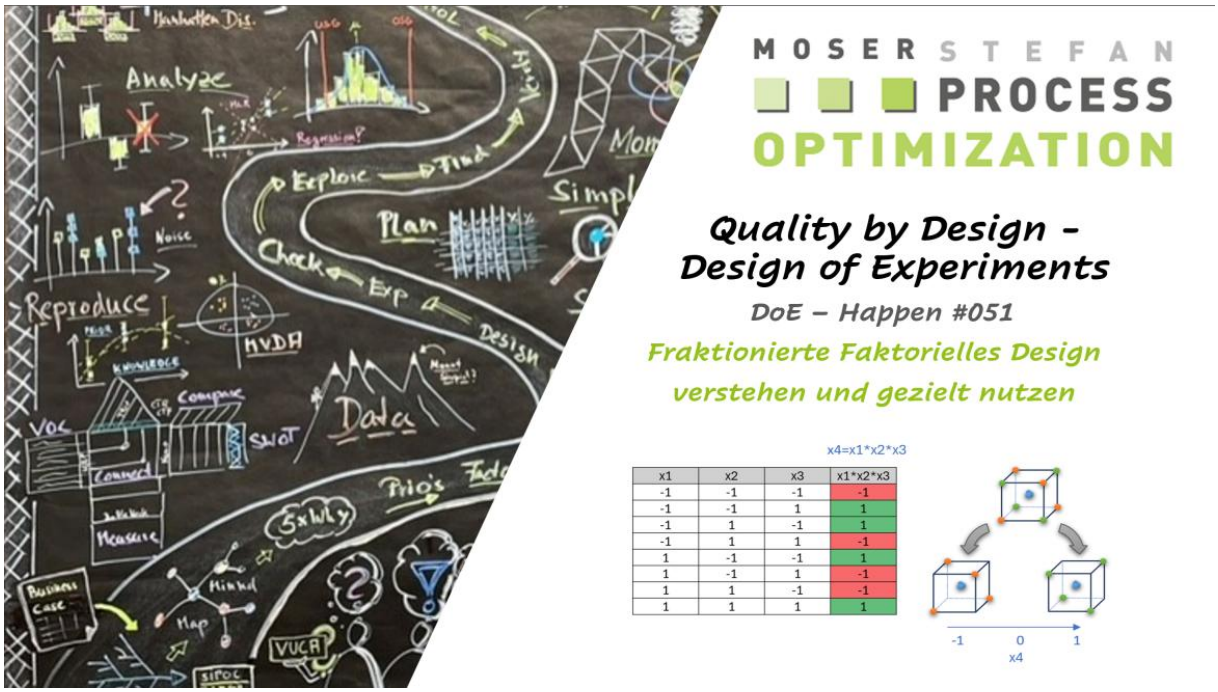


DoE – Happen #052: Fraktionierte Faktorielles Design verstehen und gezielt nutzen

Aufbauend auf Blog #051 wollen wir in diesem Beitrag tiefer in das fraktionierte faktorielles Design eintauchen. Ziel ist es, aufzuzeigen, wie durch gezielte Reduktion dennoch eine aussagekräftige Versuchsplanung erreicht werden kann – ohne auf essenzielle Informationen zu verzichten.

1. Einstieg: Reduktion durch Fraktionierung – am Beispiel eines 3-Faktor-Designs

x4=x1*x2*x3

x1	x2	x3	x1*x2*x3
-1	-1	-1	-1
-1	-1	1	1
-1	1	-1	1
-1	1	1	-1
1	-1	-1	1
1	-1	1	-1
1	1	-1	-1
1	1	1	1

