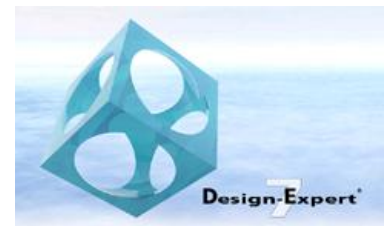


Zweistufige faktorielle Pläne (Two Level Factorial)

Behandelte Software: Design Expert 7.11



Autoren: Stat-Ease Inc.



Übersetzung: Bertram Schäfer

STATCON B. Schäfer
Schulstr. 2
D – 37213 Witzenhausen
Tel.: +49 5542 93300
Fax: +49 5542 933030
E-Mail: vertrieb@statcon.de
Web: www.statcon.de



Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe.
Die gewerbliche Nutzung der in diesem Handout gezeigten Modelle und Arbeiten ist nicht zulässig.
Kein Teil dieses Werkes darf ohne die schriftliche Genehmigung des Autoren in irgendeiner Form, auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung,
reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.
Copyright © 2007 Fa. STATCON B. Schäfer, Witzenhausen und Stat-Ease, Inc.
Der Autor übernimmt für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch eine Haftung.

Tutorial: Zweistufige faktorielle Pläne (Teil 1 – Basis)

Einführung

Dieses Tutorial zeigt, wie mit Design Expert® zweistufige faktorielle Versuchspläne aufgestellt und ausgewertet werden. Diese Pläne sind hilfreich, wenn viele Einflussgrößen untersucht werden und die wenigen wichtigen Faktoren identifiziert werden sollen. Auch Wechselwirkungen zwischen den Faktoren können aufgezeigt werden. Falls Sie das Tutorial „Allgemeine faktorielle Pläne“ noch nicht gelesen haben, so empfehlen wir Ihnen, dies jetzt zu tun. In diesem Tutorial wird die Kenntnis einiger Verfahren, die dort beschrieben sind, und von Design Expert® vorausgesetzt.

Die Daten, die wir jetzt analysieren werden, stammen aus dem Lehrbuch *Design and Analysis of Experiments*, von Douglas Montgomery, veröffentlicht bei John Wiley and Sons, New York. Ein Hersteller von Wafern muss sofort die Konzentration von Formaldehyd verringern, das als Hilfsmittel in einem Filtrationsprozess eingesetzt wird. Sonst wird die Firma von Aufsichtsbehörden geschlossen. Um ihre Optionen systematisch zu untersuchen, setzen die Prozessingenieure ein vollfaktorielles zweistufiges Design mit den Schlüsselfaktoren ein. Dabei untersuchen sie die Formaldehyd-Konzentration auf ihrem jetzigen Stand und auf einem akzeptablen niedrigerem Wert.

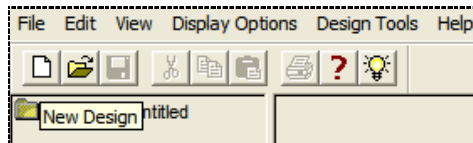
Factor	Units	Low Level (-)	High Level (+)
A. Temperature	deg C	24	35
B. Pressure	Psig	10	15
C. Concentration	Percent	2	4
D. Stir Rate	Rpm	15	30

Faktoren und Stufen für das vollfaktorielle Beispiel-Design

Für jede Kombination dieser Faktorstufen messen die Experimentatoren die Filtrationsrate. Das Ziel besteht darin, Einstellungen zu finden, die die Filtrationsrate maximieren und dabei eine Verringerung der Formaldehyd-Konzentration, Faktor C, ermöglichen. Diese Fallstudie zeigt Ihnen viele Features zweistufiger Designs in Design-Expert. Es wird Ihnen dabei helfen, ein Power-User zu werden. Lassen Sie uns beginnen!

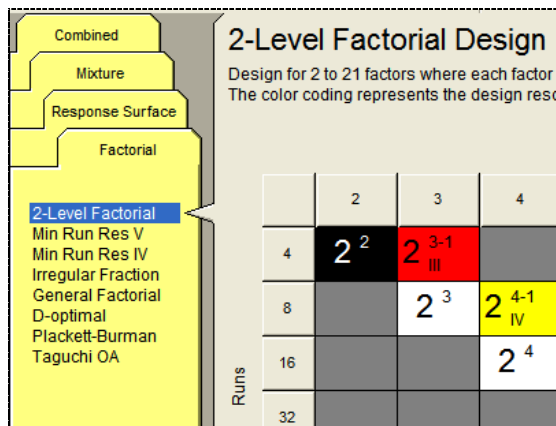
Design des Experiments

Starten Sie das Programm durch Doppelklick auf das Design-Expert Icon. Klicken Sie auf das Icon für ein leeres Dokument / am linken Ende der Symbolleiste (oder wählen Sie „New Design“ im File-Menü).



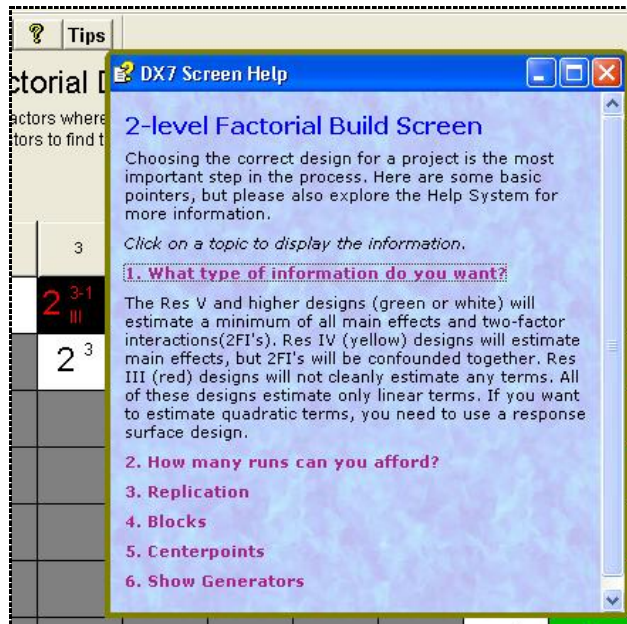
Hauptmenü und Symbolleiste – New Design Icon markiert

Sie sehen nun vier Bereiche für verschiedene Design-Typen auf der linken Seite ihres Monitors. Bleiben Sie bei „Factorial“, das standardmäßig erscheint. Wir werden die ebenfalls standardmäßige Auswahl „2-Level-Factorial“ verwenden.



Design Builder für zweifaktorielle Versuche

Dieser Design Builder bietet Ihnen die Wahl zwischen vollfaktoriellen und teilfaktoriellen Versuchen mit 2 bis 21 Faktoren und in Zweierpotenzen (4, 8, 16, ...) mit bis zu 512 Einzelversuchen (Runs). Die verschiedenen Auswahlmöglichkeiten sehen Sie farblich gekennzeichnet auf ihrem Bildschirm. Die weißen Quadrate symbolisieren vollfaktorielle Versuche mit 2^k Einzelversuchen für k (Anzahl Faktoren) zwischen 2 und 9. Die übrigen Auswahlmöglichkeiten folgen den Farben einer Ampel: grün für „freie Fahrt“ (Auflösung $\geq V$), gelb für „Vorsicht“ (Auflösung IV) und rot für „Stopp“ (Auflösung III). Für eine schnelle Übersicht dieser Farbkodierung klicken Sie auf den Button „Screen Tips“ (oder wählen Sie Help, Screen Tips) und wählen Topic 1 aus: **“What type of information do you want?”**.



Screen tips für faktoriellen Design Builder

Schließen Sie die Hilfe durch Klicken des **X** oben rechts im Pop-up-Fenster. Jetzt sehen Sie, dass die Notation in den Feldern, die nicht weiß sind, „ 2^{k-p} “ lautet, wobei p den Bruchteil des Designs bezeichnet. Als Beispiel betrachten wir die Anatomie eines 2^{5-1} Design:

- 5 Faktoren werden auf jeweils 2 Stufen getestet
- Ein 2^{-1} oder (1/2)-Bruchteil der ursprünglich 2^5 (32) Kombinationen wird ausgewählt (optimale Auflösung), daher erscheint diese Option in der Zeile für 16 Einzelversuche (1/2 von 32).

Für detaillierte Informationen über teilfaktorielle Versuchspläne und das Konzept der Auflösung empfehlen wir das Buch von Montgomery oder Kapitel 5 von *DOE Simplified* (Anderson, Whitcomb, Productivity, Inc., New York, 2000). Um praktische Kenntnisse zu erwerben, können Sie am Computer-Workshop „Experiment Design Made Easy“ von Stat-Ease teilnehmen.

Lassen Sie uns mit unserem vollfaktoriellen Beispiel fortfahren. Klicken Sie auf das weiße Quadrat mit der Bezeichnung 2^4 in der vierten Spalte für 4 Faktoren und in der Zeile für 16 Runs.

	2	3	1	4	5	7	8	9
1	2 ^I	2 ^{I-1}						
2		2 ^{II}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}		
18			2 ^{IV}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}	2 ^{III-1}
19				2 ^{II}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}
14					2 ^{II}	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}	2 ^{III-1}
128						2 ^I	2 ^{III-1}	2 ^{IV-1}
158							2 ^{II}	2 ^{III-1}
512								2 ^{II}

Auswahl eines vollfaktoriellen 2-stufigen Designs mit 4 Faktoren, damit 16 Runs

Am unteren Ende der Dialogbox des Design Builders sehen sie Optionen, um die Anzahl Wiederholungen (replicates), Blöcke (blocks) und Mittelpunktversuche (center points) festzulegen. Lassen Sie diese zunächst auf ihren Standardwerten.

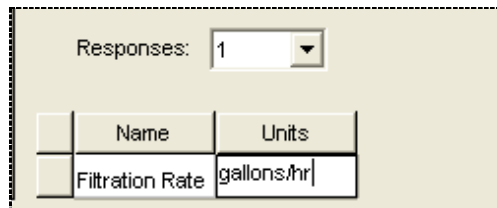
Klicken Sie auf **Continue**. Die Software ruft die nächste Seite für den Aufbau Ihres Designs auf – Eingabe der Namen, Messeinheiten und Stufen Ihrer Faktoren. Verwenden Sie die Pfeiltasten, Tab oder die Maus, um zwischen den Feldern zu navigieren. Mit Tab bzw. Shift Tab springt der Cursor zwischen 2 Feldern vor bzw. zurück.

Jeder Faktor gehört zu einem von zwei möglichen Datentypen – numerisch (numeric) oder kategorial (categoric). Numerische Daten stammen von einer kontinuierlichen Skala, so wie Temperatur oder Druck. Kategoriale Daten hingegen, so wie Katalysatortyp oder Automodell, können nur diskrete (meiste endlich viele) Stufen annehmen. In Design-Expert können Sie für die Stufen kategorialer Faktoren Namen eingeben. Sie können den Datentyp durch Klick auf die jeweilige Zelle in der Typ-Spalte und Auswahl von „Categoric“ bzw. „Numeric“ aus dem Drop-Down-Menü ändern (oder durch die Taste „C“ bzw. „N“). Probieren Sie es aus! Anschließend lassen Sie alle vier Faktoren auf ihrem Standardwert “Numeric”. Geben Sie für jeden Faktor (A, B, C und D) die Stufen für **Name, Units, Low** and **High** wie im Screenshot unten ein.

