wirkungsdiagramms, kurz Wirkdiagramm genannt, soll gezeigt werden, wie man die entscheidenden Parameter ermittelt.

In der Entwicklung eines neuen E-Motors gab es ein Verschleißproblem an Kommutator und den Bürsten.



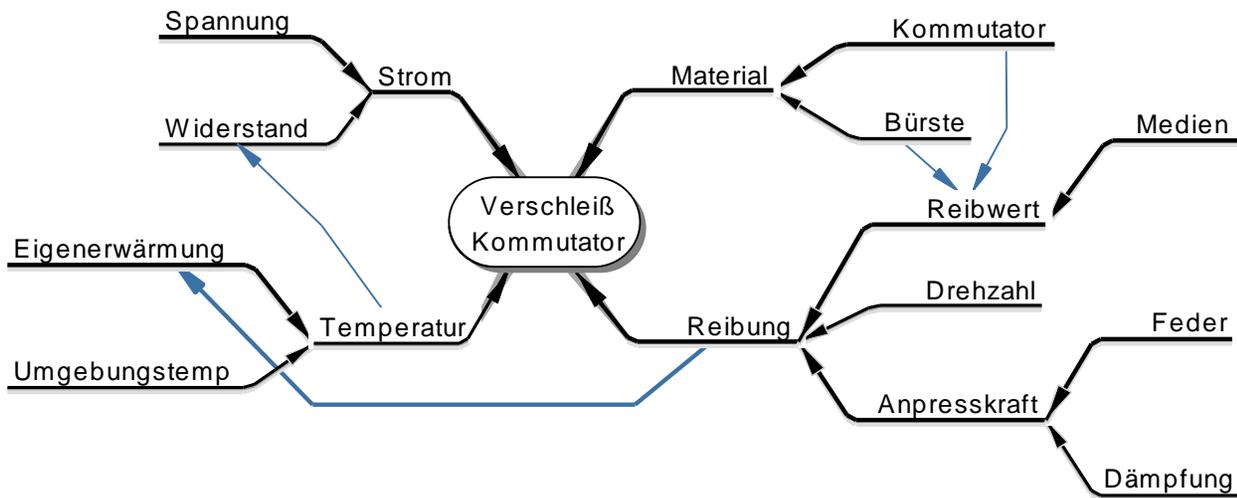
Verwendet man hier anstelle der Bauteile physikalisch/technischen Begriffe für die Ursachen von Verschleiß, so entsteht folgende mögliche Darstellung (vereinfachte Darstellung):



Die gezeigte Aufteilung hat den großen Vorteil, dass die Wirkreihenfolge klar erkennbar ist und eine spätere Bewertung der Ursachen den Verschleiß besser berücksichtigt.

Einbeziehung von Querverbindungen (Relationsdiagramm)

Bei näherer Betrachtung der vorhergehenden Struktur zeigt sich, dass es weitere Abhängigkeiten gibt. Der Widerstand ist von der Temperatur und die Eigenerwärmung von der Reibung abhängig, usw.



Je nach Anzahl der Querverbindungen ergibt sich eine mehr oder weniger starke Vernetzung. Es ist deshalb auf eine übersichtliche Struktur zu achten.

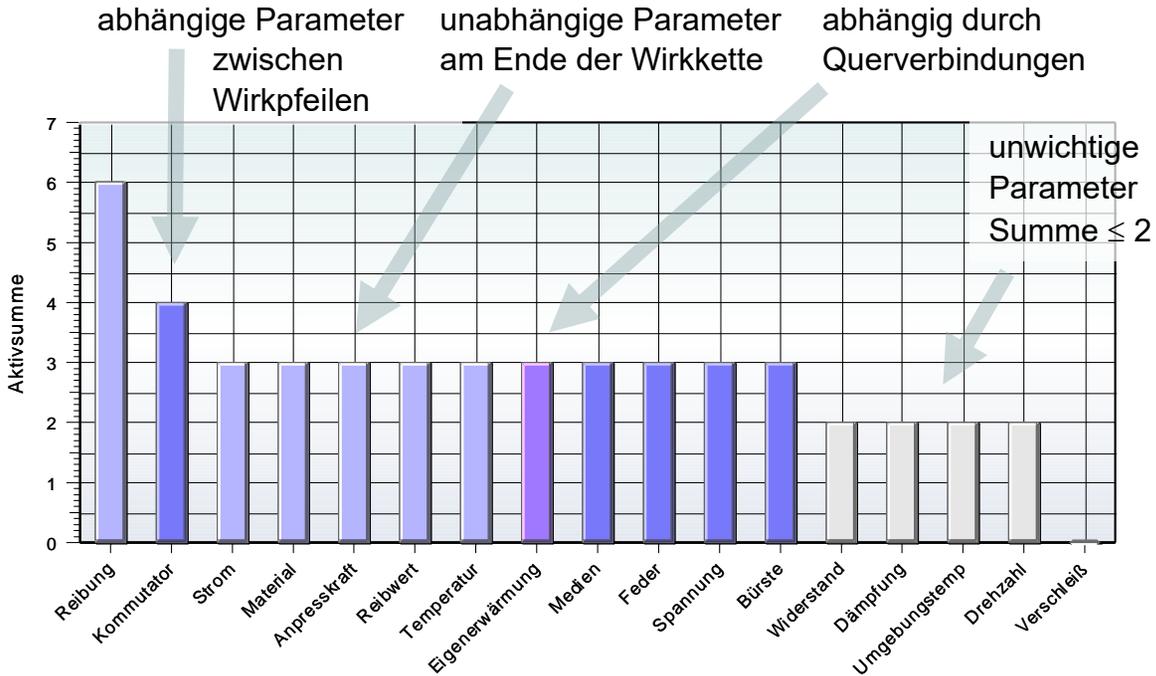
Der nächste Schritt ist die Bewertung des Wirkdiagramms, in der Regel durch Experten oder Fachleute in folgender Abstufung:

- 0 = kein Einfluss
- 1 = geringer Einfluss
- 2 = mittlerer Einfluss
- 3 = hoher Einfluss
- 5 = sehr hoher Einfluss

Für eine überdurchschnittliche Wirkung gibt es eine Wirkstärke von 5. Noch höhere Stufen sind nicht zu empfehlen, da diese die Summen andere „verdrängen“ würde. Die Wirkstärken werden für die Struktur, als auch für die Querverbindungen vergeben. Im Diagramm sind diese Wirkstärken durch dünnere oder dickere Äste und Querverbindungen hervorgehoben. Das hat eine entscheidende Bedeutung für die anschließende Auswertung. Bekommt z.B. die Reibung eine Wirkstärke von 3 und die ausgehende Querverbindung ebenfalls, so hat die Reibung in Summe 6 „Punkte“. Dies ist der große Vorteil dieser Systemanalyse, denn die Reibung hat physikalisch über zwei Pfade eine Wirkung auf den Verschleiß. Das wäre bei dem eingangs gezeigten einfachen Wirkdiagramm nicht zum Tragen gekommen.

Pareto-Verteilung – Rangfolge der wichtigsten Parameter

Über diese Bewertungs-Summen können die wichtigsten Einflüsse ermittelt werden.



Für eine DoE können nur die äußersten Titel verwendet werden, die nicht noch von anderen abhängig sind. Diese werden im Pareto-Diagramm in dunkelblau gekennzeichnet, wenn die Bewertungssumme > 2 ist.

Sollten Parameter zu geringgeschätzt werden und in der Wirkkette weiter vorne aber von Bedeutung sein, so ist dieser Parameter trotzdem zu verwenden. Als Beispiel hierfür ist die Reibung zu nennen (erster Titel im Pareto). Diese ist u.a. letztlich abhängig von der Federstärke. Hätte man diese statt mit 3 nur mit 2 als Einfluss geschätzt, so wäre bei einer Parameterauswahl die Federstärke nicht gewählt worden. Aufgrund der Wichtigkeit der Reibung muss man die eigentlichen „Verursacher“ berücksichtigen.

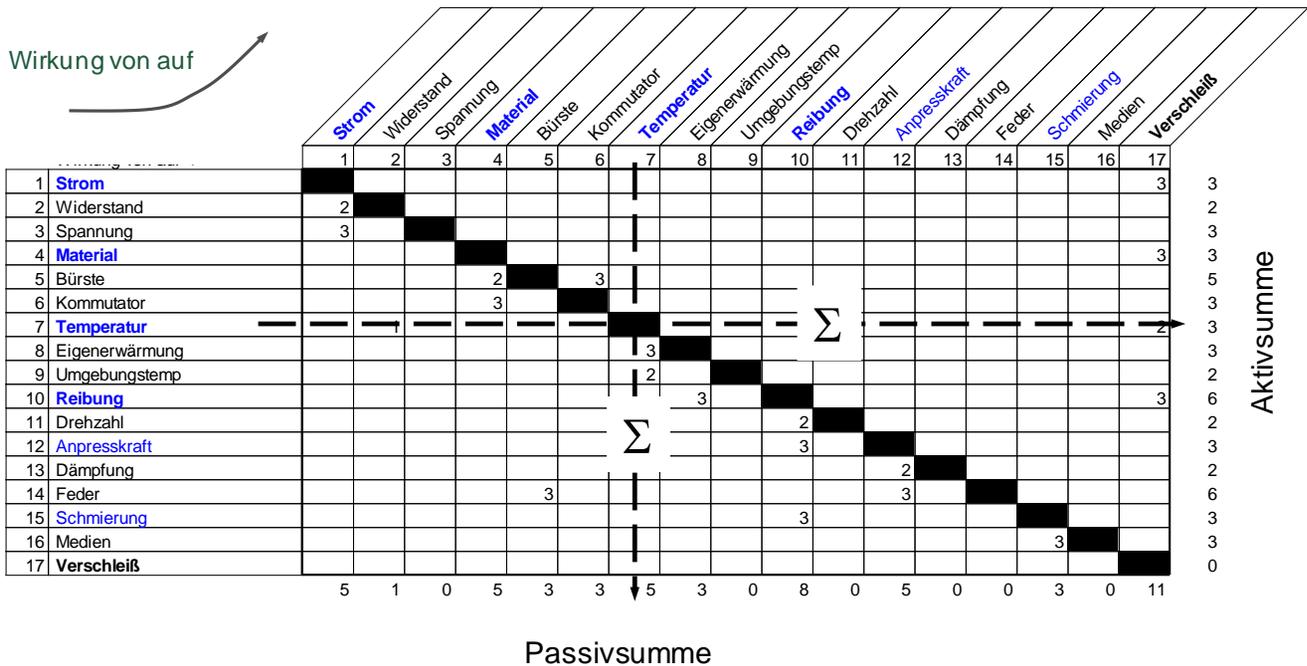
Intensitäts-Beziehungsmatrix

Die sogenannte Intensitäts-Beziehungsmatrix behandelt die vorher beschriebenen Zusammenhänge in Form einer Matrix. Diese Matrix wurde von Frederic Vester entwickelt und berücksichtigt im Gegensatz zum reinen Pareto-Diagramm auch die Wirkungen, die von anderen Titeln eingehen. Die Methode ist jedoch wesentlich komplexer, als die Pareto-Methode und liefert nur selten einen Mehrwert zu dieser. Das Kapitel kann für weiterführende Beschreibungen übersprungen werden, z.B. wenn der nächste Schritt die Erstellung einer DoE ist.

Die Eingabe der Bezeichnungen erfolgt zunächst untereinander in einer Tabelle. Die Tabelle kann aber auch durch das vorher gezeigte Wirkdiagramm „befüllt“ werden. Die gleichen Titel sind horizontal in der ersten Zeile einzugeben. Es sind dann die jeweiligen Wirkungen der Titel in der ersten Spalte auf die in der ersten Zeile einzutragen. Die Matrix stellt sicher, dass alle möglichen Kombinationen bewertet werden. Zur besseren Übersichtlichkeit, können Felder mit Bewertung 0 weggelassen werden.

Die Eingabe der 0 hat jedoch den Vorteil, dass man bei Unterbrechung der Bewertung später weiß, welche Felder schon bearbeitet wurden.

