

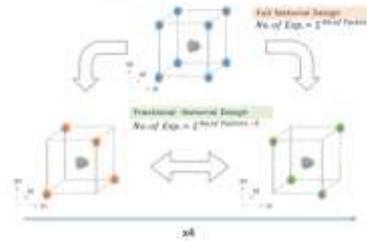


MOSER STEFAN  
**PROCESS  
 OPTIMIZATION**

**Quality by Design -  
 Design of Experiments**

**„Blog“**

DoE-Happen #21 –  
 DoE-Anwendungsbereiche 2/6 "Screening"



**DoE – Happen #021: Meine DoE-Anwendungsbereiche 1/6 "Pre-Screening"**

14. Februar 2024 / Stefan Moser

Schön, dass Sie mich auf der nächsten Etappe meiner DoE-Happen begleiten! Im letzten [Teil #20](#) habe ich Ihnen bereits Heinz vorgestellt, der uns auch nach dem Abschluss des "Pre-Screenings" bei der Erkundung des zweiten von sechs Bereichen, dem Screening, begleiten wird.

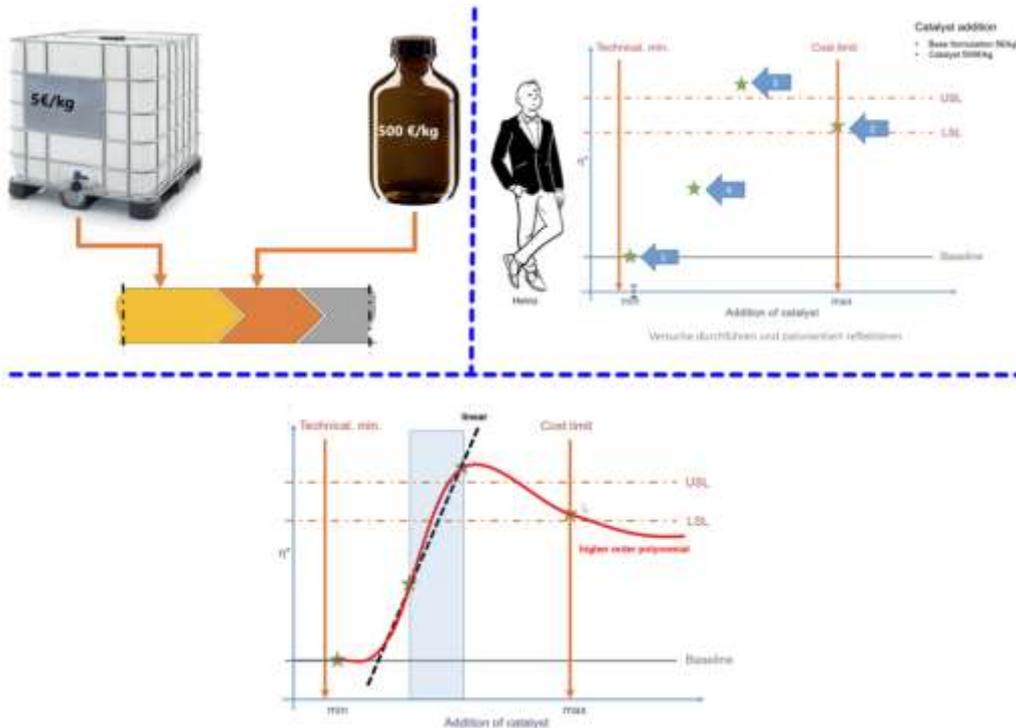


Abbildung 1: Zusammenfassung des Pre-Screenings aus dem vorherigen Blogbeitrag DoE-Happen #020

Heinz hat beim Projektstart versucht, mit minimalem Aufwand den Bereich zu identifizieren, der in wirtschaftlicher Hinsicht für die Zugabe des teuren Katalysators interessant ist. Nach einigen Versuchen und mit Unterstützung des Zulieferers konnte er in einem für ihn neuen Versuchsumfeld mit wenigen Tests den Bereich lokalisieren, der für weitere Untersuchungen von Interesse ist – wie im unteren Diagramm mit blau hinterlegtem Bereich dargestellt. Heinz war sich bewusst, dass er nur bis zum maximalen Viskositäts-Bereich untersuchen wollte, ohne darüber hinaus zu gehen. Ebenso vermied er Versuche im linken Bereich, da diese pragmatisch betrachtet nicht zielführend waren.