	Name	Units	Type	Low	High
A:	Temperature	deg C	Numeric	24	35
B:	Pressure	psig	Numeric	10	15
C:	Concentration	percent	Numeric	2	4
D:	Stir Rate	rpm	Numeric	15	30

Faktoren – nach Eingabe von Name, Units, Low und High (sowie Auswahl des Datentyps)

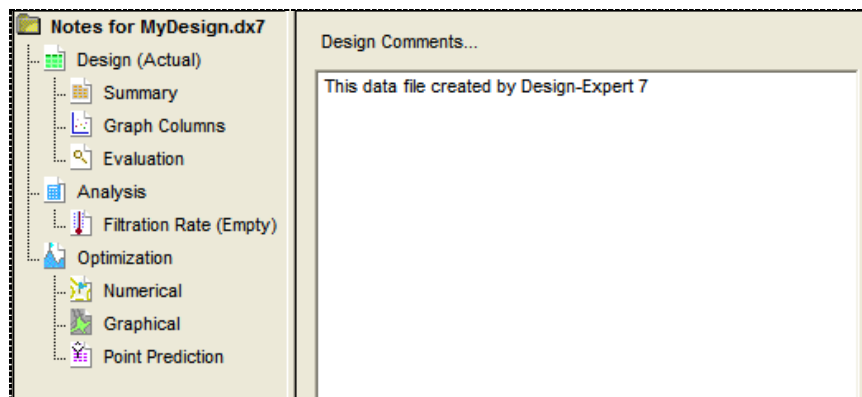
Klicken Sie anschließend auf **Continue**, um zur Dialogbox für die Zielgröße (Response) zu gelangen. Sie können bis zu 99 Zielgrößen eingeben. In unserem Fall benötigen wir lediglich eine einzige Zielgröße, nämlich die Filtrationsrate (Filtration Rate) mit der Einheit gallons/hour, wie unten gezeigt.



Name	Units
Filtration Rate	gallons/hr

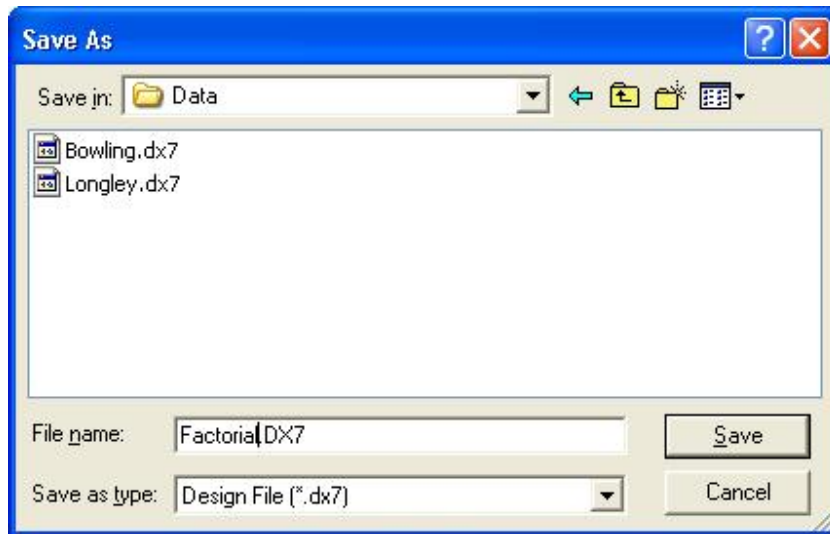
Eingabe der Zielgröße

Klicken Sie auf **Continue**, um mit diesen Einstellungen fortzufahren und das Fenster für das Design-Layout zu erzeugen. Sie haben nun die erste Phase des DoE abgeschlossen, das Design. Beachten Sie, dass dies eine der drei Hauptaufgaben ist, die Sie mit Design-Expert erledigen können, die anderen beiden sind Analyse bzw. Optimierung. Benutzern wird ebenfalls die Möglichkeit gegeben, Notizen zu ihrer Datei aufzuschreiben. Klicken Sie auf **Notes**, um in das entsprechende Fenster zu gelangen. Sie sehen dort den Standardtext und können eigene Bemerkungen hinzufügen, wenn Sie möchten.



Notizen zu Datei hinzufügen

Da wir schon einiges erarbeitet haben, sollten wir unsere Arbeit speichern. Am schnellsten geschieht dies durch Klick auf das Standard-Icon zum < Speichern. Aber Sie können ebenfalls in das File-Menü gehen und „Save as“ auswählen. Tippen Sie den Namen Ihrer Wahl (so wie z.B. **Factorial.dx7**).

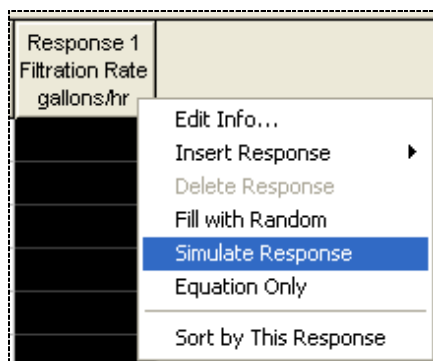


Speichern des Designs

Klicken Sie anschließend auf **Save**.

Eingabe der Daten der Zielgröße

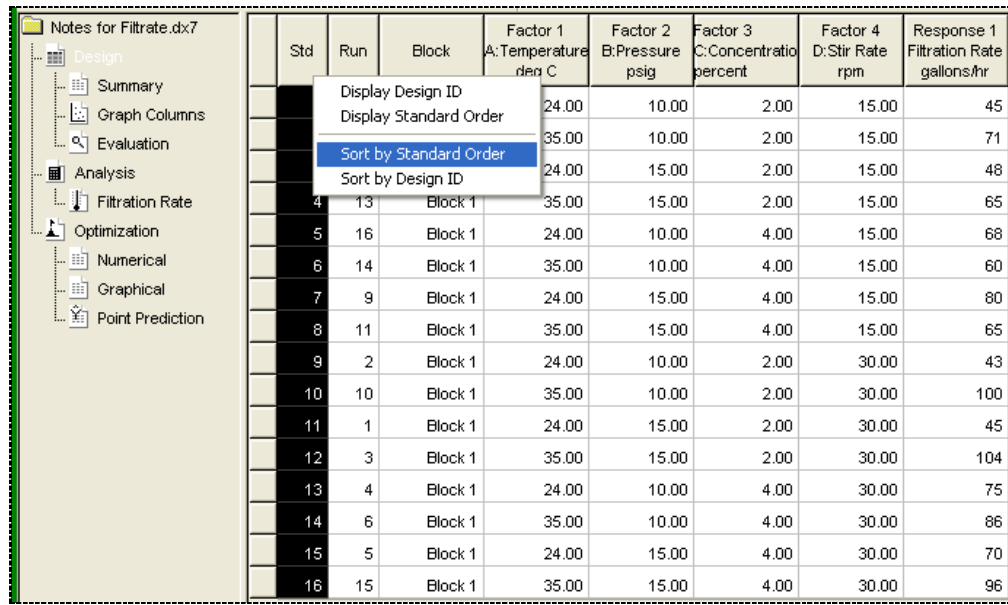
Verlassen Sie das Notizen-Fenster durch Klick auf den **Design** Knoten. (Beachten Sie, dass in Klammern angezeigt wird, dass Ihre Faktoren mit ihren tatsächlichen Werten und nicht in kodierter Form angezeigt werden). An dieser Stelle würden Sie üblicher Weise das Blatt mit den Einzelversuchen ausdrucken, die Experimente durchführen und die Zielgrößenwerte eintragen. Die Software randomisiert automatisch die Einzelversuche, um vor systematischen Fehlern durch Störgrößen wie Zeit, Temperatur oder Feuchtigkeit zu schützen. Um mühsames Eintippen zu ersparen, aber dennoch ein echtes Experiment zu simulieren, machen Sie einen Rechtsklick auf die Überschrift der Spalte **Response**. Dies öffnet ein neues Menü (unter anderem können Sie hier noch mehr Zielgrößen hinzufügen). Wählen Sie die Option **Simulate Response**.



Simulieren der Zielgrößenwerte

Sie sehen nun eine Liste von „sim“-Dateien. Doppelklicken Sie auf **Filtrate.sim** (oder wählen Sie Open). Die Simulation des Filtrationsprozesses generiert jetzt die

Zielgrößenwerte. Machen Sie einen Rechtsklick auf die Überschrift **Std** (das graue Feld mit dem Eintrag **Std**) und wählen Sie **Sort by Standard Order**. Ihre Daten stimmen nun mit dem Tutorial hier überein, bis auf eine andere Randomisierung der Einzelversuche. (Bei Ihren eigenen Experimenten sollten sie stets randomisieren, sonst können Sie durch Störfaktoren, die sich mit der Zeit ändern, systematische Fehler erhalten.)

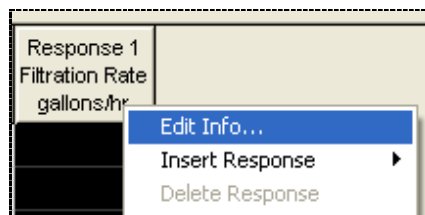


Std	Run	Block	Factor 1 A: Temperature deg C	Factor 2 B: Pressure psig	Factor 3 C: Concentration percent	Factor 4 D: Stir Rate rpm	Response 1 Filtration Rate gallons/hr
4	13	Block 1	35.00	15.00	2.00	15.00	65
5	16	Block 1	24.00	10.00	4.00	15.00	68
6	14	Block 1	35.00	10.00	4.00	15.00	60
7	9	Block 1	24.00	15.00	4.00	15.00	80
8	11	Block 1	35.00	15.00	4.00	15.00	65
9	2	Block 1	24.00	10.00	2.00	30.00	43
10	10	Block 1	35.00	10.00	2.00	30.00	100
11	1	Block 1	24.00	15.00	2.00	30.00	45
12	3	Block 1	35.00	15.00	2.00	30.00	104
13	4	Block 1	24.00	10.00	4.00	30.00	75
14	6	Block 1	35.00	10.00	4.00	30.00	86
15	5	Block 1	24.00	15.00	4.00	30.00	70
16	15	Block 1	35.00	15.00	4.00	30.00	96

Design-Layout in Standard-Reihenfolge – Zielgrößenwerte eingetragen (durch Simulation)

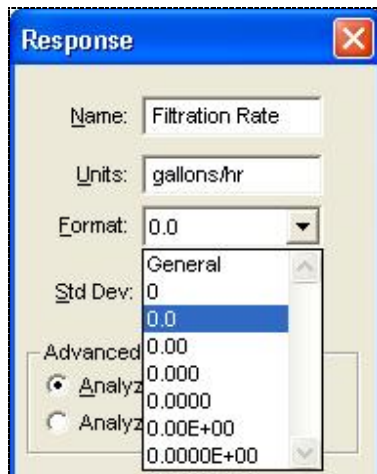
Da wir jetzt die Zielgrößendaten eingetragen haben, sollten wir die Datei erneut durch Klick auf das Icon < speichern.

Das Format der Zielgröße ist bisher ein allgemeines (general). Sie erhalten eine bessere Ausgabe, wenn Sie das Format fixieren. Rechtsklicken Sie dazu auf die Überschrift der **Response**-Spalte und wählen Sie **Edit Info**.



Auswahl der Option Edit Info...

Wählen Sie das **Format 0.0** and betätigen anschließend den Button **OK**.



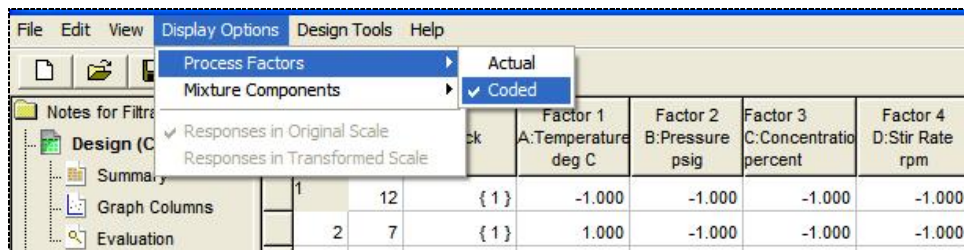
Ändern des Formats

Sie können mit Hilfe des Edit Info Menüs ebenfalls das Format der Faktoren sowie die Namen der Stufen ändern. Überprüfen Sie dies durch Rechtsklick auf irgendeiner anderen Spaltenüberschrift. Anschließend fahren Sie mit dem Tutorial fort.

Design-Expert bietet Ihnen zwei Möglichkeiten, die Stufen Ihrer Faktoren anzuzeigen:

- Tatsächliche Stufen der Faktoren.
- Kodierte Stufen -1 für die niedrige und +1 für die hohe Stufe.