Aus der vorhergehenden problemorientierten Darstellung des Elektromotors ergibt sich folgende mögliche Matrix unter Einbeziehung der Querverbindungen:



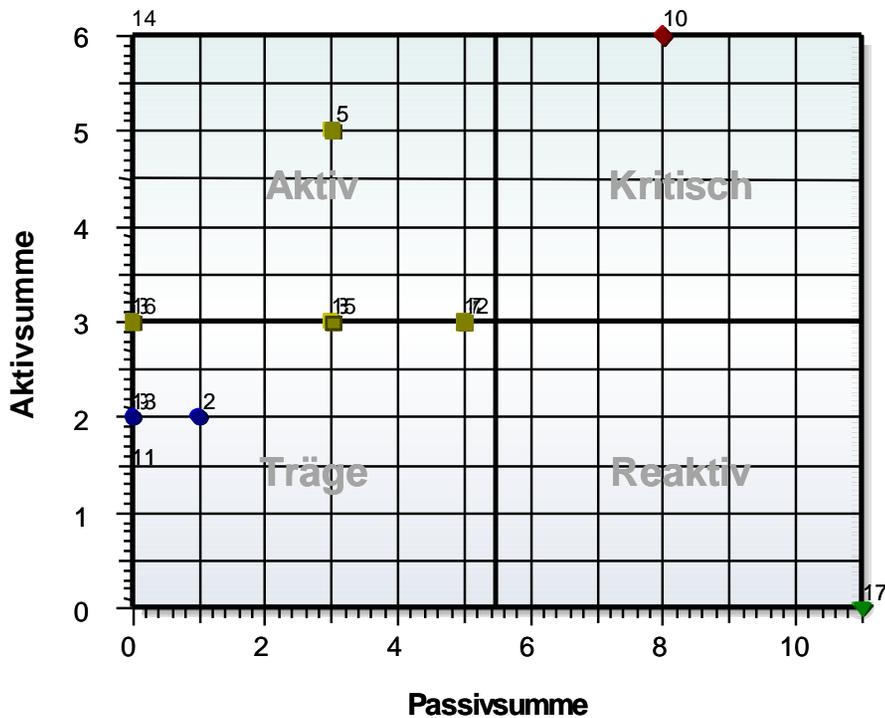
Nach der Bewertung werden der Reihe nach die Summen der einzelnen Zeilen gebildet (horizontal). Diese stellen die so genannten **Aktivsummen** dar (rechts aufgetragen). Die Summen der einzelnen Spalten (vertikal) ergeben die so genannten **Passivsummen**.

In einem Punktediagramm trägt man nach der Bewertung die einzelnen Titel über der Passiv- und Aktivsumme auf. Die Skalierung beginnt in X- und Y-Richtung immer bei 0. Der Endwert der X-Achse ist der an größten vorkommende Passivwert, der Endwert der Y-Achse der am größten vorkommende Aktivwert.

Das Diagramm wird dann horizontal und vertikal in gleich große Hälften aufgeteilt. Dabei ergeben sich 4 Felder, die für das weitere Vorgehen wichtig sind.

Diese stellen das sogenannte **Aktive** und **Träge**, sowie das **Kritische** und **Reaktive** Feld dar (siehe Darstellung auf der nächsten Seite). Für weitere Versuchspläne sind die Faktoren im Aktiven und Kritischen Feld zu berücksichtigen. Beim Kritischen Feld handelt es sich im Allgemeinen um mögliche Wechselwirkungen mit anderen Faktoren im Kritischen und Aktiven Feld. Auf die Faktoren im Trägen Feld kann verzichtet werden.

Die Faktoren im reaktiven Feld können in der Betrachtung als weitere so genannte „uncontrolled factors“ mit aufgeführt werden, die aber im weiteren Versuchsplan nicht variiert werden. Da hier praktisch nur andere einwirken, können diese auch als weitere Zielgrößen betrachtet werden.



Im Aktivem und Kritischem Feld befinden sich die unabhängigen Faktoren:

Spannung, Bürste, Kommutator, Eigenerwärmung, Feder und Medium.

Obwohl der Titel Eigenerwärmung außen liegt, ist dieser abhängig von der Reibung. Eine unabhängige Variation ist nicht ohne weiteres möglich. Deshalb wird im Versuch dieser Titel variiert durch die Umgebungstemperatur und allgemein als Temperatur weitergeführt.

Die Anzahl der (unabhängigen) Faktoren konnte von 10 auf 6 reduziert werden. Daraus ergeben sich $6 \cdot (6-1)/2 = 15$ Wechselwirkungen. Diese sind:

Spannung*Bürste				
Spannung*Kommutator	Bürste*Kommutator			
Spannung*Temperatur	Bürste*Temperatur	Kommutator*Temperatur		
Spannung*Feder	Bürste*Feder	Kommutator*Feder	Temperatur*Feder	
Spannung*Medium	Bürste*Medium	Kommutator*Medium	Temperatur*Medium	Feder*Medium

Spannung*Feder, Kommutator*Temperatur (Eigenerwärmung) und Feder*Medium ergeben keinen technischen Sinn und werden herausgenommen.

Die minimale Anzahl Versuche für D-Optimales Design aus diesem Vorgehen ist:

$$n = 6 + 15 - 3 + 1 + 1 = 20$$

Die minimale Anzahl Versuche für D-Optimales Design unter Berücksichtigung aller unabhängigen Faktoren wäre:

$$n = 10 + 10 \cdot (10-1) / 2 + 1 + 1^* = 57$$

Hieraus ergibt sich eine Einsparung von 37 Versuchen!

* Hinweis: +1 für die Bestimmung der Konstante und nochmal +1 als Freiheitsgrad für die Streuung.

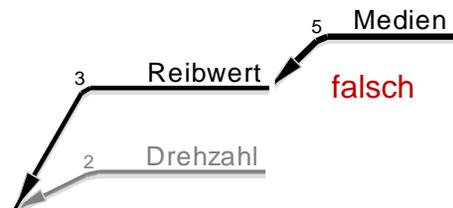
Der wesentliche Punkt bei diesem Beispiel ist, dass die Bewertung nicht alleine zwischen den unabhängigen Faktoren erfolgt (äußerste Titel im Diagramm), sondern unter Einbeziehung der abhängigen Größen Strom, Temperatur, Reibung und Material. Nur hierdurch ist eine auf das Problem fokussierte Bewertung möglich!

Besteht die Möglichkeit die Einstellungen der abhängigen Größen durch Ersatzprüfungen zu variieren (Labortest oder Simulation), so können in der Regel weitere Wechselwirkungen reduziert werden und der Versuchsplan wird noch einfacher.

Weitere Hinweise und Empfehlungen

Wirkstärkenaufteilung

Die Wirkstärken beziehen sich eigentlich auf den jeweiligen Nachfolger. Würde man dem Medium z.B. eine 5 geben, der Reibwert hat aber nur eine 3, wäre das Medium überbewertet, denn am Ende ist der letzte Ast zum Verschleiß physikalisch entscheidend. Die weiter außenliegenden Äste dürfen deshalb nicht höhere Werte haben, als die inneren, in diesem Fall ist deshalb maximal eine 3 zu vergeben.



Intensitäts-Beziehungsmatrix: Überproportional stark wirkende Faktoren

Manchmal kann es vorkommen, dass ein Titel gegenüber anderen eine mit Abstand sehr hohe Aktiv- und evtl. Passivsumme aufweist. Durch diesen Titel wird der Achsenbereich bestimmt und alle anderen Titel erscheinen fast nur im trägen Feld. Die beschriebene Einteilung in die 4 Felder und deren Interpretation ist dann so nicht mehr sinnvoll. Abhilfe ist die Verschiebung der mittleren senkrechten Achsen nach links.

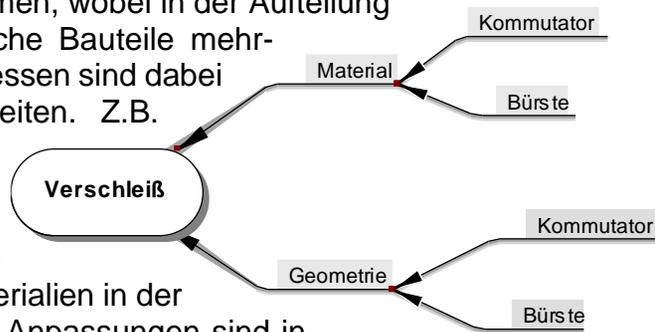
Nicht variierte Parameter und Berücksichtigung der Zielgröße

Physikalisch betrachtet nimmt natürlich der Verschleiß über der Zeit zu. Die Zeit wurden im Wirkdiagramm aber nicht berücksichtigt. Dies kann bedeuten, dass nur ein relativer Verschleiß pro Zeiteinheit als Titel gemeint ist, oder dass ein Versuch immer mit gleicher Laufzeit gefahren wird. Der Parameter Zeit wird entsprechend als konstant angesetzt.

Aufteilung in Geometrie und Material

Im Beispiel des Kommutator Verschleißes wurden in die bisherige Grafik keine geometrischen Eigenschaften verwendet. Im Problemlösungsprozess sind Abmessungen und konstruktive Merkmale meist nicht veränderbar. In der Entwicklungsphase

sind diese aber unbedingt mit aufzunehmen, wobei in der Aufteilung zwischen Geometrie und Material gleiche Bauteile mehrmals vorkommen können. Nicht zu vergessen sind dabei evtl. direkte physikalische Abhängigkeiten. Z.B. können durch Verformung elastischer Werkstoffe Abmessungen zu- oder abnehmen. Als Abhängigkeit ist im Wirkdiagramm jedoch nicht einzutragen, wenn ein geringer Bauraum höherwertige Materialien in der Auswahl erfordert! Produktionsbedingte Anpassungen sind in dieser Vorgehensweise keine technisch physikalischen Wirkungen!

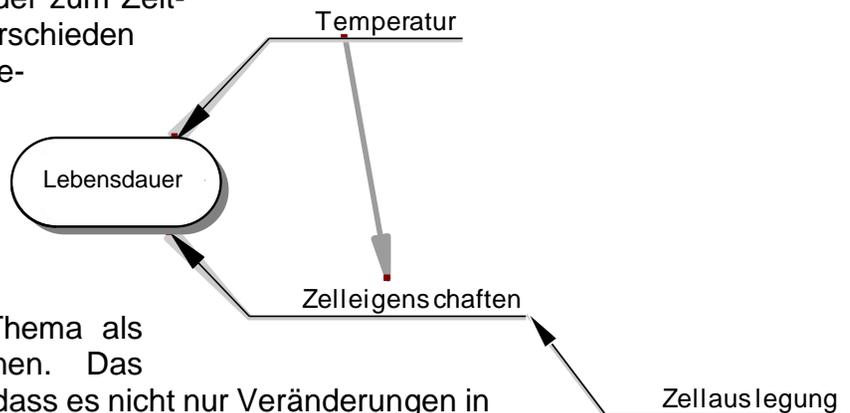
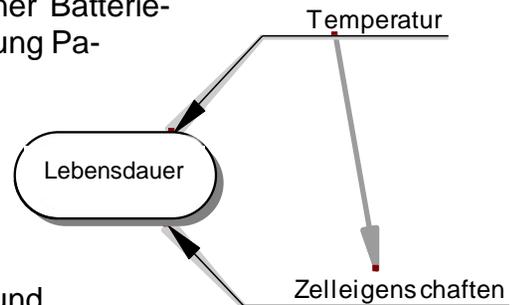


Zweige wie Geometrie und Material stellen keine Ursachenwirkungs-Zusammenhänge dar, sondern sind lediglich eine Struktur zur Aufzählung. Die Wirkstärke des Hauptzweiges hat hier deshalb nicht die Bedeutung, wie eine physikalische „Wirkkette“. Nur die Bewertung der äußersten Ebene ist relevant (Parameter für spätere Untersuchungen).

Die richtige Wahl des Haupttitels

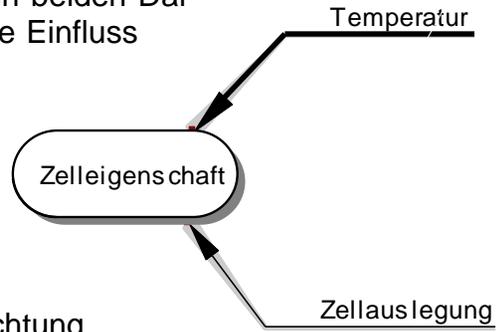
Der Titel in der Mitte kann zunächst frei gewählt werden. Hinsichtlich der Wirkhauptäste ergeben sich aber durch unterschiedliche Begrifflichkeiten evtl. unterschiedliche Auswertungen. Dies soll anhand des folgenden Beispiels verdeutlicht werden. Es geht um die Lebensdauer einer Batteriezelle. Die Zelleigenschaften sind bei der Auslegung Parameter, die die Lebensdauer beeinflussen.

