Abschlusspräsentation

Six Sigma Projekt

Qualitätsverbesserung bei der Substrat-Lackierung

Stand 30.11.

Projektstatusblatt - 1
Six Sigma Projekt

Projekttitel/-Thema	**Qualitätsverbesserung bei der Substrat-Lackierung**			x	**Kosten**	x	**Kunden**
				x	**Wettbewerb**		**Strategie**
Bereich/Standort	Standort x	**Abteilung**	Abteilung y	**Projekt Nummer**			2901
Prozess	Grundierung und Lackierung der Substrate			**Status-Datum**			15.08.
Kunde(n) dieses Prozesses	Endkunde, Qualitätskontrolle			**Start-Datum**			15.08.
Projektleiter	P.Leiter	**Projekt-Champion**	P.Champion	**Projektabschluss-Datum (geplant)**			30.11.
Teammitglieder	A. Team, B.Gruppe, C.Mannschaft						
Six Sigma Betreuer	B.E. Treuer	**Projekt-Freigabe**	15.08.	**Controlling**			C.O.N.Troller
Aktuelle Prozess-Beurteilung	**x**	Prozess ist in Kontrolle			Prozess ist fähig		
		Prozess ist nicht in Kontrolle		x	Prozess ist nicht fähig		

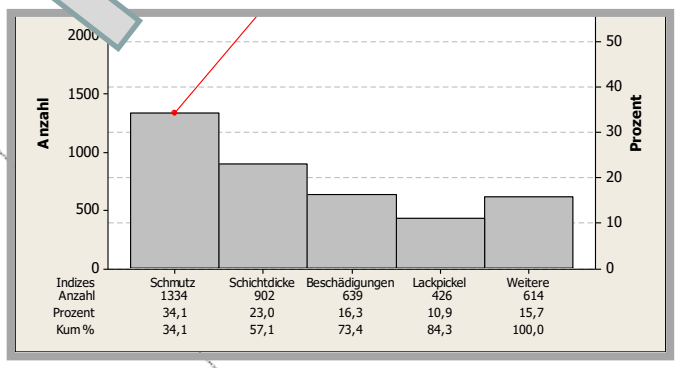
DEFINE
Definition des Themas und des Problems

Genaue Problemdefinition: *"Was genau ist das Problem?"*			
Die Qualität der Lackierung ist mit 92,5% im letzten halben Jahr zu niedrig. Pro Ausfallteil entstehen 8,34 € Verlust. Zusätzlich führt eine Nacharbeitsquote von 5% zu einem Aufwand von 3,69€ pro Teil.			
Projektziel: *"Was genau soll erreicht werden?"*			
Erhöhung der Gutausbeute von 92,5% auf 97,5% bis Ende November, Redzierung der Nacharbeitsquote von 5% auf 2% im selben Zeitraum.			
Messgrößen:	**Ausgangs-situation**	**Aktueller Stand**	**Ziel**
Datum:	**Mai-Juli**	**Mai-Juli**	**30.11.**
Gutausbeute	**92,55%**	**92,55%**	**97,50%**
Konfidenzintervall für Ausschuss	**7,23 - 7,68%**	**7,23 - 7,68%**	
Nacharbeit	**4,94%**	**4,94%**	**2%**
Konfidenzintervall für Nacharbeit	**4,76 - 5,13%**	**4,76 - 5,13%**	
Finanzieller Nutzen des Projekts			
Produktion p.a. 200.000 Stück			**jährliche Einsparung: 107.160 €**
davon Nacharbeit 3% (3,69€ * 6.000): 23.760 €			
davon Ausschuss 5% (8,34€ * 10.000): 83.400 €			
Einsparung gesamt: 107.160 €			

DEFINE
Quantifizierung der Ausgangslage und Zielstellung

SIPOC

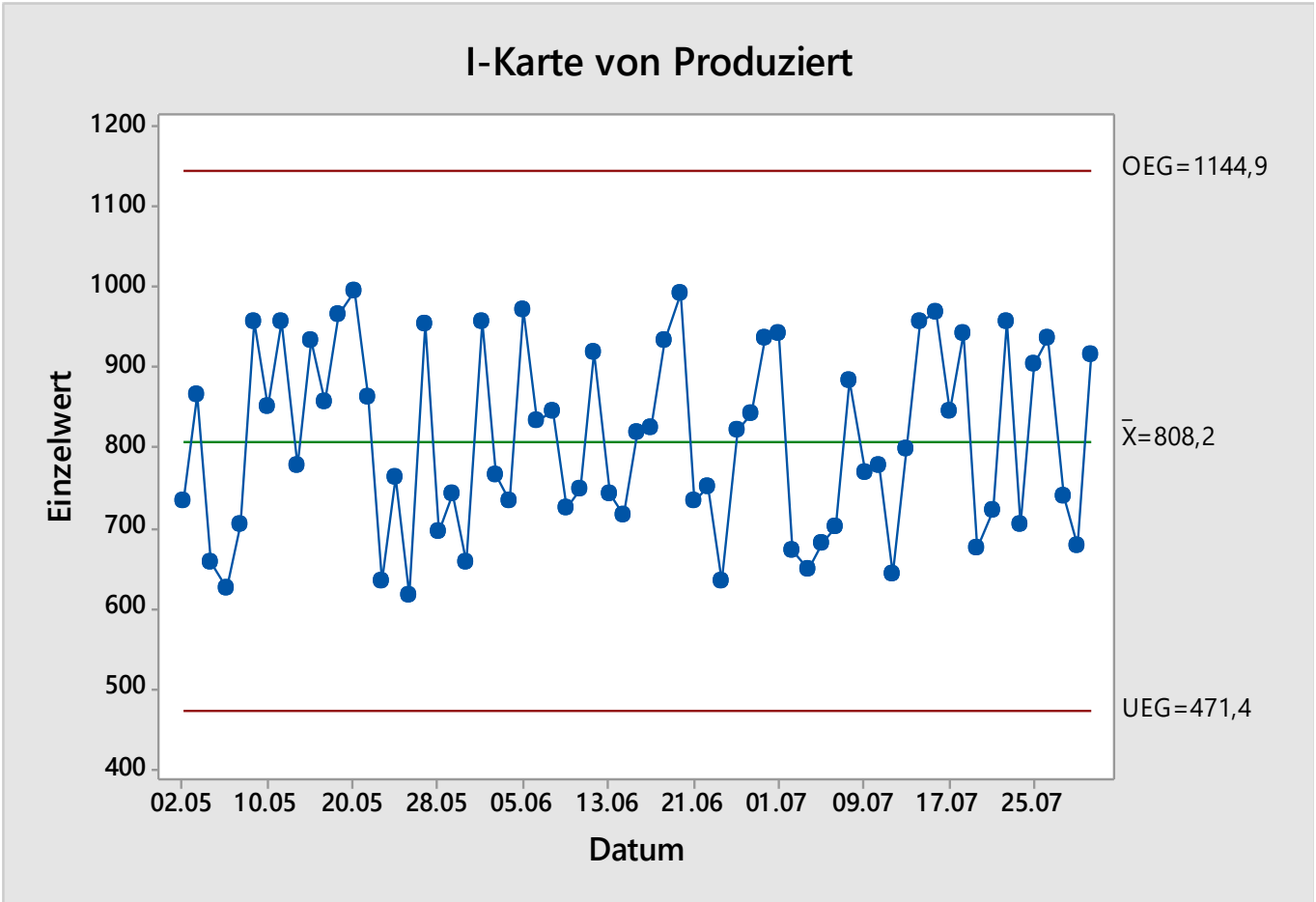
Supplier	Input	Process	Output	Customer
Fertigung	Substrate	Prozess	Schichtdicke	Endkunde
Materiallieferant	Lackieranlagen		Schmutz	Geschäftsführung
	Messsystem		Beschädigungen	QM
	Mitarbeiter		Lackpickel	
	Umgebungsbedingungen			
	Größe und Geometrie			



Reinigung → Grundierung → Zwischen-kontrolle → Lackierung → Kontrolle

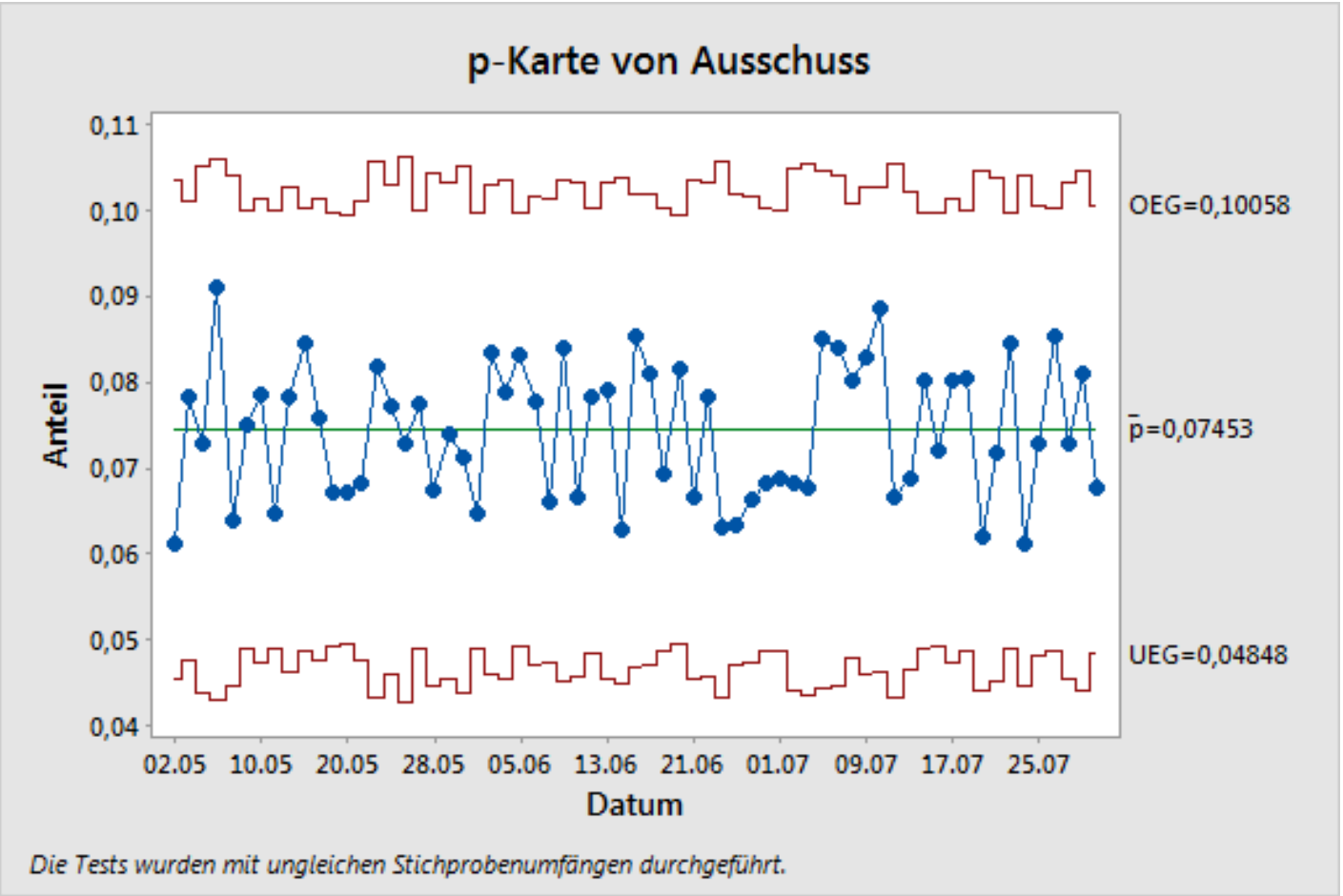
DEFINE
Quantifizierung der Ausgangslage und Zielstellung

Um welche Stückzahlen geht es?



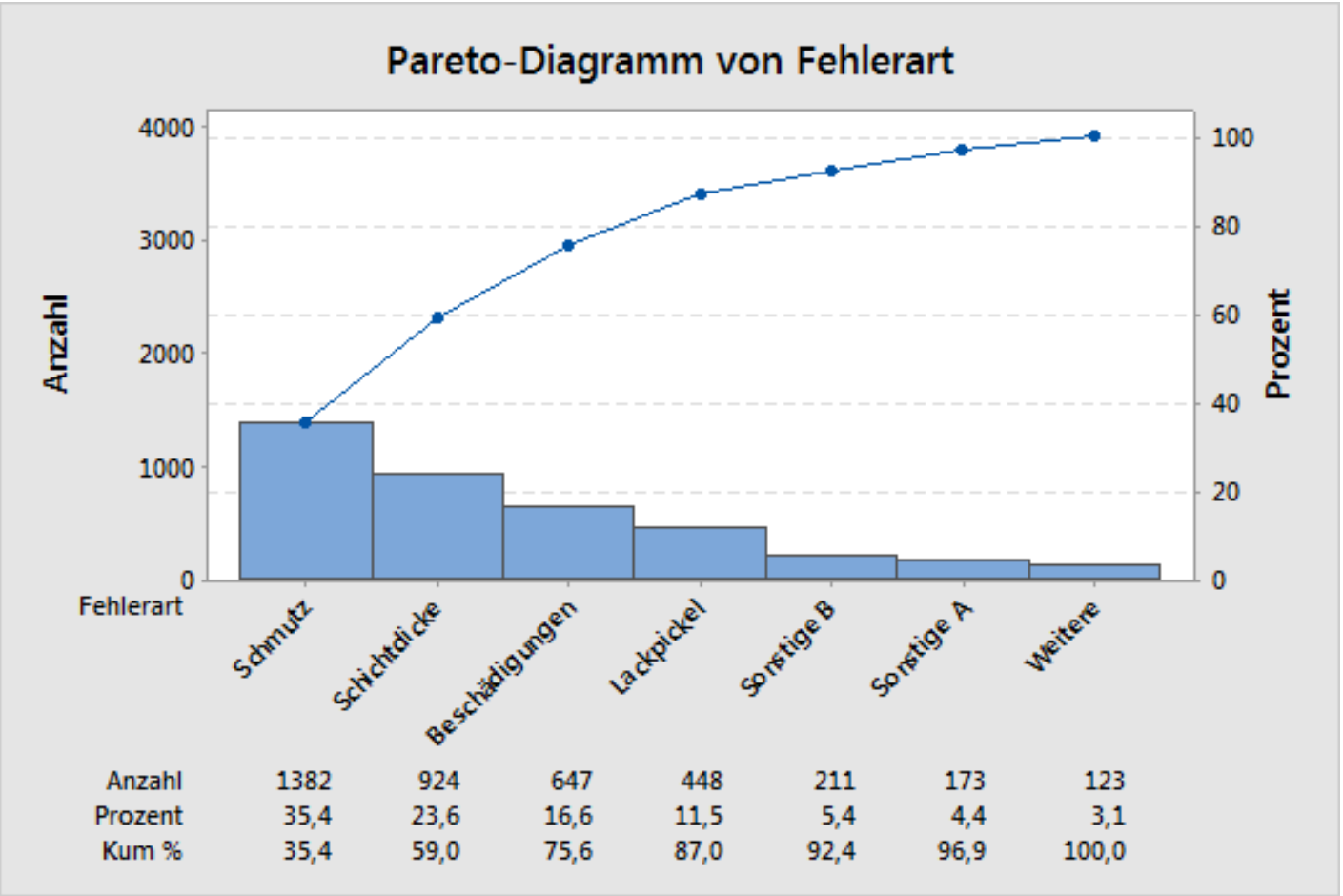
DEFINE
Quantifizierung der Ausgangslage und Zielstellung

