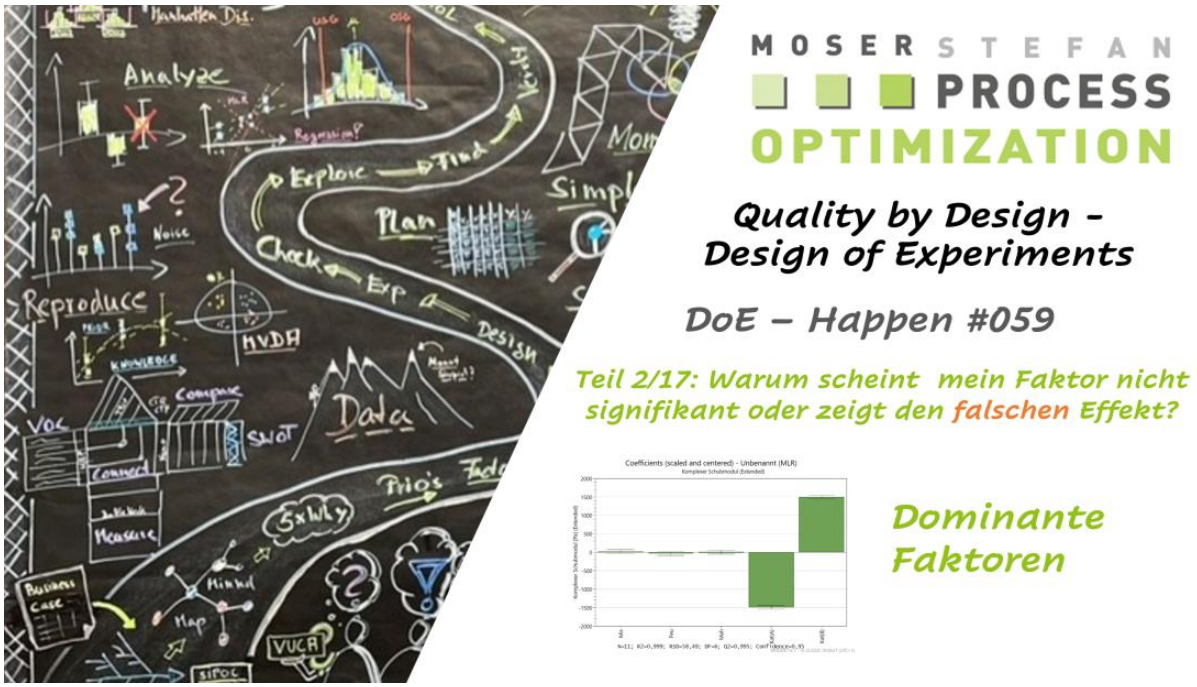


Abbildung 1 Titelbild Blog #59 Stefan Moser

DoE Blog #059 – Wenn ein Faktor alles dominiert und warum ein Screening auch mal "scheitert" Faktoren und Ihre Effekte 2/17

Im letzten Beitrag habe ich eine Liste möglicher Ursachen zusammengestellt, warum Faktoreffekte manchmal nicht sichtbar werden. Heute starte ich mit dem ersten Punkt aus dieser Serie:

a.) „Uneindeutige Ergebnisse / keine klare Trends Dominante oder stark korrelierte Faktoren überdecken Einfluss Ein Faktor beeinflusst mehrere Effekte gleichzeitig, sodass andere nicht sichtbar sind."

Für die Aufbereitung dieser Ursachen habe den folgenden Anwendungsfall konstruiert. „Entwicklung eines injizierbaren Hydrogels

Aufbau der Versuchsplanung: Zielgrößen

In der frühen Phase der Entwicklung eines biofunktionalen Hydrogels zur lokalen Wirkstofffreisetzung wurde ein robuster Gelzustand angestrebt. Ziel war es, ein Gel zu erzeugen, das sich bei Raumtemperatur leicht applizieren lässt, nach Injektion aber eine elastische Matrix ausbildet. Das mechanische Verhalten des Gels wurde über zwei rheologische Zielgrößen charakterisiert:

- **Komplexes Schubmodul** (|G|, in Pa)**: beschreibt die Gesamtsteifigkeit
- **Phasenwinkel** (δ, in °): charakterisiert das Materialverhalten
    - δ < 25° = elastisch dominiert (gewünscht)

- δ > 60° = viskos dominiert (kein Gel)

Ein funktionierendes Gel zeigt hohe |G*|-Werte und niedrige δ-Werte. Das Ziel war ein Screening früher Prozessparameter, die Einfluss auf die Gelbildung haben könnten.