Die Temperatur verändert nun die Zelleigenschaften über der Zeit stark. Dies wird im Wirkdiagramm entsprechend der rechten Darstellung durch die Querverbindung ausgedrückt. Dies hat zur Folge, dass die Passivsumme der Zelleigenschaft sehr hoch wird und diese dadurch in das Reaktive Feld des Intensitäts-Beziehungsdiagramms rutscht. Somit würde man die Zelleigenschaft nicht mehr als Parameter, sondern nur noch als abhängige Größe betrachten. Es muss also zwischen der „aktuellen“ Zelleigenschaft und der zum Zeitpunkt der Auslegung unterschieden werden. Der Wirkast Zellauslegung hat keine weiteren Eingänge, somit nur eine Aktiv-Summe und wird daher als Parameter behandelt. Letztlich ist es auch möglich, anstelle des Titels Lebensdauer indirekt das Thema als Zelleigenschaft zu benennen. Das drückt gleichzeitig auch aus, dass es nicht nur Veränderungen in der Lebensdauer gibt, sondern dass sich auch andere Merkmale verändern (z.B. chemische Eigenschaften). Die Temperatur muss hier aber eine größere Wirkstärke erhalten, als in den oberen Darstellungen, um den gleichen „Stellenwert“ zu



Lebensdauer indirekt das Thema als Zelleigenschaft zu benennen. Das drückt gleichzeitig auch aus, dass es nicht nur Veränderungen in der Lebensdauer gibt, sondern dass sich auch andere Merkmale verändern (z.B. chemische Eigenschaften). Die Temperatur muss hier aber eine größere Wirkstärke erhalten, als in den oberen Darstellungen, um den gleichen „Stellenwert“ zu

erhalten. Die Aktiv-Summe hat sich in den ersten beiden Darstellungen aufgeteilt. Hier ist nur noch der direkte Einfluss vorhanden. Bei der Auswahl des Haupttitels, als auch bei der Bedeutung der Wirkkäste ist auf eine möglichst präzise Definition zu achten. In diesem Beispiel wird klar, dass eine Unterscheidung zwischen zeitlich veränderter Eigenschaft und Auslegungsstand besteht. Dies wurde zu Beginn nicht berücksichtigt. Die letzte Darstellung hat noch den Vorteil, dass die Betrachtung universeller ist und mehrere Fragestellungen abdecken kann.



Suche nach den entscheidenden Parametern durch Ausschlussverfahren

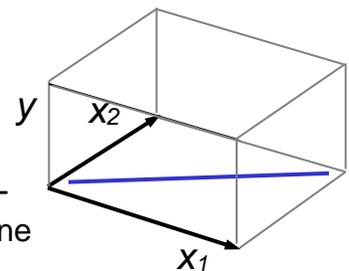
Sind Fehlerbilder sporadisch, so kann die Auswahl der zu betrachtenden Parameter auch durch Ausschlusskriterien erfolgen. Liegt an einem System ein Fehler mal vor, mal nicht, so sind nur die Wirkkäste interessant, die sich zeitlich verändern können. Konstruktive Merkmale sind dann nicht der auslösende Punkt, es sei denn sie verändern ihre Eigenschaften über andere Einflüsse zeitlich. Weiterhin kann ein Ausschlusskriterium sein, dass für ein Fehlerbild eine Wirkkette als Bedingung Voraussetzung ist, z.B. Druck steigt nur durch Temperaturanstieg. Weitere Suche erfolgt nur noch über die Wirkkäste, die den Temperaturanstieg verursachen.

Wirkungen versus Wechselwirkungen

Bei der Darstellung von grafischen „Querverbindungen“ sind die Unterschiede zwischen Wirkungen und Wechselwirkungen zu beachten !

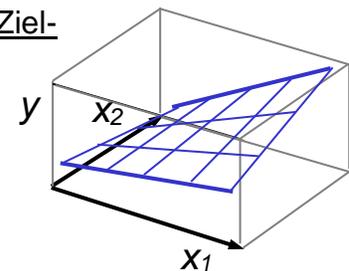
Wirkungen

Faktoren wirken auf andere Faktoren und beeinflussen diese. Hieraus ergeben sich bei nicht kontrollierten Prozessen korrelierende Daten. In einem kontrolliertem Prozess können Korrelationen vermieden und ein Versuchsplan generiert werden. Beispiel: Reibung erzeugt Eigenerwärmung. Dies kann durch externe Kühlung verhindert werden.



Wechselwirkungen

Eine Wechselwirkung ist die unterschiedliche Veränderung der Zielgröße bei gleichzeitiger Veränderung eines anderen Faktors. Die direkte Wirkung eines Faktors auf einen anderen bedeutet nicht automatisch, dass eine Wechselwirkung bezogen auf eine Zielgröße) vorhanden ist. Wechselwirkungen haben eine physikalische Ursache.



Wechselwirkungen werden insbesondere in der Intensitäts-Beziehungsmatrix im kritischen Feld angenommen.

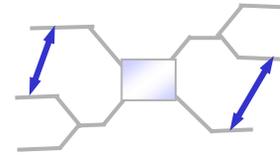
Querverbindung im Wirkdiagramm

Wenn diese **Wirkungen** darstellen:

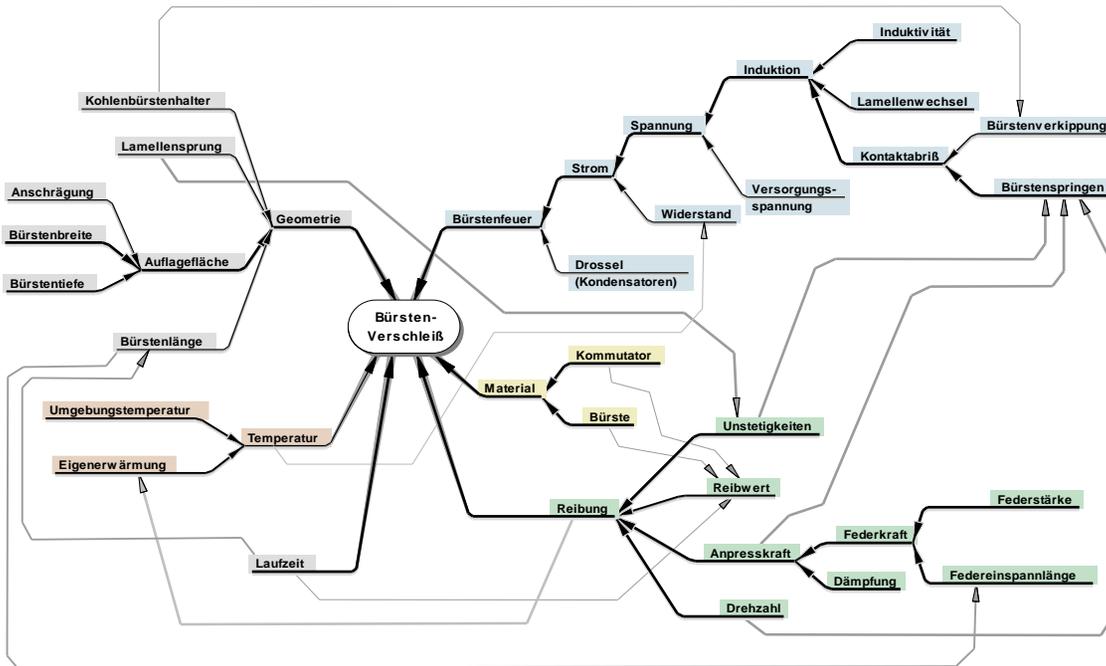
⇒ Weitere Analyse über Intensitäts-Beziehungsmatrix

Wenn diese als **Wechselwirkungen** definiert sind:

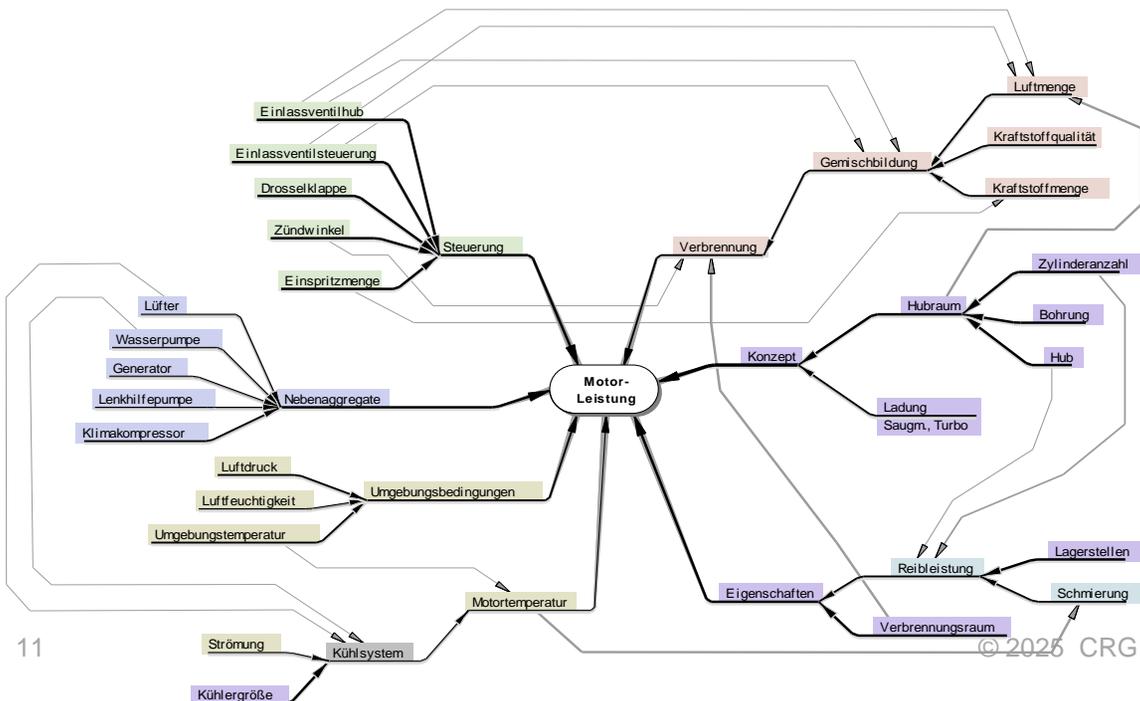
⇒ Direkte Umsetzung der Grafik in einem Versuchsplan



Beispiel Bürstenverschleiß (problemorientiert)



Beispiel Motorleistung (funktionsorientiert)



Welche Methoden sind am besten geeignet (Auswahl)?

■ Ishikawa (einfaches Fischgrätendiagramm)

Das [Ishikawa-Diagramm](#) ist ein Analysewerkzeug zur Visualisierung von Ursachen und deren Wirkungen (qualitative Betrachtung). Es soll eine erste Übersicht aufgestellt werden (z.B. aus einem Brainstorming).

Die Darstellung ist schnell erstellt und beinhaltet eine eindimensionale Darstellung ohne gegenseitige Abhängigkeiten. Die Anwendung ist insbesondere geeignet, wenn man noch verhältnismäßig wenig zu Beginn eines Projektes über das betroffene System weiß.

Die Teilnehmer benötigen keine speziellen Methodenkenntnisse.

■ Wirkdiagramm (erweiterte Darstellung mit Querbeziehungen)

Durch eine Weiterentwicklung des Ishikawa-Diagramms können physikalisch/technische Zusammenhänge gezielter im Zusammenhang dargestellt werden. Durch die Bewertung der Wirkstärken ist eine qualitative Betrachtung möglich. Gegenseitige Abhängigkeiten (Relationen) sind gut darstellbar und es kann aus einer Vielzahl von Einflüssen ein Ranking der wichtigsten Parameter gefunden werden. Sehr gute Voranalyse zur Erstellung einer DoE. Die Methode erfordert einen erfahrenen Moderator.

■ Intensitäts-Beziehungsmatrix

In der Intensitäts-Beziehungsmatrix werden die gegenseitigen Abhängigkeiten der genannten Einflussfaktoren beschrieben und gewichtet. Hiermit können wichtige von weniger bedeutenden Faktoren ermittelt werden.

Bei einer hohen Anzahl Faktoren nimmt die Anzahl zu bewertender Beziehungen quadratisch zu und kann oft nicht mehr in einem vertretbaren Zeitaufwand abgearbeitet werden. Diesen Nachteil kann man umgehen, wenn man die Vorinformation aus dem Wirkdiagramm mit Querverbindungen nutzt.

■ Fehlerbaumanalyse

Das Ziel ist es eine logische Verknüpfung von Fehlerpfaden und Ereignissen aufzuzeigen. Im Gegensatz zum Wirkdiagramm lassen sich hier boolesche Verknüpfungen darstellen (UND/ODER-Verknüpfungen). Es sollen die kritischen Pfade ermittelt werden.

Die Methode ist u.a. für alle techn. Systeme anwendbar, aber insbesondere für elektronisch/mechatronische Komponenten, Steuerungs- und Regelsysteme geeignet.