Täglicher Ausschussanteil pro Tag



95% KI:
7,23 - 7,68%

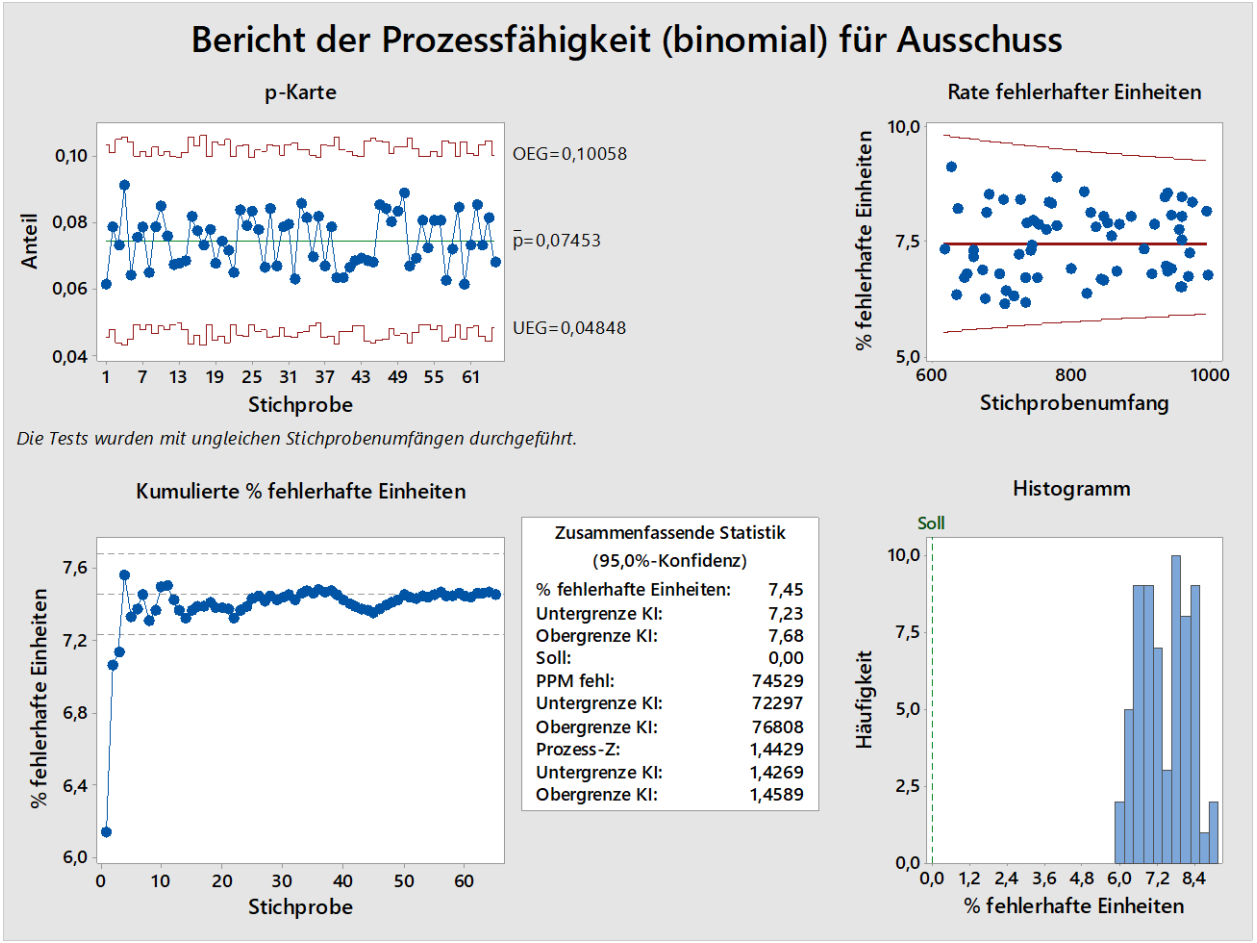
Wie setzt sich der Ausschuss zusammen?



Anzahl	1382	924	647	448	211	173	123
Prozent	35,4	23,6	16,6	11,5	5,4	4,4	3,1
Kum %	35,4	59,0	75,6	87,0	92,4	96,9	100,0

DEFINE
Quantifizierung der Ausgangslage und Zielstellung

Wie hoch ist die aktuelle Prozessfähigkeit?



Z_{LT}=1,4

→ Sigma-Level
= Z_{ST}= 1,4+1,5 = 2,9

DEFINE
Projektorganisation: Zeitplan

Zeitplan
Six Sigma Projekt

Projekt-Phase	Step	Step-Bezeichnung	Plan Datum	Ist Datum	*Erforderliche Dokumente*
Define	1	Definition des Themas und genaue Definition des Problems	15.08.	14.08.	*Projektstatusblatt*
	2	Quantifizierung der Ausgangslange und Zielstellung			
	3	Abschätzung und Quantifizierung des Einsparpotentials			
	4	Projektorganisation			*Zeitplan*
		Abschluss der Define-Phase	**25.08.**		*Projektstatusblatt*
Measure	5	Darstellung der Ist-Situation des Prozsses.(Kurzzeit-Prozessfähigkeit)			
	6	Messsystemanalyse			
	7	Projektfokussierung			
	8	Datenerfassung			
		Abschluss der Measure-Phase	**20.09.**		
Analyse	9	Multi-Vari-Studie			
	10	Prozessanlayse und Analyse der Problemursachen			
		Abschluss der Anlayse-Phase	**15.10.**		
Improve	11	Generieren und Bewerten von Lösungen/Optimierung von Prozess und Prozess-Para.			
	11	Optimierung von Prozess und Prozess-Parametern			
	12	Lösungsumsetzung planen, Lösung (wenn möglich) pilotieren und umsetzen			
	13	Erfolg der Prozess-Änderung verifizieren, Ziel-Ist-Vergleich			
		Abschluss der Improve-Phase	**31.10.**		*Projektstatusblatt*
Control	14	Erstellung eines Prozess-Kontrollplanes und Einführung der Prozessüberwachung			*OCAP, Wochenberichte*
	15	Aktualisierung der Dokumentation, Transfer des Wissens an die Prozess-Beteiligte			*Abschlusspräsentation*
		Abschluss der Control-Phase	**30.11.**		
		Verifizierung, dass Prozess dauerhaft verbessert wurde (3-6 Monate)	30.06.		*Projektabschlussbericht*

Das Zeitgerüst ist festgelegt. Die Feinplanung erfolgt im weiteren Projektverlauf.

DEFINE
Abschätzung und Quantifizierung des Einsparpotentials

- Zielsetzung:
  - Gutausbeute-Erhöhung um 5%
  - Reduzierung der Nacharbeit um 3%.

- Produzierte Stück pro Jahr: 200.000 Teile
- Ausfallreduzierung pro Jahr: 10.000 Stück
  - bei Einsparung von 8,34€/Teil: 83.400 €/Jahr
- Nacharbeitsreduzierung pro Jahr: 6.000 Stück
  - bei Einsparung von 3,69€/Teil: 23.760 €/Jahr

- **Damit ergibt sich ein Einsparpotential von 107 T€/Jahr**

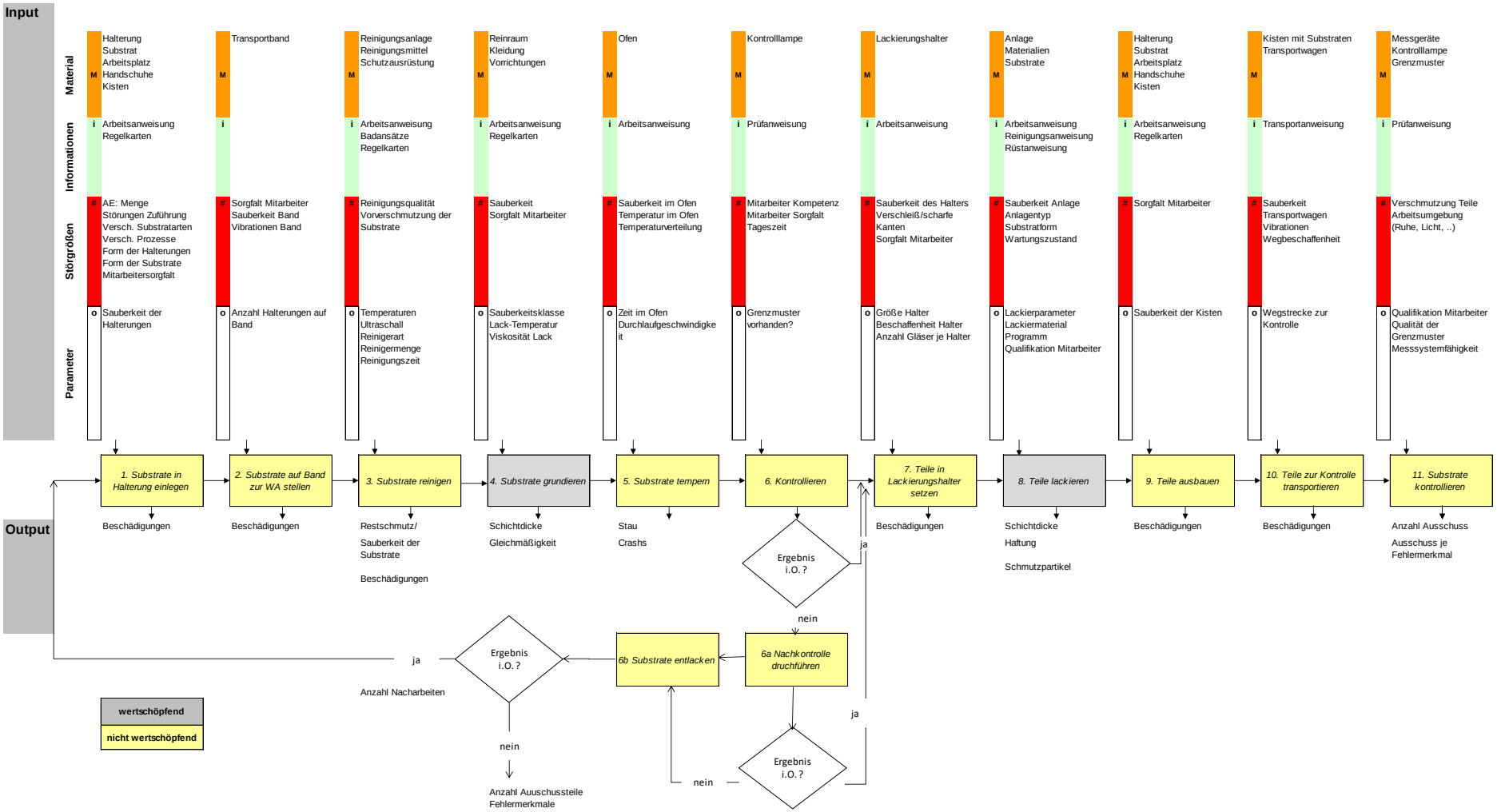
DEFINE
Abschluss der DEFINE Phase

- Problem- und Zieldefinition: Verbesserung der Gutausbeute von 92,5 auf 97,5% und eine Reduzierung der Nacharbeit von 5,1 auf 2% bis Ende Januar.
- Quantifizierung der Ausgangssituation:
  Tägliche Gutausbeute beträgt 92,55 % (95 % KI: 7,23 - 7,68 %)
  Nacharbeitsquote liegt bei 5,16 % (95 % KI: 4,97 – 5,35 %)
- Projekt-Champion, Coach und Teammitglieder sind benannt.
- Einsparpotential von 107.160 € errechnet und durch Controlling verifiziert.
- Terminplan erstellt.
- Abschlussphase DEFINE: 23.08.

MEASURE

MEASURE
IST-Situation des Prozesses

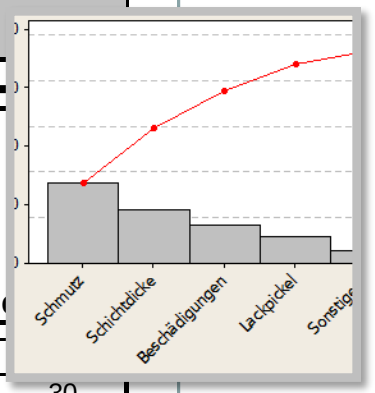
Process Mapping



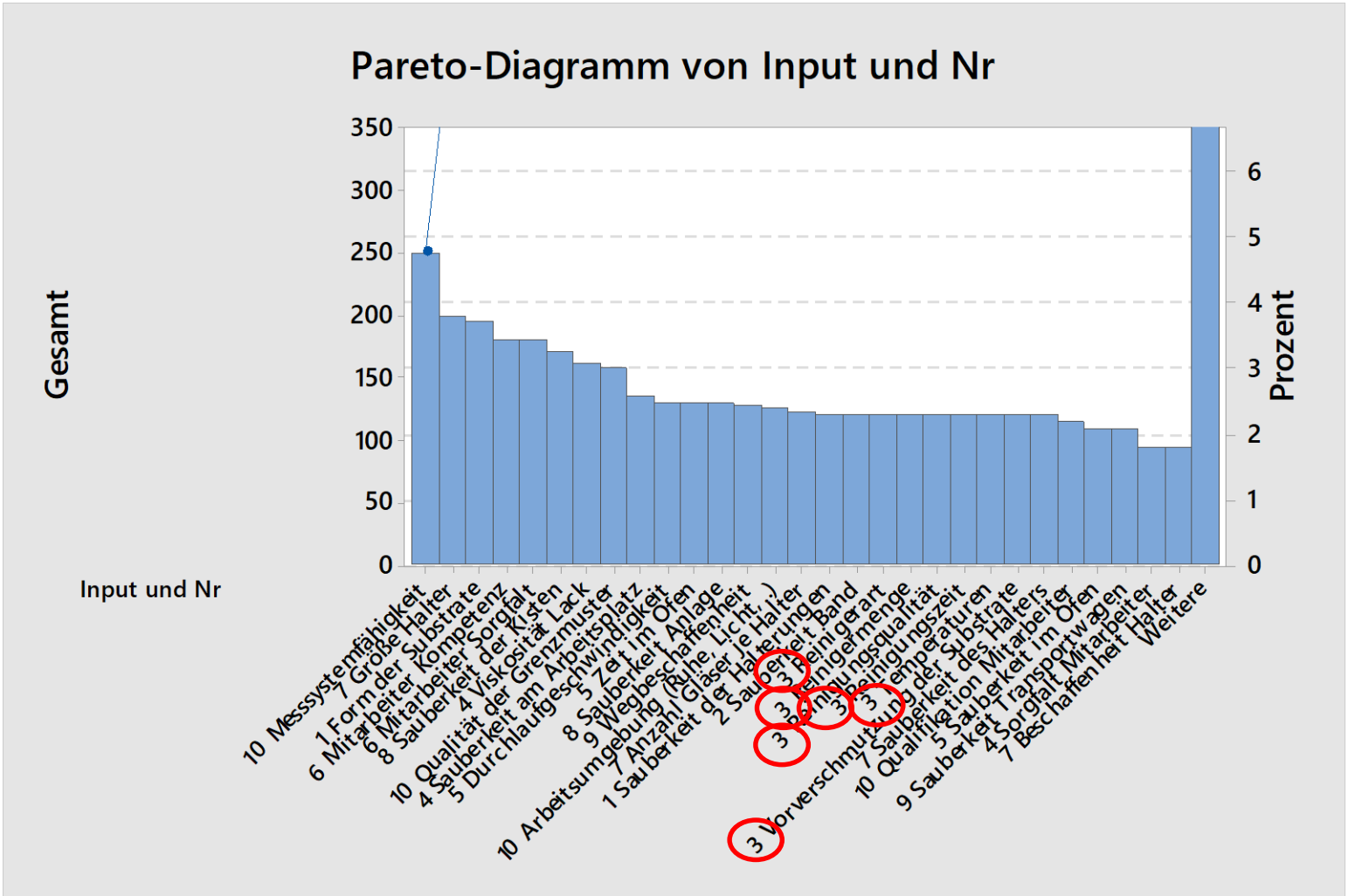
MEASURE
Projektfokussierung: C&E Matrix

Cause and Effect Matrix

	Prozess-Schritt	Prozess Input	Schichtdicke	Schmutz	Beschädigungen	Lackpickel					
		Wichtigkeit für den Kunden	7	10	5	3					
1	Substrate in Halterung einlegen	AE: Menge	0	3	7	3					
1	Substrate in Halterung einlegen	Störungen Zuführung	0	3	0	0					30
1	Substrate in Halterung einlegen	Versch. Substratarten (Material)	0	0	3	0					15
1	Substrate in Halterung einlegen	Versch. Prozesse	3	3	0	0					51
1	Substrate in Halterung einlegen	Form der Halterungen	0	3	7	3					74
9	Teile transportieren	Wegbeschaffenheit	0	7	10	3					129
9	Teile transportieren	Wegstrecke zur Kontrolle	0	3	3	3					54
10	Substrate kontrollieren	Verschmutzung Teile	0	3	0	0					30
10	Substrate kontrollieren	Arbeitsumgebung (Ruhe, Licht, ..)	0	7	7	7					126
10	Substrate kontrollieren	Qualifikation Mitarbeiter	7	3	3	7					115
10	Substrate kontrollieren	Qualität der Grenzmuster	0	10	10	3					159
10	Substrate kontrollieren	Messsystemfähigkeit	10	10	10	10					250
			602	3060	900	597	0	0	0	0	