Aufbau der Versuchsplanung: Faktoren

Faktor	Beschreibung	Typ	Stufen (low/high)
A	**Mischgeschwindigkeit**	**quantitativ**	**200 / 600 U/min**
B	**Feuchtigkeitsgehalt**	**quantitativ**	**5 % / 15 %**
C	**Vorvermahlung**	**quantitativ**	**2 min / 10 min**
D	**Katalysatortyp**	**qualitativ**	**A / B**

Zur besseren Einordnung hier ein kurzer Überblick über die gewählten Faktoren:

- **Mischgeschwindigkeit (A)**: beeinflusst die Energieeintragung in das System und somit die Verteilung der Reagenzien.
- **Feuchtigkeitsgehalt (B)**: kann die Mobilität der Reaktanten und damit die Reaktionskinetik beeinflussen.
- **Vorvermahlung (C)**: dient der Oberflächenvergrößerung bzw. Homogenisierung der Feststoffe.
- **Katalysator (D)**: aktiviert die Gelbildung – eine qualitative Auswahl (Typ A oder B) mit potenziell grundlegend unterschiedlichen Wirkmechanismen.

Aufbau der Versuchsplanung: Design

Um den Einfluss verschiedener Prozessparameter effizient zu testen, wurde ein „**Fractional Factorial Design (2-Level, Resolution IV)**“ gewählt – also ein klassisches Screening-Setup mit reduziertem Versuchsaufwand.

> Hinweis: Das Screening wurde als 1/2-Fraction ohne Wechselwirkungen geplant. Es wurden zwei Centerpoints (Exp 9–11) zur Reproduzierbarkeitsprüfung eingefügt.

Aufbau der Versuchsplanung: Versuchsplan

Exp No	Exp Name	Run Order	Incl/Excl	Mischgeschwindigkeit	Feuchte	Mahung	Katalysator	Komplexer Schubmodul	Phasenwinkel
1	N1	7	Incl	200	5	2	A	80	72
2	N2	5	Incl	600	5	2	B	3200	15
3	N3	2	Incl	200	15	2	B	2950	18
4	N4	1	Incl	600	15	2	A	90	68
5	N5	10	Incl	200	5	10	B	3100	14
6	N6	4	Incl	600	5	10	A	70	74
7	N7	8	Incl	200	15	10	A	100	70
8	N8	9	Incl	600	15	10	B	3050	16
9	N9	11	Incl	400	10	6	A	85	73
10	N10	3	Incl	400	10	6	A	88	71
11	N11	6	Incl	400	10	6	A	90	72

Abbildung 2: Software Modde Versuchsplan mit Ergebnissen

Interpretation:

Die Daten: Zwei klar getrennte Gruppen

Die Versuchsergebnisse zeigten sich überraschend deutlich – aber auch ernüchternd:

- **Katalysator B** erzeugte ein konsistentes, vernetztes Gel (|G*| ≈ 3000 Pa; δ ≈ 15°)
- **Katalysator A** führte zu keiner Gelbildung (δ > 70°, |G*| < 100 Pa)

Die anderen drei Faktoren – obwohl theoretisch wichtig – zeigten keinerlei Signifikanz. Grund: **Die Daten mit Kat A sind nicht interpretierbar, weil keine Vernetzung stattfindet**. Damit ist eine statistische Trennung der Effekte von A, B und C nicht möglich, da sie vom dominanten Kat-Effekt überdeckt werden.