Ein Kriterium ist auch wenn im [Weibull-Diagramm](#) die Steigung Zufallsausfälle zeigt (siehe Weibull-Statistik). Es gibt also keine Zusammenhänge mit Alterung oder anderen Effekten. Der *Fehlerbaum* soll die zufälligen Bedingungen aufzeigen, die zum Ausfall führen.

Die Struktur der Fehlerursachen ist in der FTA gut überschaubar, auch ohne Angabe der Ausfallwahrscheinlichkeiten.

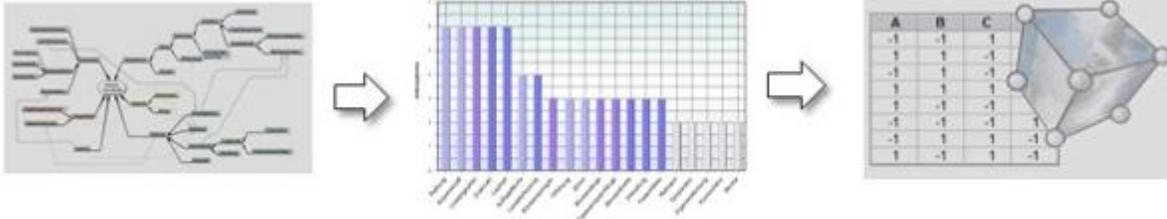
Gegenseitige Abhängigkeiten werden nicht dargestellt. Ableitung einer DoE ist schwierig (Begriffe und Titel sind meist nicht DoE-Parameterkonform).

Die Methode erfordert einen erfahrenen Moderator. Eine ausführliche Beschreibung finden Sie im Dokument

www.weibull.de/Fehlerbaumanalyse.pdf.

Gesamthafte Vorgehensweise

In der Praxis hat sich folgende Vorgehensweise bzw. Strategie zur Erstellung einer DoE als Best-Practice erwiesen, wie sie auch in [Visual-XSel](#) angeboten wird:



Wirkdiagramm mit Querverbindungen und Bewertung

Pareto-Auswertung der wichtigsten Faktoren

Erstellung der **DoE** aus den wichtigsten Faktoren

Als Vorbereitung für das Wirkdiagramm kann ein [Brainstorming](#) dienen. Nach der DoE erfolgt letztlich noch die Auswertung über eine Multiple Regression, um die wahren Wirkzusammenhänge zu ermitteln. Weitere Informationen über:

www.versuchsmethoden.de/Multiple_Regression.pdf

Danach erfolgt die Suche nach optimalen Einstellungen. Weitere Informationen hierüber gibt es unter:

Literatur - Weiterführende Beschreibungen

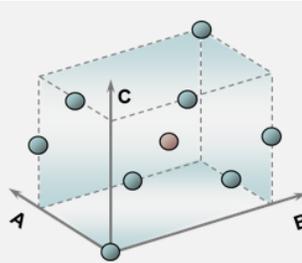
Ausführliche softwareunabhängige Beschreibungen zum Thema DoE und der dazugehörigen Auswertungen gibt es im

Taschenbuch der statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden

Definitive Screening Designs DSD

Sogenannte Definitive Screening Designs sind sehr neu von Jones und Nachtsheim entwickelte Versuchspläne mit sehr geringem Versuchsumfang.

Sie ermöglichen die Auswertung von quadratischen Modellen und basieren deshalb auf 3 Stufen. Zwischen den Hauptfaktoren untereinander und den quadratischen Termen gibt es keine Vermengung (orthogonal). Die Wechselwirkungen sind nicht zu 100% vermengt.



Nr	A	B	C	D
1	0	1	-1	-1
2	0	-1	1	1
3	-1	0	-1	1
4	1	0	1	-1
5	-1	-1	0	-1
6	1	1	0	1
7	-1	1	1	0
8	1	-1	-1	0
9	0	0	0	0

In der generischen Erzeugung dieser Versuchspläne (iterativ mit Hilfe der Determinante) ergibt sich regulär die Anzahl Versuche mit $n = 2^p + 2$. Manche Pläne, z.B. für $p=5$ sind dann allerdings teilweise zwischen den Hauptfaktoren vermengt. Hier müssen bis zu 3 Versuchszeilen ergänzt werden. Der Gesamtumfang ergibt sich somit zu:

$$n = 2^p + 2 + (1..3)$$

Alle Faktoren müssen durchgehend auf 3 Stufen sein und es lassen sich keine kategorialen Faktoren darstellen. Nachteilig ist auch, dass keine Auswertung aller möglichen



Weitere Informationen und Leseproben: crgraph.de/Literatur

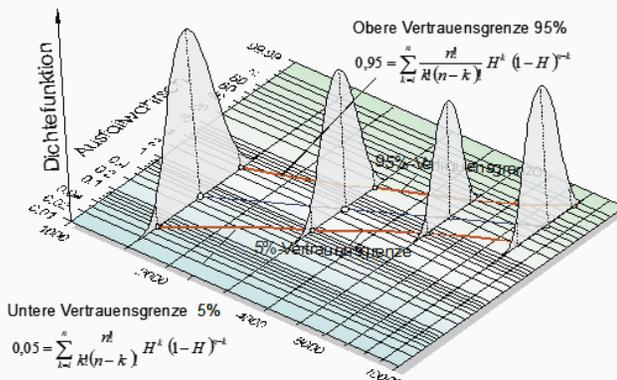
Speziell das Buch

Weibull & Zuverlässigkeitsmethoden

vertieft anwendungsbezogen die Statistiken und Methoden rund um Weibull und aller weitere Verteilungen. Die Versuchsplanung behandelt hier spezielle Lebensdauerfragen aufgrund unterschiedlicher Belastungen, Temperaturen, etc.

2.5.1 Vertrauensbereich der Weibull-Gerade

Bei der Weibull-Auswertung handelt es sich praktisch immer um eine Stichprobe. Die Gerade im Weibull-Diagramm entspricht also nur der Stichprobe. Je mehr Teile geprüft oder ausgewertet werden, desto mehr streuen die „Punkte“ um die Weibull-Gerade. Man kann statistisch eine Abschätzung über den Bereich der Grundgesamtheit machen. Hierfür wird ein sogenannter „Vertrauensbereich“ eingeführt. In der Regel gibt man diesen mit 90% an. Die obere Vertrauensgrenze entspricht dann einer Aussagewahrscheinlichkeit von $P_A=95\%$.



Weitere Informationen und Leseproben: crgraph.de/Literatur



Consulting & Schulungen

Bei unseren Inhouse- oder Online-Schulungen wird die praxisnahe Anwendung von statistischen Methoden vermittelt. Wir haben über 25 Jahre Erfahrung, insbesondere in der Automobilindustrie und unterstützen Sie bei Ihren Problemstellungen, führen Auswertungen für Sie durch, oder erstellen firmenspezifische Auswertevorlagen.



Weitere Informationen finden Sie unter:

crgraph.de/schulungen

Sie haben ein konkretes Qualitätsproblem, oder wollen ein Produkt effizient und zuverlässig entwickeln? Sie wollen keine Statistik-Software anschaffen, weil diese voraussichtlich zu selten gebraucht wird, oder weil zu wenig Zeit zur Einarbeitung vorhanden ist? Dann sind unsere Q-Support Pakete genau das Richtige:

crgraph.de/consulting



Hotline

Haben Sie noch Fragen, oder Anregungen? Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung:

Tel. +49 (0)8151-9193638

E-Mail: info@crgraph.de

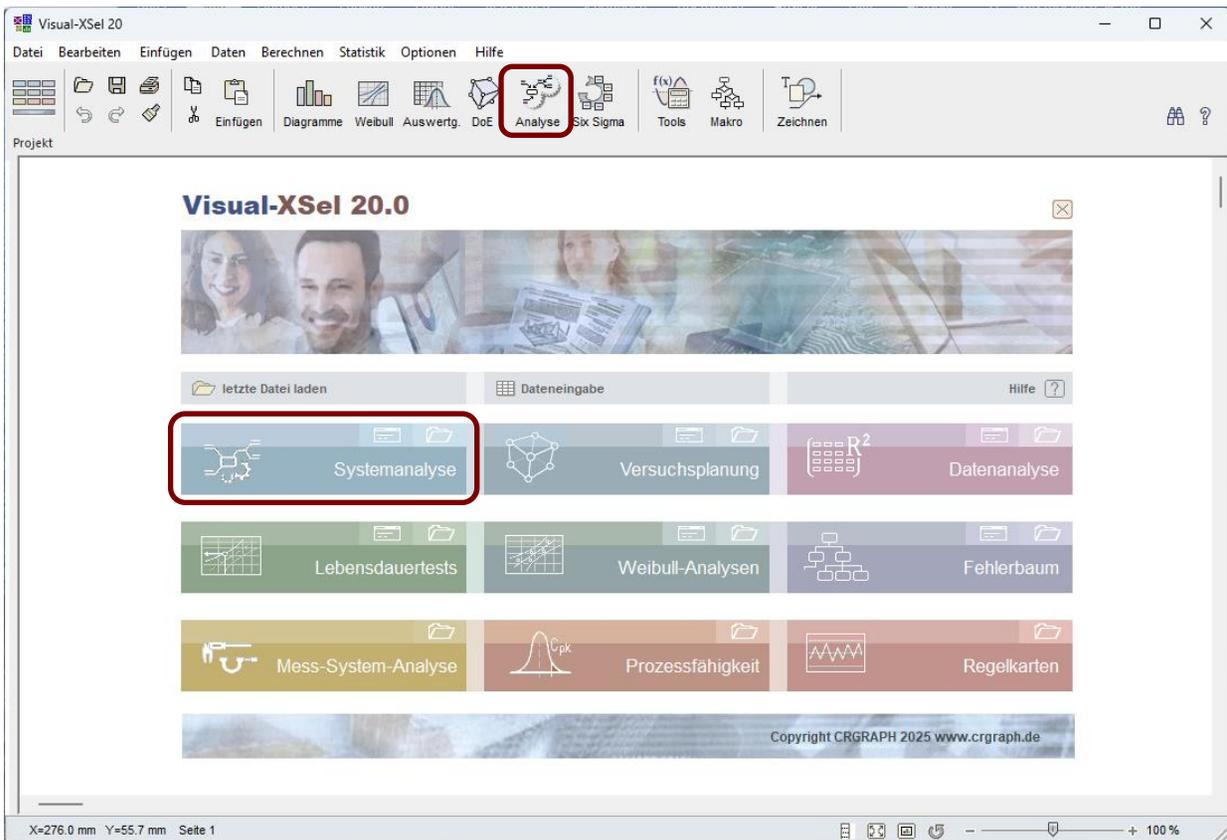
Besuchen Sie uns auf unserer Home-Page: www.crgraph.de



Anwendung in Visual-XSel

www.crgraph.de

Unsere Software **Visual-XSel** ist ein leistungsfähiges Tool für alle wichtigen statistischen Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmethoden. Verwenden Sie für den Einstieg die **Versuchsplanung** im Leitfaden (siehe auch crgraph.de/themen-index), oder die Ikone **DoE**.



Hier finden Sie eine Übersicht und Einstiegsvideos:

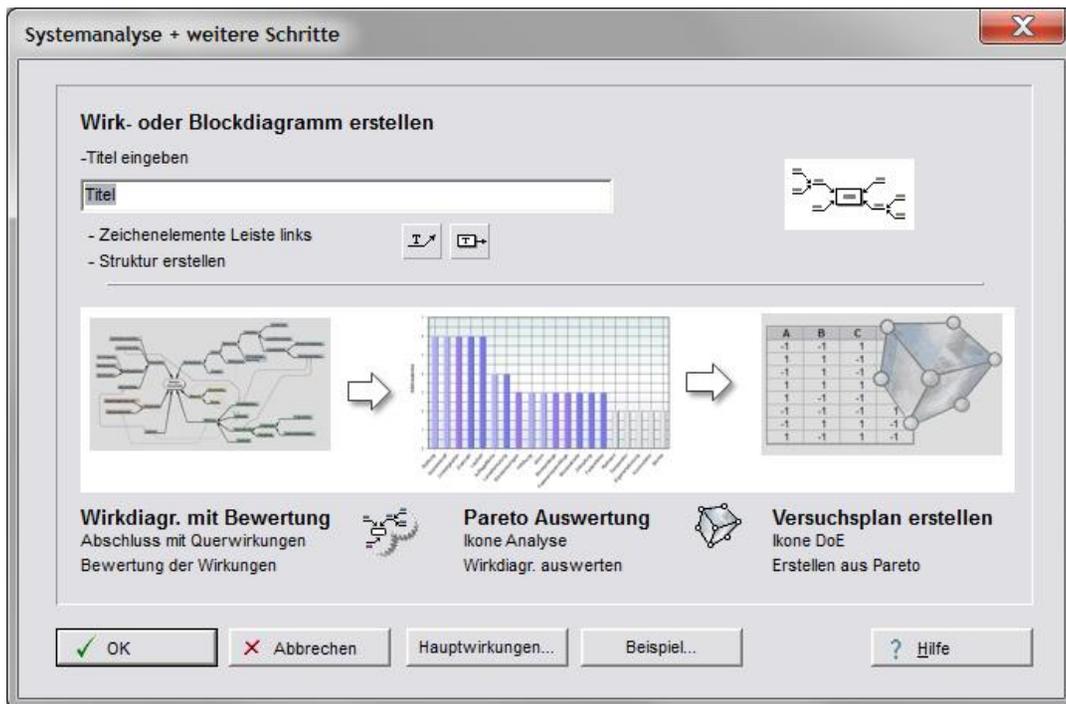
crgraph.de/visual-xsel-software/

Nicht umsonst ist diese Software in vielen namhaften Firmen im Einsatz:

crgraph.de/Referenzen.