Auf die harte Tour musste Heinz feststellen, dass der Zusammenhang nicht so linear war wie erwartet (rote Linie). Der linke Bereich zeigte zu wenig Katalysatorzugabe (keine Vernetzung), während der rechte Bereich eine übermäßige Zugabe aufwies, was zu erhöhten Kosten und Verdünnung des Gels führte.

Für die Vollständigkeit möchte ich erwähnen, dass DoE mit zwei Faktoren beginnt und ein Faktor leicht mit einer  $y=f(x)$  Regression dargestellt werden kann. Dennoch ist es für unser Beispiel hier verständlicher, zunächst kurz bei der Betrachtung eines Faktors zu verweilen.

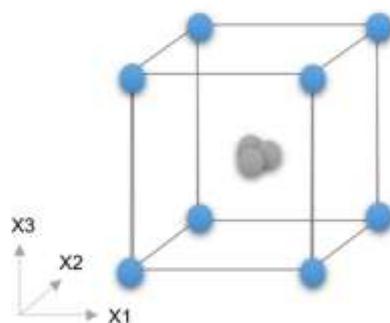
Heinz stellte fest, dass der Bereich zwischen der dritten und vierten Einstellung zielführend ist. Die Zugabe des Katalysators ist der entscheidende Faktor, der alle anderen dominiert. Wenn dieser Faktor nicht im richtigen Bereich variiert wird, können andere Faktoren wie beispielsweise der Volumenstrom, die Prozesstemperatur und die Drehzahl des Mixers nicht effektiv auf deren Effekte untersucht und erfasst werden.

Ergänzender Hinweis zum Verständnis:

👉 Der Effekt definiert sich durch die Veränderung einer Zielgröße, wenn der Faktor von seinem niedrigen auf sein hohes Level angehoben wird.

👉 Die Einführung von Levels oder die Normierung ist wichtig, um alle Faktoren gleich zu skalieren und einen Vergleich ihrer Effekte zu ermöglichen. Doch dazu später mehr.

Doch zurück zum Screening, da dieses extrem wichtig ist, um festzustellen, ob wir die richtigen Einflussgrößen im richtigen Bereich untersucht haben. Um dies von Anfang an sicherzustellen, müssen die Faktoren unabhängig, ausbalanciert und orthogonal zueinander für die Versuche angeordnet werden. Wir benötigen hierzu eine Designvorgabe, ähnlich wie ein Architekt, um diese Basis für die Untersuchung sicherzustellen.



Full factorial Design

$$\text{No. of Exp.} = 2^{\text{No. of Factors}}$$

Abbildung 2: Darstellung eines Vollfaktoriellen Designs mit drei Faktoren

Bild: Darstellung eines Vollfaktoriellen Designs mit drei Faktoren

Genau dieses "Design" ist auch ein integraler Bestandteil der Methode „Design of Experiments“, da es die Grundlage beschreibt, wie wir unsere Versuche mit möglichst geringem Aufwand effektiv anordnen können, um unseren Untersuchungsansprüchen gerecht zu werden und eine Aussage darüber zu erhalten, in welchem Maße die Faktoren einen Einfluss auf eine oder mehrere Zielgrößen haben.

Es ist jedoch erwähnenswert, dass wir 4 Faktoren (Katalysator, Temperatur, Mischerdrehzahl und Volumenstrom) haben und somit in einem vollfaktoriellen Design, wie es zuvor beschrieben wurde, schon 16 Versuche benötigen würden (Anzahl der Versuche =  $2^{\text{Anzahl der Faktoren}}$ ).