MEASURE
C&E Matrix Pareto: Gesamt



1. **Messsystemanalysen**
2. **Quickhits**
3. **Entscheidungen**
4. **Datenerfassung und Analyse**

MEASURE
Weiteres Vorgehen – Entscheidung (keine Aktion)

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
2	Größe Halter	199	E	Anlagen, Bänder, Reinigungssysteme sind auf die vorhandene Haltergröße angepasst. Versuche und ggf. spätere Änderungen wären sehr aufwendig.	-
14	Arbeitsumgebung (Ruhe, Licht, ..)	126	E	derzeit zurückgestellt	-
15	Anzahl Gläser je Halter	123	E	derzeit zurückgestellt	-
18	Reinigungsqualität	121	E	ausgeklammtert: gehört zu den Punkten 19-23	Überprüfung ob Reinigungswirkung
20	Temperaturen	121	E	Temperaturen sind angepasst an Reinigungsmittel und Vorgaben Hersteller, daher zunächst zurückgestellt	-
22	Reinigermenge	121	E	sieht Punkt 20	-
23	Reinigungszeit	121	E	sieht Punkt 20	-

Diese Inputs werden zunächst nicht weiter untersucht und derzeit zurückgestellt.

Möglicherweise werden sie im weiteren Projektverlauf noch untersucht.

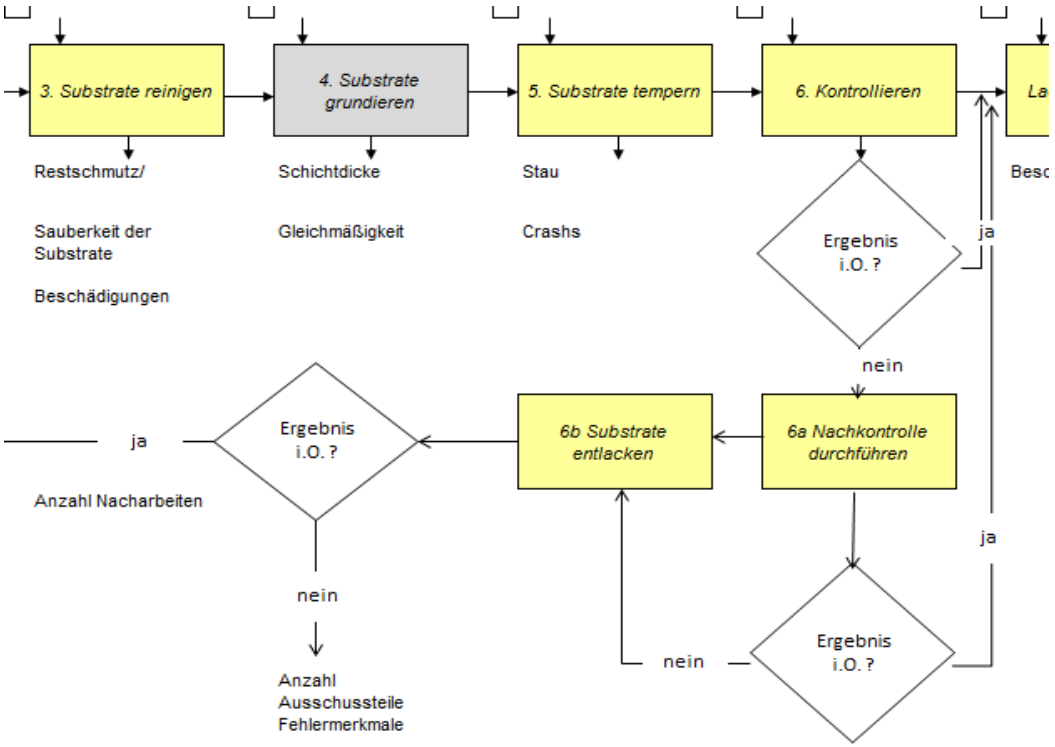
MEASURE
Weiteres Vorgehen – offene Fragen

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
1	Messsystemfähigkeit	250	F	Messsystemanalyse für Schichtdickenmessung und visuelle Beurteilung muss durchgeführt werden.	MSA durchführen
8	Qualität der Grenzmuster	159	F	siehe Messsystemanalyse	-

Offene Fragen drehen sich derzeit um die Messsysteme. Diese Fragen werden möglichst bald geklärt und die Messsysteme bei Bedarf verbessert.

MEASURE
Kontrolle und Nachkontrolle

Nach dem Grundieren und Tempern können Substrate mit Verschmutzungen und Lackpickeln chemisch entlackt werden. Ist der Defekt damit beseitigt, werden diese Teile dem Prozess erneut zugeführt.
Aus diesem Grund findet eine visuelle Kontrolle nach dem Grundieren statt, wo Schmutz, Lackpickel und Beschädigungen auf Grundierung aussortiert werden. Um nicht zu viele Teile zum Entlacken zu schicken, gibt es darüber hinaus eine Nachkontrolle, zur Absicherung der vorangegangenen Kontrolle.

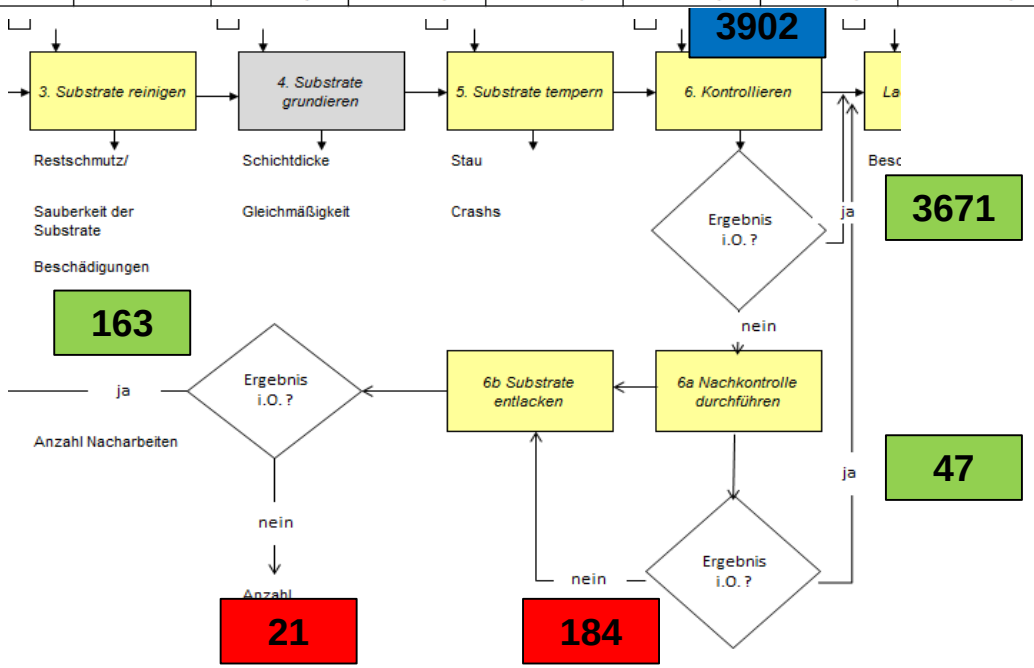


Wie viele Gläser werden bei welcher Kontrolle für gut oder schlecht befunden?

Dazu wurde eine Datenerfassung mittels Strichlisten durchgeführt:
Erfassungszeitraum:
25.08. – 02.09.

MEASURE
Kontrolle und Nachkontrolle

Datum	Wochentag	Produziert	K6 i.O.	K6 n.i.O.	K6a i.O.	K6a n.i.O.	K nach Entlack i.O.	K nach Entlack n.i.O.
26.08	Mo	857	811	46	13	33	28	5
27.08	Di	756	714	42	11	31	28	3
28.08	Mi	737	692	45	10	35	33	2
29.08	Do	789	740	49	6	43	36	7
30.08	Fr	763	714	49	7	42	38	4
Summe		**3902**	**3671**	**231**	**47**	**184**	**163**	**21**
in Prozent			**94,1%**	**5,9%**	**1,2%**	**4,7%**	**4,2%**	**0,5%**



ie viele Gläser werden bei welcher Kontrolle für gut oder schlecht befunden?

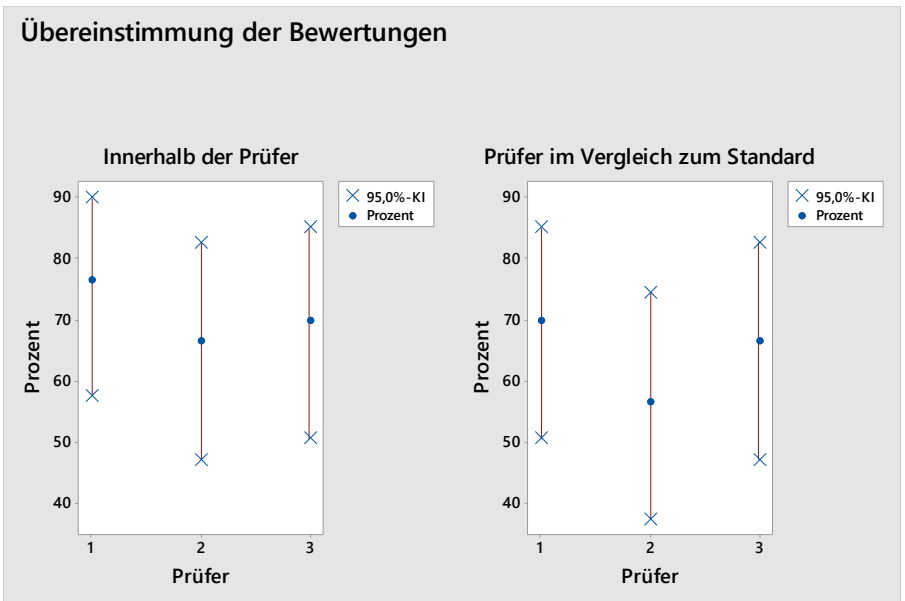
Dazu wurde eine Datenerfassung mittels Strichlisten durchgeführt:
Erfassungszeitraum:
25.08. – 02.09.

MEASURE
Messsystemanalysen für Kontrolle und Nachkontrolle

Kontrolle 6 und Nachkontrolle K6a bewerten lediglich, ob das Teil inkl. Grundierung i.O. ist oder n.i.O.
Eine Fehlerklassifizierung findet nicht statt.
Das Teil wird dabei unter eine Speziallampe betrachtet.

Ermittlung der Prüferübereinstimmung:

- 30 Substrate wurden dem Prozess entnommen
- Der Kontrollspezialist beurteilte diese Teile: 17 mal gut, 13 mal schlecht. In beiden Gruppen sind 3 Grenzfälle enthalten.
- 3 Prüfer, die an beiden Kontrollplätzen eingesetzt werden, haben je 2 mal die Substrate beurteilt.



Das Messsystem ist nicht fähig!

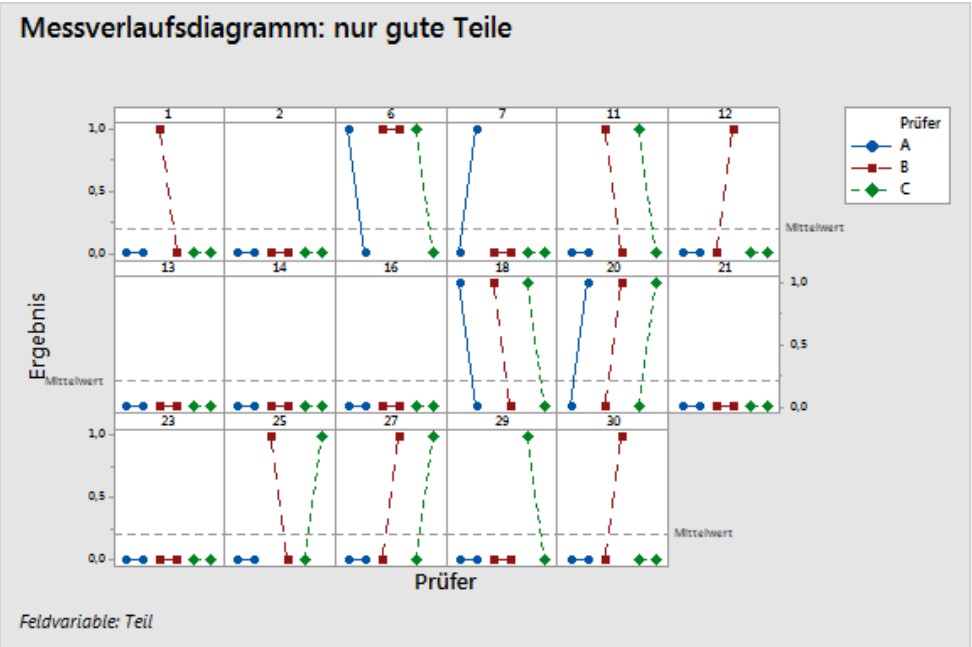
Alle Prüfer im Vergleich zum Standard

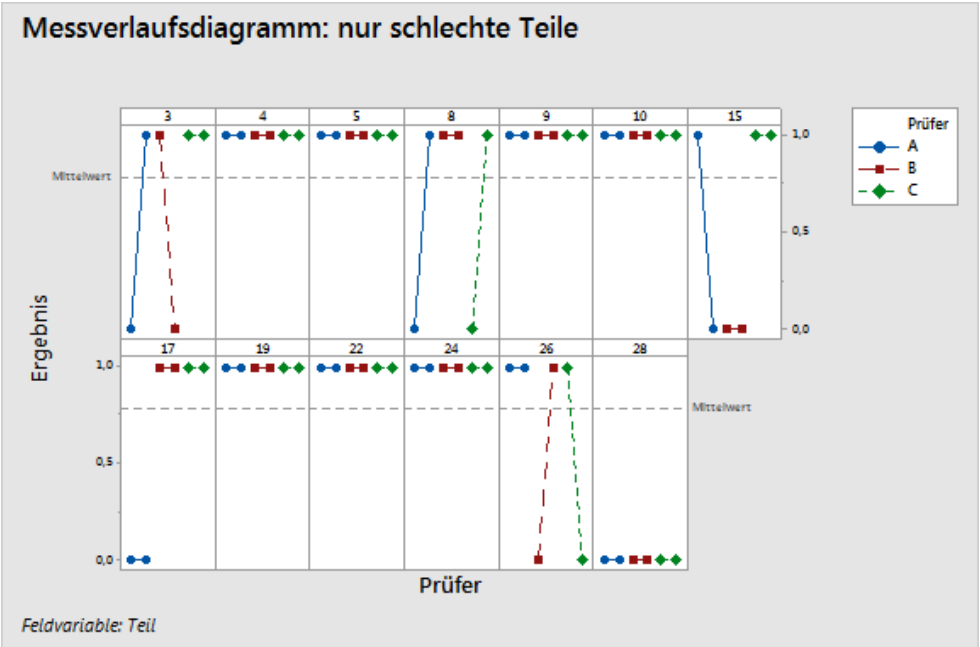
Übereinstimmung der Bewertungen

# Geprüft	# Übereinstimmungen	Prozent	95%-KI
30	13	43,33	(25,46; 62,57)

 # Übereinstimmungen: Die Bewertungen aller Prüfer stimmen mit dem bekannten Standard überein.

Unsicherheit zeigt sich besonders bei guten Teilen. D.h. es wird möglicherweise zu viel chemisch entlackt.