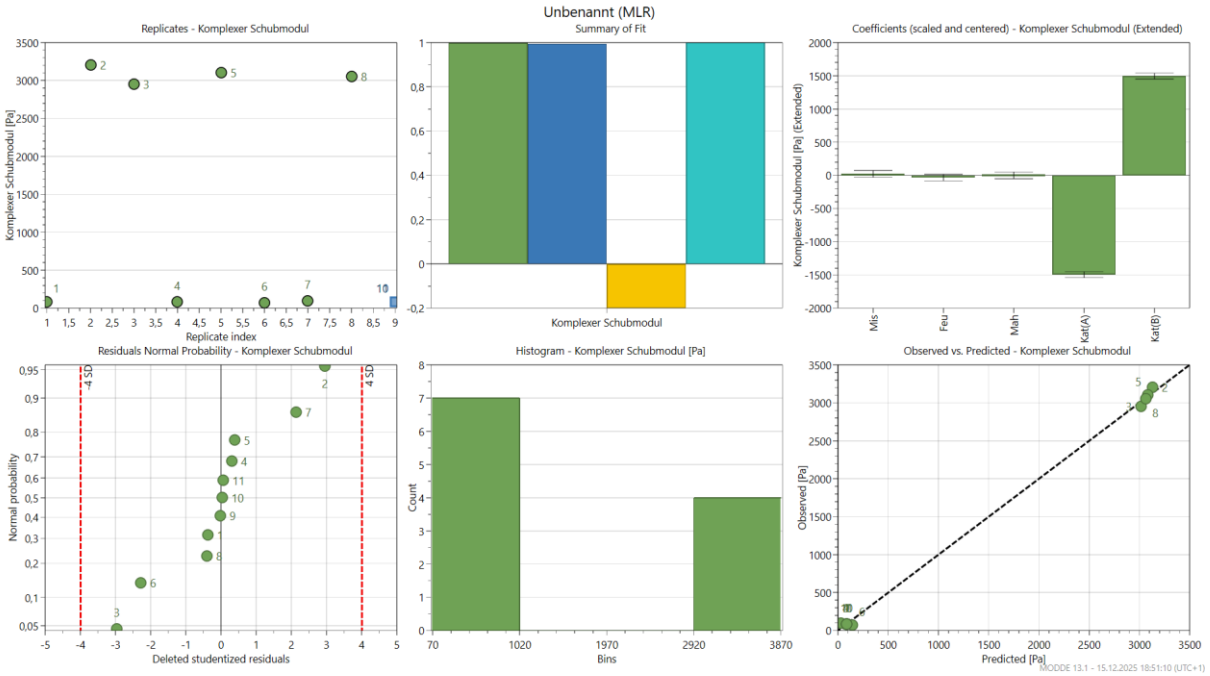


Abbildung 3 Overview Plot erzeugt mit Modde Version 13.1

Die Modde-Overview-Plots: Was ist sichtbar?

1. **Plot 1.1 (Replicates)**: Der Blick auf die Replikate verrät sofort: Es gibt zwei klar getrennte Gruppen. Während Kat B konsistente, hohe Werte liefert, zeigt Kat A flache und kaum verwertbare Daten. Die Replikate (Exp 9–11) zeigen perfekte Reproduzierbarkeit. Gruppe Kat B zeigt konsistente hohe Werte, Gruppe Kat A hat flach und sehr niedrige Werte.
2. **Plot 1.2 (Summary of Fit)**: Gutes Modell insgesamt – aber nur aufgrund des dominanten Faktors D (Katalysator). Die anderen Effekte tragen nicht bei.
3. **Plot 1.3 (Koeffizienten)**: Nur der **Katalysator ist signifikant**. Alle anderen Balken bleiben insignifikant.
4. **Plot 2.2 (Residual Normal Probability)**: Kein Hinweis auf Ausreißer oder Modellfehler. Das Modell ist formal korrekt, jedoch sind 11 Experimente noch grenzwertig wenig für die Auswertung.
5. **Plot 2.3 (Observed vs. Predicted)**: Zwei Gruppen erkennbar. Kat B gut vorhergesagt. Kat A zeigt Abweichungen, da dort keine sinnvolle Vorhersage möglich ist.

Interpretation: Wenn die Struktur die Statistik "ausschaltet"

Dieses Beispiel zeigt exemplarisch, was passieren kann, wenn ein **dominanter qualitativer Faktor alle Variation bestimmt**:

- Andere Effekte werden statistisch überdeckt
- Beobachtete Unterschiede innerhalb der nicht-funktionierenden Gruppe (Kat A) sind zufällig
- Reale Unterschiede (z. B. durch Mahlung, Feuchte, Geschwindigkeit) wirken **nur in einer Teilgruppe**, sind aber durch das Gesamtmodell nicht nachweisbar

Fazit:

Ein "vermeintlich gescheitertes" Screening liefert genau die Erkenntnis, die gebraucht wird: **Ein Faktor ist ausschlaggebend – der Rest ist irrelevant, solange dieser nicht adäquat eingestellt wird „Hier auf Katalysator B“ . Denn solange diese Schlüsselerkenntnis fehlt, bleiben die Effekte der anderen Faktoren unklar und widersprüchlich.**

> Diese DoE war kein Misserfolg – ganz im Gegenteil: Sie war der methodisch saubere Beweis dafür, dass manchmal ein einziger Faktor alles entscheidet

Ausblick

Im nächsten Blog werde ich mich mit einem anderen Grund warum Faktoreffekte nicht wie angenommen bestätigbar sind beschäftigen:

a.) Große Streuung in Messergebnissen Externe Einflüsse oder Messfehler Umgebung, Messsystem oder Bedienung verursachen Schwankungen.

> *Sollten Sie weitere Gründe vermissen oder kennen so senden Sie mir die gerne zu, ich nehme Sie gerne in diese Blog Staffel mit auf!!*

Die Darstellung bleibt kurz, verständlich und mit konstruierten Beispielen aus meiner Praxis. Denn: Nicht jeder fehlende Effekt ist ein Fehler im System – oft liegt die Ursache in einem kleinen, aber entscheidenden anderen evtl. unerwartetem Detail.

👉 Vielleicht gab's jetzt schon einen Aha-**Moment? Dann freue ich mich über ein kurzes Feedback – oder einen Kommentar, wo hat es bei Ihnen Klick gemacht?**

> **Teilen Sie gerne den Beitrag den Die Ressource Wissen wir nicht kleiner wenn Sie geteilt wird**



Abbildung 04 Logo Stefan Moser Process Optimization

Mehr aus Ihren Prozessen rausholen?

Ob DoE-Grundlagen oder Spezialthemen wie Troubleshooting, 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