Außerdem sind wir aufgrund unserer begrenzten Vorstellungskraft nur in der Lage, drei Dimensionen zu erfassen. Wir erinnern uns daran, dass wir im Bereich des Screenings oft noch nicht genau wissen, wie die zielführenden Variationsbereiche der Faktoren aussehen sollen. Daher ist es ratsam, im Screening, Designs zu wählen, die nur die linearen Zusammenhänge erklären.

Dies geschieht, weil wir als Versuchsplaner sicherstellen möchten, dass wir die richtigen Versuche im richtigen Bereich durchführen, da uns eine hohe Anzahl von Versuchen im falschen Bereich nicht weiterbringt.

## Designs Full-Fac & Frac Fac

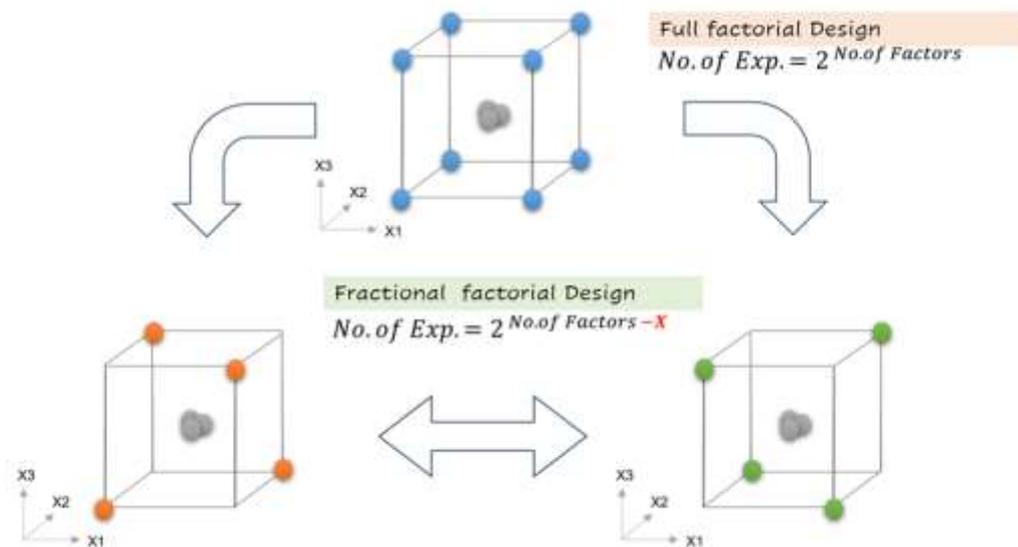


Abbildung 3: Aufteilung eines voll faktoriellen Designs mit 3 Faktoren in zwei Teilfraktionen mit Hilfe eines Fraktionell Faktoriellen Designs

Um dies zu berücksichtigen, können wir das 3-Faktor-Design in zwei komplementäre Versuchssätze aufteilen. Dadurch können wir mit einem reduzierten Aufwand und einem Fraktionell Faktoriellen Design feststellen, ob wir die richtigen Parameter im interessierenden Bereich untersucht haben.

Aus diesen Versuchen können wir lineare Zusammenhänge ableiten und herausfinden:

- ob die Ergebnisse mit den Messmethoden erfasst werden können,
- ob die gesteckten Ziele erfüllbar sind,
- welchen Einfluss die Faktoren haben,

- 🔍 welche Faktoren den größten Einfluss haben,
- 🔍 welche Faktoren keinen Einfluss haben,
- 🔍 welche Faktoren in ihrer Variation angepasst werden müssen, um die Ziele zu erreichen,
- 🔍 ob es Hinweise auf nichtlineares Verhalten gibt,
- 🔍 usw.

Somit lassen sich schon aus wenigen Versuchen viele Informationen gewinnen, die zeigen, ob und wie die Ziele erreicht werden können. Nun wollen wir abschließend die entscheidenden Schritte dieser Screening-Phase noch einmal zusammenfassen."