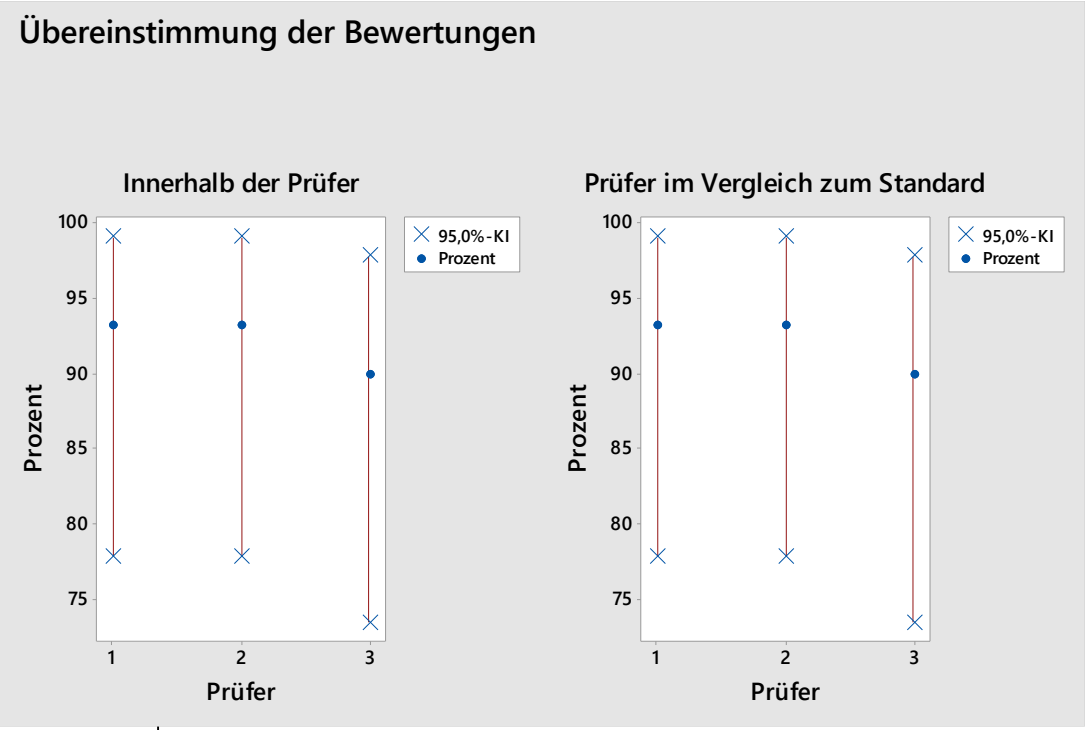
Bei Teil 28 lag ein falscher Eintrag beim Experten vor! Durch die Korrektur wurde das Ergebnis aber nicht entscheidend verbessert.

MEASURE
Messsystemanalyse für Endkontrolle

Am Ende des Prozesses werden die fertigen Teile nochmals visuell kontrolliert. Hier ist die Messsystemfähigkeit besonders wichtig, da sonst Teile mit Mängeln ausgeliefert werden!

Da die Fehler bei fertig lackierten leichter zu beurteilen sind, wurde die MSA mit denselben Teilen wie bei Kontrolle 6 und 6a durchgeführt:

Ergebnis deutlich besser!



Alle Prüfer im Vergleich zum Standard

Übereinstimmung der Bewertungen

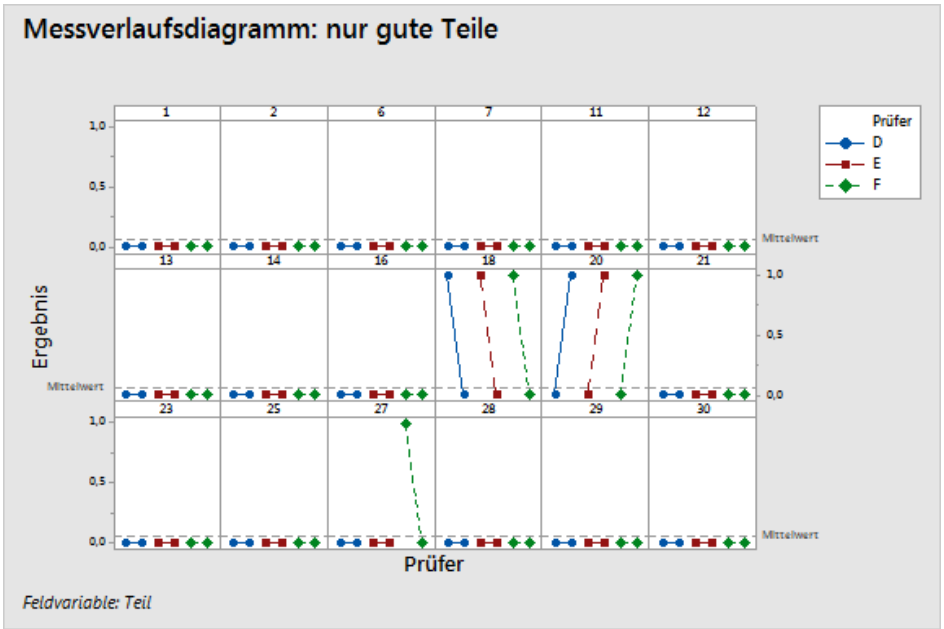
# Geprüft	# Übereinstimmungen	Prozent	95%-KI
30	27	90,00	(73,47; 97,89)

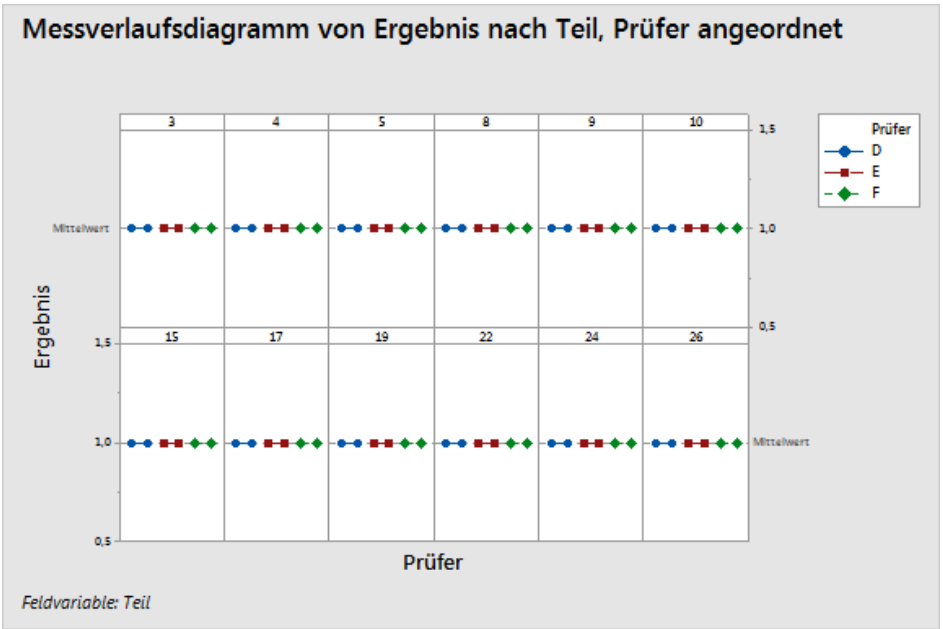
 # Übereinstimmungen: Die Bewertungen aller Prüfer stimmen mit dem bekannten Standard überein.

MEASURE
Messsystemanalyse für Endkontrolle

Sehr sicher bei den schlechten Teilen: diese werden erkannt.

Auch bei guten Teilen akzeptables Ergebnis: die Teile 18, 20 und 27 wurden als „Grenzfälle“ eingestuft.





Die Endkontrolle verwendet stärkere Beleuchtung und für Lackpickel, Schmutz und Beschädigungen Grenzmuster.

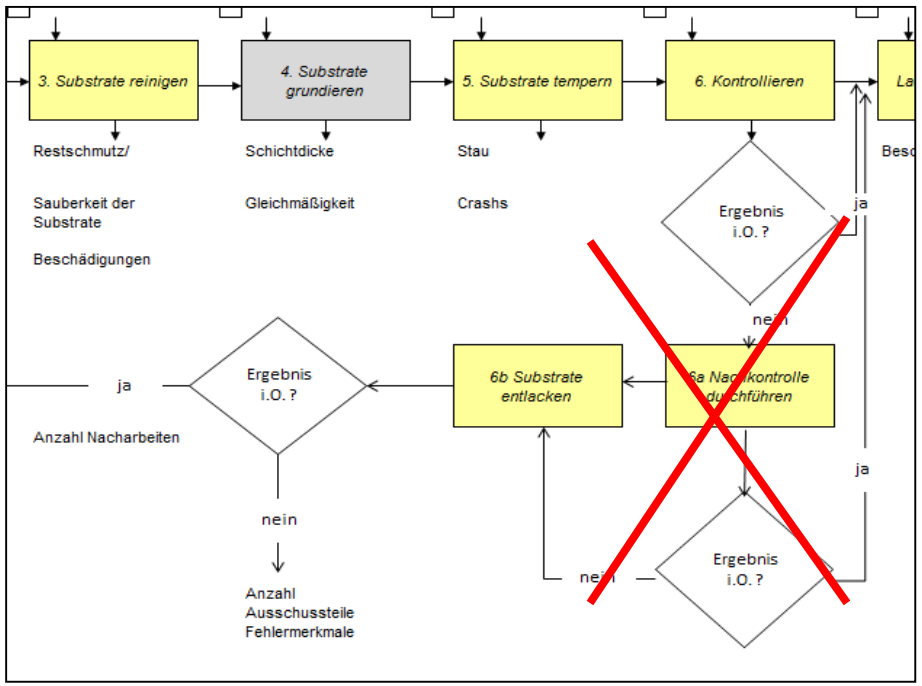
Die Arbeitsplätze der Zwischenkontrolle wurden entsprechend angepasst. Eine erneute MSA zeigte die erwartete Verbesserung.

Das Messsystem wird als fähig akzeptiert.

MEASURE
Nachkontrolle fällt weg! → Quick Hit

Aufgrund des guten Ergebnisses kann auf die Nachkontrolle (K6a) verzichtet werden.

Eine Überprüfung in KW38 brachte keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zu KW 35!



Auch in der Endkontrolle konnten keine Unterschiede nachgewiesen werden.

Test von Anteilen und KI bei zwei Stichproben

Methode

p_1: Anteil, bei dem Stichprobe 1 = Ereignis
p_2: Anteil, bei dem Stichprobe 2 = Ereignis
Differenz: $p_1 - p_2$

Deskriptive Statistik

Stichprobe	N	Ereignis	p(Stichprobe)
Stichprobe 1	3902	184	0,047155
Stichprobe 2	4023	179	0,044494

Schätzwert für Differenz

Differenz	95%-KI für Differenz
0,0026611	(-0,006549; 0,011871)

KI auf der Grundlage der Normal-Approximation

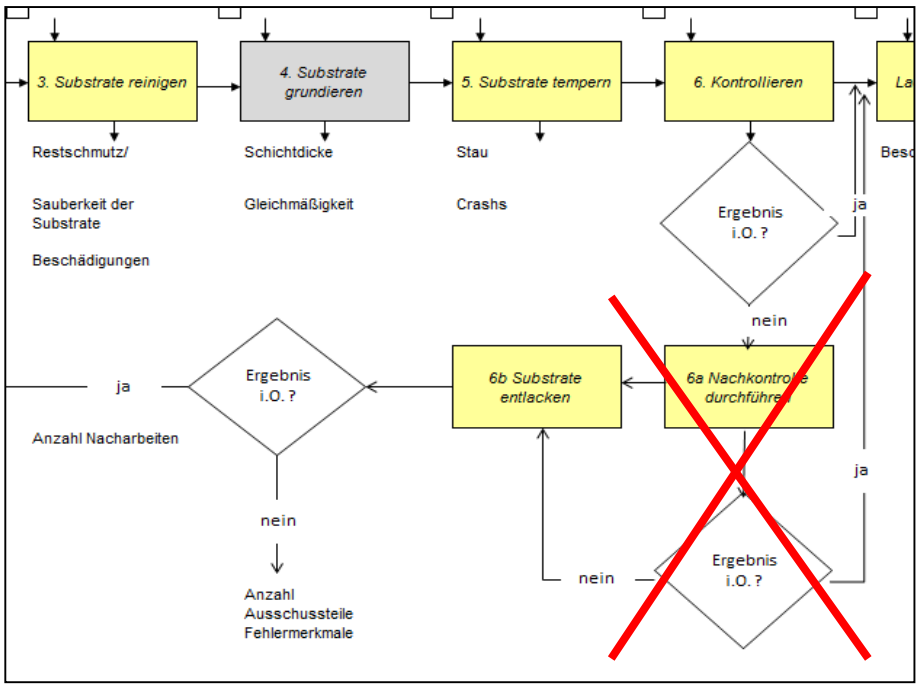
Test

Nullhypothese	H_0: $p_1 - p_2 = 0$
Alternativhypothese	H_1: $p_1 - p_2 \neq 0$

Methode	z-Wert	p-Wert
Normal-Approximation	0,57	0,571
Fishers exakte Methode		0,591

MEASURE
Wirtschaftlichkeit Entlacken

Das Controlling hat berechnet: Das Entlacken (insbesondere durch den Entfall der Nachkontrolle) bietet einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber eine Neufertigung bietet, solang die Anzahl der hier bearbeiteten Substrate >20 ist.



Fazit:

Der Nacharbeits-Prozess bleibt bestehen bis NA-Quote < 2,5%.

Wenn das Projektziel erreicht wird, wird der Prozess eingestellt.

MEASURE
Messsystemanalyse Endkontrolle: Messung der Schichtdicke

Messsystemanalyse:

- 10 Substrate wurden dem Prozess entnommen. Die Prozessstreuung ist möglichst gut repräsentiert.
- 3 Prüfer haben die Teile in 2 Durchgängen und zufälliger Reihenfolge vermessen.

Ergebnis: Messsystem nicht brillant, aber akzeptabel.