Das standardmäßige Design-Layout zeigt die tatsächlichen Faktorstufen. Um das Design in kodierten Werten zu sehen, klicken Sie auf **Display Options** von der Menüleiste und wählen **Process Factors - Coded**. Ihr Bildschirm sollte nun so wie unten gezeigt aussehen.



Design-Layout – kodierte Faktorstufen (Ihre Reihenfolge der Einzelversuche kann sich unterscheiden)

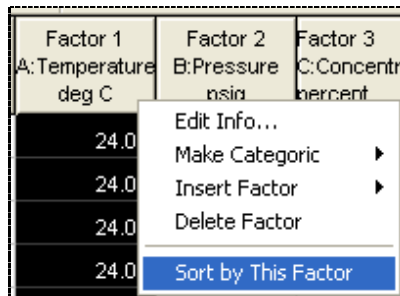
Beachten Sie, dass der Design-Knoten nun „Coded“ in Klammern anzeigt.

Stellen Sie die Faktoren wieder zurück auf ursprünglichen Werte, indem Sie **Display Options** in der Menüleiste und **Process Factors – Actual** wählen.

Voranalyse der Effekte durch Datensortierung und einfache Streudiagramme

Design-Expert bietet Ihnen verschiedene Möglichkeiten an, ein Gefühl für Ihre Daten zu bekommen, bevor Sie mit einer detaillierten Analyse beginnen. So können Sie z.B. im gleichen Rechts-Klick-Menü, das die Option Edit Info enthält, auch nach jeder beliebigen Spalte sortieren lassen.

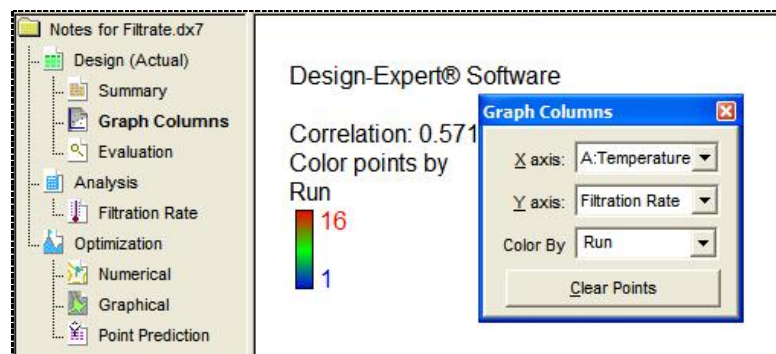
Bewegen Sie Ihre Maus zur Überschrift der Spalte **Factor 1** (A: Temperature) und rechts-klicken Sie. Wählen Sie anschließend **Sort by This Factor**.



Sortieren des Designs nach einem Faktor

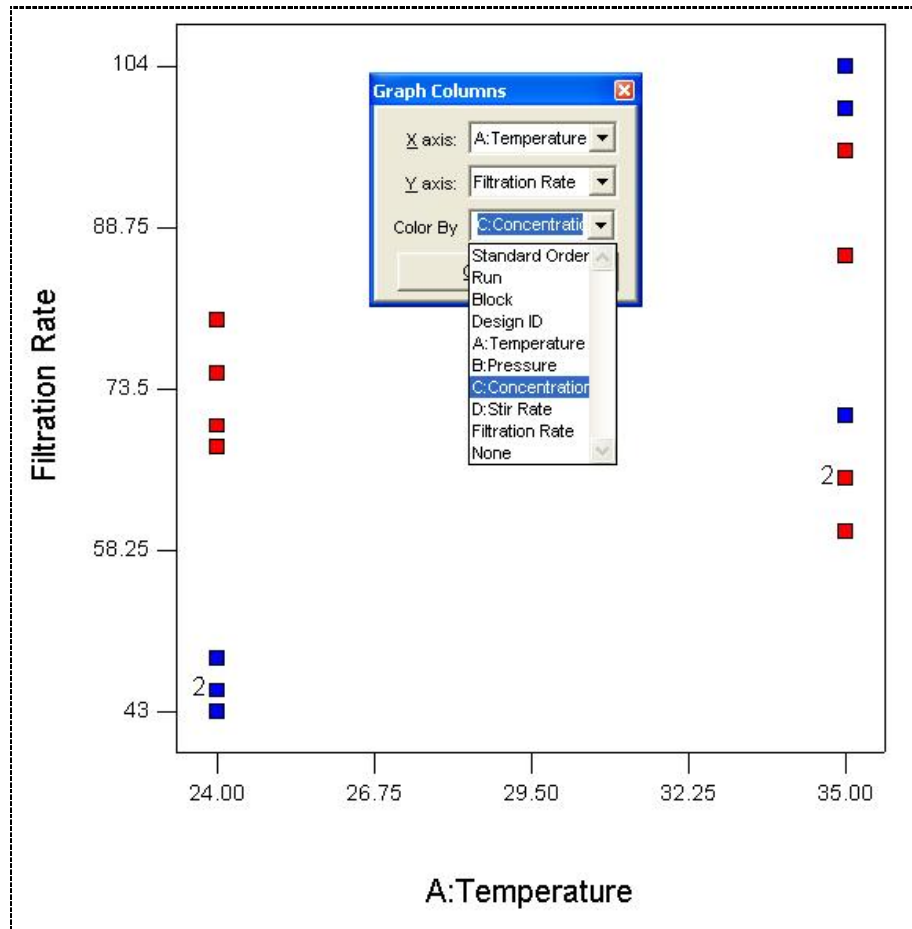
Jetzt erkennen Sie einfacher den Einfluss der Temperatur auf die Zielgröße. Zusätzlich können Sie ein Diagramm der Zielgröße in Abhängigkeit von Faktor A zeichnen lassen, indem Sie den **Graph Columns** Knoten unterhalb des Design-Knotens im linken Teil Ihres Bildschirm auswählen. Sie sollten nun ein Streudiagramm mit dem Faktor A: Temperature auf der X-Achse und der Zielgröße Filtration Rate auf der Y-Achse sehen.

Sie erkennen, dass die Temperatur einen starken Einfluss auf die Zielgröße hat. Beachten Sie die hohe Korrelation, die in der Legende angezeigt wird.



Legende für Standardgraph der Filtrationsdaten

Die Punkte sind nach der Reihenfolge der Einzelversuche gefärbt. Wählen Sie nur zum Spaß aus dem **Graph Columns** Menü die Drop-Down-Liste der **Color By** Option und klicken auf **C:Concentration**.



Graph der Temperatur gegen die Filtrationsrate, gefärbt nach Konzentration

Sehen Sie, wie die zwei Farben die beiden Stufen der Temperatur aufteilen, aber in der Reihenfolge entgegengesetzt (links blau/rot von unten nach oben, rechts rot/blau von unten nach oben)? Überlegen Sie, was das für die Wechselwirkung zwischen Temperatur und Konzentration und ihren Einfluss auf die Filtrationsrate bedeuten könnte. Aber lassen Sie uns hier nicht zu tief einsteigen – dies ist nur eine Voranalyse für wesentlich genauere graphische und statistische Methoden.

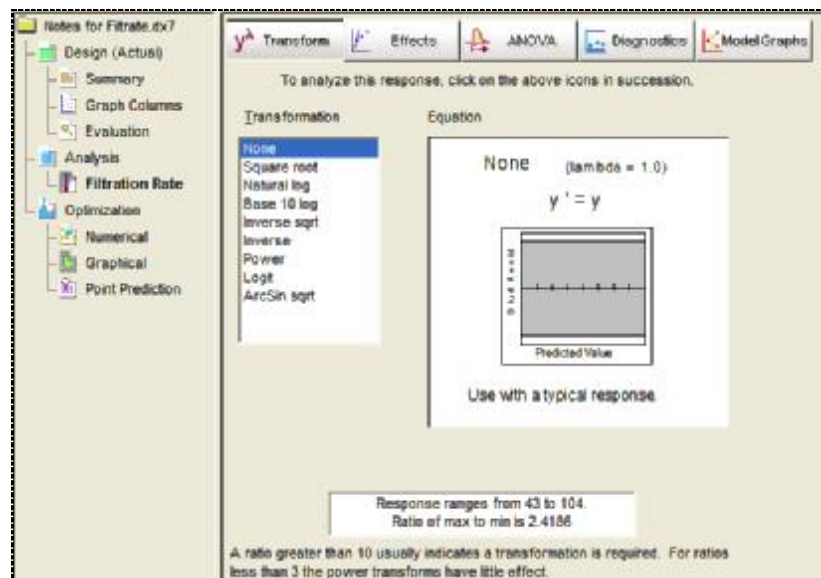
Vielleicht wundern Sie sich über die Zahl “2”, die neben einigen Punkten in dem Diagramm erscheint. Diese Notation kennzeichnet mehrere Datenpunkte an der gleichen Stelle. Klicken Sie mehrfach auf einen dieser Punkte, um die Einzelversuche dahinter zu identifizieren. Als nächstes werden Sie die leistungsfähigen Analyseinstrumente von Design-Expert verwenden, um herauszufinden, was wirklich in diesem Wafer-Produktionsprozess passiert.

Analyse der Ergebnisse

Um mit der Analyse zu beginnen, klicken Sie auf den **Filtration Rate** Knoten im linken Teil Ihres Bildschirms. Dies öffnet die Werkzeugleiste für die Analyse im mittleren oberen

Bereich Ihres Monitors. Um die statistische Analyse durchzuführen, müssen Sie lediglich die Schaltflächen von links nach rechts durchklicken.

Der **Transform** Button ist zu Beginn markiert. Er zeigt Ihnen eine Liste mathematischer Funktionen, die Sie auf Ihre Zielgröße anwenden können. Für zusätzliche Informationen klicken Sie auf den „Tips“ Button.

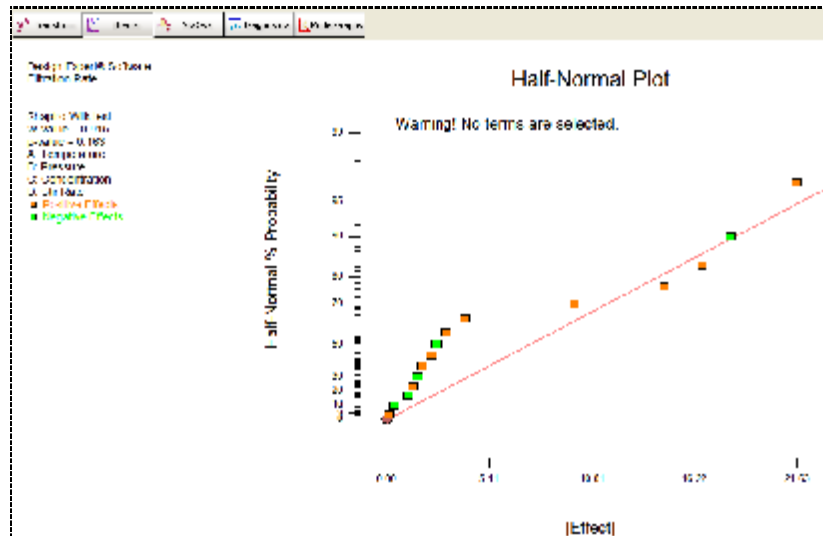


Optionen der Transformation

Am unteren Ende dieses Schirms erhalten Sie die Information, dass die Spannweite der Daten ein Max/Min-Verhältnis von 2.4 aufweist. Für Verhältnisse unter 3 hat eine Transformation üblicherweise einen geringen Effekt. Daher belassen wir es bei der Standardauswahl für die Transformation: **None**.

