

Box Plots eignen sich hervorragend, um die Wirkung eines Effektes auf wirkliche Unterschiede zu untersuchen. Dies kann neben der Statistik auch aus der Visualisierung abgeleitet werden

- Links: Keine sichtbaren Unterschiede – könnten echte Effekte durch Messrauschen verdeckt sein?
- Rechts: Klar getrennte Verteilungen – ein signifikanter Unterschied wird sichtbar.

Zu wenig Variation – und schon bleibt der Effekt unsichtbar. Kritisch wird es, wenn unkontrollierte Störgrößen fast genauso stark schwanken wie der Faktor, den wir eigentlich untersuchen wollen. Dann verschwimmen Ursache und Wirkung. Weder ANOVA noch T-Test können in diesem Fall diese Effekte zuverlässig auseinanderrechnen.



Beispiel / Example

Stellen wir uns vor, wir stehen in der Küche und backen Schokoladen-Streusel-Muffins. Wir variieren die Menge der Schokoladenstückchen – einmal zwischen 35 % und 40 %. Hand aufs Herz: Wer würde da wirklich einen Unterschied schmecken oder bewerten können? Anders sieht es aus, wenn wir die Spanne breiter wählen, etwa zwischen 10 % und 45 %. Dann wird der Unterschied nicht nur auf der Waage feststellbar, sondern auch auf der Zunge – und sichtbar, denn das Auge isst bekanntlich mit.

Faktor-Auflösung – Wie fein können wir steuern?

Faktor-Auflösung bedeutet nicht nur, wie fein wir Zielgrößen messen können – sondern auch, wie präzise sich die Faktoren selbst einstellen lassen. Je weniger fein ein Prozess oder ein Gerät steuerbar ist, desto gröber fallen die verfügbaren Stufen aus – und desto schwieriger wird es, Unterschiede klar zu erkennen, sei es innerhalb einer Stufe oder zwischen den Stufen.



Beispiel / Example

Bleiben wir bei unserem Muffin – diesmal gebacken in einem alten Holzofen. Die Temperatur steuern wir über eine einfache Klappe, mit vielleicht vier groben Stellungen. Aber wer denkt, die Temperatur lasse sich damit zuverlässig regeln, irrt: Glutmenge, Holzart, Ofenbeschickung und Wetterlage beeinflussen zusätzlich den Kaminzug. Und selbst wenn wir die Klappe verstellen, passiert oft erst einmal – nichts. Die Temperatur reagiert verzögert, abhängig davon, wie stark das Feuer noch brennt oder wie der Wind den Rauchabzug beeinflusst.

Das Einstellen wird damit zur bloßen Einschätzung – echte Prozesskontrolle rückt in weite Ferne.

Auflösung der Zielgröße – Wo echte Unterschiede verschwimmen

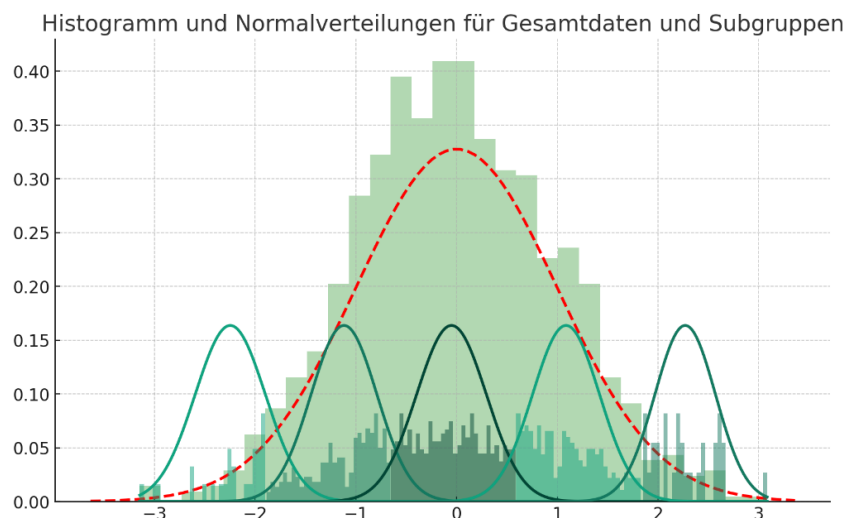


Figure 2: Schematische Darstellung der Überlagerung von Messwerten mit geringer Auflösung des Messgerätes.