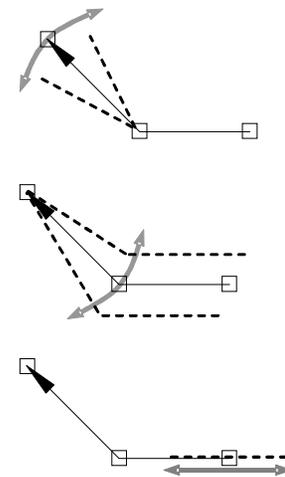
Die folgende Beschreibung ist eine Anleitung und Einführung in die Erstellung von Versuchsplänen in Visual-XSel.

Beim erstmaligen Einstieg empfiehlt sich den Leitfaden zu verwenden, der einen Überblick der darauffolgenden Schritte aufzeigt bis zur Erstellung eines Versuchsplans aufgeführt.

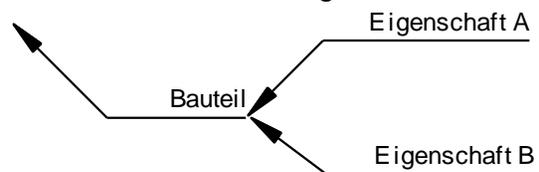


Zunächst wird ein Wirkdiagramm grafisch erstellt. Das zu behandelnde Thema, bzw. der Titel steht als Hauptblock in der Mitte oder beim Ishikawa-Diagramm rechts. Darum werden die Wirkungen angeordnet. Hierzu gibt es die Zeichenelemente, wie Textpfeil, Block-

Textpfeil und sowie einen Polygonpfeil (siehe Ikone Zeichnen). Im Gegensatz zu einem Pfeil, zeigt die Spitze des Textpfeils in Richtung des ersten Mausklicks. Der Knick in der Mitte ist an der Position, an der nach Ziehen der Maus diese losgelassen wird. Danach kann sofort ein Text eingegeben werden. Gibt es mehrere Textzeilen, so erscheinen diese unterhalb der Linie.



Die mittlere Clipmarkierung verändert die freie Position der Linie um den Drehpunkt der Spitze. Mit der linken Markierung kann die Zielposition der Spitze bestimmt werden. An der rechten Markierung wird die Breite der Linie verändert (nur in waagrechter Richtung möglich). Klickt man zwischen die Markierungen, so kann das gesamte Element verschoben werden. Im folgenden Beispiel sind die Eigenschaften A und B mit dem Bauteil logisch verknüpft. Die Spitzen müssen dabei in den Bereich rund um den Text „Bauteil“ zeigen. Verschiebt man nun das Element Bauteil, so „kleben“ die Eigenschaften an diesem fest und werden mit verschoben. Verschiebt man aber die Eigenschaften, so gilt das nicht in umgekehrter Richtung für das Bauteil. Maßgebend ist, welche Pfeile in ein

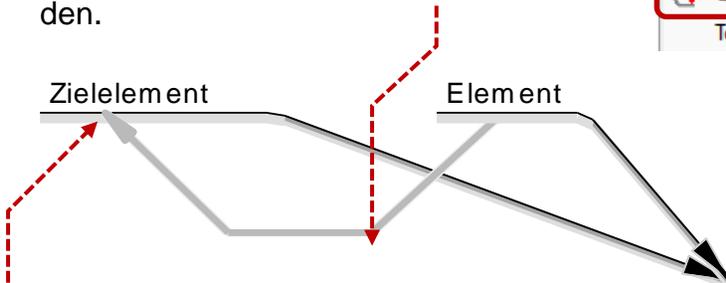
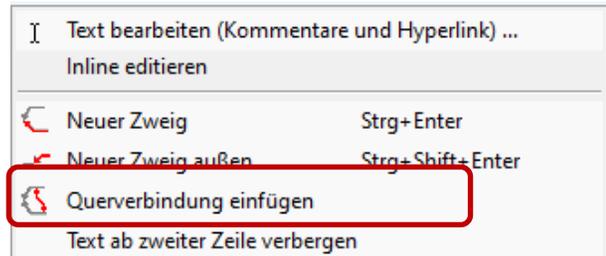


Element zeigen.

! **Tipp:** Will man das Element Bauteil alleine verschieben, so ist gleichzeitig die **Alt-Taste** zu drücken. Mit der Taste Strg+Enter können direkt neue Zweige eingefügt werden.

Querverbindung hinzufügen

Klicken Sie zuerst das Element an, von dem die Querverbindung ausgehen soll und wählen über die rechte Maustaste Querverbindung einfügen. Über einen Mausklick kann ein „Knick“ erzeugt werden.

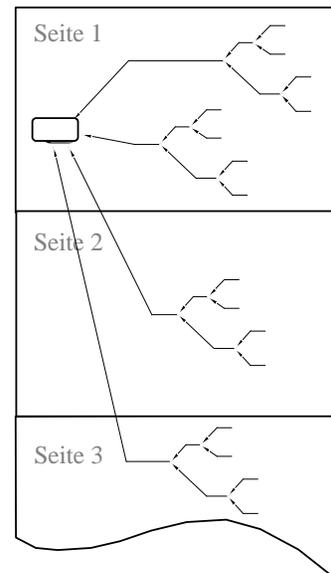


An anderen Stellen können weitere Knicke erzeugt werden. Durch einen Doppelklick ist am Zielelement die Querverbindung abzuschließen. Zu beachten ist hierbei, dass die Spitze im Bereich der waagrechten Linien, oder am Text herangeführt sein muss.

Nützliche Hinweise

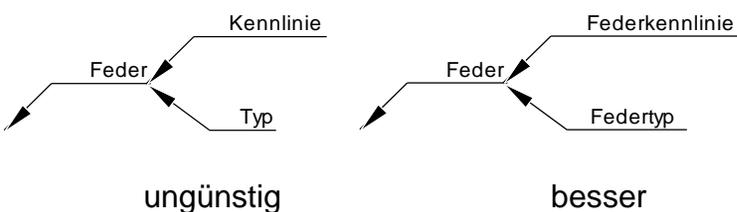
Darstellung von großen Wirkdiagrammen

In Visual-XSel ist das Blattformat für Wirkdiagramme A3 Querformat zu empfehlen. Für große Diagramme ist evtl. eine Aufteilung auf mehrere Seiten notwendig. Dabei ist es in Hinsicht auf den Ausdruck der Seiten sinnvoll, jeweils Hauptwirkungszweige auf folgende Seiten zu platzieren. Dies könnte etwa so aussehen wie rechts dargestellt.



Hinweise zur Benennung

Bei der Erzeugung der Intensitäts-Beziehungsmatrix oder einer direkten Übernahme in einem Versuchsplan ist es von Vorteil in den äußersten Blockpfeilen Titel zu verwenden, die eindeutig sind und Bezug zum Objekt haben (Parameter-Namen).



Verwenden Sie als Titel nicht Begriffe wie Montage oder Fertigung. Verwenden Sie die physikalischen Auswirkungen der Montage und Fertigung (z.B. Toleranzen) und ordnen diese den Merkmalen der Bauteile zu

Viele Querverbindungen

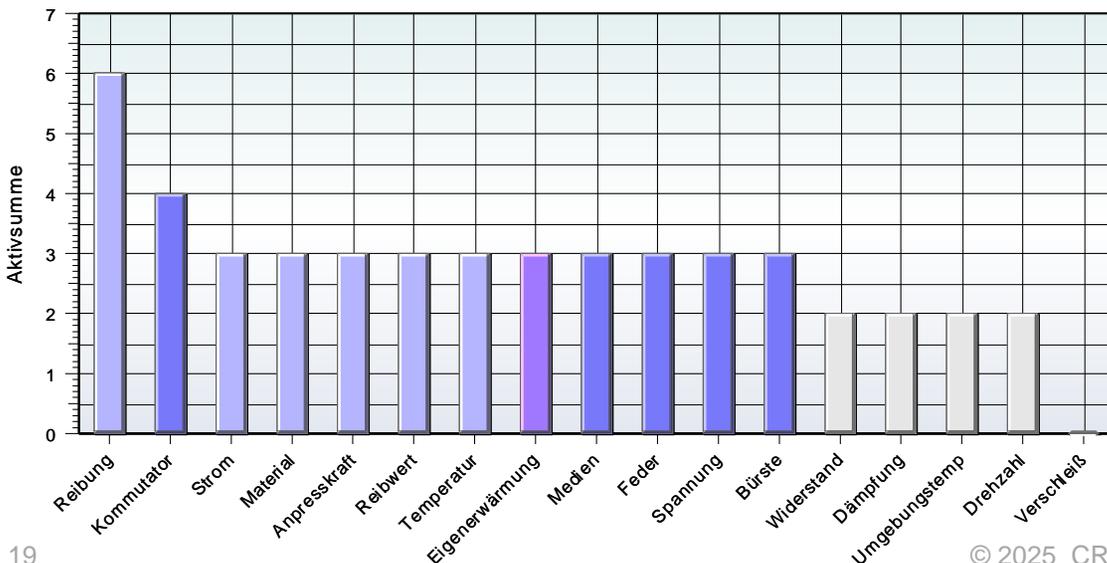
Aus Gründen der Übersichtlichkeit, hat sich als vorteilhaft herausgestellt Querverbindungen in grau darzustellen und diese in den Hintergrund zu stellen. Insbesondere, wenn sehr viele Querverbindungen vorhanden sind, entsteht ein dichtes Geflecht von Linien, das leicht unübersichtlich wird. Durch die graue Farbe bleiben die direkten Wirkungen der Blockpfeile im Vordergrund.

Pareto-Verteilung – Rangfolge der wichtigsten Parameter

Nach der Bewertung der Wirkungen kann direkt eine Auswertung der wichtigsten Parameter durchgeführt werden.

The screenshot shows a software interface with various analysis tools. A red box highlights the 'Analyse' tool in the top toolbar. Below it, another red box highlights the 'Auswerten' tool in a secondary toolbar. To the right, a dialog box titled 'Wirkdiagramm-Auswertung' is open, with a red box around the 'Pareto (Rangfolge der wichtigsten Parameter)' option, which is selected. Other options include 'Intensitäts-Beziehungsmatrix', 'Intensitäts-Beziehungdiagramm', 'Innerste und äußerste Wirkparameter als Liste ausgeben', 'Gliederung erstellen', and 'Aktionsliste erstellen'.

Wie in den Grundlagen bereits beschrieben, zeigt das entsprechende Pareto Diagramm in den Abstufungen von 4 Farben, welche Parameter unabhängig sind und für eine spätere Untersuchung, z.B. für eine DoE verwendet werden sollten (dunkel blaue):



Diese Art der Auswertung ist die schnellste Möglichkeit eine Auswahl zu treffen. In der folgenden sogenannten Intensitäts-Beziehungsmatrix erfolgt eine detailliertere Analyse.