👉 Phase: Im Screening bemühen wir uns darum, die entscheidenden Parameter eindeutig zu identifizieren und den optimalen Variationsbereich abzutasten, einzuschätzen und zu bestimmen. Dies ist besonders wichtig, da wir zu diesem Zeitpunkt noch nicht sicher sein können, ob wir bereits alle relevanten Faktoren und Variablen erfasst haben.

👉 Vorgehensweise: In dieser Phase liegt der Schwerpunkt darauf, die richtigen Faktoren und Variationen im angemessenen Bereich abzuleiten. Dies können wir daran messen, ob wir bereits grobe Ursache-Wirkungs-Modelle aus den Ergebnissen ableiten können. Wenn dies nicht der Fall ist, kann die Software bei entsprechender Designauswahl Hinweise auf Wechselwirkungen oder nicht lineare Effekte geben. Außerdem können wir anhand der Ergebnisse ohne Modell bereits feststellen, ob wir uns zumindest teilweise im richtigen Zielfenster innerhalb unseres Untersuchungsraums befinden.

👉 Aufwand: In dieser Phase werden, ähnlich wie beim Pre-Screening, sowohl lineare als auch gelegentlich weitere Effekte untersucht. Unter bestimmten Umständen erfolgt sogar schon eine Untersuchung von Wechselwirkungen, wenn wir diese vermuten oder der Versuchsaufwand es ermöglicht, beispielsweise bei einer geringen Anzahl von Faktoren.



💬 Bleiben Sie am Ball! In den kommenden #DoE-Happen vertiefen wir diese und andere Fragestellungen. Bitte teilen Sie Ihre Erfahrungen in den #Kommentaren. Und da dies erst der Beginn unserer Blogreihe ist, können Sie die Themenrichtung mitgestalten. Ich freue mich darauf, von Ihnen zu hören!

📺 Für regelmäßige Updates besuchen Sie meine Webseite: [www.stefan-moser.com](http://www.stefan-moser.com), wo Sie eine Übersicht und die Chronologie der Blog-Reihe finden.

**Bleiben Sie experimentierfreudig!**

Ihr DFSS und DoE Experte

Stefan Moser

**Mein Angebot zur Begleitung und Weiterentwicklung:**

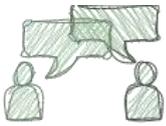
Ich biete DoE-Kurse an, die vom Einsteiger- bis zum Masterkurs reichen. Dabei decke ich alle relevanten Bereiche ab: von Fokus-Kursen zu Themen wie Screening, Charakterisierung, Optimierung

und Robustheit bis hin zu Spezialkursen zu Mischungs- und Formulierungsdesigns, Stabilität oder spezifischen hierarchischen Designs wie Red Mup.

Neben diesen Kursen unterstütze ich meine Kunden bei der Versuchsplanung – sei es durch gezielte Beratung oder in Form von Troubleshooting oder Workshops. Ich begleite Sie in allen Phasen: von der Problemformulierung und Machbarkeitsstudie über die Optimierung bis zur robusten Absicherung Ihrer Prozesse.

Neben meinem Lieblingsthema DoE biete ich auch Kurse in den Bereichen MVDA, DFSS und QFD an. Hier unterstütze ich unter anderem die Ausbildung zum DFSS-Manager in den Stufen Yellow, Green und Black Belt. Diese Kurse realisiere ich in Zusammenarbeit mit meinen Partnern.

Wenn Sie Ihre Prozesse und Methoden auf das nächste Level bringen möchten, finden wir gemeinsam die passende Lösung!



Wenn Sie dazu mehr erfahren möchten, So finden Sie diese Hinweise auf meiner Webseite. [www-stefan-moser.com](http://www-stefan-moser.com)

Gerne können Sie mich auch direkt anschreiben unter [info@stefan-moser.com](mailto:info@stefan-moser.com)