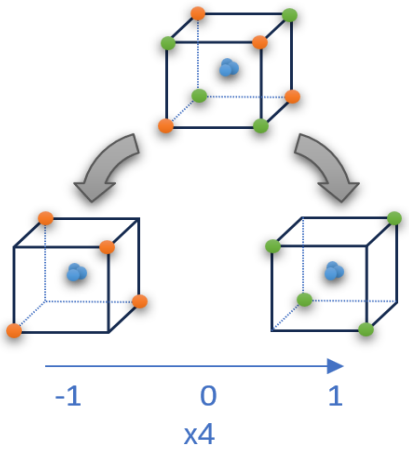


Abbildung 1 : Skizze Aufteilung 3 Faktor Design in 2 Fraktionen

Nehmen wir ein klassisches voll faktorielles 2^3-Design mit drei Faktoren (X1, X2, X3). Dieses umfasst 8 Versuche. Wird das Design halbiert (Resolution III), reduziert sich die Anzahl auf 4 Versuche – zuzüglich ggf. Center Points. Ziel ist es, durch eine geeignete Auswahl der Versuchsbedingungen die Haupteffekte voneinander zu trennen bzw. zu

erkennen, auch wenn bestimmte Interaktionen und Effekte nicht mehr vollständig unabhängig auflösbar sind.

Anhand eines einfachen Generators (Generator: X1*X2*x3) kann das Design in zwei Fraktionen aufgeteilt werden. Damit entstehen zwei Gruppen mit je vier Versuchen. Ergänzt durch Center Points können auch Hinweise auf Nichtlinearitäten gewonnen werden. Andererseits könnte der Generator auch mit einem weiteren Faktor z. B. X4 = : x1*x2*x3 geleichgesetzt werden, um die Anzahl der Versuche trotz zusätzlichen Faktors beizubehalten, allerdings ist hier Vorwissen erforderlich, um die Sachlage und Wissensausbeute abschätzen zu können, womit wir zu Resolution kommen.

3. Resolution verstehen: Auflösung und ihre Bedeutung in fraktionierten Designs

Resolution	Bedeutung	Konfundierte Effekte / Vermengte Effekte	Interpretation	Typischer Einsatz
III	Haupteffekte können mit 2-Faktor-Wechselwirkungen vermengt sein	Hauptfaktor ~ 2-Faktor-Interaktion	Erste Screening-Stufe, nur grobe Aussagen zu Haupteffekten	Frühes Screening, viele Faktoren, wenig Runs
IV	Haupteffekte sind nicht konfundiert mit 2-Faktor-Interaktionen; aber 2-Faktor mit 2-Faktor	2-Faktor ~ 2-Faktor Interaktion	Gute Trennung der Haupteffekte möglich, aber Wechselwirkungen müssen mit Vorsicht interpretiert werden	Gängiger Screening-Standard (wie unser Beispiel im Blog #51)
V	Haupteffekte und 2-Faktor-Wechselwirkungen nicht konfundiert miteinander	2-Faktor ~ 3-Faktor	Gute Modellierbarkeit von linearen und 2-faktoriellen Wechselwirkung, gute Trennung der Effekte	Analyse und Modellierung vor Optimierung
VI	Haupteffekte, 2- und 3-Faktor-Wechselwirkungen nicht untereinander konfundiert	3-Faktor ~ 3-Faktor Interaktion	Sehr hohe Auflösung, für komplexe Systeme mit vielen Wechselwirkungen	Späte Entwicklungsphase, Validierung komplexer Effekte

Eine Tabelle zur Übersicht typischer Resolutionen bei 2^k-p Designs.

Eine zentrale Rolle spielt die sog. Resolution. Sie beschreibt, welche Wechselwirkungen voneinander getrennt werden können. Für Designs ab 3 bis 6 Faktoren ist die Wahl der Generatoren entscheidend, um die gewünschte Auflösung (z. B. Resolution IV oder V) zu erreichen.