R&R (gesamt)

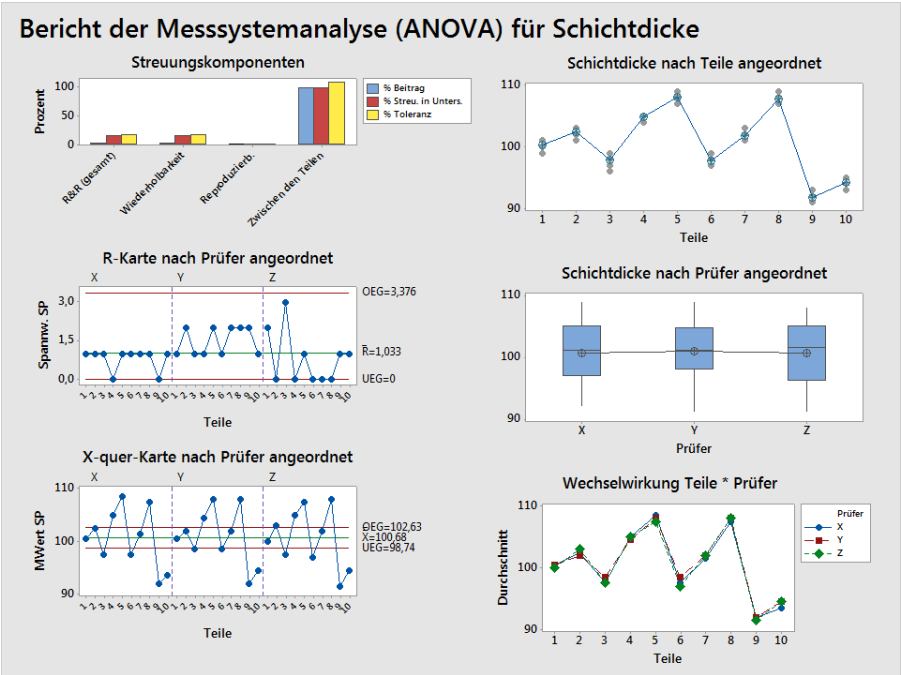
Varianzkomponenten

Quelle	VarKomp	%Beitrag (der VarKomp)
R&R (gesamt)	0,6736	2,25
Wiederholbarkeit	0,6736	2,25
Reproduzierbarkeit	0,0000	0,00
Prüfer	0,0000	0,00
Zwischen den Teilen	29,2917	97,75
Gesamtstreuung	29,9654	100,00

Prozesstoleranz = 30

R&R (gesamt)

Quelle	StdAbw	Streu. in Unters. (6 × SA)	%Streu. in Unters. (%SU)	%Toleranz (SU/Tol)
R&R (gesamt)	0,82074	4,9244	14,99	16,41
Wiederholbarkeit	0,82074	4,9244	14,99	16,41
Reproduzierbarkeit	0,00000	0,0000	0,00	0,00
Prüfer	0,00000	0,0000	0,00	0,00



Anzahl der eindeutigen Kategorien = 9

MEASURE
Weiteres Vorgehen – offene Fragen sind nun beantwortet

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
1	Messsystemfähigkeit	250	F	Messsystemanalyse für Schichtdickenmessung und visuelle Beurteilung muss durchgeführt werden.	MSA durchführen
8	Qualität der Grenzmuster	159	F	siehe Messsystemanalyse	-

- **Die Messsystemfähigkeit ist nun in ausreichendem Maße gegeben.**
- **Nachdem die MSA der Endkontrolle gute Ergebnisse zeigte, sind die Grenzmuster qualitativ ausreichend.**
- **Historische Daten der Endkontrolle können verwendet werden**
- **Notwendige Daten aus der Kontrolle K6 müssen bei Bedarf neu erhoben werden.**

MEASURE
Weiteres Vorgehen – Quick Hit

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
13	Wegbeschaffenheit	129	Q	Der bisher genutzte Weg zu Kontrolle hatte eine "Stolperschwelle". Diese wurde durch einfache Baumaßnahmen gelindert. Datum der Fertigstellung: 04.09.-	Signifikanznachweis

Die Betrachtung des Transportwegs zeigte sofort die Notwendigkeit einer Verbesserung. Ob diese Verbesserung zur Reduzierung der Beschädigungen führt, wird überprüft.

Beschädigungen in KW36 (mit Holperstellen): 54 bei Produktionsmenge: 4111
Beschädigungen in KW38 (ebene Fahrbahn): 24 bei Produktionsmenge: 3987

Ho: Anteil Beschädigungen ist gleich geblieben.
Ha: Anteil Beschädigungen wurde reduziert.

$\alpha = 0{,}05$

Test von Anteilen (2 Stichproben) ergibt p = 0,001

Da p < α haben wir einen signifikanten Unterschied nachgewiesen.

Deskriptive Statistik

Stichprobe	N	Ereignis	p(Stichprobe)
Stichprobe 1	4111	54	0,013135
Stichprobe 2	3987	24	0,006020

Schätzwert für Differenz

Differenz	95%-KI für Differenz
0,0071159	(0,002888; 0,011344)

Test

Nullhypothese	$H_0: p_1 - p_2 = 0$
Alternativhypothese	$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

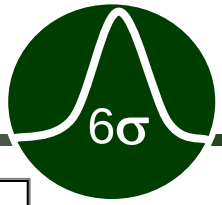
Methode	z-Wert	p-Wert
Normal-Approximation	3,30	0,001
Fishers exakte Methode		0,001

MEASURE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
3	Form der Substrate	196	D	Form wird durch Kundenbestellung vorgegeben. Ob ein Einfluss vorhanden ist, wird geprüft	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, Logitische Regression
4	Mitarbeiter Kompetenz	180	D	Mitarbeiter können nicht namentlich erfasst werden, Kompetenz wird versucht mit Dauer der Abteilungszugehörigkeit zu erfassen	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren,Regressionsanalyse
5	Mitarbeiter Sorgfalt	180	D	Mitarbeiter können nicht namentlich erfasst werden, Unterschiede zwichen Mitarbeitern wird zunächst bezüglich Schicht A, B, C erfasst.	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, ANOVA
6	Sauberkeit der Kisten	171	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
7	Viskosität Lack	161	D	Messung und Beziehung zu Ergebnissen suchen	Datenerhebung planen (B)
9	Sauberkeit am Arbeitsplatz	136	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
10	Zeit im Ofen	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)
11	Durchlaufgeschwindigkeit	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)
12	Sauberkeit Anlage	130	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
16	Sauberkeit der Halterungen	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
17	Sauberkeit Band	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
19	Vorverschmutzung der Substrate	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
21	Reinigerart	121	D	in der Vergangenheit wurde ein alternativer Reiniger getestet, dann aber verworfen.	Datenerhebung planen (C)
24	Sauberkeit des Halters	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)

Diese Daten werden im weiteren Projektverlauf erfasst, um die Inputs zu untersuchen.
Zum Teil sind Daten auch schon vorhanden.

MEASURE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung A



Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen
6	Sauberkeit der Kisten	171	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
9	Sauberkeit am Arbeitsplatz	136	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
12	Sauberkeit Anlage	130	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
16	Sauberkeit der Halterungen	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
17	Sauberkeit Band	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
19	Vorverschmutzung der Substrate	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)
24	Sauberkeit des Halters	121	D	Beurteilung durch Mitarbeiter	Datenerhebung planen (A)

Erfasste Daten:

Datum	Schicht	Sauberkeit der Kisten	Sauberkeit am Arbeitsplatz	Sauberkeit Anlage	Sauberkeit der Halterungen	Sauberkeit Band	Vor-verschmutzung der Substrate	Sauberkeit des Halters	Gutausbeute	Anteil Schmutz	Anlage frisch gereinigt	Phase
02.09.	A	0	0	1	2	0	2	1	98,51	1,15	x	Phase 1
02.09.	B	0	0	0	0	0	2	1	97,81	1,74		Phase 1
02.09.	C	0	1	0	1	0	1	0	98,21	1,90		Phase 1
03.09.	A	1	1	0	2	0	1	1	98,67	2,68		Phase 1
03.09.	B	0	0	1	1	0	2	1	99,34	2,18		Phase 1
03.09.	C						1	0	93,51	2,91		Phase 1
04.09.	A						2	1	95,26	2,17		Phase 1
04.09.	B						1	1	96,07	3,53		Phase 1
04.09.	C						1	0	97,30	2,93		Phase 1
05.09.	A						1	0	99,04	2,36		Phase 1
05.09.	B						2	1	94,39	2,84		Phase 1
05.09.	C	1	0	1	1	0	1	0	99,68	3,55		Phase 1

Anmerkung:

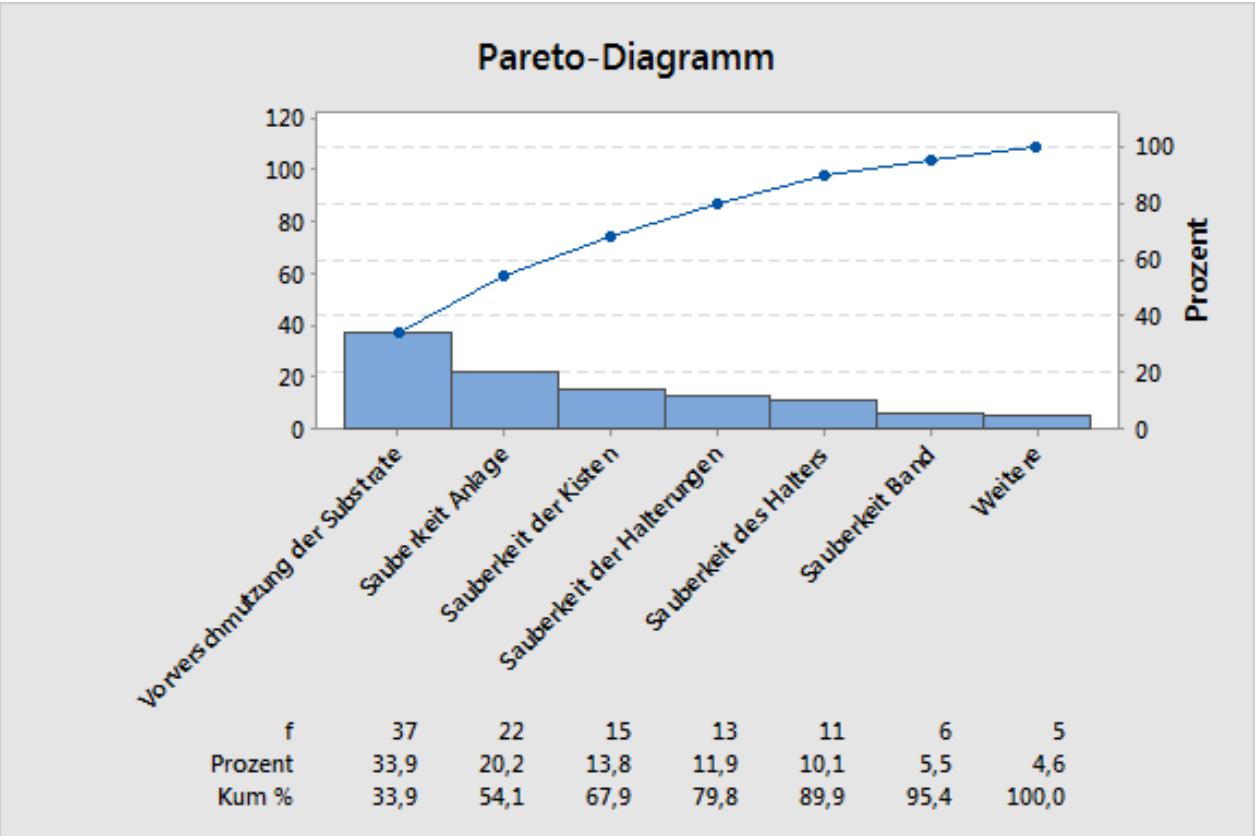
Definition der Sauberkeit von Anlage und Werkzeugen:

Stärke der Verschmutzung, Vorhandensein von Staub etc. wurde von 0 (sehr gut) bis 2 (schlecht) eingestuft.

Weiteres Vorgehen – Datenerhebung A

Auffällig sind vor allem Vorverschmutzung und Sauberkeit der Anlage.

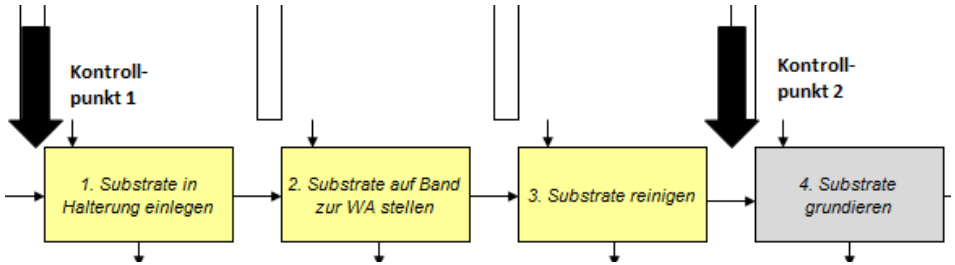
Die anderen wurden Themen ebenfalls betrachtet, aber keine Auffälligkeiten erkannt.



MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung A

Vorverschmutzung bezieht sich auf Prozessschritt 3.
Hypothese: Stark verschmutzte Substrate werden in der Reinigungsanlage nicht ausreichend gesäubert.

Datenerfassung: Es wurden vor und nach der Reinigung dieselben 500 Teile auf Sauberkeit kontrolliert.



Kontrollpunkt 1:
Kontrolliert: 500, Schmutz: 16

Kontrollpunkt 2:
Kontrolliert: 500, Schmutz: 10

Test von Anteilen und KI bei zwei Stichproben

Methode

p_1: Anteil, bei dem Stichprobe 1 = Ereignis
p_2: Anteil, bei dem Stichprobe 2 = Ereignis
Differenz: $p_1 - p_2$

Nullhypothese	H_0: $p_1 - p_2 = 0$
Alternativhypothese	H_1: $p_1 - p_2 \neq 0$

Methode	z-Wert	p-Wert
Normal-Approximation	1,19	0,233
Fishers exakte Methode		0,321

Ergebnis: Eine Reinigungswirkung ist nicht signifikant nachweisbar. Eine Verbesserung ist mit 500 Teilen erst nachweisbar, wenn der Schmutzanteil nach der Reinigung kleiner als 0,0066 ist. (Berechnung Stichprobengröße)

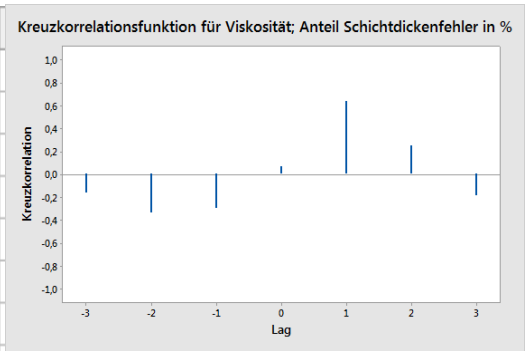
Alternativer Reiniger wird getestet.

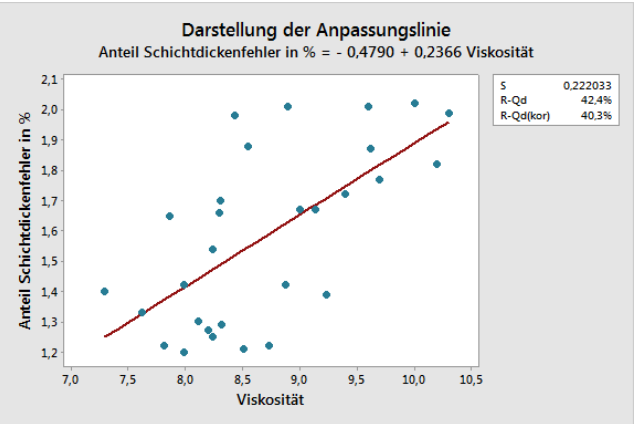
MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung B

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
7	Viskosität Lack	161	D	Messung und Beziehung zu Ergebnissen suchen	Datenerhebung planen (B)	20.09.