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Interpretation von DoE-Ergebnissen ist die Auflösung – sowohl der Messmittel als auch der Bewertungsskalen. Eine hohe Auflösung ist entscheidend, um feine Unterschiede und Effekte zwischen den Versuchen zuverlässig erfassen und abbilden zu können.



Beispiel / Example

In unserem Muffin-Beispiel könnten wir die Bewertung der Schokoladenstückchen-Menge sensorisch durchführen – etwa durch Geschmackstests. Wenn die Bewertung jedoch auf zu wenige Stufen beschränkt ist, etwa nur auf Kategorien wie „schlecht“, „geht so“, „ok“, „gut“ und „Premium“ wird es schwierig, echte Unterschiede zu erkennen. Besonders kritisch wird es, wenn die Tester – wie häufig bei Laien ohne Sensorik-Panel-Erfahrung – ungeschult sind.

Tipp: Eine zu grobe oder subjektive Bewertung verschleiert echte Effekte und erschwert die Modellbildung erheblich.

Nehmen wir für einen Moment an wir wollten den Geschmacks Test verwenden, um die Kalorien zu schätzen frei nach dem Motto „schmeckt besser muss mehr Kalorien haben!“ Dann wäre es deutlich objektiver, stattdessen die Kalorienzahl der Muffins zu bestimmen – auch wenn das dem Genuss einen Dämpfer verpassen würde. Die Kalorienmenge lässt sich entweder rechnerisch aus der Rezeptur ableiten oder mit geeigneten Messgeräten (z.B. einem Bombenkalorimeter) genau bestimmen. Damit hätten wir eine fein aufgelöste, reproduzierbare Zielgröße, die sich wesentlich besser zur Modellbildung eignet.

Zusammengefasst: Ohne gute Messmittel keine klaren Effekte

Die Fähigkeit der Messmittel – also wie genau sich Faktoren einstellen und Zielgrößen messen lassen – entscheidet maßgeblich darüber, ob eine DoE echte Ursache-Wirkung-Beziehungen sichtbar macht oder nur Rauschen produziert.

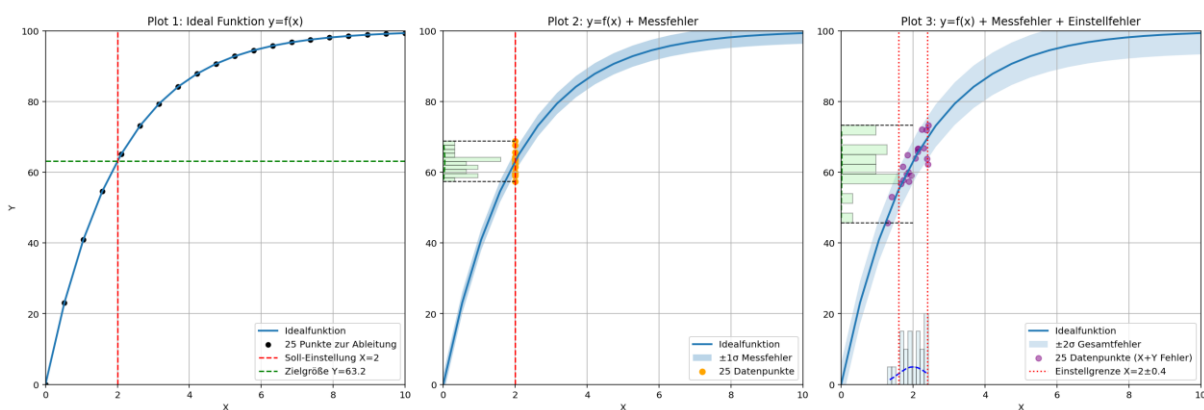
Sind die Levels eines Faktors zu nah beieinander, bleiben Unterschiede oft unsichtbar.

Und wenn die Auflösung der Messung zu grob ist, verschwimmen die Werte zusätzlich – echte Effekte gehen dabei unter.

Einfach gesagt: Wenn wir innerhalb der geplanten Faktorvariation nicht präzise messen können, sind belastbare Aussagen kaum möglich.

Denn eins ist klar: **Selbst die cleverste Versuchsstruktur kann schlechte Daten nicht retten.**

Wie sich diese Schwächen in der Einstellbarkeit und Messgenauigkeit konkret auf die Ergebnisse auswirken, zeigt die folgende Visualisierung.



Um die Auswirkungen von Mess- und Einstellfehlern anschaulich darzustellen, bietet sich ein Dreifach-Plot an:

- **Erster Plot:** Darstellung von Y über X mit einem sauberen, leicht nichtlinearen Verlauf – so, wie wir ihn idealerweise erwarten würden.