4. Rückgriff auf Blog #051: Repräsentation von 6 Faktoren durch 16 Versuche

Versuchsplan

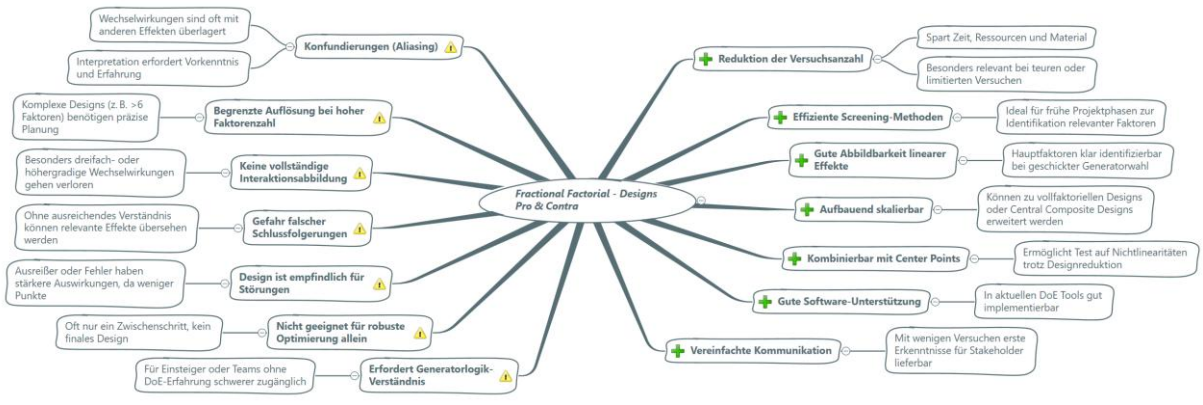
x1	x2	x3	x4	x5=x1*x2*x3	x6=x2*x3*x4
-1	-1	-1	-1	-1	-1
-1	-1	-1	1	-1	1
-1	-1	1	-1	1	1
-1	-1	1	1	1	-1
-1	1	-1	-1	1	1
-1	1	-1	1	1	-1
-1	1	1	-1	-1	-1
-1	1	1	1	-1	1
1	-1	-1	-1	1	-1
1	-1	-1	1	1	1
1	-1	1	-1	-1	1
1	-1	1	1	-1	-1
1	1	-1	-1	-1	1
1	1	-1	1	-1	-1
1	1	1	-1	1	-1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Confoundings / Vermengungen

Term	Generator	Confounded with	Confounded with
x1	a		
x2	b		
x3	c		
x4	d		
x5	abc		
x6	bcd		
x1*x2		x3*x5	
x1*x3		x2*x5	
x1*x4		x5*x6	
x1*x5		x2*x3	x4*x6
x1*x6		x4*x5	
x2*x3		x1*x5	x4*x6
x2*x4		x3*x6	
x2*x5		x1*x3	
x2*x6		x3*x4	
x3*x4		x2*x6	
x3*x5		x1*x2	
x3*x6		x2*x4	
x4*x5		x1*x6	
x4*x6		x1*x5	x2*x3
x5*x6		x1*x4	

In Blog #051 wurde aufgezeigt, wie sich eine 7-Faktor-Versuchsplanung mit nur 6 umformulierten Faktoren beschreiben lässt. In Blog #052 gehen wir nun den umgekehrten Weg: Ausgehend von 16 Versuchen (plus Center Points) erklären wir, wie mit geeigneten Generatoren (z. B. X4 = X1*X2*X3 und X5 = X2*X3*X4) sechs Faktoren abgebildet werden können. Die dahinterliegende Generatorlogik erlaubt es, ein Resolution-IV-Design zu realisieren – mit der Möglichkeit, Haupt- und Zweifachwechselwirkungen auszuwerten.

