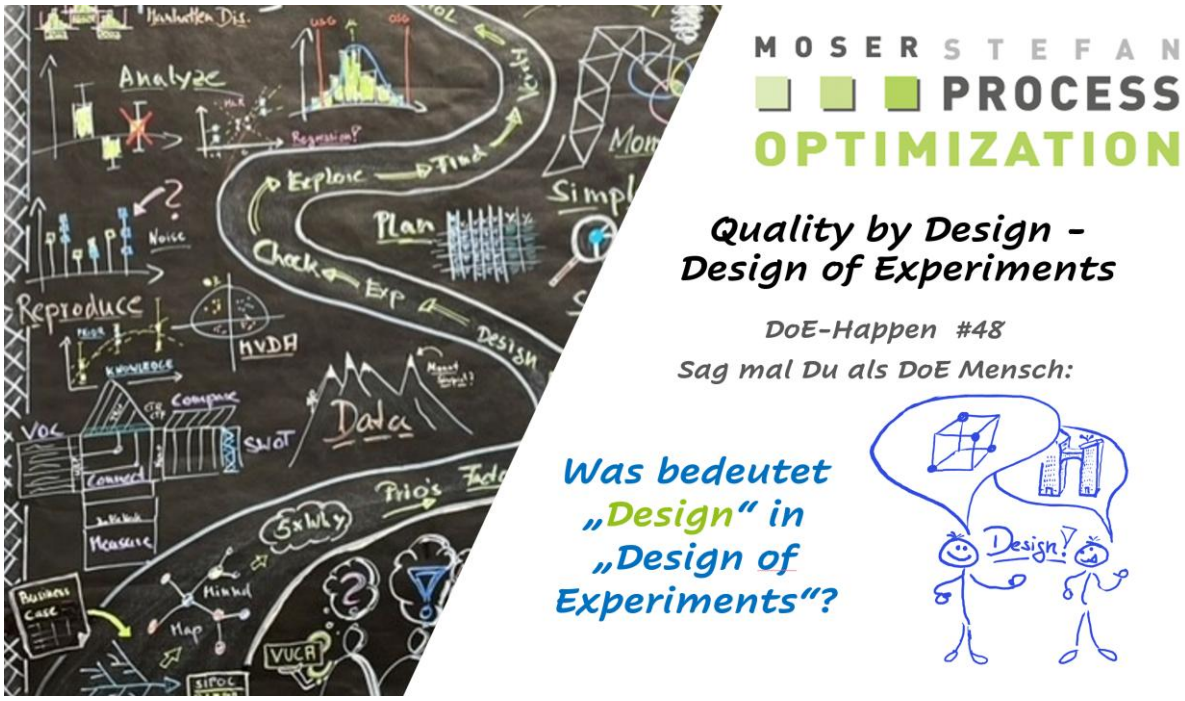


DoE Blog #48: Sag mal, Du als DoE-Mensch – woher kommt eigentlich das „Design“ in „Design of Experiments“?

Der Begriff stammt – wenig überraschend – aus der Statistik. Genauer gesagt von Ronald A. Fisher, der in den 1920er-Jahren das experimentelle Design systematisierte. Damals ging es z. B. darum, Düngerversuche in der Landwirtschaft effizienter zu gestalten.
Statt sich durch endlose Kombinationen zu probieren, entwickelte Fisher clevere Versuchspläne. Das Ziel: Mit möglichst wenigen Experimenten möglichst viele Erkenntnisse gewinnen**.**
Design – das heißt also: Nicht planlos herumprobieren, sondern systematisch rangehen.

„Design“ – die Grundlage guter Versuchsplanung

OFAT – das steht für ‚One Factor At a Time‘ – klingt harmlos, fast wie ein gemütliches Sonntagsgericht. In der Praxis aber ist es eher wie Autofahren mit verbundenen Augen: Sobald mehrere Einflussgrößen ins Spiel kommen, verliert man schnell die Orientierung.
Viele starten genauso: Man verändert einen Parameter und hofft, dass sich die Welt erklärt. Aber sobald mehr als zwei Faktoren im Spiel sind – oder gar Wechselwirkungen – versagen OFAT und Trial & Error. → Hier kommt der eigentliche Star ins Spiel: das Design im „**Design** of Experiments“.