Auswahl der Effekte für das Modell

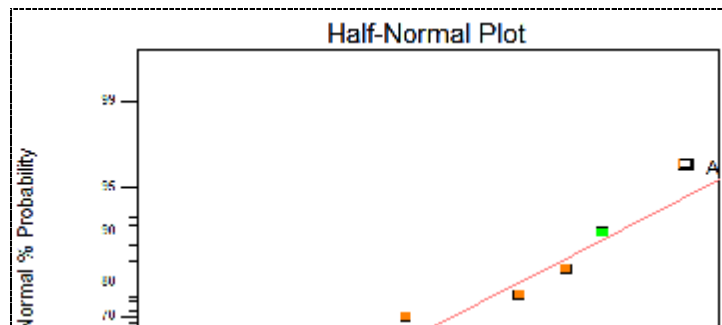
Klicken Sie auf die Schaltfläche **Effects**. Das Programm zeigt Ihnen den Absolutwert jedes einzelnen Effekts (als Quadrat) in einem halbnormalen Wahrscheinlichkeitsdiagramm (Die Färbung hängt davon ab, ob der Effekt positiv oder negativ ist).



Halbnormales Diagramm der Effekte – kein Effekt ausgewählt

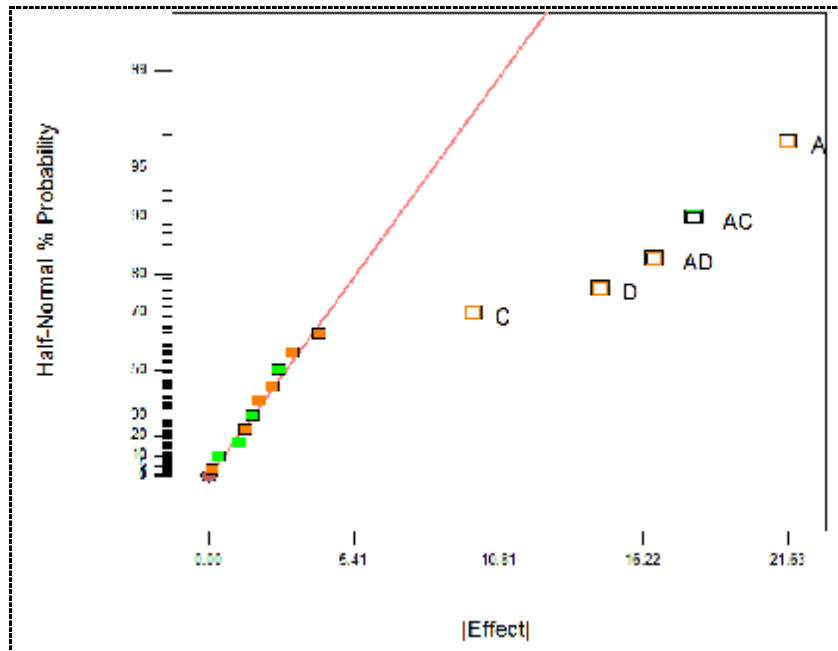
Beachten Sie den Warnhinweis auf dem Schirm: “No terms are selected.” Sie müssen entscheiden, welche Effekte Sie in das Modell aufnehmen wollen. Würden Sie ohne Auswahl fortfahren, erhielten Sie eine weitere Warnmeldung: “you have not selected any factors for the model.” Das Programm wird Ihnen zu Wahl stellen, nur mit dem globalen Mittelwert (d.h. ohne Effekte) weiter zu machen, oder zur Effekt-Auswahl zurückzukehren (die viel bessere Wahl!).

Sie können Effekte einfach dadurch auswählen, dass Sie auf die Quadrate kllicken. Beginnen Sie mit dem stärksten Effekt auf der rechten Seite des Diagramms.



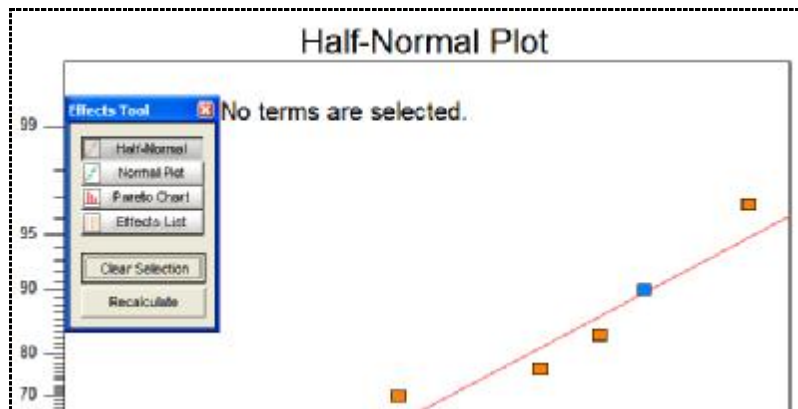
Erster ausgewählter Effekt

Fahren Sie mit der Auswahl von rechts nach links fort, bis die Linie mit der Mehrzahl der Effekte in der Nähe der Null übereinstimmt. Beachten Sie, dass Design-Expert die ausgewählten Effekte ausschließt, um die Linie neu anzupassen. An der Stelle, an der Sie aufhören sollten, Effekte auszuwählen, springt die Linie hoch und bildet einen großen Abstand. In diesem Fall befindet sich der Abstand zwischen dem Haupteffekt C und den Effekten Nahe der Null, die der Linie folgen.



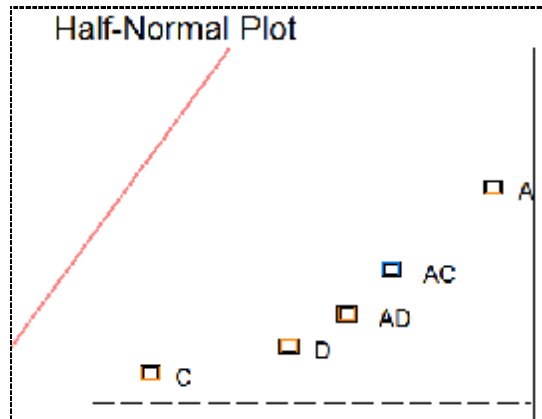
Halbnormales Diagramm – alle großen Effekte ausgewählt

Bis Sie mit dem Halbnormalen Diagramm vertraut sind, wählen Sie am besten wie beschrieben von rechts nach links einen Effekt nach dem anderen aus. Irgendwann werden Sie diese vielen Klicks jedoch nicht mehr machen wollen. Dann können Sie offensichtlich signifikante Effekte mit dem Lasso-Werkzeug auswählen. Um zu sehen, wie dies funktioniert, gehen Sie zunächst zum gleitenden Fenster **Effects Tool** und drücken **Clear Selection**.




Löschen der Effektauswahl

Wie unten abgebildet, halten Sie jetzt die linke Maustaste gedrückt und ziehen über die relevanten Effekte, um ein Rechteck um diese Effekte zu bilden. So fangen Sie die Effekte ein wie ein Cowboy Rinder mit einem Lasso.



Lasso-Werkzeug für Effekte

Beachten Sie, dass Design-Expert nach Loslassen der Maustaste die eingeschlossenen Effekte mit einem Label versieht.

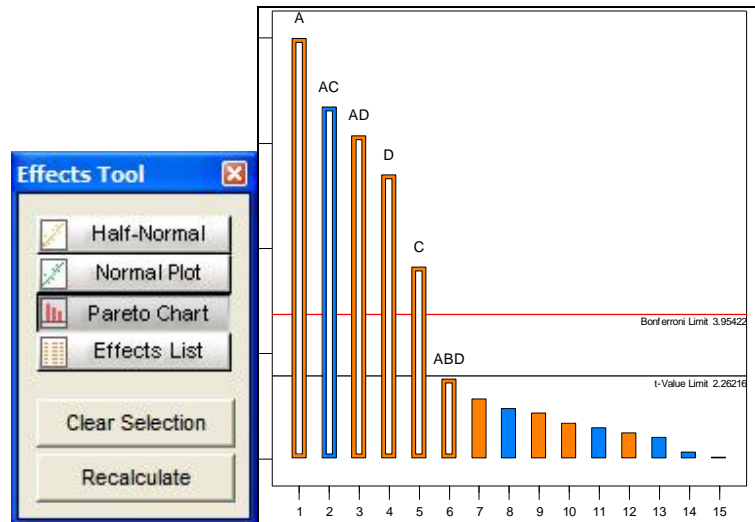
Dies ist ein guter Zeitpunkt, um den Screen Tips  Button zu betätigen. Wählen Sie dann das Thema **Select Terms**, um eine Wiederholung des Auswahlprozesses für Effekte zu lesen, wie wir ihn gerade in diesem Tutorial demonstrieren haben.

Screen Tips für halbnormales Diagramm der Effekte

Probieren Sie den Link **Show Video Clip** aus, um einen Film über die Auswahl von Effekten zu sehen. Nachdem Sie sich diese Demo angeguckt haben und vielleicht andere Tips und Videos ausprobiert haben, schließen Sie das Fenster wieder.

Um die Größe der Effekte besser beurteilen zu können, kann es hilfreich sein, diese in einem geordneten Balkendiagramm anzuzeigen. Klicken sie dazu auf **Pareto Chart** aus dem gleitenden Fenster **Effects Tool**. Beachten Sie, dass die vertikale Achse die t-Werte der absoluten Effekte zeigt. Diese dimensionslose Kenngröße skaliert die Effekte in Einheiten ihrer Standardabweichung. In diesem Fall hat es keinen Einfluss auf das Erscheinungsbild des Pareto-Plots. Im allgemeinen jedoch, wenn Sie es mit vermischten Faktorstufen, fehlenden Daten etc. zu tun haben, geben Ihnen die t-Werte ein gutes Maß

für die relativen Effekte. Klicken Sie auf den nächst größten Balken, wie Sie sehen, handelt es sich um den Effekt **ABD**.



Pareto-Plot der Effekte mit ABD ausgewählt (ein Fehler!)

Beachten Sie, dass der Effekt ABD unterhalb der unteren Grenze bleibt, daher heben Sie die Auswahl des ABD Balkens auf. Um nun numerische Details der ausgewählten Effekte und der Effekte zu sehen, die für die Fehlerschätzung übrig bleiben, klicken Sie im Fenster **Effects Tool** auf **Effects List**.

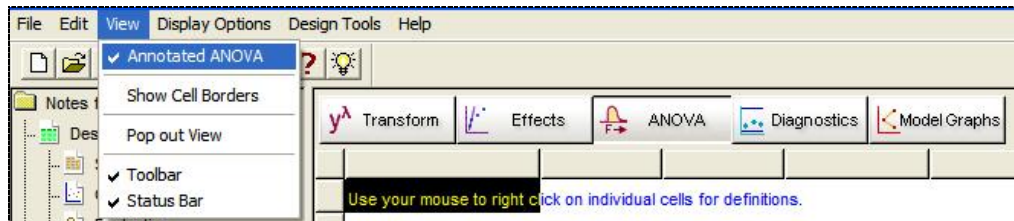
Term	Stdized Effects	Sum of Squares	% Contribution
Intercept			
A-Temperature	21.63	1870.56	32.64
B-Pressure	3.13	39.06	0.68
C-Concentration	9.87	390.06	6.81
D-Stir Rate	14.63	855.56	14.93
AB	0.12	0.062	1.091E-003
AC	-18.13	1314.06	22.93
AD	16.63	1105.56	19.29
BC	2.37	22.56	0.39
BD	-0.37	0.56	9.815E-003
CD	-1.13	5.06	0.088
ABC	1.88	14.06	0.25
ABD	4.13	68.06	1.19
ACD	-1.62	10.56	0.18
BCD	-2.63	27.56	0.48
ABCD	1.37	7.56	0.13
Lenth's ME	6.75		
Lenth's SME	13.70		

Liste der Effekte

Sollten Sie ein "M" für Modell neben dem Effekt ABD sehen, doppelklicken Sie, um es auf "e" wie Error zurückzustellen. Für Details zu dieser Darstellung schauen Sie in die Tips. Es ist jedoch vielleicht das beste, wenn Sie zunächst das Tutorial beenden, ohne zu viele Informationen zu sammeln. Sie können jederzeit zu diesem Punkt zurückkehren und weitere Details aus den Tips entnehmen.