Zwei Wochen lang wurde bei jedem Schichtbeginn die Viskosität des Lackes gemessen.
Frage: Gibt es eine Beziehung zum Fehleranteil Schichtdicke?

Schicht	Viskosität	Anmerkun	Anteil Schichtdickenfehler in %
1	8,24	Fehlend	1,80
2	8,74	Fehlend	1,25
3	9,24	Fehlend	1,22
1	9,70	Fehlend	1,39
2	10,20	Verdünner	1,77
3	7,82	Fehlend	1,82
1	8,12	Fehlend	1,22





Korrelation: Viskosität; Anteil Schichtdickenfehler in %

Korrelationen

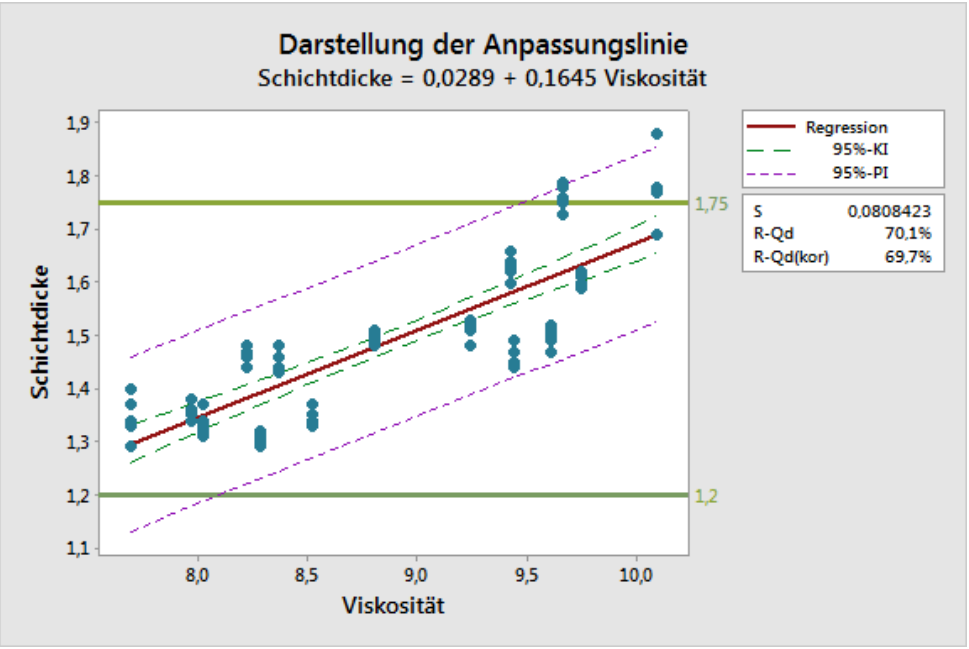
Korrelation nach Pearson 0,651

Ergebnis: Nach Bereinigung des Zeitversatzes (Kreuzkorrelation) ist eine mäßige Korrelation vorhanden.
Je höher die Viskosität um so höher der Fehleranteil Schichtdicke.
Damit wird vermutet, dass die erhöhte Viskosität zum Überschreiten der oberen Spezifikationsgrenze führt.

MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung B

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
7	Viskosität Lack	161	D	Messung und Beziehung zu Ergebnissen suchen	Datenerhebung planen (B)	20.09.

Weiteres Vorgehen: Bei Schichtbeginn wird mit der Viskositätsmessung auch die Auftragsnummer von je 5 Teilen wird notiert und die Schichtdicke dieser Teile in der Endkontrolle erfasst.



Ergebnis: Wie erwartet eine starke Korrelation!

Die Viskosität darf 9,5 nicht übersteigen. Bisher wurde die Zusammensetzung jeweils dienstags und donnerstags angepasst.

Geplante Verbesserung:
Viskositätsanpassung nach Bedarf!

MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung C

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
10	Zeit im Ofen	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)	20.09.
11	Durchlaufgeschwindigkeit	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)	20.09.
21	Reinigerart	121	D	in der Vergangenheit wurde ein alternativer Reiniger getestet, dann aber verworfen.	Datenerhebung planen (C)	20.09.

Design of Experiment

- **Aufgabenstellung:** Erhöhung der Gutausbeute durch anderen Reiniger und/oder längere Zeit im Ofen
- **Statistisches Ziel:** Nachweis der Signifikanz obiger Maßnahmen.
- **Outputs:** Gutausbeute, Beschädigungen, Schmutz
- **Inputs:** Reiniger, DLZ Ofen
- **Faktorstufen:** Reiniger: im Einsatz/neu, Ofenzeit 2 min / 4 min
- **Experimentelles Design:** Vollfaktorieller Versuch, Design 2^2 mit Zentralpunkt
- **Versuchsdurchführung** von KW35-38

MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung C

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
10	Zeit im Ofen	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)	20.09.
11	Durchlaufgeschwindigkeit	130	D	Punkt 10 und 11 sind identisch	Datenerhebung planen (C)	20.09.
21	Reinigerart	121	D	in der Vergangenheit wurde ein alternativer Reiniger getestet, dann aber verworfen.	Datenerhebung planen (C)	20.09.

Design of Experiment: Sample Size Betrachtung

Statistik

Variable	N	N*	Mittelwert	SE des Mittelwerts	StdAbw	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Fehleranteil	65	0	0,074431	0,000970	0,007821	0,061166	0,067481	0,074124	0,080897	0,091054

Trennschärfe und Stichprobenumfang

2-stufigen faktoriellen Versuchsplan
α = 0,05, angenommene Standardabweichung = 0,007

Methode

Faktoren: 2 Basisversuchsplan: 2; 4
Blöcke: keine

Ergebnisse

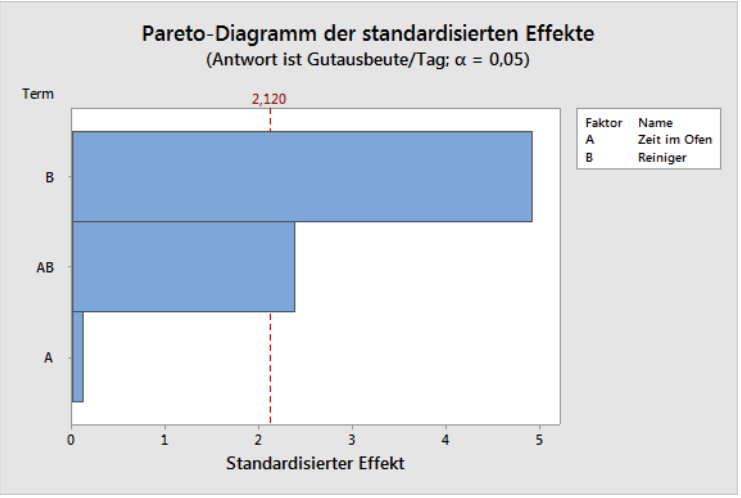
Zentralpunkte	Effekt	Replikationen	Durchläufe gesamt	Soll-Trennschärfe	Ist-Trennschärfe
0	0,01	5	20	0,8	0,850326
0	0,01	6	24	0,9	0,914177

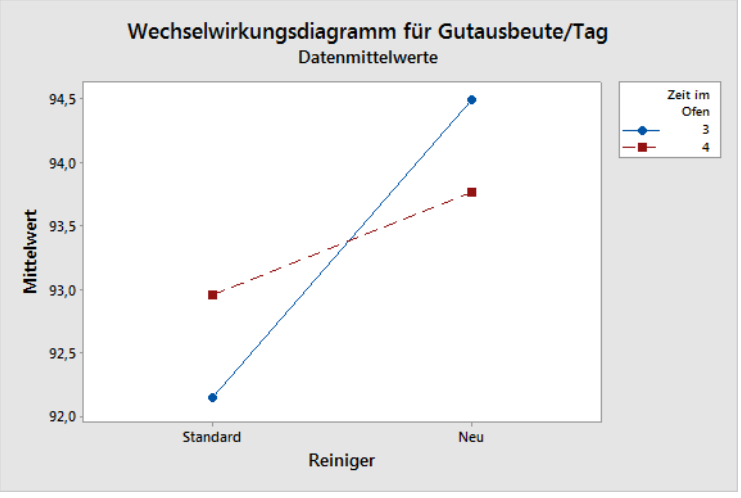
Mit 85%iger Wahrscheinlichkeit wird der Unterschied von 1% gefunden, wenn 5 Replikationen durchgeführt werden.

Entscheidung:
Versuch wird 4 Wochen lang durchgeführt.
Je Faktorstufen-Kombination eine Woche. 5 Tages-Ergebniswerte pro Woche.

MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung C

Design of Experiment: Auswertung





Faktorielle Regression: Gutausbeute/Tag vs. Zeit im Ofen; Reiniger

Varianzanalyse

Quelle	DF	Kor SS	Kor MS	F-Wert	p-Wert
Modell	3	15,4821	5,1607	9,95	0,001
Linear	2	12,5467	6,2734	12,10	0,001
Zeit im Ofen	1	0,0064	0,0064	0,01	0,913
Reiniger	1	12,5403	12,5403	24,18	0,000
2-Faktor-Wechselwirkungen	1	2,9353	2,9353	5,66	0,030
Zeit im Ofen*Reiniger	1	2,9353	2,9353	5,66	0,030
Fehler	16	8,2973	0,5186		
Gesamt	19	23,7794			

Zusammenfassung des Modells

S	R-Qd	R-Qd(kor)	R-Qd(prog)
0,720125	65,11%	58,56%	45,48%

Kodierte Koeffizienten

Term	Effekt	Koef	SE Koef	t-Wert	p-Wert	VIF
Konstante		93,343	0,161	579,68	0,000	
Zeit im Ofen	0,036	0,018	0,161	0,11	0,913	1,00
Reiniger	1,584	0,792	0,161	4,92	0,000	1,00
Zeit im Ofen*Reiniger	-0,766	-0,383	0,161	-2,38	0,030	1,00

Regressionsgleichung in nicht kodierten Einheiten

Gutausbeute/Tag = 93,22 + 0,036 Zeit im Ofen + 3,47 Reiniger - 0,766 Zeit im Ofen*Reiniger

MEASURE/ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenerhebung C

Design of Experiment: Prognose und Modelldiagnose

Prognose für Gutausbeute/Tag

Regressionsgleichung in nicht kodierten Einheiten

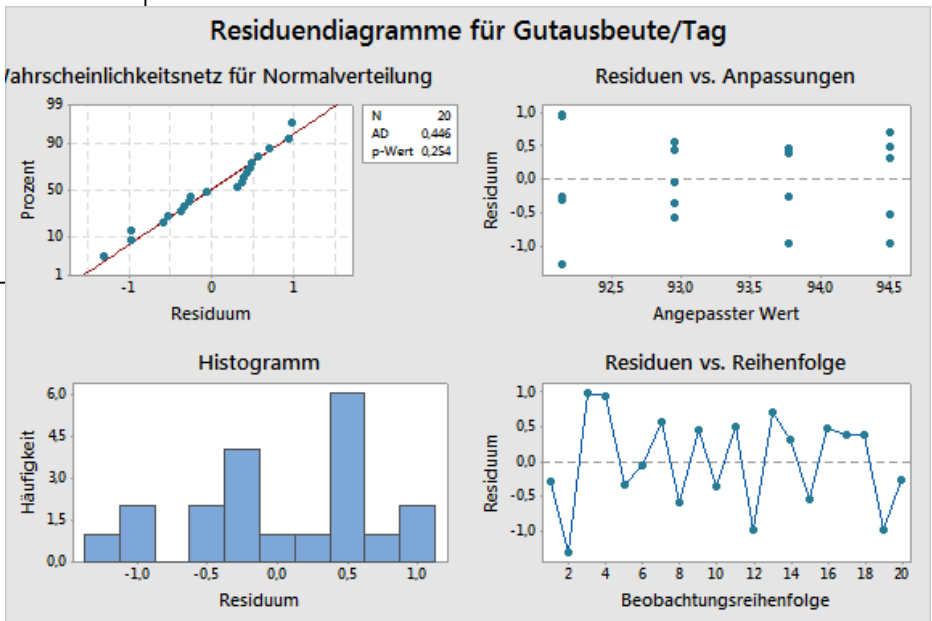
Gutausbeute/Tag = 93,22 + 0,036 Zeit im Ofen + 3,47 Reiniger - 0,766 Zeit im Ofen*Reiniger

Einstellungen

Variable	Einstellung
Zeit im Ofen	3
Reiniger	Neu

Prognose

Anpassung	SE Anpassung	95%-KI	95%-PI
94,5001	0,322049	(93,8174; 95,1828)	(92,8278; 96,1724)



Geplante Verbesserung: neuer Reiniger bei 3 min Ofen-Zeit.

ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenbankanalyse

Analyse der historischen Daten:

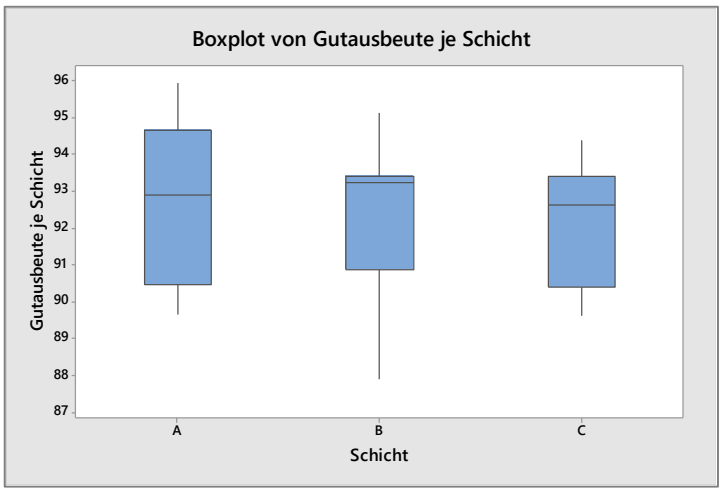
Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
5	Mitarbeiter Sorgfalt	180	D	Mitarbeiter können nicht namentlich erfasst werden, Unterschiede zwichen Mitarbeitern wird zunächst bezüglich Schicht A, B, C erfasst.	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, ANOVA	15.09.
3	Form der Substrate	196	D	Form wird durch Kundenbestellung vorgegeben. Ob ein Einfluss vorhanden ist, wird geprüft	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, Logitische Regression	31.08.

ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenbankanalyse

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
5	Mitarbeiter Sorgfalt	180	D	Mitarbeiter können nicht namentlich erfasst werden, Unterschiede zwichen Mitarbeitern wird zunächst bezüglich Schicht A, B, C erfasst.	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, ANOVA	15.09.

In der Datenbank wird die Gutausbeute in % je Schicht erfasst. Diese Daten wurden zur Auswertung herangezogen.

Es gibt keinen Hinweis darauf, dass zwischen den Schichten Unterschiede bestehen.



Einfache ANOVA: Gutausbeute je Schicht vs. Schicht

Methode

Nullhypothese	Alle Mittelwerte sind gleich.
Alternativhypothese	Nicht alle Mittelwerte sind gleich.
Signifikanzniveau	α = 0,05

Für die Analyse wurde von gleichen Varianzen ausgegangen.