Warum ist das Design so sinnvoll?

Ein gutes DoE-Design bringt Ordnung ins Parameter-Chaos. Es beantwortet Fragen wie: Welche Kombinationen lohnen sich wirklich zu testen? Wie greifen Einflussgrößen ineinander? Und wie belastbar sind die Ergebnisse? Statt Rätselraten gibt’s einen klaren Fahrplan.

> ***Ohne Design werden Versuche oft zufällig oder sequenziell durchgeführt – und dabei verpasst man wichtige Zusammenhänge oder erkennt sie viel zu spät.***

Mit einem strukturierten Design hingegen erkennt man systematisch:

- Welche Faktoren Einfluss haben,
- wie sie zusammenwirken,
- und ob es verborgene Nichtlinearitäten gibt.

Natürlich geht es auch ohne Design. Ehrlich! Wenn Sie genug Zeit, Budget und Geduld haben – einfach drauflos testen, alles kombinieren, und irgendwann wird sich schon ein Muster zeigen. Das klingt bekannt? ….Dann sind Sie nicht allein!

➔ **Aber Hand aufs Herz: Funktioniert das wirklich?**

In der Statistik werden Unterschiede zwischen Gruppen analysiert – und das funktioniert nur, wenn diese Gruppen auch vergleichbar sind. Das heißt:

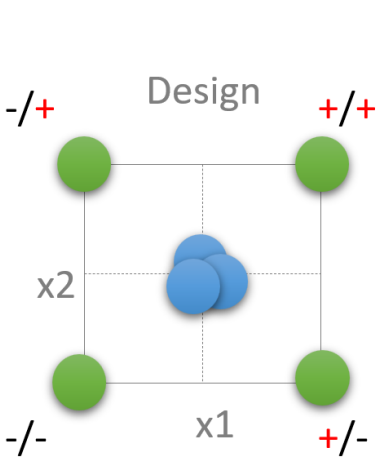
- **Die Gruppen sollten ähnlich groß sein.** Sonst wird's schief – im wörtlichen wie im statistischen Sinn.
- **Die Einflussgrößen sollten kontrolliert und systematisch, simultan variiert werden.** Nicht zufällig oder willkürlich, sondern nach Plan – damit aus Versuch auch Erkenntnis wird.
- **Die Variation der Faktoren erfolgt gezielt und unabhängig.** Nur so lassen sich Haupt- und Wechselwirkungen zuverlässig berechnen – auch wenn mehrere Effekte gleichzeitig im Spiel sind.

Wenn Sie jetzt gerade leicht abdriften: Kein Problem – hier die Kurzversion:
Faktoren sind unabhängig, wenn ihre Variation ausbalanciert, symmetrisch und orthogonal ist.

Oder – mit einem Augenzwinkern: Nur wer systematisch plant – also „designt" – darf am Ende auch sauber interpretieren.

Und genau das macht ein gutes Design aus. … Im Folgenden möchte ich Ihnen diesen Design-Aspekt näherbringen – ohne dabei zu tief in Statistik, Algorithmen oder Mathematik einzutauchen. Seien Sie aber gewiss: In den kommenden Beiträgen werden wir auch diese Themen – wie immer gut verständlich – gemeinsam beleuchten.

3. Wie sieht so ein Design konkret aus?



Versuchsplan

x1	x2
-1	-1
-1	1
1	-1
1	1
0	0
0	0
0	0

Abbildung 1: Design Beispiel mit 2 Faktoren mit Anordnung der Exp.

- Die erste Auffälligkeit beim Versuchsdesign dürfte die Vorstellung von **zwei Leveln** sein – also der Variation der Einflussgrößen auf einer bestimmten Anzahl von Ebenen. In der Regel werden diese mit **–1 und +1** codiert.
- Die zweite Auffälligkeit sind die **Wiederholungen bei der Einstellung 0/0**. Diese dienen der Untersuchung von **Reproduzierbarkeit** und **Nichtlinearität** – doch lassen Sie uns das in einem anderen Blogbeitrag in Ruhe vertiefen.