Intensitäts-Beziehungsdiagramm aus Wirkdiagramm

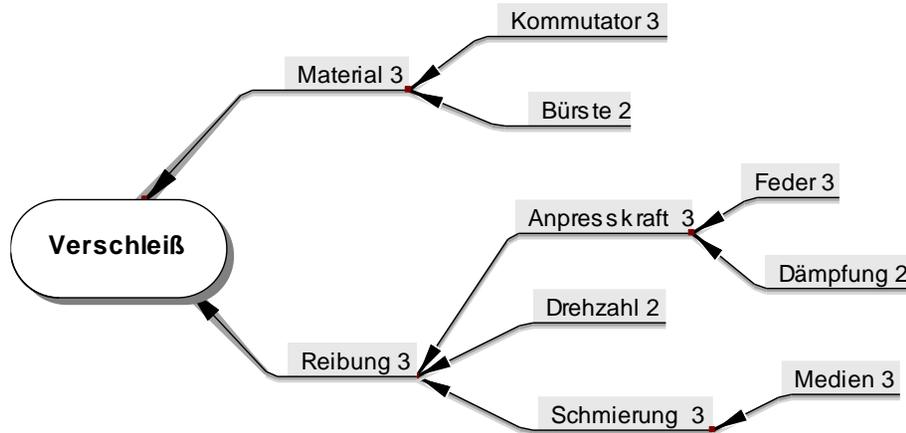


Aus den grafischen Darstellungen heraus kann eine Intensitäts-Beziehungsmatrix generiert werden (Ikone *Analyse* ⇒ es erscheint eine Dialogauswahl, was bereits für die Bewertung der Intensitäts-Beziehungsmatrix übernommen werden soll). Werden die Wirkungseingänge nur als helle Felder übernommen, so müssen nur für diese in der Tabelle Bewertungen vorgenommen werden. Es besteht die Möglichkeit deshalb bereits in der Grafik die Bewertungen einzutragen. Dies erfolgt entweder über eine Zahlenangabe hinter dem Titel, oder über die Definition durch Strichstärken (siehe auch hierzu die weiteren Beschreibungen auf der folgenden Seite).

Wirkung von auf ->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Strom	Widerstand	Spannung	Material	Bürste	Kommutator	Temperatur	Eigenerwärmung	Umgebungstemp	Reibung	Drehzahl	Anpresskraft	Dämpfung	Feder	Schmierung	Medien	Verschleiß	
1 Strom	■																	3
2 Widerstand	2	■																2
3 Spannung	3		■															3
4 Material				■														3
5 Bürste				2	■													5
6 Kommutator				3		■												3
7 Temperatur		1					■											3
8 Eigenerwärmung							3	■										3
9 Umgebungstemp							2		■									2
10 Reibung										■								2
11 Drehzahl										2	■							2
12 Anpresskraft										3		■						3
13 Dämpfung													■					2
14 Feder					3									■				6
15 Schmierung											3				■			3
16 Medien																■	3	3
17 Verschleiß																	■	0
	5	1	0	5	3	3	5	3	0	8	0	5	0	0	3	0	11	

An den Stellen, an denen Pfeile auf andere „Titel“ zeigen, wird hier ein weißes Feld erzeugt. Aber auch Querverbindungen von Parameter auf andere durch Pfeile oder Polygonpfeile generieren markierte Felder. Die Tabelle stellt eine Checkliste dar, damit jeder „Partner“ mit jedem anderen in Beziehung gebracht wurde. Bei einer größeren Anzahl Parameter wird der Aufwand dieses paarweisen Vergleiches jedoch sehr aufwendig. Mögliche Abhängigkeiten sollten deshalb eher im Wirkdiagramm bereits überprüft werden.

Wenn nach der Bewertung in der Tabelle noch mal Änderungen im Strukturdiagramm notwendig sind, werden durch das erneute Erzeugen der Intensitäts-Beziehungsmatrix die Einträge in der Tabelle gelöscht. Es ist deshalb sinnvoll die Bewertungen gleich in das Diagramm einzufügen. Die entsprechende einstellige Zahl ist mit Leerzeichen an das Ende der Titel zu schreiben (möglich ist auch in neue Zeile).



Diese Einträge werden dann jeweils in die Tabelle automatisch übernommen. Eine Angabe von Zahlen ist in den Querverbindungen jedoch nicht möglich. Deshalb gibt es vorzugsweise auch die Möglichkeit die Bewertung über die Strickstärke zu definieren (Standardeinstellung).

Klicken Sie auf den jeweiligen Blockpfeil oder auf die Querverbindung, die zu bewerten ist. Verwenden Sie die rechte Maustaste und wählen eine entsprechende Bewertung. Es gibt die Auswahl von Wert 0, 1, 2, 3 und als sehr hohe Wirkung die Stärke 5 (Strickstärke 1.0). Die Wirkung 0 ist sinnvoll, wenn es bei dem Wirkast nur um eine Struktur, oder einem Oberbegriff geht (z.B. Geometrie). Für die Auswertung ist dieser Ast dann nicht relevant, sondern nur seine Unterstruktur. Die besonders hohe Bewertung 9 sollte nicht verwendet werden und ist nur aus Gründen der Kompatibilität zum Verfahren 1,3,9 für andere Auswertungen aufgenommen worden.

Am schnellsten lässt sich die Wirkung über das Pop-up-Menü mit der rechten Maustaste auswählen.

Auch die Querverbindungen müssen auf die gleiche Weise bewertet werden.

Zum Schluss kann die Auswertung durch die gezeigte Pareto-Analyse, oder durch die Diagrammdarstellung der Intensitäts-Beziehungsmatrix erfolgen (siehe auch Menüpunkt

	Neuer Zweig am Ende	Strg+Shift+Enter
	Neuer Zweig an Spitze	Strg+Enter
	Querverbindung einfügen	
	Bearbeiten Text	Taste Pos1 oder Ende
	Text ab zweiter Zeile verbergen	
	Auswahl Wirkungen...	
<hr/>		
	0 Bewertung keine (nur Struktur)	
	1 Bewertung niedrig	
	2 Bewertung mittel	
	<input checked="" type="checkbox"/> 3 Bewertung hoch	
	5 Bewertung sehr hoch	
	9 Bewertung besonders hoch	
<hr/>		
	Alle Querverbindungen markieren	
	Noch nicht bewertete markieren	
	Bewertungszahlen einblenden	
	Gliederung erstellen	

„Noch nicht bewertete markieren“). Um dieses Diagramm zu erstellen, ist die Ikone *Analyse* erneut zu klicken *Intensitäts-Diagramm* zu wählen. Änderungen in der Matrix wirken sich auf das Diagramm im Hauptfenster erst aus, wenn der Menüpunkt *Diagramm/ Diagramm update* gewählt wird.

Erstellung eines Versuchsplanes



Aus dem Wirkdiagramm oder dem Intensitäts-Beziehungsdiagramm kann direkt ein Versuchsplan erstellt werden. Durch die Ikone *Experiment* erscheint folgende Auswahl.

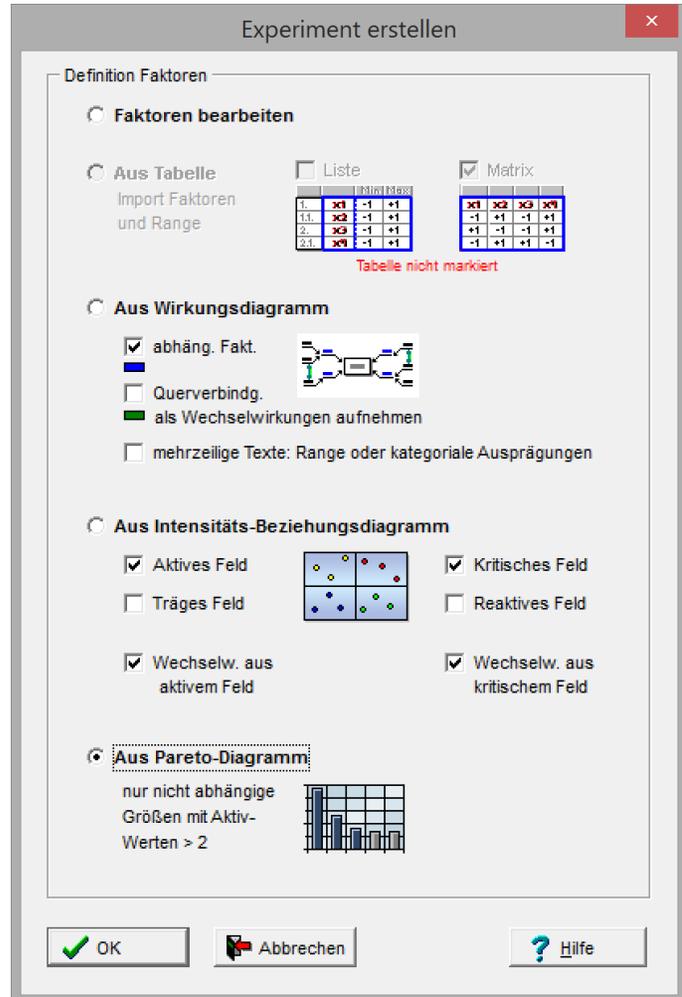
Import externer DoE



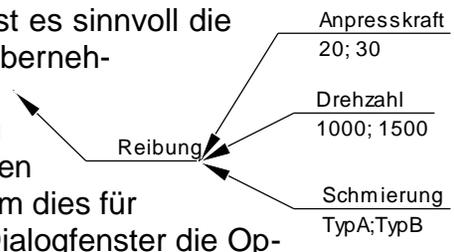
Es können auch Faktoren aus der Tabelle eingelesen werden um z.B. Versuchspläne aus anderen Anwendungen zu importieren. Mit dieser Option lässt sich aber auch aus einer Gliederung eines Wirkdiagramms eine nachträglich editierte Faktorenliste übernehmen. Dabei geht aber die Möglichkeit verloren, systematisch unwichtige Faktoren zu reduzieren.

Erstellung aus Wirkdiagramm

Wird der Versuchsplan aus einem Wirkdiagramm erstellt, so können Querverbindungen direkt als Wechselwirkungen übernommen werden. Beachten Sie dabei unbedingt den Unterschied zwischen Wirkungen (Abhängigkeiten) und Wechselwirkungen (siehe Teil 1). In der späteren Dialogbox Experiment erscheint unter Design/Modell dann Wechselwirkungen. In der tabellarischen Auflistung befinden sich nur die Paare, die durch die Grafik verbunden sind. Drücken Sie die Option Wechselwirkung hier nochmals, so werden alle möglichen Kombinationen an Wechselwirkungen erzeugt. Dies trifft auch zu, wenn dort das Modell Quadratisch gewählt wird. Deshalb sollte schon in dem hier dargestellten Dialogfenster Quadratisch angeklickt werden, um nur die quadratischen Terme ohne vollständige Wechselwirkungen zu übernehmen.

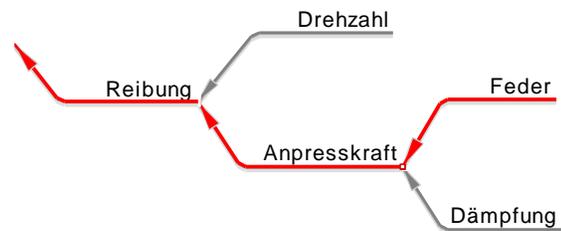


Wenn sich in der Struktur Änderungen ergeben, so ist es sinnvoll die Wertebereiche der Faktoren gleich in die Grafik zu übernehmen (siehe Beispiel rechts). Diese sind in einer neuen Zeile unter dem Titel getrennt mit Semikolon zu schreiben (ohne Einheiten). Angaben, die nicht Zahlen sind, werden als kategoriale Faktoren interpretiert. Um dies für den Versuchsplan zu übernehmen ist zusätzlich im Dialogfenster die Option „mehrzeilige Texte: Range oder kategoriale Ausprägungen“ zu wählen. Zu beachten ist, dass bei Aufnahme abhängiger Faktoren sich diese später evtl. nicht frei einstellen lassen. Sinnvoll sind diese Faktoren deshalb nur, wenn sich die Wertebereiche im Versuch entsprechend verändern lassen, oder simuliert werden können.