Faktorinformationen

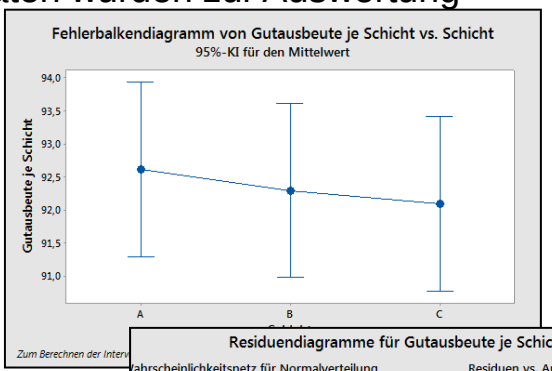
Faktor	Stufen	Werte
Schicht	3	A; B; C

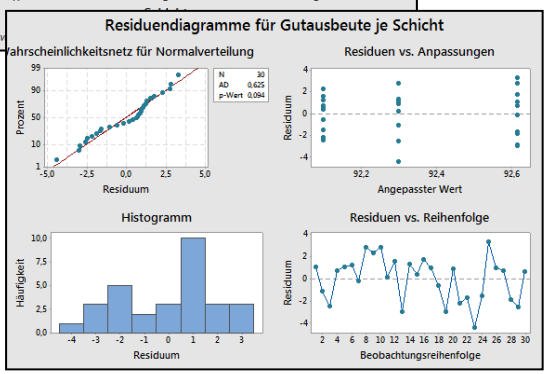
Varianzanalyse

Quelle	DF	Kor SS	Kor MS	F-Wert	p-Wert
Schicht	2	1,372	0,6860	0,17	0,848
Fehler	27	111,757	4,1391		
Gesamt	29	113,128			

Zusammenfassung des Modells

S	R-Qd	R-Qd(kor)	R-Qd(prog)
2,03449	1,21%	0,00%	0,00%





ANALYZE
Weiteres Vorgehen – Datenbankanalyse

Lfd. Nr.	Prozess Input	Gesamt	Typ	Beschreibung	Weiteres Vorgehen	Termin (Ende Daten-erfassung)
3	Form der Substrate	196	D	Form wird durch Kundenbestellung vorgegeben. Ob ein Einfluss vorhanden ist, wird geprüft	vorhandene Daten aus Datenbank analysieren, Logitische Regression	31.08.

Die Daten des letzten halben Jahres wurden analysiert: Durchbiegung in mm und Anzahl der Beschädigungen.
Die logistische Regression zeigt einen klaren Zusammenhang!

Binäre Logistische Regression: Beschädigungen vs. Krümmung

Methode

Linkfunktion	Logit
Verwendete Zeilen	43

Informationen zur Antwortvariablen

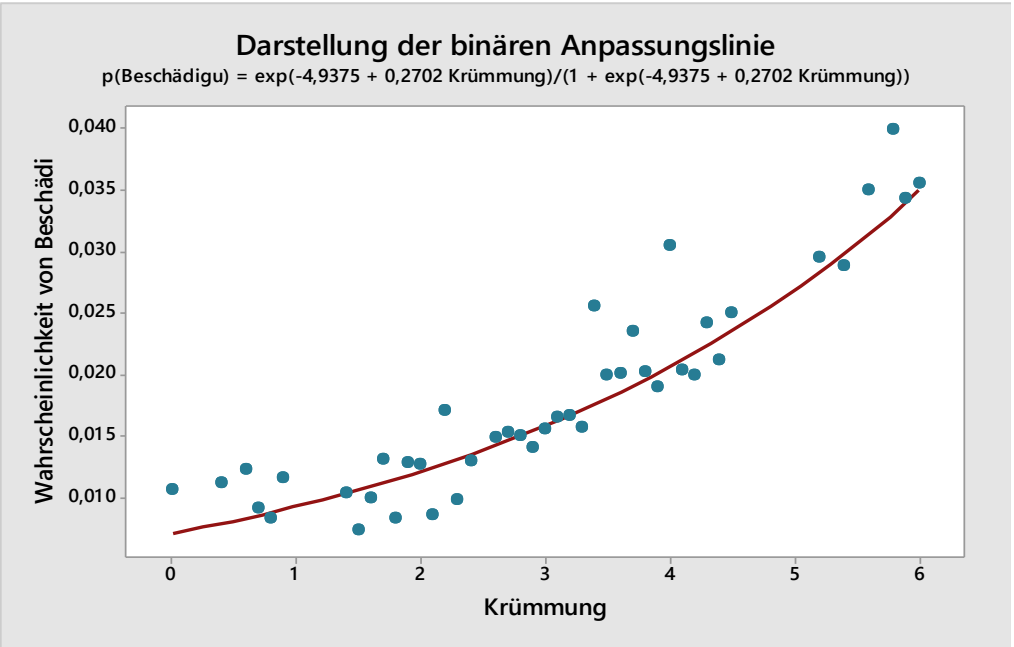
Variable	Wert	Anzahl	Ereignisbezeichnung
Beschädigungen	Ereignis	1589	Beschädigung
	Nicht-Ereignis	103264	
Anzahl	Gesamt	104853	

Abweichungstabelle

Quelle	DF	Kor Abw	Kor MW	Chi-Quadrat	p-Wert
Regression	1	150,99	150,993	150,99	0,000
Krümmung	1	150,99	150,993	150,99	0,000
Fehler	41	43,00	1,049		
Gesamt	42	193,99			

Zusammenfassung des Modells

R-Qd der Abweichung	R-Qd(kor) der Abweichung	AIC
77,83%	77,32%	16320,89



MEASURE/ANALYZE
Abschluss der MEASURE/ANALYZE Phasen

- Die wichtigsten Output-Messgrößen wurden identifiziert und gemessen.
- Die Messsysteme wurden überprüft, wenn nötig verbessert und die Datenqualität damit sichergestellt.
- Der Ist-Prozess wurde im Prozessmap dargestellt und die Inputs und Outputs je Prozessschritt gesammelt.
- Die zahlreichen Inputs wurden in der C&E-Matrix gewichtet.
- Für vermutlich wichtigsten Inputs wurden weitere Schritte (Quick Hits, Datensammlung) geplant und durchgeführt.
- Die Analysen lieferten folgende **Ergebnisse:**

1. **Keine Reinigungswirkung durch die Reinigungsanlage nachweisbar.**
2. **Signifikante Korrelation: Je höher die Viskosität um so höher der Fehleranteil Schichtdicke.**
3. **In der DOE wurde durch den alternativen Reiniger und die Ofenzeit von 3 min eine signifikante Ergebnisverbesserung nachgewiesen.**
4. **Es gibt keinen Hinweis darauf, dass zwischen den Schichten / Mitarbeitern Unterschiede bestehen.**
5. **Die logistische Regression zeigt einen klaren Zusammenhang zwischen Durchbiegung in mm und Anzahl der Beschädigungen.**

IMPROVE
Verbesserungsmöglichkeiten

Folgende Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich aus der Analyse-Phase:

- **Verbesserung Transportweg (bereits abgeschlossen)**
- **Abschaffung Nachkontrolle (bereits abgeschlossen)**
- **Viskositätsanpassung des Lacks nach Bedarf (Messergebnis)**
- **Einsatz des neuen Reinigungsmittels**
- **Ofen-Zeit auf 3 min festsetzen.**
- **Prozessanpassungen nach Größe der Durchbiegung**

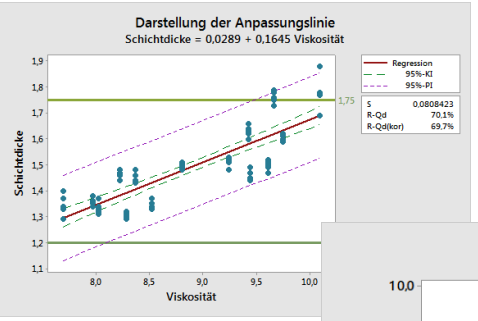
IMPROVE
Maßnahmen

To Do Liste
Six Sigma Projekt

		Priorität				*Klasse: A= Aufgabe / E = Entscheidung / I = Information*				
Datum	**Nr.**	***A***	**B**	**C**	**Thema**	**Klasse**	**Wer?**	**To do**	**Termin**	**Status**
10.09.	1	*x*			Holpriger Transportweg (siehe Seite 28)	A	B. Baumeister	Transportweg verbesserun und Verbesserung nachweisen	13.09.	erledigt
23.09.	2	*x*			Entfall der Nachkontrolle (siehe Seite 24)	A	V. Prozess	Prozess umstellen, Dokumente ändern	23.09.	erledigt
24.09.	3		x		Viskositätsanpasssung nach Bedarf	A	V. Passt	Viskositötsanpassung erarbeiten und Erfolg nachweisen	25.10.	offen
25.09.	4		x		Umstellen auf neuen Reiniger und Ofenzeit 3 min	A	R. New	Angebot einholen, umstellen, Verbesserung bestätigen	31.10.	läuft
25.09.	5		x		Zusammenhang Durchbiegung und Gutausbeute	E	V. Prozess	Folgeprojekt wird gestartet	30.11.	offen

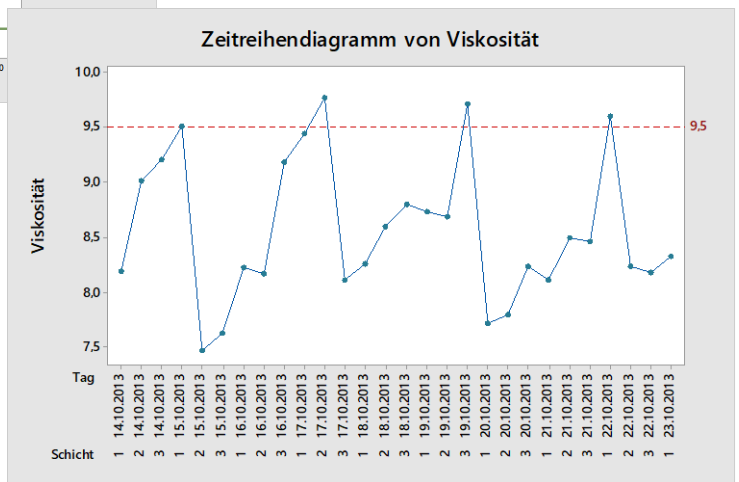
Maßnahmen 1 und 2 wurden bereits im bisherigen Projektverlauf umgesetzt!

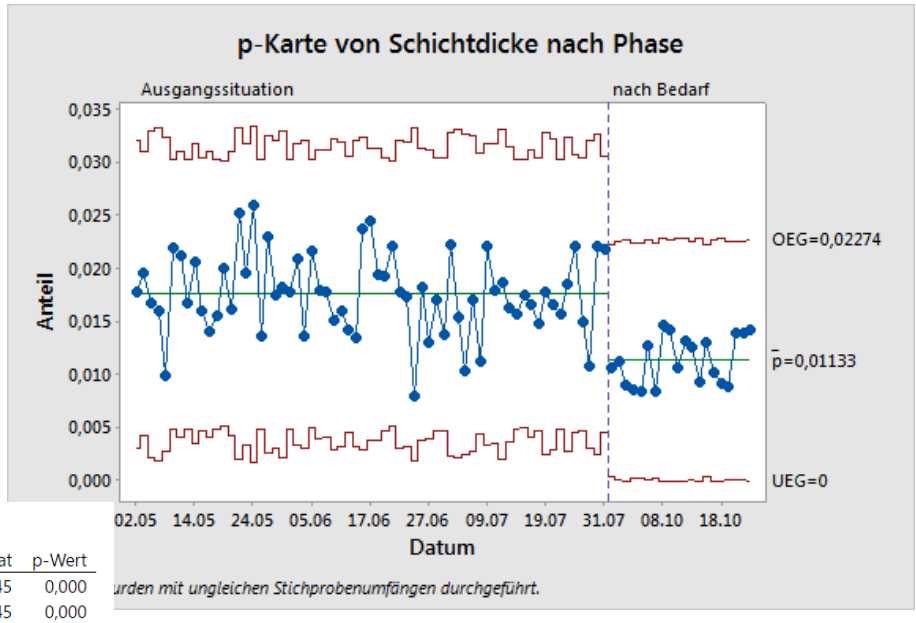
IMPROVE
Maßnahme 3: Geplante Viskositätsanpassung

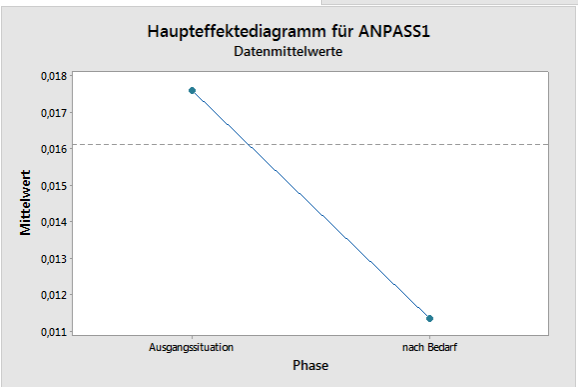


Die Viskosität darf 9,5 nicht übersteigen. Bisher wurde die Zusammensetzung jeweils dienstags und donnerstags angepasst.

Verbesserungsmaßnahme:
Viskositätsanpassung nach Bedarf!







Abweichungstabelle

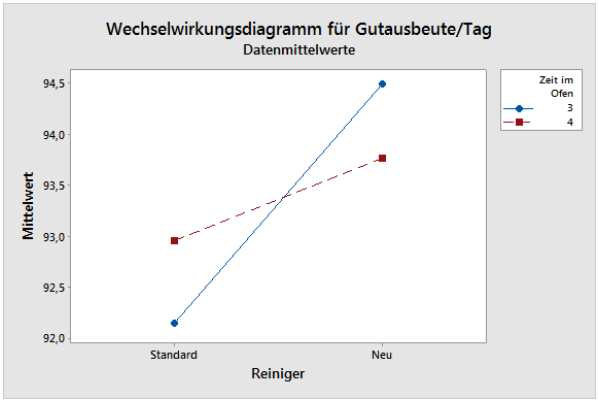
Quelle	DF	Kor Abw	Kor MW	Chi-Quadrat	p-Wert
Regression	1	32,45	32,4485	32,45	0,000
Phase	1	32,45	32,4485	32,45	0,000
Fehler	83	47,86	0,5766		
Gesamt	84	80,30			

urden mit ungleichen Stichprobenumfängen durchgeführt.

