

Inhalt

Vorwort	V
1 Einführung	1
1.1 Warum Versuche?	1
1.2 Warum Statistik?	1
1.3 Warum Versuchsplanung?	4
1.4 Welche Art von Ergebnissen kann man erwarten?	6
1.5 Versuche oder systematische Beobachtung?	7
1.6 Versuchsplanung und Six-Sigma-Strategie	8
2 Ausgewählte Begriffe	11
2.1 Zielgrößen	12
2.2 Einflussgrößen	12
2.3 Steuergrößen	13
2.4 Störgrößen	13
2.5 Faktoren	14
2.6 Faktorstufen	14
2.7 Quantitative und qualitative Faktoren	15
3 Vorgehensweise im Überblick	17
3.1 Ausgangssituation beschreiben	17
3.2 Untersuchungsziel festlegen	19
3.2.1 Optimale Lage des Mittelwerts	19
3.2.2 Reduzierung der Streuung/Robustheit	20
3.2.3 Erkennen der wichtigsten Störgrößen in der Fertigung	21
3.2.4 Gleichzeitig fertigen und lernen	22
3.2.5 Funktion und Zuverlässigkeit nachweisen	22
3.3 Zielgrößen und Faktoren festlegen	22
3.3.1 Auswahl der Zielgrößen	22
3.3.2 Sammlung der Einflussgrößen	24
3.3.3 Auswahl der Faktoren	25
3.3.4 Festlegung der Faktorstufen	26
3.3.5 Einflussgrößen, die nicht untersucht werden	28
3.4 Versuchsplan aufstellen	29
3.4.1 Festlegung der Faktorstufenkombinationen	29

3.4.2	Anzahl der Realisierungen	30
3.4.3	Blockbildung	31
3.4.4	Randomisierung	31
3.4.5	Aufwandsabschätzung	33
3.5	Versuche durchführen	35
3.5.1	Vorbereitung	35
3.5.2	Durchführung	36
3.6	Versuchsergebnisse auswerten	37
3.7	Ergebnisse interpretieren und Maßnahmen ableiten	40
3.7.1	Interpretation	40
3.7.2	Maßnahmen	41
3.8	Absicherung, Dokumentation, weiteres Vorgehen	42
3.8.1	Absicherung der Verbesserungen	42
3.8.2	Dokumentation	42
3.8.3	Weiteres Vorgehen	43
4	Systematische Beobachtung	45
4.1	Multi-Vari-Bild	45
4.2	Darstellung der örtlichen Verteilung von Fehlern	49
4.3	Prozessvergleich	52
4.4	Paarweiser Vergleich von Produkten	54
5	Einfache Versuche	57
5.1	Variablenvergleich zur Prozessverbesserung	57
5.2	Komponententausch zur Produktverbesserung	61
5.3	Überblick über die Methoden nach D. Shainin	64
6	Statistische Grundlagen	65
6.1	Verteilung	65
6.1.1	Häufigkeitsverteilung von Versuchsergebnissen	65
6.1.2	Verteilungsdichte und Verteilungsfunktion	68
6.1.3	Normalverteilung	70
6.2	Auswertung einer Stichprobe	71
6.2.1	Repräsentative Stichprobe	71
6.2.2	Eintragung ins Wahrscheinlichkeitsnetz	73
6.2.3	Schätzwerte für Mittelwert μ und Varianz σ^2	76
6.2.4	Vertrauensbereiche	77
6.3	Vergleich von zwei Mittelwerten	82
6.3.1	Auswertung von Versuchsergebnissen	83
6.3.2	Festlegung des Stichproben- bzw. Versuchsumfangs	89
6.3.3	Voraussetzungen	91
6.4	Transformation von Messwerten	95
6.4.1	Logarithmische Normalverteilung	95
6.4.2	Poisson-Verteilung	96
6.4.3	Box-Cox-Transformation	98

7	Vollständige faktorielle Versuchspläne	101
7.1	Zwei Faktoren auf je zwei Stufen	101
7.1.1	Versuchsplan und Effekte	101
7.1.2	Auswerteformalismus und Beurteilung der Signifikanz	104
7.1.3	Interpretation von Wechselwirkungen	106
7.1.4	Randomisierung und Blockbildung	108
7.2	k Faktoren auf je zwei Stufen	113
7.2.1	Versuchsplan	113
7.2.2	Auswertung	115
7.2.3	Versuchsumfang	120
7.3	Auswertung von Versuchsplänen mit $n = 1$	121
7.3.1	Wahrscheinlichkeitsdarstellung der Effekte	121
7.3.2	Schätzung der Zufallsstreuung durch „Pooling“	125
7.3.3	Risiken	127
8	Screening-Versuchspläne	129
8.1	Hintergrund	129
8.2	Fraktionelle faktorielle Versuchspläne	130
8.2.1	Der fraktionelle faktorielle 2^{4-1} -Plan als Beispiel	130
8.2.2	Anwendung des 2^{4-1} -Plans zur Blockbildung	134
8.2.3	Fraktioneller faktorieller 2^{k-p} -Plan	137
8.2.4	Was bedeutet Vermengung?	140
8.2.5	Auflösung	143
8.2.6	Überblick über 2^{k-p} -Pläne	144
8.2.7	Praxisbeispiel Reflowlöten	147
8.3	Plackett-Burman-Versuchspläne*	156
8.3.1	Plackett-Burman-Versuchspläne der Auflösung III	157
8.3.2	Plackett-Burman-Versuchspläne der Auflösung IV	159
8.3.3	Übersättigte Pläne	160
8.4	Funktionstest*	160
8.5	Definitive Screening Pläne*	162
8.6	Einsatzempfehlungen	164
9	Robuste Produkte/Prozesse	167
9.1	Ziel und Strategie von G. Taguchi	168
9.1.1	Qualitätsziel: Streuung minimieren	168
9.1.2	Entwicklungsstrategie: Robuste Produkte/Prozesse	168
9.2	Taguchis Versuchspläne und ihre Auswertung	170
9.3	Alternative Ansätze	178
9.3.1	Aus der Differenz von Messwerten abgeleitete Zielgrößen	178
9.3.2	Wechselwirkung zwischen Steuer- und Rauschfaktoren	179
9.4	Anmerkungen zu den „Orthogonalen Feldern“ u. ä.*	180
9.4.1	Orthogonale Felder	180
9.4.2	Lineare Graphen und Dreieckstabellen	181
9.4.3	Dummy Levels, Pseudo Factor Designs, Idle Columns	182

20.3	Übungsbeispiele	321
20.3.1	Papier-Rotor	321
20.3.2	Nürnberger Trichter	324
Anhang	327
Anhang A	- Abkürzungen und Formelzeichen	327
Anhang B	- Statistische Tabellen	328
Anhang C	- Wegweiser durch die Verfahren	330
Anhang D	- Ablauf einer Versuchsplanung	331
Anhang E	- Ablauf einer Datenauswertung	332
Anhang F	- Glossar deutsch/englisch	333
Anhang G	- JavaScript-Visualisierungen zum Herunterladen	337
Anhang H	- Beispiele zum Herunterladen	341
Anhang J	- Software/Demos im Internet	341
Index	345

* Für das Verständnis der folgenden Kapitel nicht erforderlich