ANOVA und statistische Analyse

Jetzt ist es an der Zeit, sich mit Hilfe der Varianzanalyse (ANOVA) die Statistik etwas genauer anzugucken. Klicken Sie auf die **ANOVA** Schaltfläche, um die ausgewählten Effekte und ihre Koeffizienten zu sehen. Standardmäßig zeigt Ihnen Design-Expert Anmerkungen. Diese können Sie im View-Menü ausschalten.



Ansicht mit Anmerkungen

Überprüfen Sie den p-Wert für das Modell. Standardmäßig legt Design-Expert das Signifikanzniveau auf 0.05 fest. Im Menü Edit, dann Preferences, Math können Sie das Signifikanzniveau auf 0.1 oder 0.01 ändern, je nachdem, wie hoch Ihr Sicherheitsbedürfnis ist. Überprüfen Sie ebenfalls die p-Werte der einzelnen Effekte A, C, D, AC und AD im Modell: alle überstehen mit Leichtigkeit den Signifikanztest auf dem 0.05 Niveau.

ANOVA for selected factorial model					
Analysis of variance table (Partial sum of squares - Type III)					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value: Prob > F
Model	5535.81	5	1107.16	56.74	< 0.0001
A-Temperature	1877.98	1	1877.98	96.98	< 0.0001
C-Concentration	350.05	1	350.05	18.35	0.0012
D-Sol. Rate	807.98	1	807.98	41.95	< 0.0001
AC	1071.05	1	1071.05	54.24	< 0.0001
AD	1105.95	1	1105.95	56.56	< 0.0001

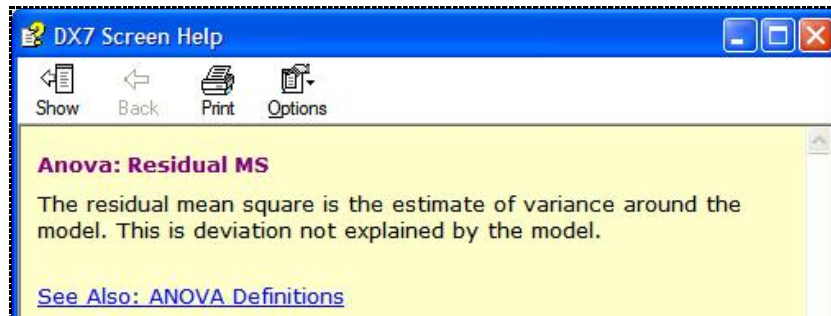
ANOVA Bericht

Erklärungen zu den Zahlen in der ANOVA Tabelle können Sie durch einen Rechtsklick und Auswahl der Menüpunktes Help abrufen. Probieren Sie es doch für die statistische Kenngröße „Mean Square Residual“ aus.

Residual	195.13	10	19.51
Cor Total	5730.94	15	

The Model F-value of 56.74 implies the model is significant. There is only a 0.01% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.

- Cut
- Copy
- Copy with Headings
- Paste
- Clear
- Help



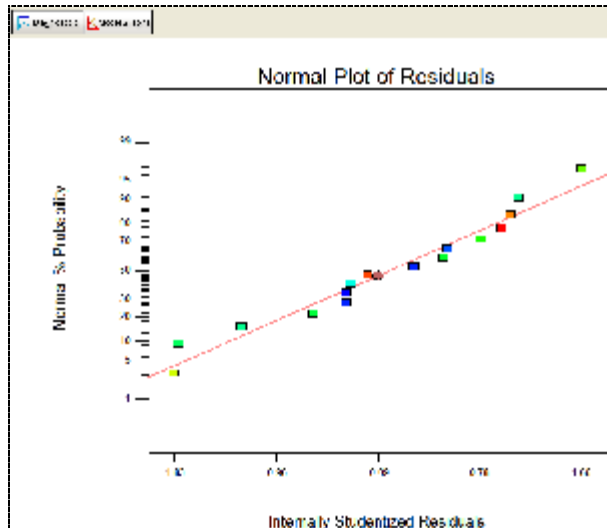
Zugang zur Kontexthilfe

Haben Sie die Hilfe gelesen, schließen Sie das Fenster wieder.

Betrachten Sie den unteren Teil des ANOVA-Berichts, um den R^2 - Wert und ähnliche Kenngrößen zu entdecken. Sie können für detaillierte Informationen die Anmerkungen oder die Hilfe verwenden. Werfen Sie einen Blick auf die Schätzer der Modellparameter und den zugehörigen Kennzahlen. Schließlich finden Sie am Ende des Berichts die Vorhersageformel in kodierter und unkodierter Form. Statt uns mit den Zahlen zu plagen, lassen Sie uns voranschreiten und die Effektgraphen betrachten. Vorher müssen wir jedoch ein wenig Diagnostik betreiben, um das Modell zu validieren.

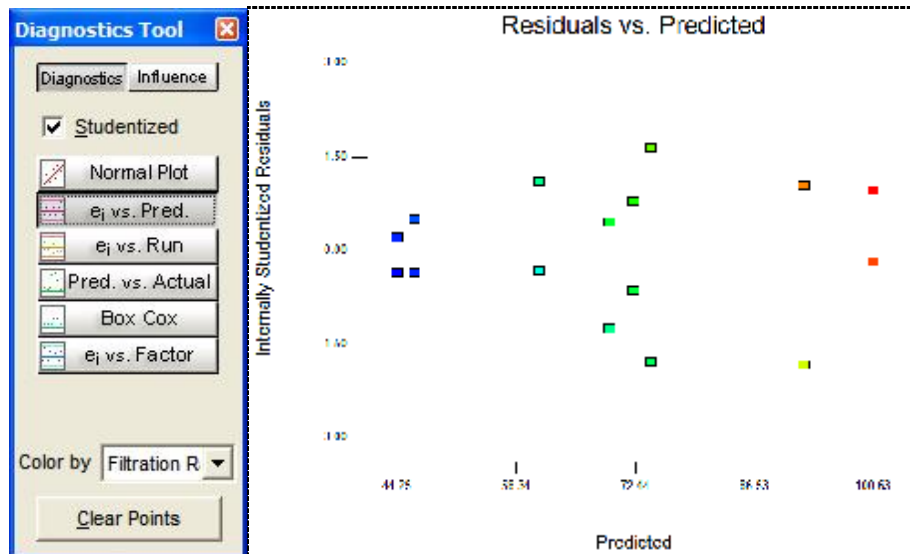
Validierung des Modells

Klicken Sie auf die Schaltfläche **Diagnostics**, um ein Normalwahrscheinlichkeitsdiagramm der Residuen zu erzeugen.



Normaldiagramm der Residuen

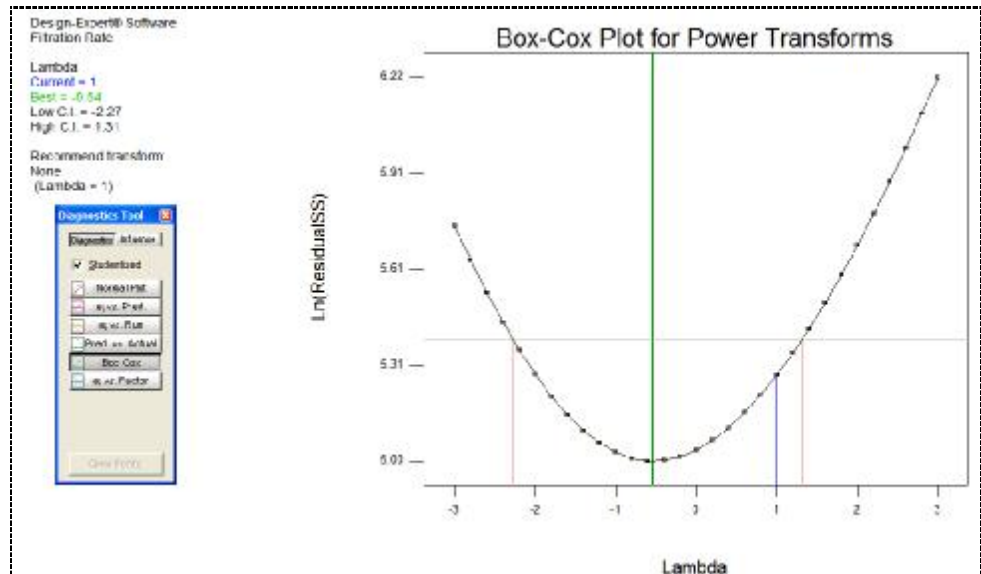
Standardmäßig sind die Residuen studentisiert – das ist im Wesentlichen ein Konvertierung in Einheiten der Standardabweichung. Für ein klassisches 2-stufiges faktorielles Design wie dieses können wir genauso gut die Residuen in ihrer Originalform zeichnen. Schalten Sie im Fenster „Diagnostics Tool“ den Punkt Studentized ein und aus, um sich davon zu überzeugen (das Muster verändert sich nicht). Wir empfehlen Ihnen jedoch, bei der studentisierten Version zu bleiben, da diese im Allgemeinen für diagnostische Zwecke den robusteren Zugang darstellen. Im Idealfall folgen die Punkte im Normaldiagramm der Residuen einer Geraden, wenn es keine Auffälligkeiten gibt. In diesem Fall sieht das Diagramm gut aus, also können wir weiter gehen. Wählen Sie im Fenster **Diagnostics Tool** den Punkt **e_i vs. Pred.** (residuals versus predicted).



Residuen über vorhergesagten Zielgrößenwerten

Die Größe der Residuen sollte vom vorhergesagten Wert unabhängig sein. Mit anderen Worten, die Streuung der Residuen sollte über die gesamte Spannweite der Vorhersagewerte in etwa gleich sein. Das Diagramm zeigt diesbezüglich keine Auffälligkeiten.

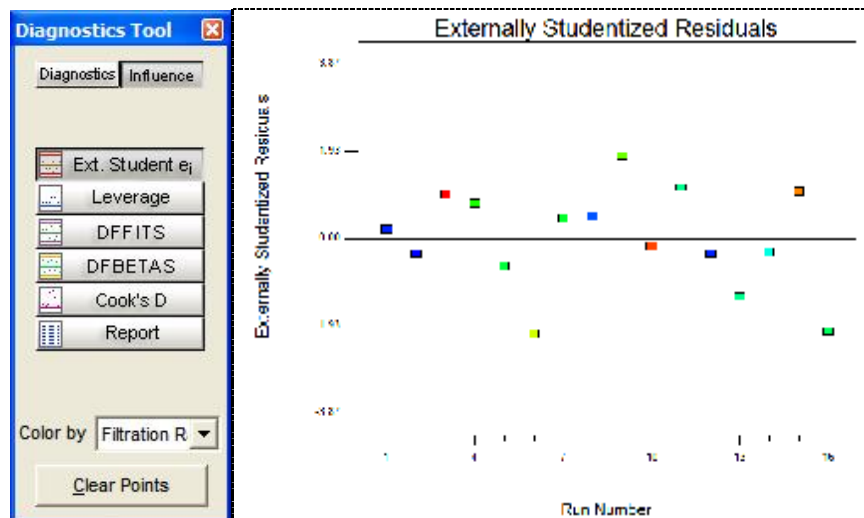
Springen Sie vor zum **Box-Cox** Diagramm. Dieses wurde entwickelt, um die beste Potenztransformation zu berechnen. (Details finden Sie im Montgomerys Lehrbuch *Design and Analysis of Experiments*.) Der Text auf der linken Seite des Monitors nennt die empfohlene Transformation, in diesem Fall keine („None“). Mehr müssen Sie hier nicht wissen! Für diejenigen, die mehr Details wissen wollen, sei gesagt, dass die Ausgabe des Box-Cox-Berichts farbkodiert ist, um bei der Interpretation zu helfen. Die blaue Linie zeigt die aktuelle Transformation. In diesem Fall zeigt sie den Wert 1 für „Lambda“, der Potenz, die auf Ihre Zielgrößenwerte angewendet wird. Hat Lambda den Wert 1, so entspricht dieser keiner Transformation. Die grüne Linie zeigt die best mögliche Lambda-Transformation, wobei die roten Linien das zugehörige 95%-Konfidenzintervall begrenzen. Enthält dieses Konfidenzintervall den Wert 1, dann wird keine Transformation empfohlen. Das ist die Quintessenz: Liegt die blaue Linie zwischen den roten Linien, sind sie im optimalen Bereich und es muss keine Änderung Ihrer Zielgrößenwerte vorgenommen werden (in diesem Fall keine – none).