- **Struktur:** Schauen wir uns den Aufbau an, erkennen wir ein klares Muster: Die Platzierung der ersten vier Versuche folgt einem Plan – nämlich der Variation von für X1 im Wechsel 2^1=2 (-,-,+,+,). Gleichzeitig variiert X2 mit 2^0=1 (-,+,-,+) .
- Für einen dritten Faktor würden wir folglich mit der Variation 2^2 arbeiten – aber in diesem Blog geht es um das Design. Daher heben wir uns zusätzliche Faktoren für später auf.
- **Orthogonalität** bedeutet: Die Versuchsanordnung ist so clever gestrickt, dass sich die Effekte der einzelnen Faktoren wie bei zwei Achsen im Koordinatensystem unabhängig voneinander auswerten lassen – ganz unabhängig voneinander.

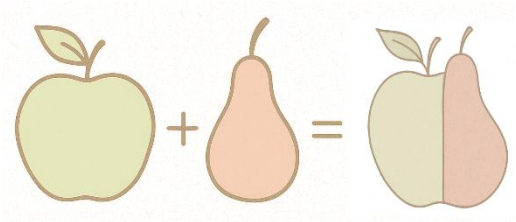


Abbildung 2: Apfel + Birne = Apfelbirne (gleiche Einheiten)

> ***Wir machen aus verschiedenen Einheiten vergleichbare Größen – so wie aus Apfel und Birne eine Apfelbirne: ein neues, einheitliches Maß.***

Warum das funktioniert? … Weil die Codierung mit +1 und –1 alle Einflussgrößen auf eine gemeinsame Skala bringt – egal ob Temperatur, Druck oder Konzentration. Statt Äpfel mit Birnen zu vergleichen, machen wir daraus eine Apfelbirne: eine einheitliche, vergleichbare Maßeinheit.
Das ist die Basis für eine saubere Interpretation – denn nur wenn alles auf derselben Bühne spielt, lassen sich Effekte wirklich vergleichen.

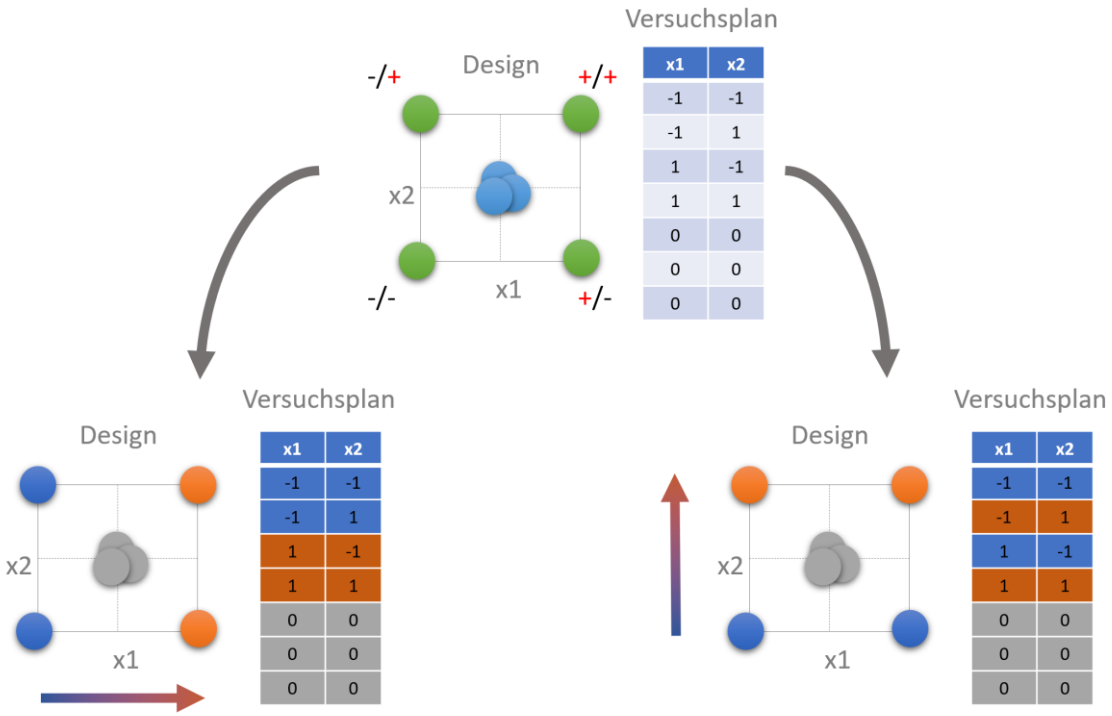


Abbildung 3: Aufteilung von Experimenten in Gruppen zur Bestimmung der mittleren Effekte