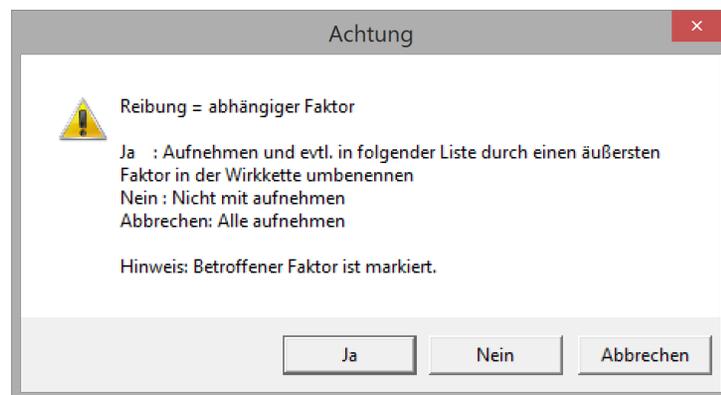


Erstellung aus Intensitäts-Beziehungsdiagramm

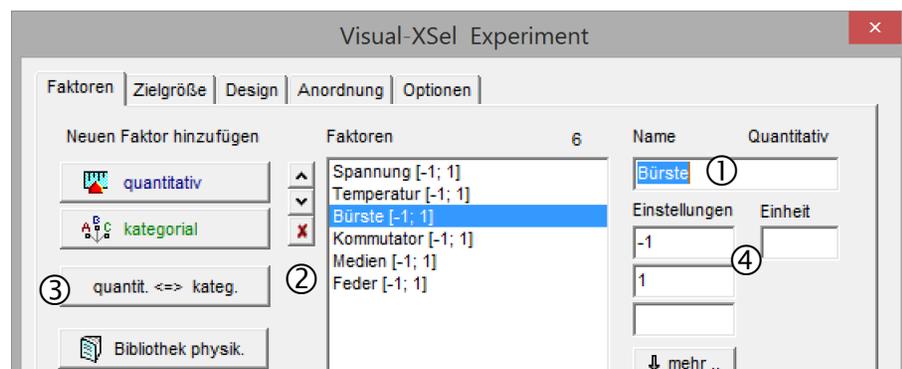
Bei Erstellung eines Versuchsplans aus dem Intensitäts-Beziehungsdiagramm gibt es die meisten Eingriffsmöglichkeiten. Standardmäßig sind nur die Faktoren aus *Aktivem* und *Kritischem* Feld gewählt. Hierdurch ergibt sich eine sinnvolle Reduzierung der Faktorenanzahl. Zunächst befinden sich in der Auswahl der Faktoren evtl. auch abhängige Faktoren, die durch andere bestimmt werden oder Kategorien darstellen. Nacheinander wird abgefragt, welcher Faktor übernommen werden soll. Im folgenden Beispiel ist der Überbegriff Reibung im aktiven Feld und wäre zu übernehmen. Da aber weitere Bestandteile, wie die Anpresskraft, ebenfalls enthalten sind (deshalb rot markiert), ist die Reibung nicht notwendig.



Bei einer falschen Auswahl können aber die Faktoren später im Dialogfenster der Versuchsplanung noch geändert ① oder gelöscht werden ②. Ist die Bürste im Sinne von eines Materialtyp übernommen worden, so stellt dieser einen kategorialen Faktor dar. Dies kann über die Taste ③ umgestellt werden. Nach vollständiger Aufnahme der Faktoren müssen noch die Wertebereiche bzw. Ausprägungen definiert werden ④.

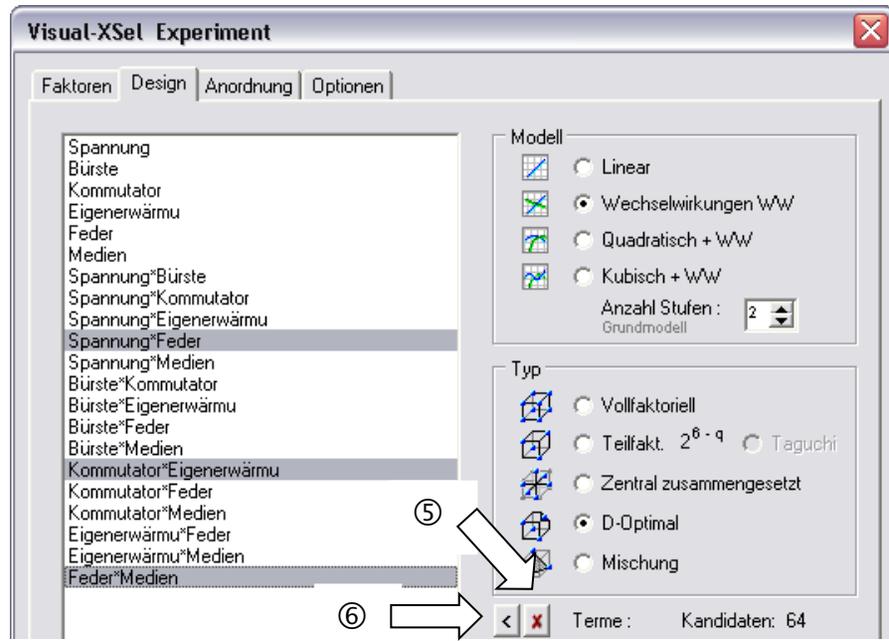


Sind nur *Wechselwirkungen aus kritischem Feld* gewählt, so werden alle „Partner“ des kritischen



Feldes untereinander, aber auch kritische mit den Faktoren aus dem aktivem Feld aufgenommen. Wechselwirkungen der aktiven Faktoren untereinander sind unberücksichtigt. Da diese aber eine hohe Aktivsumme haben, ist zu erwarten, dass auch hier Wechselwirkungen zwischen den „Aktivfaktoren“ existieren. Unter der Rubrik *Design* können dafür technisch/ physikalisch nicht sinnvolle Wechselwirkungen manuell entfernt werden ⑤, siehe nächste Seite.

Durch die Pfeiltaste *Modellterme* < ⑥ hinzunehmen, können nicht (mehr) vorhandene Wechselwirkungen (wieder) aufgenommen werden. Wählen Sie hierzu nach Anklicken der Pfeiltaste die Faktor-Partner in der dann erscheinenden Auswahl aus und klicken erneut die Pfeiltaste. Sind beide Faktorentitel gleich, so erzeugt man einen quadratischen Term, z.B. Feder².

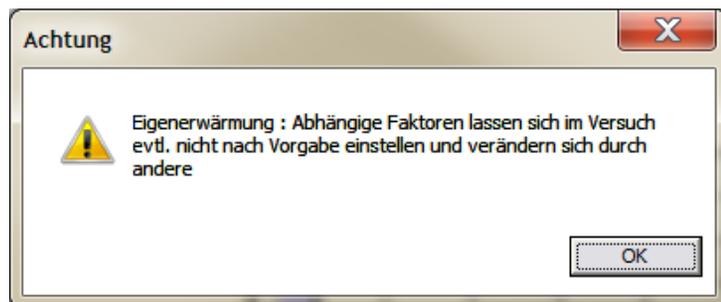


Erstellung aus Pareto-Diagramm

Hier werden die unabhängigen dunkelblauen dargestellten Parameter aus dem Pareto-Diagramm direkt übernommen. Siehe hierzu vorhergehenden Abschnitt *Pareto – Rangfolge der wichtigsten Parameter*. Dabei werden zur Reduzierung auf die wichtigen Einflüsse nur die übernommen, mit einer Aktivsumme > 2 (fest eingestellt).

Für den Fall, dass Parameter zwar am äußersten Rand keine weiteren Eingangsäste haben, aber durch Querverbindungen durch andere abhängig sind, wird dies angezeigt.

Diese Methode ist die schnellste und einfachste Möglichkeit zur Übernahme der Parameter bzw. Faktoren in eine DoE unter Berücksichtigung der Bewertungszahlen. Das nachträgliche Ändern und Editieren der Faktoren und Wechselwirkungen kann, wie in den vorherigen Abschnitten beschrieben, durchgeführt werden.



Weiterführende Beschreibungen zu DoE sind in

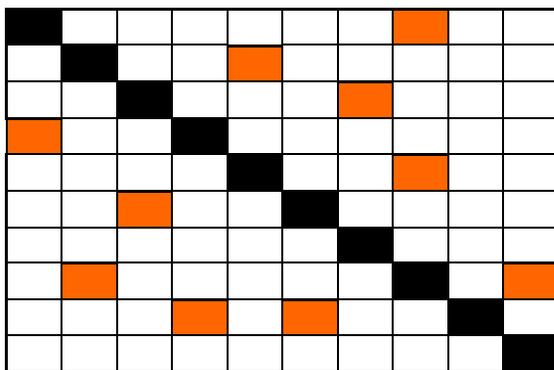
www.versuchsmethoden.de/Versuchsplanung.pdf

zu finden.

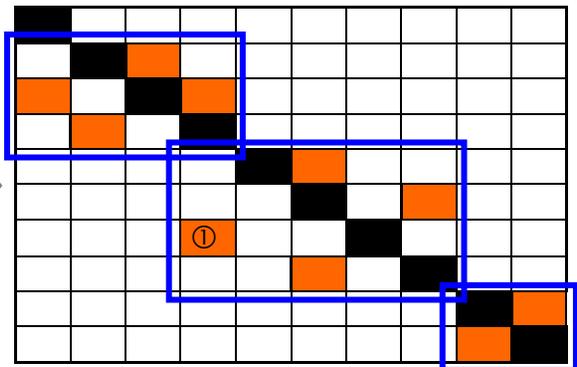
Über diese beschriebene Vorgehensweise lassen sich effektiv die wichtigen von unwichtigen Einflüssen trennen. Bei der Aufwandsreduzierung von Versuchsplänen ist es möglich, die Faktoren mit dem wahrscheinlich geringsten Einfluss herauszulassen. Die Ausgangstabelle für die Erzeugung eines Versuchsplanes ist immer $\#nt$, unabhängig davon, ob die Intensitäts-Beziehungsmatrix durch ein Wirkdiagramm generiert wurde, oder eine eigenständig bearbeitete Tabelle ist. Die Umbenennung der Tabellenseite erfolgt durch einen Doppelklick auf den entsprechenden Tabben unten in der Tabelle.

Gruppenbildung von Parametern aus Intensitäts-Beziehungsmatrix

Insbesondere bei der Auflistung von Parametern aus einem Brain-Storming und Bildung einer Intensitäts-Beziehungsmatrix ohne vor geschaltetes Wirkdiagramm ergeben sich unstrukturiert verteilte „Wirkungsfelder“ (rote Felder Wirkung >0 , siehe linke Matrix). Die Frage ist, ob sich durch eine bessere Anordnung der Parameter bzw. deren Reihenfolge zusammengehörige Gruppen finden lassen. Dies hat eine große Bedeutung um herauszufinden, welche Gruppen evtl. für sich alleine z.B. durch Versuchspläne untersucht werden können.



Intensitäts-Beziehungsmatrix Ausgangsmatrix



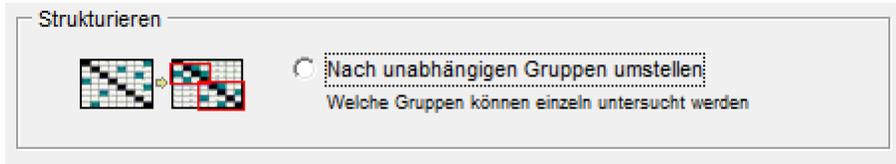
Titel in Reihenfolge so angeordnet, dass möglichst unabhängige Gruppen entstehen



Mit Hilfe der Clusteranalyse können möglichst zusammenhängende unabhängige Gruppen gebildet werden (eingerahmt in rechter Tabelle). Ziel ist es, damit Untersuchungen in kleineren Einheiten durchzuführen, die wegen ihres geringeren Umfangs leichter zu beherrschen sind.

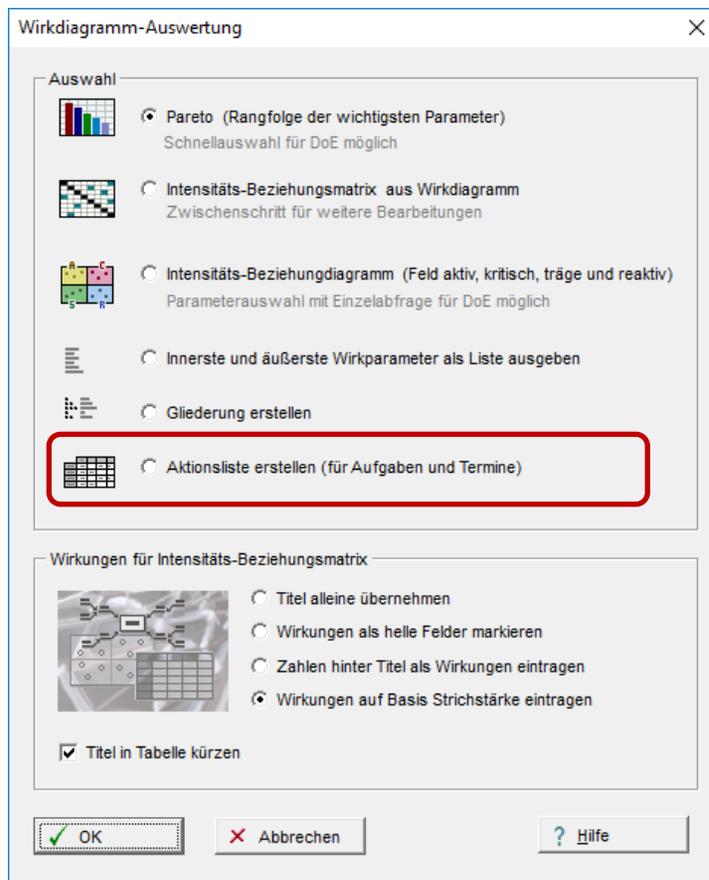
Natürlich gibt es real immer Überschneidungen. Das bedeutet aber nur, dass einige Parameter in verschiedenen Einzeluntersuchungen gleichzeitig zu berücksichtigen sind. Zum Beispiel hat die Temperatur sowohl auf die Gruppe oben links, als auch auf die in der Mitte eine Wirkung (Feld ① in der mittleren Gruppe).