- **Zweiter Plot:** Einfügen von Messfehlern in der Zielgröße – die Werte streuen stärker, Vertrauensbereiche und einhüllende Regressionen zeigen die Unsicherheit. Zusätzlich veranschaulicht ein Histogramm die Verteilung der Abweichungen.
- **Dritter Plot:** Ergänzend kommt ein Einstellfehler im X-Wert hinzu – die Streuung wird nicht nur höher, sondern die gesamte Unsicherheitswolke breitet sich aus. Auch hier zeigt ein Histogramm die Verteilung.

Einstellbarkeit der Faktoren – Warum feine Steuerung zählt

DoE lebt davon, dass Faktoren genau, gezielt und reproduzierbar variiert werden – klingt banal, wird aber oft unterschätzt.

👉 **Praxisregel:** Die Auflösung der Einstellgröße sollte mindestens 1/20 der geplanten Spannweite betragen (vgl. Montgomery, Design and Analysis of Experiments).



Beispiel / Example

Angenommen, wir möchten die Menge der Schokoladenstückchen variieren – etwa im Bereich von 100 g. Damit wir saubere Unterschiede erzeugen können, sollte unsere Waage eine Auflösung von mindestens ± 1 g haben. Wenn die Waage hingegen nur in 5 g-Schritten misst, können wir kleine Unterschiede gar nicht zuverlässig einstellen – und riskieren, dass vermeintliche Effekte nur Messartefakte sind.

Natürlich könnte man schmunzelnd einwenden, dass beim Muffin fünf Gramm mehr oder weniger am Genuss wenig ändert – und in diesem Fall würde ich Ihnen vermutlich sogar recht geben. Aber wenn wir nicht über Muffins, sondern über die Dosierung einer Insulinpumpe oder die Steuerung eines Herzschrittmachers sprechen, würden Sie sicher anders argumentieren.

Fazit: Kein starker Effekt ohne starkes Messmittel

Design of Experiments lebt davon, Unterschiede nicht nur zu erzeugen, sondern sie auch differenziert sichtbar zu machen. Ohne klar einstellbare Faktoren und präzise Zielgrößenmessung bleibt selbst der beste Plan Theorie.

🎯 **Reflexionsfrage:** Wie genau kennen Sie die Grenzen Ihrer Messmittel – wirklich?

Tipp: Vor Ihrer nächsten DoE – sichern Sie Ihre Ausgangsbasis ab

- Stellen Sie frühzeitig sicher, dass Ihre Messmittel die erforderliche Auflösung zuverlässig erreichen.
- Wenn Unsicherheiten bestehen, beziehen Sie Ihre Qualitätsmanagement-Abteilung ein – sie ist in der Regel für die Kalibrierung und Validierung der Messmittel verantwortlich.
- Planen Sie Wiederholversuche und Reproduzierbarkeitsprüfungen ein: Verwenden Sie gleiche Rohstoffe, identische Mitarbeiter und dieselben Messmittel. So erfassen Sie den Einfluss des Anwenders sowie die Wirkung nicht kontrollierter Faktoren (Störgrößen) – vergleichbar mit dem Prinzip der Centerpoints in der DoE.

➡ **Hinweis:** Eine strukturierte Messsystemanalyse (MSA) gehört ebenfalls zur guten Vorbereitung – wir werden das Thema in einem späteren Beitrag noch ausführlich behandeln.

Denn am Ende bleibt nur eines sicher:

■ **Eine DoE ist nur so präzise wie ihr schwächstes Glied – und das sind oft die Messmittel.**

Blieben Sie experimentierfreudig und neugierig!

Ihr DFSS & DoE Trainer,

Stefan Moser

www-stefan-moser.com

**Mehr aus Ihren Prozessen herausholen?**

Ob Grundlagen oder Spezialthemen wie Screening, Optimierung, Mischungsdesigns oder Robustheit: Ich unterstütze Sie mit praxisnahen DoE-Trainings, gezielter Beratung und Troubleshooting. Auch bei Themen wie MVDA, DFSS und QFD begleite ich Sie gerne – vom ersten Ansatz der Problemformulierung mit methodischen Workshops bis zur robusten Umsetzung. Gemeinsam bringen wir Ihre Methoden und Prozesse auf das nächste Level.

Gerne können Sie mich auch direkt anschreiben unter info@stefan-moser.com