In den kommenden Boxplots (Sie sehen gleich links und rechts in der übernächsten Grafik, was gemeint ist) gruppieren wir die Ergebnisse systematisch – nach niedrigem (–) und hohem (+) Level eines Faktors. So können wir die Wirkung sauber herausrechnen – ganz ohne neue Versuche.

Und genau das ist der Trick, wenn wir die Wirkung einzelner Faktoren untersuchen wollen: Wir teilen das gleiche Set an Experimenten gezielt in Gruppen – jeweils nach **niedrigem (–)** und **hohem (+)** Level eines bestimmten Faktors. So lässt sich herausfinden, welchen **Effekt** dieser Faktor hat – also:

> **Welche Veränderung** tritt in der Zielgröße auf, wenn der Faktor von seinem niedrigen auf seinen hohen Wert erhöht wird? …. → Wir müssen dafür **keine neuen Versuche durchführen**, sondern können die vorhandenen Daten **softwaregestützt und systematisch gruppiert** auswerten.

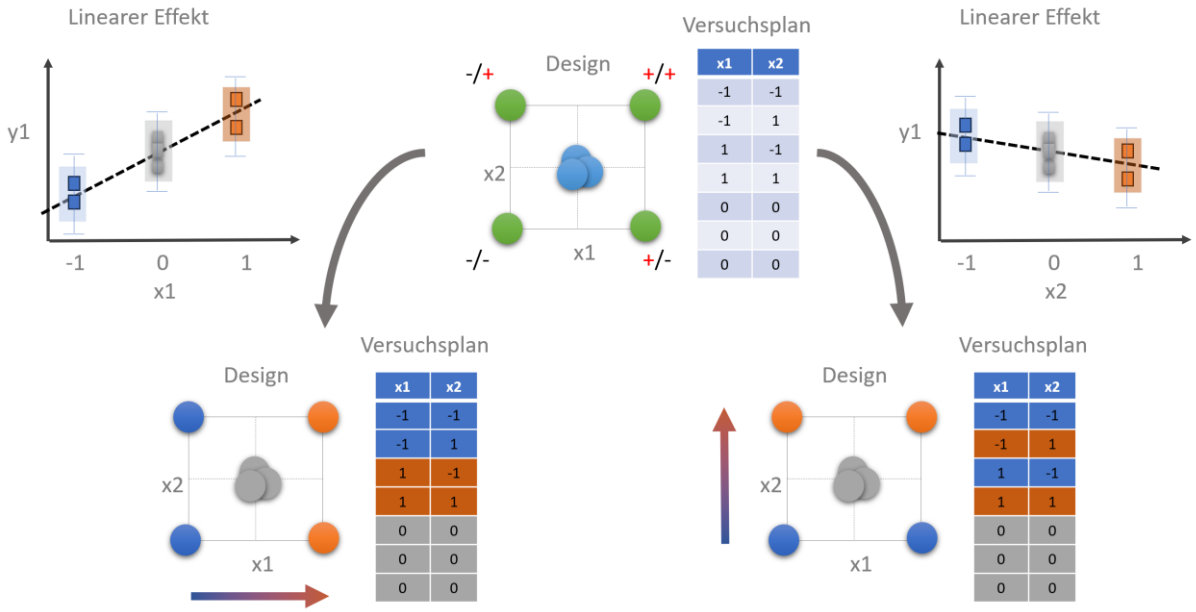


Abbildung 4: Ergänzung des voranstehenden Plots um Boxplots um die Effekte durch die gruppierten der Exp. zu verdeutlichen

Wie genau das aussieht, sehen wir gleich an einem einfachen Beispiel für x1:

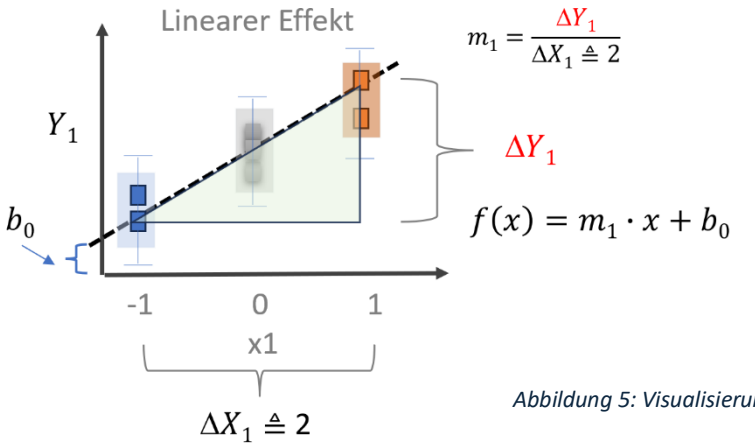


Abbildung 5: Visualisierung der Effekt-Berechnung

In diesem schematischen Schaubild sehen wir, wie der **Effekt** – also die Wirkung von X1 – berechnet wird: Wir nehmen die **Änderung der Zielgröße** und teilen sie durch die Variation des Faktors. Bei Versuchsdesigns mit zwei Leveln ist diese Variation immer **2**, da zwischen –1 und +1 genau zwei Stufen liegen. So lässt sich der **Koeffizient der Steigung** bestimmen.

> ***Kommt Ihnen bekannt vor? Kein Wunder – im Grunde nutzen wir hier die gute alte Steigungsformel aus dem Matheunterricht: Zwei Punkte genügen, um eine Gerade zu zeichnen.***

Und genauso berechnen wir auch, welchen Effekt ein Faktor auf unsere Zielgröße hat. Sobald wir den Steigungskoeffizienten haben, können wir durch Einsetzen auch den **Achsenabschnitt** berechnen – und voilà: Schon haben wir unsere **lineare Gleichung für X1**.

Keine Sorge: Die Rechenarbeit übernimmt die Software. Aber zu wissen, was da im Hintergrund passiert, macht Sie unabhängiger – und Sie erkennen schneller, ob die so abgeleiteten Ergebnisse sich mit Ihrer Expertise decken und wirklich sinnvoll sind.

Fassen wir noch mal zusammen:

- Die Versuchsplanung hilft uns, die **Wirkung von Variablen und Faktoren** auf eine oder mehrere Zielgrößen zu bestimmen.
- Dabei werden mithilfe von Designs die Experimente **gezielt vorgegeben**.
  Diese Designs sind **mathematisch beschrieben** – so können sie je nach Aufgabenstellung automatisch einen passenden Versuchsplan mit ihrer Software erzeugen: abhängig von der **Art der Faktoren**, den **Einschränkungen**, den **Rahmenbedingungen** und den **zu untersuchenden Effekten**.
- Nach der Durchführung werden die Effekte in einem **„Ursache-Wirkung-Modell“** berechnet – und anschließend über **Effektplots** und **Koeffizienten-Plots** auf ihre Stärke und Richtung hin miteinander verglichen.
- Die **Codierung** der Faktoren mit +/– ermöglicht es, die **Versuche gezielt in Gruppen aufzuteilen** – je nach niedrigem oder hohem Level. So lassen sich die Effekte unabhängig voneinander berechnen. Und genau daraus entsteht dann unser **Ursache-Wirkung-Modell**: systematisch, nachvollziehbar, aussagekräftig.

Und das Wichtigste zum Schluss:
Natürlich braucht es noch etwas Statistik, um die Qualität der Modelle einzuschätzen – zum Beispiel mit einem T-Test für einzelne Effekte oder einer ANOVA, um Unterschiede zwischen mehr als zwei Gruppen zu bewerten.
Auch die Wahrscheinlichkeit von Wechselwirkungen oder Nichtlinearitäten wird so zuverlässig abgeschätzt. Aber keine Sorge: Dafür gibt’s die passende Software.
Die erledigt das im Hintergrund – ganz ohne, dass wir jedes Mal ein neues Skript schreiben oder Formeln nachschlagen müssen.

👉 **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!



Abbildung 6: Stefan als Comic-Figur und sein Logo

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