Zur Durchführung dieser Gruppenbildung ist die Ikone *Analyse* und der Menüpunkt *Intensitäts-Beziehungsmatrix / Nach unabhängigen Gruppen umstellen* zu wählen, wenn das aktuelle Tabellenblatt die Ausgangs-Intensitäts-Beziehungsmatrix zeigt. Nach der Umstellung der Reihenfolge, sieht die Beziehungsmatrix optisch völlig anders aus als vorher (Das Ergebnis steht in Tabellenblatt „IntGroup“). Das Erzeugen des Intensitäts-Beziehungsdiagramms muss aber aus beiden vor und nach der Umstellung das gleiche Bild ergeben. Als konkretes Beispiel dient die Datei *Beispiel_Intensitätsmatrix_Groupen.vxg*.



Erstellung einer Aktionsliste aus dem Wirkdiagramm

Das Wirkdiagramm ist auch eine ideale Darstellung für zu untersuchende Systeme und die daraus abgeleiteten Arbeitsschritte. Über die Ikone *Analyse / Wirkdiagramm auswerten* kann eine Liste von Arbeitspunkten generiert werden.



Die Reihenfolge dieser Liste ist so aufgebaut, wie beim Erzeugen einer Gliederung. Damit sind auch die grundsätzlichen Strukturen der Hauptäste abgebildet. Die Titel sind in der ersten Spalte durchnummeriert. Die weiteren Spalten können frei definiert werden und sind mit den Rubriken *Priorität*, *Untersuchung*, *Verantwortlich*, *Termin* und *Ergebnis/ Bemerkung* vorbelegt.

Die Priorität wird optional gebildet aus der Bewertung der Intensitäts-Beziehungsmatrix. Hierzu muss diese neu aufgebaut oder aktualisiert werden. Vorteilhaft ist hierbei, wenn Wirkungen bereits mit Strichstärken definiert sind. Aus der Intensitäts-Beziehungsmatrix ergeben sich Aktiv- und Passivsummen. Hiermit wird ein Gewichtungsfaktor gebildet: $\text{Gewichtungsfaktor} = 3 \cdot \text{Aktivsumme} + \text{Passivsumme}$. Daraus ergibt sich eine

zahlenmäßige Rangfolge der Titel. Der mit dem höchsten Gewichtungsfaktor erhält die Priorität 1, der nächst niedrigere die Priorität 2 usw. Damit kann auch die zeitliche Reihenfolge der Untersuchungen festgelegt werden. Als Beispiel ist die folgende Aktionsliste dargestellt.

	A	B	C	D	E	F	
1	Nr.	Titel	Prio	Untersuchung	Verantwortlich	Termin	Ergebnis/Bemerkungen
2	1	Spannung	7				
3	2	Spannungsspitzen	10	Messung am Prüfstand A	Müller	tt.mm.jj	
4	3	Bordspannung	3	Messung am Prüfstand A	Müller	tt.mm.jj	
5	4	Temperatur	7				
6	5	Temp_Differenzen	10	Messung im Fahrzeug	Schmidt	tt.mm.jj	
7	6	Temp_Zyklus	10	Messung im Fahrzeug	Schmidt	tt.mm.jj	
8	7	Temp_Umgebung	10	Messung im Fahrzeug	Schmidt	tt.mm.jj	
9	8	Geometrie	9				
10	9	Kräfte	8	Berechnung / Simulation	Maier	tt.mm.jj	
11	10	Stecker	10				

Import eines Wirkdiagramms über eine Gliederung

Über den Zwischenschritt einer Gliederung können aus beliebigen fremden Anwendungen Mindmaps oder Strukturen übertragen werden. Nach dem Einlesen der Gliederung ist der Menüpunkt *Analyse – Wirkdiagramm aus Gliederung erstellen* zu wählen

The image shows a software interface with a menu bar and a dialog box. The menu bar includes icons for 'Wirkdiagr.', 'Auswerten', 'Intensität', 'FTA', and 'RGB'. The 'Wirkdiagr.' icon is highlighted with a red box. A dropdown menu is open under 'Wirkdiagr.', showing options: 'Wirkdiagramm neu - Leitfaden ...', 'Wirkdiagramm aus Gliederung erstellen' (highlighted in blue), 'Wirkdiagramm aus FTA erstellen', 'Gliederung aus Wirkdiagramm erstellen', and 'Grundlagen + Programmbeschreibung ...'. To the right, a dialog box titled 'Neue Struktur' is open. It has two sections: 'Aufteilung' with radio buttons for 'Links und rechts' and 'nur nach rechts' (selected), and 'Positionierung' with radio buttons for 'bisheriges überschreiben' and 'auf nächste Seite' (selected). A note at the bottom says: 'Hinweis: Verschieben von Zweigen über Pfeilmitte, oder gesamthaft über Haupttitel.' There are 'OK' and 'Abbruch' buttons at the bottom.

Es besteht die Möglichkeit die Struktur beidseitig oder nur nach rechts anzuordnen. Letztere Option bietet sich an, um Teilstrukturen an eine bereits bestehende nachträglich „anzudocken“ (manuelle Verschiebung an gewünschtem Ast. Beachten Sie unbedingt die Hinweise unten im Dialogfeld!

Erstellen einer Intensitäts-Beziehungsmatrix aus einer Gliederung

Liegen bereits Parameter-Listen oder Gliederungen vor, so können diese Titel als Parameter für die Intensitäts-Beziehungsmatrix übernommen werden. Nach Markierung des entsprechenden Tabellenbereiches wird hierzu die Ikone *Analyse* und der Menüpunkt *Wirkdiagramm-Struktur/Erstellen aus Gliederung* verwendet. Bei einer Liste werden Einrückungen, bei einer Gliederung die Nummerierung als Wirkstruktur interpretiert. Folgendes Beispiel:

Gliederung		Liste mit Einrückungen
1.	Strom	Strom
1.1.	Widerstand	Widerstand
1.2.	Spannung	Spannung
2.	Reibung	Reibung
2.1.	Schmierung	Schmierung
2.1.1.	Medien	Medien



	St	Wi	Sp	Re	Sch	Me
Strom						
Widerstand						
Spannung						
Reibung						
Schmierung						
Medien						

Zunächst wird eine quadratische Matrix generiert mit gleichen Titeln in der ersten Zeile. Aufgrund der Gliederung oder durch Einrückungen erscheinen helle Felder (jedes Leerzeichen wird als Unterebene gesehen). Wie beim Wirkdiagramm sind hierdurch bereits die Wirkungen *von auf* hervorgehoben und müssen mit Werten belegt werden.

Import aus anderen Anwendungen

Bereits bestehende Grafiken oder Gliederungen können in Visual-XSel u.U. weiterverwendet werden. Die Basis der Datenübertragung ist jeweils eine Gliederung im Textformat. Für die wichtigsten Programme sind zunächst folgende Schritte durchzuführen:

Import der Gliederung aus Visio

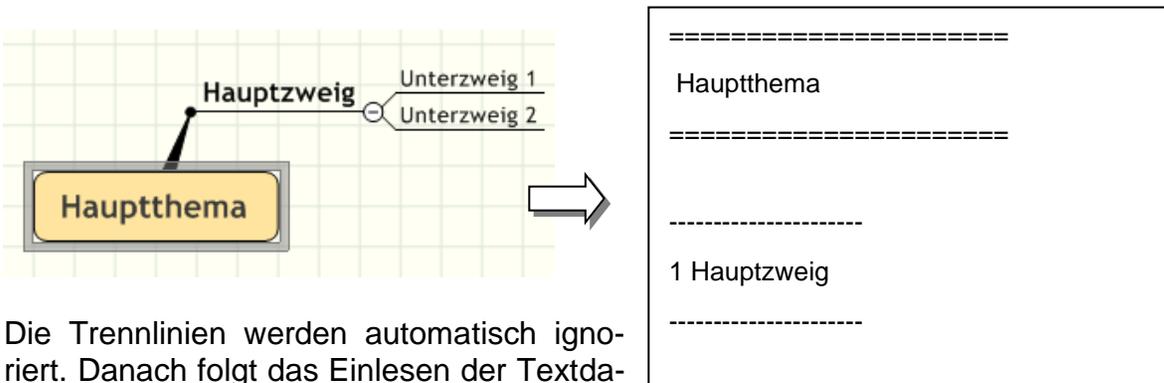
Mindmaps können in Visio über den Menüpunkt *Brainstorming* exportiert werden. Verwenden Sie den Export nach Word.

Lesen Sie die entsprechende Datei in Word ein und gehen Sie dabei wie im Kapitel *Import von allgemeinen Gliederungen* vor (weiter unten). Evtl. sind nicht alle Ebenen korrekt formatiert. Im dritten Schritt sehen Sie, wie diese geändert werden können. Danach folgt das Einlesen der Textdatei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Import aus MindManager

Sehr verbreitet für Strukturdiagramme ist der MindManager. Grafiken hieraus lassen sich als Text (Unicode) exportieren. Verwenden Sie hierzu den Menüpunkt *Datei/Speichern unter...* und wählen als Dateityp „*Gliederung – Plain Text*“.

Folgendes Beispiel:



Die Trennlinien werden automatisch ignoriert. Danach folgt das Einlesen der Textda-

tei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Import aus IQ-FMEA®

IQ-FMEA ist ein mächtiges Tool, indem auch Wirkdiagramm erstellt werden können. Ein direkter Export als Textdatei ist allerdings nur über dem Umweg als HTML-Datei möglich (zunächst Übertragung z.B. in Word und wiederum abspeichern im Format [Nur Text *.txt]. Danach folgt das Einlesen der Textdatei in Visual-XSel innerhalb der Tabelle (Menüpunkt Datei). **Vorsicht:** Das Übertragen per Zwischenablage wird nicht empfohlen, da Gliederungen z.B. mit zwei Zahlen getrennt durch einen Punkt als Datum interpretiert werden!

Import von allgemeinen Gliederungen

Bevor eine Gliederung in Visual-XSel eingelesen werden kann, sind einige Schritte mit Hilfe von Word® durchzuführen..

1. Struktur definieren oder Datei einlesen

Beispiel:

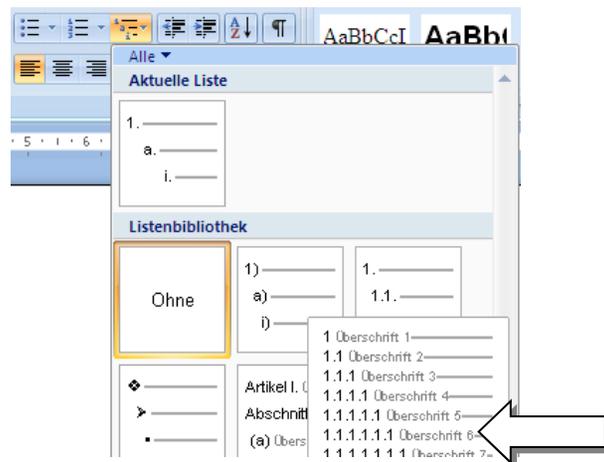
Titel
Konstruktion
Bauteil 1
Bauteil 2
Material
Bauteil A
Bauteil B

Wichtige Hinweise: Wenn der Titel fehlen sollte, dann hier nachtragen, ansonsten gibt es kein Element in der Mitte, bzw. der erste Ast Konstruktion wird sonst in die Mitte genommen. Darüber liegende leere Zeilen sind zu löschen.

2. Als Ebenen formatieren

Den Text unterhalb von Titel markieren und als Ebenen formatieren.

Titel
Konstruktion
Bauteil 1
Bauteil 2
Material
Bauteil A
Bauteil B



3. Ebenen ändern

Evtl. sind manche Einträge nicht in der richtigen Ebene.
Klicken Sie den entsprechenden Text an und verwenden die rechte Maustaste.

4. Abspeichern der Datei

Die Datei mit einem beliebigen Namen aber im Format

[Nur Text *.txt] abspeichern.
Nicht vergessen Word zu schließen, ansonsten kann die Datei von Visual-XSel nicht geöffnet werden.