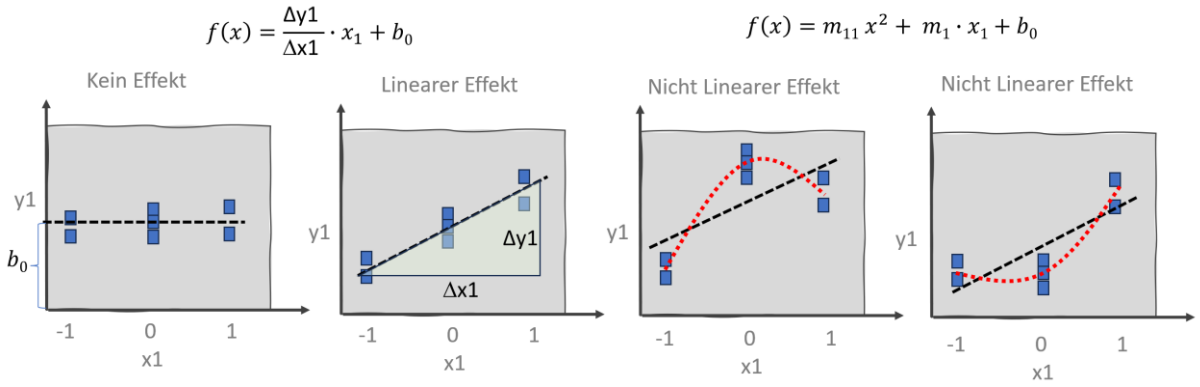
5. Grenzen und Limitationen: Was fraktionierte Designs nicht leisten können



So elegant fraktionierte Designs auch sind – sie bringen Einschränkungen mit sich. Insbesondere konfundierte Effekte (z. B. eine Wechselwirkung X1*X2, die nicht vollständig von einem Haupteffekt X3 unterscheidbar ist) erschweren die Interpretation. Hier hilft die Expertise des Planers: Welche Wechselwirkungen sind zu erwarten, welche sind vernachlässigbar?

Gerade bei umfangreichen Versuchsplanungen kann die Einschätzung von Experten oder die Expertise von Wissensträgern entscheidend weiter helfen bei der Interpretation und Analyse der Daten.

6. Nutzen von Center Points: Nichtlinearitäten aufdecken



Die Integration von Center Points ist ein wirkungsvolles Mittel, um Hinweise auf Nichtlinearitäten (z. B. Kurvenverläufe, Schwellenwerte) zu erhalten. Auch wenn diese nicht direkt mit der Fraktionierung zusammenhängen, sind sie ein wichtiger Bestandteil einer abgesicherten Planung.

7. Fazit: Strukturierte Reduktion mit klaren Spielregeln

Fraktionierte Designs sind ein kraftvolles Werkzeug, wenn Zeit, Ressourcen oder Material limitiert sind. Ihre richtige Anwendung verlangt jedoch ein tiefes Verständnis der Generatorlogik, der Auflösung und möglicher Konfundierungen. In Kombination mit Center Points und der Erfahrung des Experimentators lassen sich auch komplexe Systeme effizient analysieren – solange die Limitationen im Blick behalten werden.

👉 Hat Ihnen dieser Beitrag gefallen oder ein Aha-Moment beschert? Dann lassen Sie mir doch ein Like da – oder kommentieren Sie gerne, was den Aha ausgelöst hat!



Figure 1 Logo Stefan Moser Process Optimization

Mehr aus Ihren Prozessen rausholen?

Ob DoE-Grundlagen oder Spezialthemen wie Screening, Optimierung, Mischungsdesigns oder Robustheit – ich unterstütze Sie mit **praxisnahen DoE-Trainings, gezielter Beratung und methodischer Begleitung.** Auch bei MVDA, DFSS und QFD bin ich an Ihrer Seite – vom ersten Workshop bis zur robusten Umsetzung.

👉 Schreiben Sie mir: info@stefan-moser.com

🌐 Mehr unter: www.stefan-moser.com

Bleiben Sie experimentierfreudig und neugierig!

Ihr DoE-Trainer Stefan Moser

PS: Sie möchten diesen Blogbeitrag als PDF? Kein Problem – auf meiner Webseite im Bereich „Blog“ finden Sie alle Artikel bequem zum Download.