Box-Cox-Plot für Potenztransformation

P.S. Der Box-Cox-Plot hilft Ihnen nicht weiter, wenn die angemessene Transformation eine Logit- oder Arcsin-Wurzeltransformation ist. Sie finden dazu und zu diesen Transformationen im Hilfesystem mehr Informationen.

Wählen Sie am oberen Ende des Fensters **Diagnostics Tool** den Punkt **Influence**, um eine sehr hilfreiche Diagramm zu sehen. Formal handelt es sich um externe studentisierte Residuen (“Ext. Student e_i ”). Oft wird es jedoch einfach als „Ausreißer-t“-Diagramm (Outlier t) bezeichnet, da es zeigt, wie viele Standardabweichungen (t-Wert) ein bestimmtes Ergebnis von dem abweicht, was man auf Grund aller anderen Ergebnisse erwarten würde. Dies ist eines von mehreren Einflussmaßen, die man als Streichungsdiagnose bezeichnet, da es extern berechnet wird, d.h. ohne den fraglichen Punkt zu berücksichtigen. Wenn also in Ihrem Experiment etwas schief geht und ein Einzelversuch einen echten Ausreißer produziert, kann der abweichende Wert entfernt werden, bevor man seinen Einfluss auf die Modellanpassung beurteilt.



Einflussdiagramm für Ausreißerdetektion (Ihres kann sich auf Grund der Randomisierung unterscheiden)

Design-Expert berechnet eine obere und eine untere rote Linie, die Eingriffsgrenzen in Qualitätsregelkarten auf 95%-Niveau ähneln. In diesem Fall liegt kein Punkt außerhalb des roten Grenzlinien. Da dieser Graph in der randomisierten Reihenfolge gezeichnet wird, wird die Reihenfolge der Punkte auf Ihrem Bildschirm sich von dem hier gezeigten Beispiel unterscheiden. Aber wir suchen kein Muster, sondern nur Ausreißer. In diesem Beispiel scheint nichts außergewöhnlich – alle Punkte liegen innerhalb der roten Grenzen, die die Software berechnet, so dass kein Anlass besteht, an Ihren Zielgrößendaten Änderungen vorzunehmen. Gäbe es jedoch eine Ausreißer, könnten Sie ihn anklicken, um die Koordinaten links vom Graph angezeigt zu bekommen. Das Programm wird sich dann an diesen Punkt erinnern, er bleibt in anderen Diagrammen markiert. Dies ist besonders in der Residuenanalyse hilfreich, da Sie den verdächtigen Punkt weiter verfolgen können. Dieses Feature funktioniert auch in den Graphen, die der Interpretation dienen. Probieren Sie es aus! Klicken Sie irgendwo in die Graphik, um die Markierung aufzuheben.

Klicken Sie schließlich im Fenster **Diagnostics Tool** auf den Punkt **Report**. Hier sehen Sie die statistischen Kenngrößen für die Diagnose in Standardreihenfolge. (In früheren Design-Expert-Versionen stand dies unter ANOVA.) Abweichende Werte sind markiert. In diesem Fall gibt es keine Auffälligkeiten.

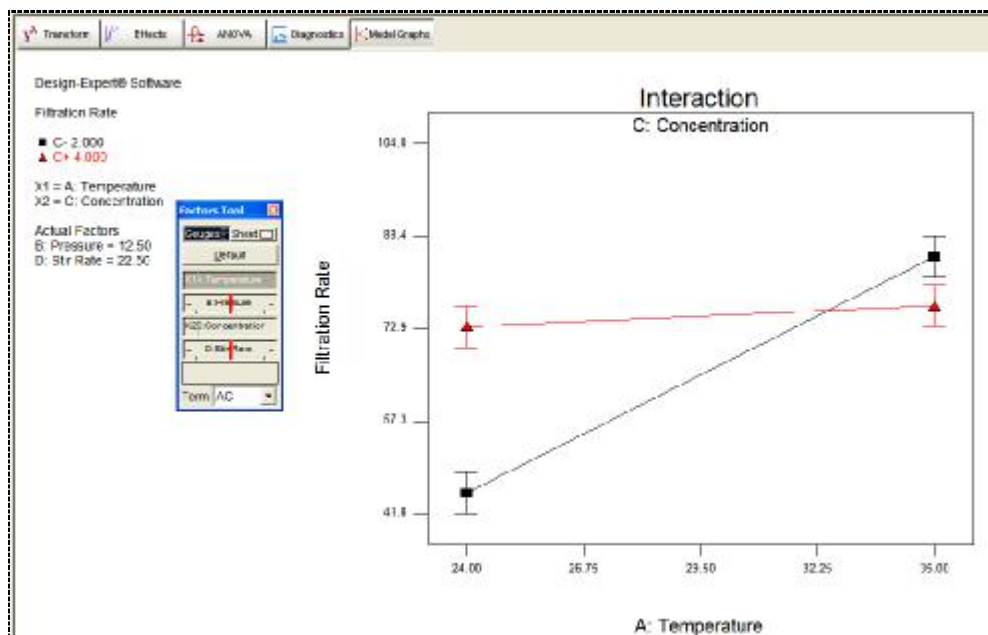
Diagnostic Case: Statistics		Internally Studentized Residual	Externally Studentized Residual	Influence on Fitted Value: DFFITS	Cook's Distance	Run Order			
Standard Order	Actual Value	Predicted Value	Residual	Leverage	Residual	Residual	Fitted Value	Cook's Distance	Run Order
1	45.00	46.25	-1.25	0.375	-0.558	-0.342	46.25	0.015	12
2	71.00	60.35	10.65	0.375	0.465	0.445	60.35	0.022	7
3	45.00	46.25	-1.25	0.375	0.501	0.461	46.25	0.025	8

Diagnose-Bericht (Auszug)

Untersuchung der Haupteffekte und Wechselwirkungen

Nachdem die Residuenanalyse keine Probleme offenbart hat (wie in unserem Beispiel), ist es jetzt an der Zeit, die signifikanten Effekte der Faktoren zu studieren.

Wählen Sie in der Analyse-Werkzeugleiste am oberen Ende des Monitors die Schaltfläche **Model Graphs**. Standardmäßig sehen Sie die Wechselwirkungsgraphik des Effekts AC. (Sollte in Ihrem Graphen die x-Achse in kodierten Einheiten erscheinen, stellen Sie die Originaleinheiten ein, indem Sie im Menü Display Options Process Factors – Actual wählen.)



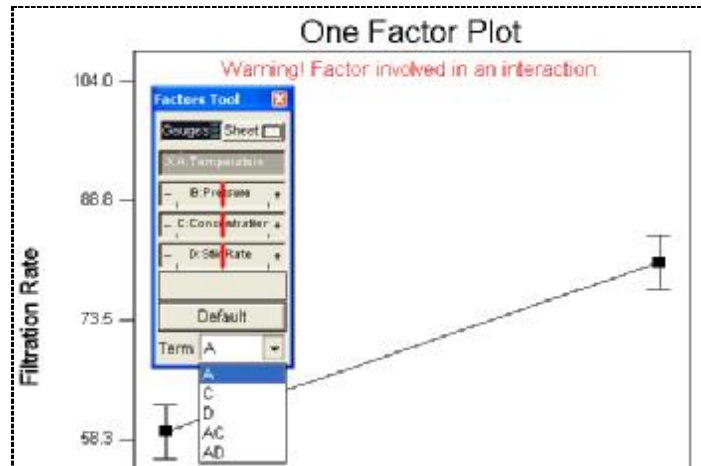
Wechselwirkungsgraphik von Faktor A (temperature) und C (concentration)

Das “I-Beam” Symbol in dieser Graphik (und in anderen Graphiken) veranschaulicht das 95% - Intervall der kleinsten signifikanten Differenz (least significant difference, LSD). Klicken Sie auf den zugehörigen Punkt (Quadrat oder Dreieck, das den vorhergesagten Wert repräsentiert), um einen numerischen Wert für die kleinste signifikante Differenz (LSD) zu erhalten. Probieren Sie es aus!

Punkte, deren Intervalle nicht überlappen, sind signifikant verschieden. In diesem Fall ist die Variation der Punkte auf der rechten Seite der Graphik (mit hoher Temperatur) wesentlich geringer als auf der linken Seite (mit niedriger Temperatur). Mit anderen Worten, der Effekt der Formaldehyd-Konzentration (C) ist bei hohen Temperaturen (A) weniger signifikant. Daher können die Experimentatoren mit hohen Temperaturen arbeiten und dabei die Konzentration schädlichen Formaldehyds reduzieren, ohne die Filtrationsrate zu verschlechtern.

Mit der standardmäßigen Graphik öffnet sich auch das gleitende Fenster **Factors Tool**. Dieses Fenster bestimmt, welche Faktoren in der Graphik dargestellt werden. Am unteren Ende des Fensters finden Sie ein Pull-Down-Menü, aus dem Sie die Faktoren auswählen können, die gezeichnet werden sollen. Sie finden dort nur die Terme, die Sie in

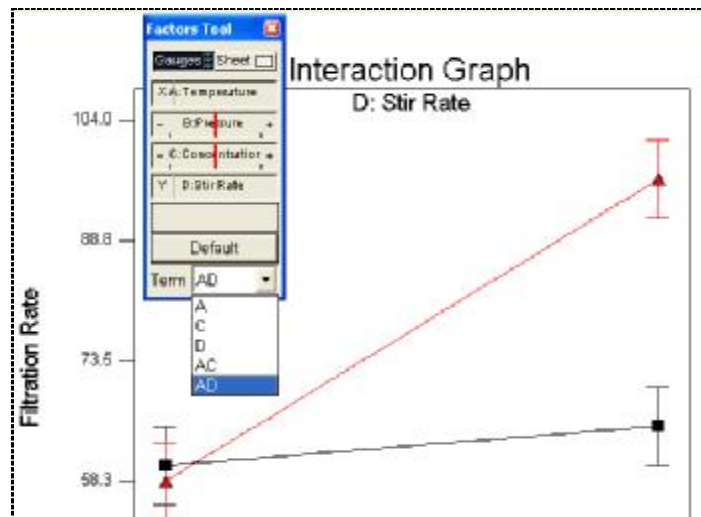
das Modell aufgenommen haben. Klicken Sie auf die Liste unter **Term** und wählen Sie den Faktor **A**.



Ändern zum Haupteffekt A (Haupteffekt-Graph)

Beachten Sie die Warnung am oberen Rand der Graphik: „Factor involved in an interaction“. Dieser Effekt ist auch an einer Wechselwirkung beteiligt. Sie sollten niemals einen Haupteffektgraphen interpretieren, wenn der Haupteffekt in Wechselwirkungen involviert ist, da dies zu falschen Schlussfolgerungen führen kann.

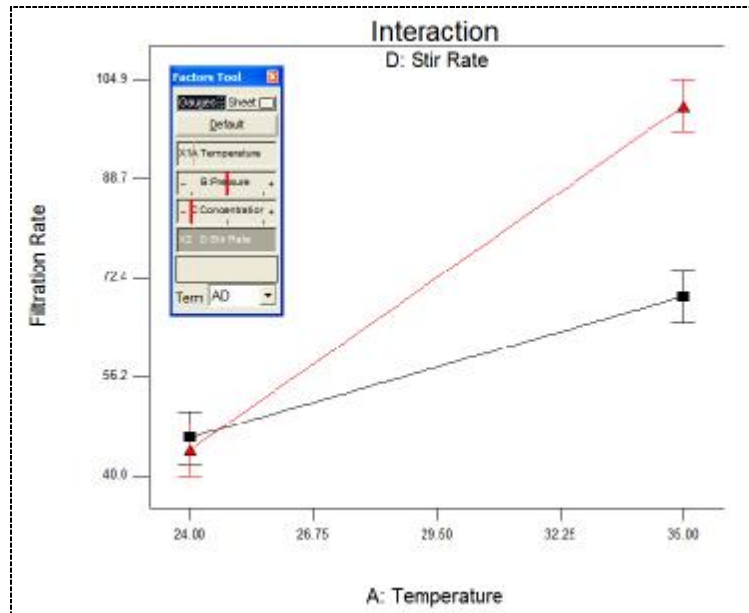
Lassen Sie uns an dieser Stelle etwas Produktiveres machen: Gehen Sie zurück zum Fenster **Factors Tool** und wählen Sie aus der Liste **Term** die andere signifikante Wechselwirkung **AD**.



