



Beispiele für Themen im Fortgeschrittenen Seminar sind:

1. Stichprobenumfang, Trennschärfe und FDS

Wie viele **Wiederholungen** des aufgestellten Versuchsplans braucht man, um statistisch signifikante Ergebnisse zu erzielen?

Je größer das Rauschen und je kleiner der zu ermittelnde Unterschied der Zielgröße, desto größer die Anzahl der notwendigen Versuchswiederholungen.

Bei faktoriellen Versuchsplänen ermittelt man die erforderliche Versuchsanzahl über die **Trennschärfe**.

Bei Optimierungsplänen stellt sich die Frage etwas anders: Wie gut gibt die quadratische Vorhersagegleichung (die Wirkungsfläche) den tatsächlichen Zusammenhang wieder?

Ein sinnvolles Maß zur Ermittlung der Anzahl Wiederholungen ist die Genauigkeit anstatt der Trennschärfe. Damit ermittelt man die so genannte FDS (**Fraction of design space** = das Volumen des Untersuchungsraumes, das eine festgelegte Streuung nicht überschreitet, im Verhältnis zum gesamten Versuchsraum). Die genaue Berechnung erfolgt mit Hilfe des Confidence-Intervalls und des Tolerance-Intervalls.

Man kann dann die entscheidende Frage beantworten: Wie viel Prozent des gesamten Untersuchungsraums wird **genau genug abgebildet**, um einen Unterschied der Zielgröße von $\pm x$ statistisch signifikant vorhersagen zu können? Üblicherweise sollte $FDS > 80\%$ sein!

Dies ist übrigens bei allen Arbeiten auf dem Gebiet QbD/FDA sehr wichtig. Beim **Quality by Design** (QbD) ist es das Ziel, einen Einstellungsbereich für die Faktoren zu finden, in der Art, das man mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95 % insgesamt mindestens 99 % der produzierten Produkte innerhalb der Spezifikationsgrenzen hat.

2. Vergrößerung des Versuchsplans durch Faltung und Interpretation der Aliasstruktur

Angenommen man hat einen Versuchsplan mit Auflösung IV durchgeführt und erkennt nun, dass zwei 2-Faktorwechselwirkungen miteinander vermischt sind, die aber beide für die Analyse des Prozesses wichtig sein könnten. Hier bietet es sich an, den Versuchsplan geschickt zu **vergrößern**, man nennt das „**Falten**“.

Und wenn man diese Vermutung schon beim Aufstellen des Versuchsplans hat, kann man mit der richtigen Wahl der **Aliasstruktur**



eine ungünstige **Vermengung** von möglicherweise wichtigen Faktoren und Wechselwirkungen von vornherein vermeiden. Wie wirkt sich also der sog. **Generator** auf die gesamte Aliasstruktur aus?

Eine ähnliche Situation kann sich ergeben, wenn man mittels CCD/RSM ein quadratisches Modell anpassen wollte. Möglicherweise ergibt die Analyse ein sehr schlechtes R^2 und einen signifikanten Lack of Fit sowohl für das quadratische als auch für das lineare Modell. Dann kann es notwendig sein, ein **kubisches Modell** (Polynom 3. Grades) anzupassen. Dafür braucht man aber weitere Freiheitsgrade (= Versuche) um die zusätzlichen Koeffizienten des Modells zu schätzen. Eine Vergrößerung des Versuchsplans ist dann auch hier nötig. Wie macht man das geschickt?

3. D-optimale Versuchspläne

Beispiel: Pudding im Backofen verbrennt, wenn ungünstigerweise in einem Versuchsplan gleichzeitig sowohl die Temperatur als auch die Zeit zu hoch eingestellt werden. Mit Hilfe von z. B. **D-optimalen** Versuchsplänen kann man den Versuchsraum entsprechend der Randbedingungen eingrenzen. Man schneidet dann sozusagen ein Stück des Versuchsraumes weg und kann den „Rest“ immer noch gut auswerten.

4. Robustes Design

Durch geschickte Wahl der Faktoreinstellungen ist es möglich, die Variabilität des Prozesses und damit die **Streuung** der wichtigen Eigenschaften eines Produktes zu **minimieren**.

5. Wünschbarkeitsindizes

Bei den Optimierungsplänen sind die **Wünschbarkeitsindizes** auch sehr nützlich. Damit kann man mit und ohne Gewichtung der einzelnen Zielgrößen mehrere Zielgrößen optimieren. Eine graphische Methode hatten wir ja beim ersten Seminar schon kennen gelernt.

6. Auswertung historischer Daten

Bevor man einen Versuchsplan aufstellt, sollte man **historische Daten** untersuchen. Worauf sollte man beim Auswerten historischer Daten achten?



7. Grundlagen der Statistik, insbesondere Hypothesentests

Wie wäre es mit den **Grundlagen**, die für jede Statistik sinnvoll sind? Hierzu gehören: Normalverteilung, 95 %-Vertrauensintervall, Zentraler Grenzwertsatz, t-Werte. Test auf Normalverteilung, Transformation. Hypothesentests: Null-Hypothese, Alternativ-Hypothese, alpha und beta Risiko, p-Wert, t-Test, F-Test, ANOVA, Chi-Quadrat-Test, Nicht-parametrische Tests. Und auch Korrelation und Regression.

8. Messsystemanalyse

Bevor man mit dem Experimentieren beginnt, sollte man eine Messsystemanalyse durchführen. Hierbei untersucht und quantifiziert man die **Genauigkeit** (Systematische Messwertabweichung, Stabilität, Linearität) und die **Präzision** (Wiederholbarkeit, Reproduzierbarkeit, Auflösung). Das kann man sehr schön z. B. mit Minitab machen.