Wechselwirkung AD

Beachten Sie, dass sich im Fenster Factors Tool für diejenigen Faktoren, die nicht auf den Achsen dargestellt sind, jeweils ein Schieberegler befindet. Damit können Sie für diese Faktoren einen speziellen Wert festlegen. Standardmäßig sind diese auf den mittleren Wert

dieser Faktoren eingestellt. Sie können die Werte durch Ziehen des Reglers oder durch Eingeben des numerischen Wertes am unteren Ende des Fensters ändern. Probieren Sie dies aus, ziehen Sie den Schieberegler für Konzentration **C:Concentration** nach [links](#). Beobachten Sie, wie sich die Wechselwirkungsgraphik verändert.



Wechselwirkung AD mit dem Schieberegler für Faktor C am linken Ende auf der niedrigen (-) Stufe

Jetzt wird deutlich, dass eine sehr hohe Filtrationsrate erreicht werden kann, in dem man zu hohen Umrührfrequenzen (Stir Rate) übergeht (rote Linie des Faktors D). Klicken Sie auf den hohen Punkt, um alle Details zu diesen Faktorstufen und diesem Zielgrößenwert zu erhalten. Es handelt sich um das optimale Resultat.

Um zu den Standardeinstellungen zurückzukehren, könnten Sie "3" am unteren Ende des Fensters Factors Tool eingeben. (Faktor C muss dazu markiert sein.) Alternativ können Sie auf die Schaltfläche „Default“ klicken. Probieren Sie es aus, aber kehren Sie anschließend zum niedrigen Wert von Faktor C auf der linken Seite zurück. Denn unser Ziel in diesem Experiment bestand ja darin, niedrige Formaldehyd-Konzentrationen zu erreichen.

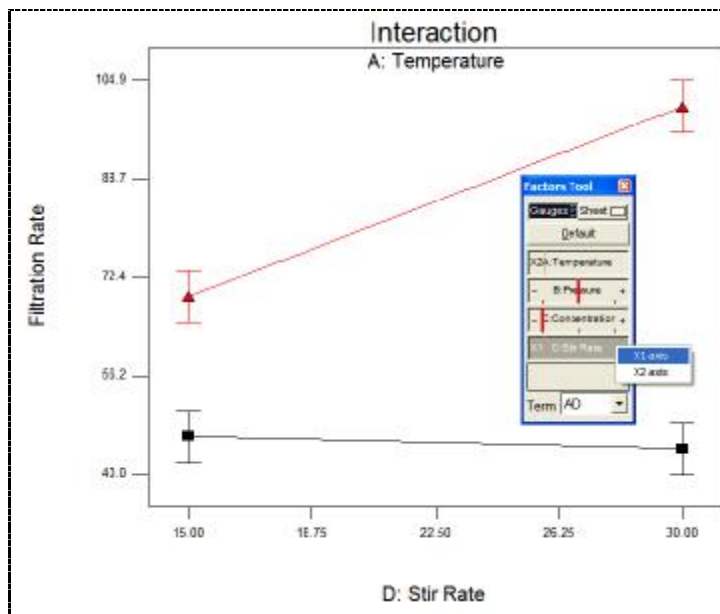
Eine weitere Option für das Setzen der Faktorstufen erhalten Sie, indem Sie im Fenster **Factors Tool** auf die Schaltfläche **Sheet** klicken. Diese Ansicht bietet Ihnen alternative Formen, um Ihre Graphik zu spezifizieren. In den Spalten „Axis“ bzw. „Value“ können Sie die Achseneinstellungen ändern bzw. spezielle Werte eingeben. An dieser Stelle benötigen wir dies nicht, aber wir wollten Ihnen die Möglichkeit vorstellen.

Factors Tool					
Gauges: Sheet					
Default					
	Factor	Axis	Value	Axis Low	Axis High
A	Temperature	X1	X1	24	35
B	Pressure		12.5	10	15
C	Concentration		2	2	4
D	Stir Rate	X2	X2	15	30

Sheet – Ansicht des Fensters Factors Tool

Klicken Sie auf **Gauges**, um zu der Standardansicht zurückzukehren.

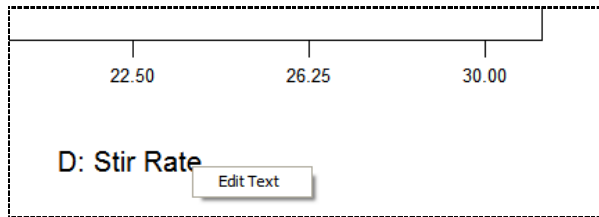
Um in der Wechselwirkungsgraphik von AD die Achsen zu vertauschen, machen Sie einen Rechtsklick auf **D:Stir Rate** und ändern Sie dies in **X1 axis**.



Vertauschung der Achsen

Statistisch macht es keinen Unterschied, aber es kann technisch mehr Sinn ergeben und damit leichter zu interpretieren sein.

Eine letzte Sache: Sie können zumindest einen Teil des Textes in Graphiken durch einen Rechtsklick bearbeiten. So können Sie z.B. in der Wechselwirkungsgraphik auf die Beschriftung der X1-Achse rechtsklicken. Wählen Sie dann „Edit Text“. Das Programm öffnet ein Eingabefeld. Probieren Sie es aus!



Text bearbeiten

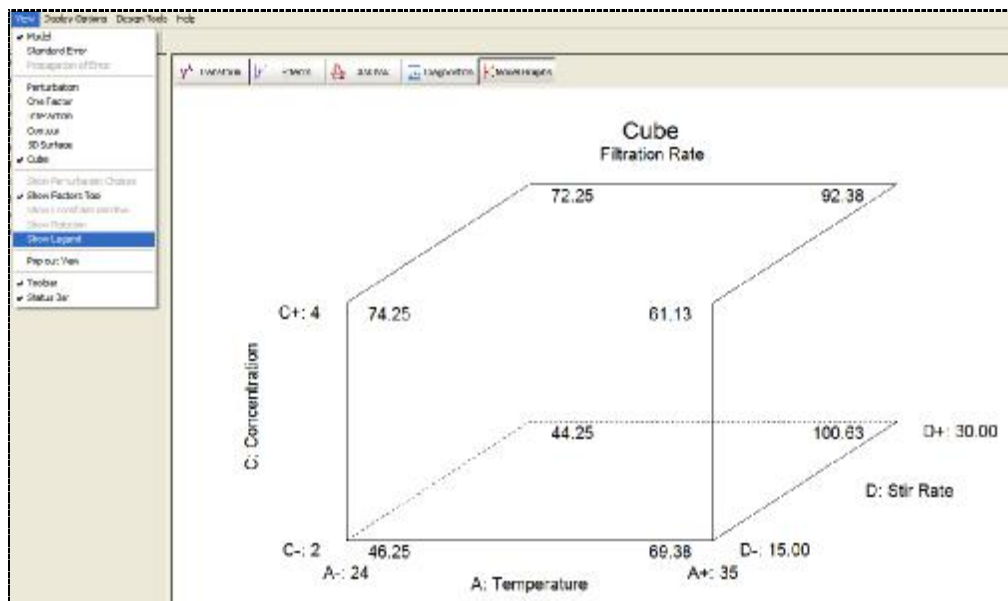
Sie können irgendwo in die Grafik klicken, um zu den Einstellungen für die Graphik (Graph preferences...) zu gelangen. Dort können Sie das Layout der Achsen etc. verändern. Probieren Sie es aus!



Einstellungen für Graphen (Rechtsklick in die Graphik)

Zeichnen der Würfelgraphik (Cube Plot)

Wählen Sie nun im Menü **View** den Punkt **Cube**, um die vorhergesagten Zielgrößenwerte in Abhängigkeit aller drei signifikanter Effekte zu sehen: A, C und D. Sie können im Menü **View** mittels **Show Legend** die Legende ein- und ausblenden.



Würfelgraphik (Cube plot) von A, C, und D, ohne Legende

Diese Graphik zeigt, wie die drei Faktoren zusammenwirken und die Zielgröße beeinflussen. Alle gezeigten Werte sind Vorhersagewerte, Sie können daher diese Graphik auch zeichnen, wenn Sie fehlende Daten haben. Da in unserem Beispiel die Faktoren A, C und D signifikant waren, hat das Programm diese automatisch ausgewählt. (Sie können

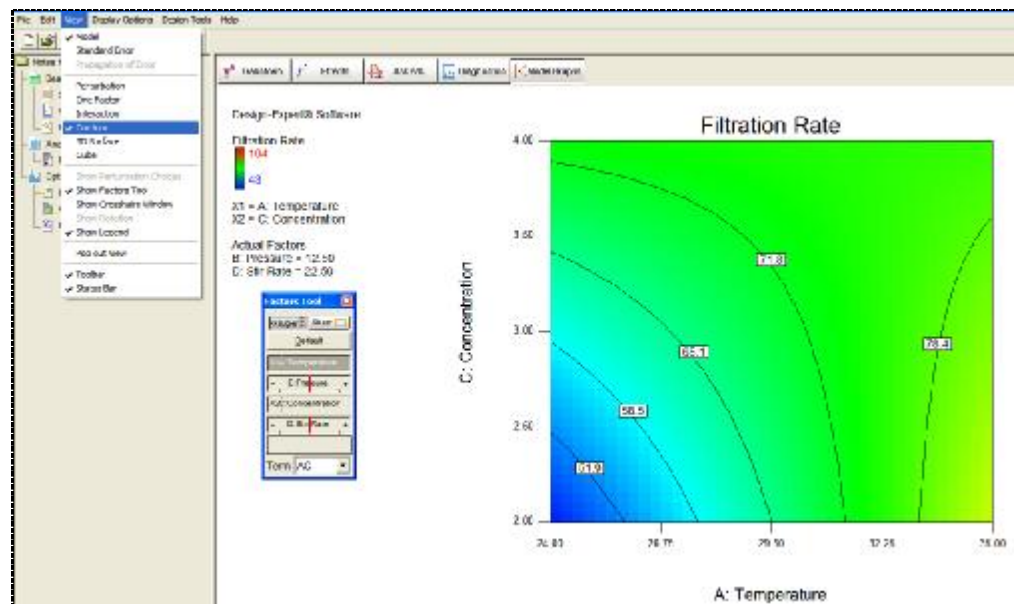
die Achsen durch Rechtsklick auf einen Faktor im Fenster Factor Tools ändern.) Für eine glattere Darstellung empfehlen wir in diesem Fall, die Legende auszublenden (View, Show Legend).

Das Maximum der Filtrationsrate wird mit den Faktoreinstellungen A+, D+ und C- erreicht (untere hintere rechte Ecke mit vorhergesagtem Zielgrößenwert über 100). Da dieser Punkt einer niedrigen Formaldehyd-Konzentration entspricht, haben wir ein fantastisches Ergebnis!

Zeichnen von Konturdiagrammen und 3D-Graphiken der Wechselwirkungen

Eine Wechselwirkung entspricht einer nichtlinearen Reaktion zweiter Ordnung. Es kann hilfreich sein, sich diese Nichtlinearität durch ein Konturdiagramm oder eine 3D-Graphik zu veranschaulichen.

Wählen Sie zunächst **View, Contour**, um ein Konturdiagramm zu erzeugen. Blenden Sie ebenfalls, wenn Sie es nicht ohnehin schon getan haben, die Legende mittels **View, Show Legend** wieder ein (das Häkchen zeigt an, dass die Legende erscheint.) Die Achsen sollten den Faktoren A (Temperatur) und C (Konzentration) entsprechen. Falls nicht, rechtsklicken Sie im Fenster Factor Tools und nehmen Sie die entsprechenden Änderungen vor.

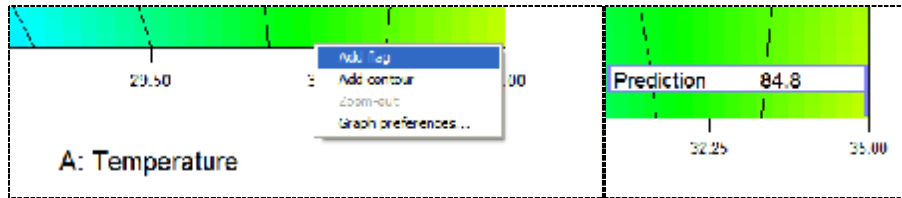


Konturdiagramm, Legende eingeblendet

Sie werden vielleicht vom Farbverlauf auf Ihrem Monitor überrascht sein – von kaltem Blau für niedrige Zielgrößenwerte bis zu warmem Gelb für hohe Werte.

Konturdiagramme in Design-Expert sind interaktiv. So können Sie z.B. auf eine Kontur klicken, um sie zu markieren. Dann können Sie diese an eine neue Position ziehen. Darüber hinaus können Sie durch Rechtsklick in die Graphik ein Menü öffnen, um

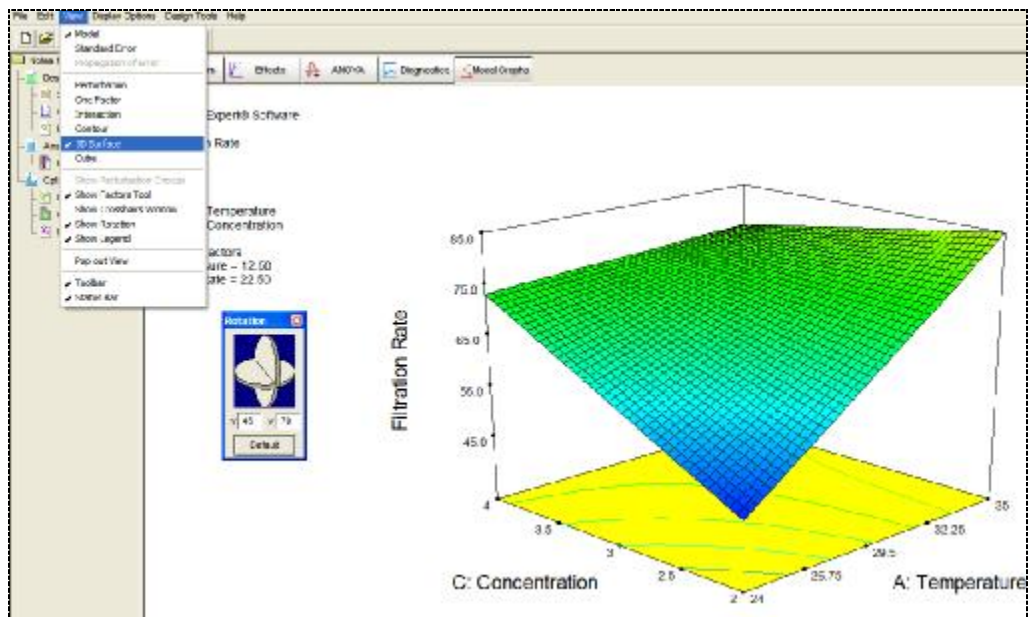
Markierungen (Flags) oder Konturlinien hinzuzufügen und Einstellungen der Graphik zu ändern.



Hinzufügen einer Markierung (Flag) mittels Rechtsklick

Wenn Sie möchten, spielen Sie ein bisschen mit diesen Optionen herum. Allerdings ist die Komplexität dieser Diagramme im Prinzip für so ein einfaches Design zu hoch, wir haben ja nur zwei Stufen pro Faktor betrachtet. Daher sollten Sie die detaillierte Erforschung dieser Graphiken verschieben, bis Sie sich mit dem Response-Surface-Tutorial beschäftigen.

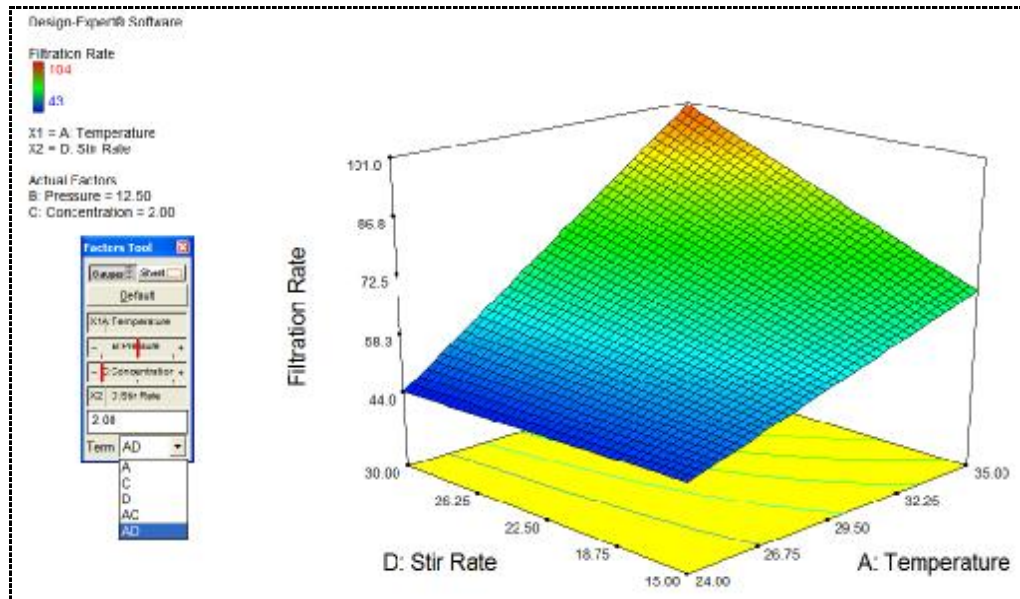
Nur um einen beeindruckenden Graphen zu erzeugen (vermutlich ohne viele neue Erkenntnisse), wählen Sie aus dem **View** Menü den Punkt **3D Surface**.



Eine 3D-Sicht der AC-Wechselwirkung

Beachten Sie, dass Ihnen hier ein Rotationswerkzeug (**Rotation**) zur Verfügung steht. Drehen Sie mit Ihrer Maus am Rad und rotieren Sie so die Graphik um unterschiedliche Winkel. Es macht Spaß! Drücken Sie auf „Default“, um den Graphen auf seine ursprünglichen Koordinaten zurückzusetzen.

Bevor wir zur letzten Schritt übergehen, werfen Sie noch einen Blick auf die andere Wechselwirkung, indem Sie im **Factors Tool** aus der Liste **Term** den Effekt **AD** auswählen.



3D-Graphik für die zweite Wechselwirkung: AD

Wir haben beinahe alle nützlichen Werkzeuge aus Design-Expert für so ein elementares Design vorgestellt, aber es gibt ein weiteres Werkzeug, das wir ausprobieren sollten.

Punktvorhersage

Das letzte Feature, das wir erkunden werden, erscheint unter der **Optimization**: Klicken Sie auf den Knoten **Point Prediction**, um Vorhersagen für die Zielgröße unter Festlegung beliebiger Bedingungen für die Prozessfaktoren zu berechnen. Wenn Sie diese Maske zum ersten Mal öffnen, werden Sie im **Factors Tool** sehen, dass alle Faktoren standardmäßig auf ihrem mittleren Wert eingestellt sind. Sie können die Faktoreinstellungen leicht durch die Schieberegler verändern, oder aber mit größerer Präzision in der Sheet-Ansicht. In diesem Fall hat uns die Analyse gezeigt, dass wir die Schieberegler für die Faktoren folgendermaßen setzen sollten:

- A (Temperature) nach rechts auf ihren hohen Wert (+)
- B (Pressure) auf mittlerem Wert belassen
- C (Concentration) nach links auf den niedrigen Wert (-)
- D (Stir Rate) nach rechts auf den hohen Wert (+)

Factor	Name	Level	Low Level	High Level	Std. Dev.	Coding
A	Temperature	35.00	24.00	35.00	0.000	Actual
B	Pressure	12.50	10.00	15.00	0.000	Actual
C	Concentration	2.00	2.00	4.00	0.000	Actual
D	Stir Rate	30.00	15.00	30.00	0.000	Actual

Response	Prediction	SE Mean	95% CI low	95% CI high	SE Pred	95% PI low	95% PI high
Filtration Rate	100.6	2.71	94.60	106.65	5.18	89.08	112.17

Punktvorhersage mit besten Faktoreinstellungen

Dies wird den höchsten Wert für die Filtrationsrate mit der niedrigsten Formaldehyd-Konzentration ergeben.

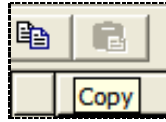
Neben dem vorhergesagten Zielgrößenwert finden Sie zahlreiche weitere Informationen. Der „SE Mean“ (standard error mean) entspricht der Standardabweichung des Schätzers des Mittelwerts bei diesen Faktoreinstellungen. Das „95% CI“ ist das Konfidenzintervall, das in 95% der Fälle den wahren Mittelwert enthält. Das „SE Pred“ (standard error prediction) entspricht der Standardabweichung bei der Vorhersage einer individuellen Beobachtung. Schließlich ist das „95% PI“ (prediction interval) das Vorhersageintervall, das in 95% der Fälle den tatsächlichen Wert einer einzelnen Beobachtung enthält. Alle diese Werte können für die Beurteilung der Entwicklung des Prozesses herangezogen werden. Beachten Sie, dass das 95% Konfidenzintervall für den Mittelwert stets enger sein wird als das 95% Vorhersageintervall für eine einzelne Beobachtung.

Sie haben nun alle wichtigen Ausgaben für die Analyse faktorieller Versuchspläne kennen gelernt. Wir empfehlen Ihnen nun, Ihre Arbeit mittels **File, Save** zu speichern. Design-Expert wird das Modell, das sie erzeugt haben, speichern, so dass alle Ausgaben schnell wieder dargestellt werden können, wenn dies erforderlich ist. Wir erinnern Sie daran, dass Sie durch Klicken auf den Ordner Notes im linken Teil ihres Bildschirm ein Fenster öffnen können, um Notizen zu Ihrer Datei zu hinterlegen. Sie können diese Notizen wieder einsehen, wenn Sie später die Datei erneut öffnen.

Vorbereitung eines Abschlussberichts

Zum Abschluss müssen wir lediglich noch einen Abschlussbericht erzeugen und drucken. Sollten Sie dies noch nicht gemacht haben, klicken Sie einfach auf die entsprechenden Icons, um die Informationen wieder auf dem Bildschirm anzuzeigen und klicken Sie auf das Icon zum Drucken (oder verwenden im Menü File den Eintrag Print).

Sie können auch Graphiken in andere Programme exportieren. Verwenden Sie dazu im Menü Edit den Eintrag Copy oder das Copy-Icon.



Copy-Icon

Für Bericht wie ANOVA stellen Sie sicher, dass sie vorher alles markiert haben (Select All), oder markieren Sie den Text, den Sie kopieren möchten.

Dies ist das Ende des elementaren Tutorials über faktorielle Designs. Lesen Sie im Anschluss Tutorials über fortgeschrittenere Themen, wenn Sie möchten, oder beenden Sie Design-Expert durch den Eintrag Exit im Menü File. Wenn Sie Ihre Daten nicht gesichert haben oder seit der letzten Speicherung Änderungen vorgenommen haben, erscheint eine Warnmeldung. Verlassen Sie das Programm nur, wenn Sie sich sicher sind, dass Ihre Daten und Ergebnisse gespeichert wurden.