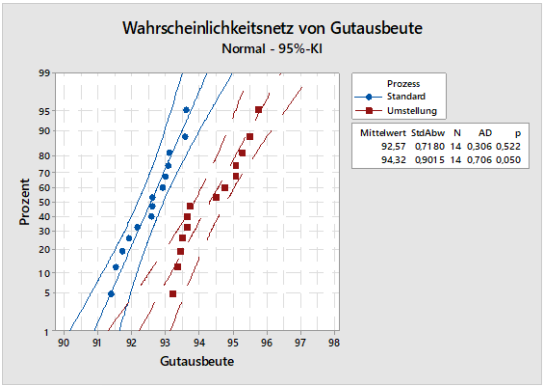
Zusammenfassung des Modells

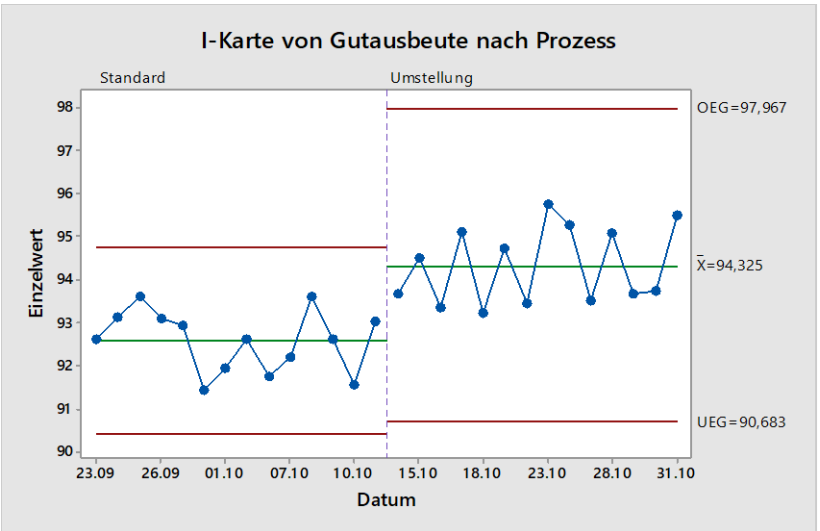
R-Qd der Abweichung	R-Qd(kor) der Abweichung	AIC
40,41%	39,16%	11262,30

IMPROVE
Maßnahme 4: neuer Reiniger / Ofenzeit 3 min



Der Einkauf bestätigte nach seiner Anfrage, dass der alternative Reiniger nicht mehr kostet als der bisherige Reiniger. ☺
Der Reiniger wurde bestellt und ist nun seit 14.10. im Einsatz. Gleichzeitig wurde die Ofenzeit auf 3 min reduziert. Nach 2 Wochen wurde die Veränderung analysiert.





t-Test und KI bei zwei Stichproben: Gutausbeute; Prozess

Methode

μ_1: Mittelwert von Gutausbeute, wenn Prozess = Standard
μ_2: Mittelwert von Gutausbeute, wenn Prozess = Umstellung
Differenz: $\mu_1 - \mu_2$

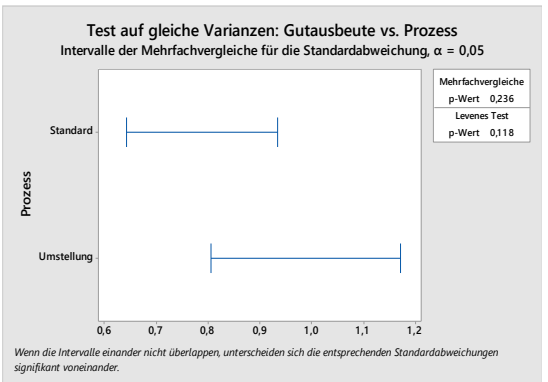
Für die Analyse werden gleiche Varianzen angenommen.

Deskriptive Statistik: Gutausbeute

Prozess	N	Mittelwert	StdAbw	SE des Mittelwerts
Standard	14	92,571	0,718	0,19
Umstellung	14	94,325	0,902	0,24

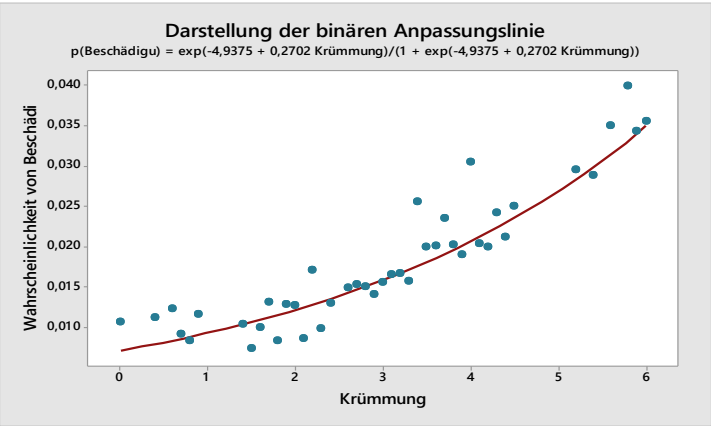
Schätzwert für Differenz

Differenz	Zusammengefasste StdAbw	95%-KI für Differenz
-1,754	0,815	(-2,387; -1,121)



Der Prozess hat sich signifikant verbessert!

IMPROVE
Maßnahme 5: Durchbiegung und Beschädigungen



Durchbiegung in mm und Anzahl der Beschädigungen.
Die logistische Regression zeigt einen klaren Zusammenhang!

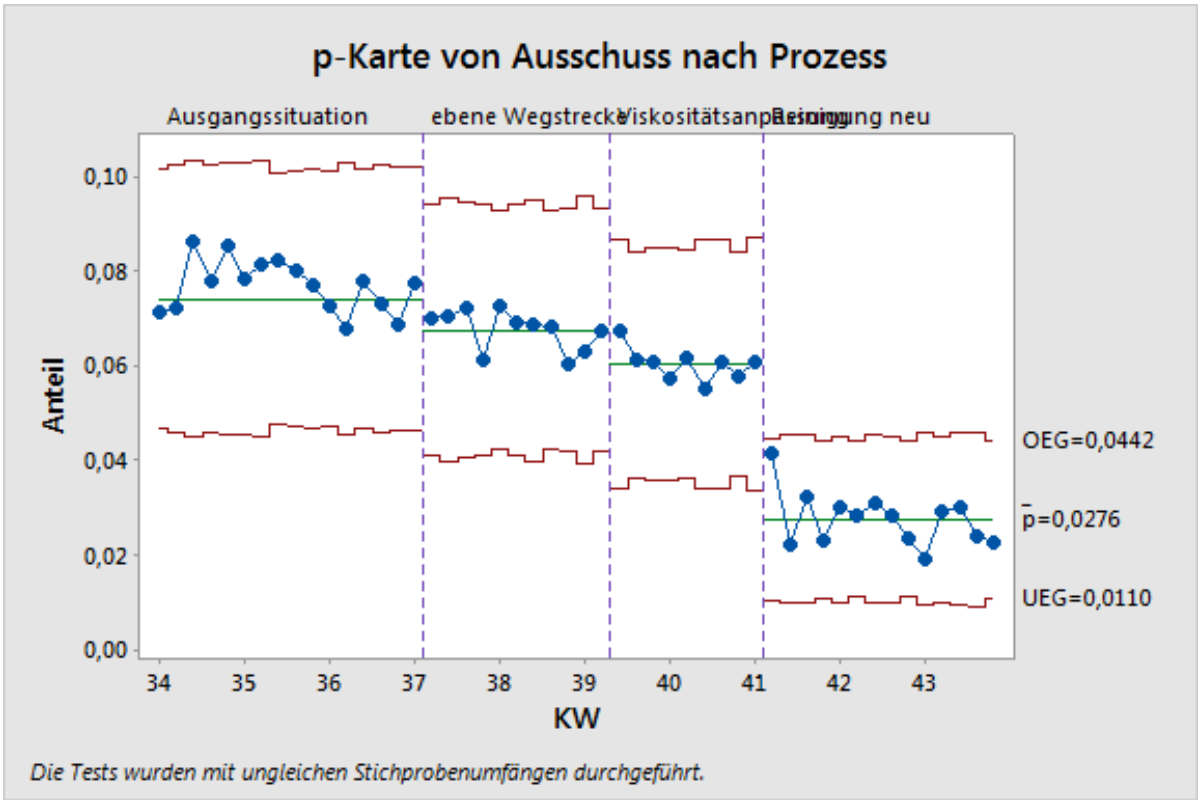
Die Durchbiegung ist abhängig vom Produktionsprozess. Sie muss innerhalb einer vom Kunden vorgegebenen Toleranz liegen.
Sowohl der Kunde (Können die Toleranzen geändert werden?) also auch der Prozess (hier wird die Durchbiegung erzeugt) sind betroffen.

Ziel muss es sein, die Durchbiegung soweit zu beherrschen, dass sie an der Untergrenze der vorgegebenen Toleranz liegt, dadurch sollte sich eine Reduzierung der Beschädigungen ergeben.

Für diese Aufgabe wird ein Folgeprojekt vorgeschlagen.

IMPROVE
Abschluss der IMPROVE- Phase

- **Lösungen wurden generiert, welche zu Änderungen im Prozess führten.**
- **Die Lösungsumsetzung wurde geplant und fristgerecht durchgeführt.**
- **Die Wirksamkeit wurde nachgewiesen.**



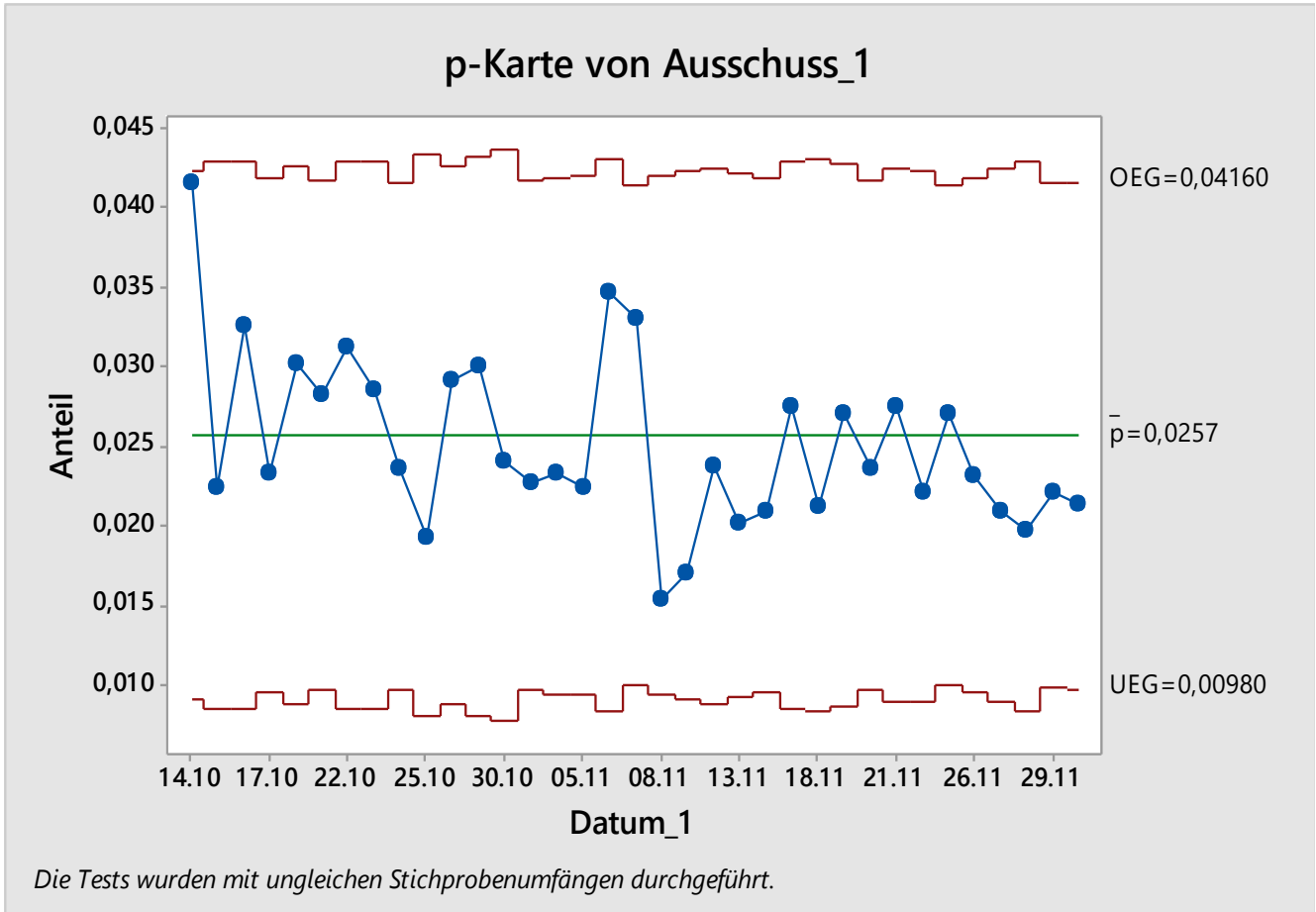
CONTROL
Out of Control Action Plan / Kontrollplan

OCAP / Kontrollplan
Six Sigma Projekt

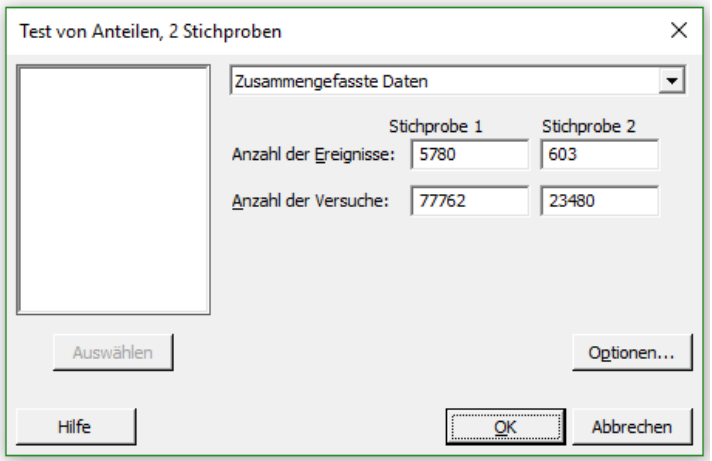
Prozess:	**Grundierung und Lackierung der Substrate**	**Erstellt von:**	P.Leiter	**Seite:**	1
		Genehmigt:	P.Champion	**Kontrollplan Nr.**	17
Abteilung:	**Abteilung y**	**Genehmigt:**		**Datum:**	08.11.
Kunde:	**Endkunde, Q.-kontrolle**	**Genehmigt:**		**Version:**	1

Teilprozess	Prozessschritt	Critical to Satisfaction		Spezifikations-Kennzahl	Geforderte Spezifikationen			Messmethode	Sample Size	Häufigkeit	Verantwortlich für Messung/Kontrolle	Verantwortlich für Regelkarte	Entscheidungsregeln	Korrigierende Maßnahmen
		KPIV	KPOV		USG	Ziel	OSG							
Grundierung	Zwischenkontrolle	x		NA-Quote	-	0,0%	2,50%	Visuell	alle NA	immer	M. Measure	M.Control	tägliche Auswertung der NA-Qute < 2,5% (signifikant)	Abschaffen des Entlackens
Lackierung	Endkontrolle		x	Schichtdicke	1,2	1,475	1,75	Interferenz	3	bei Schichtbeginn	A. Müller	B.Schmitt	Regelkarte	Viskosität nach AAW anpassen
Lackierung	Endkontrolle		x	Gutausbeute	97,5%	100%	-	Betrachtung Gesamtergebnis	alle	immer	C.Maier	D.Bauer	Regelkarte	Information an PB Vergleich mit bisherigem Fehlerpareto

CONTROL
Regelkarte mit fixierten Grenzen (ab 25.11.)



CONTROL
Einsparungen



Die Gutausbeute wurde um 4,9% erhöht. Das entspricht bei einer erwarteten Produktionsnachfrage von 200.000 Stück/Jahr 9.800 Stück und damit 81.732€ jährliche Einsparung.
Zusätzlich wurden durch den Entfall der Nachkontrolle 2 Arbeitsstunden je Schicht eingespart. Dies ergibt bei 220 Arbeitstagen pro Jahr und einem aktuellen variablen Personal-Stundensatzes von 40 Euro zusätzlich 52.800€.

Test von Anteilen und KI bei zwei Stichproben

Methode

p_1: Anteil, bei dem Stichprobe 1 = Ereignis
p_2: Anteil, bei dem Stichprobe 2 = Ereignis
Differenz: $p_1 - p_2$

Deskriptive Statistik

Stichprobe	N	Ereignis	p(Stichprobe)
Stichprobe 1	77762	5780	0,074329
Stichprobe 2	23480	603	0,025681

Schätzwert für Differenz

Differenz	95%-KI für Differenz
0,0486479	(0,045911; 0,051385)

KI auf der Grundlage der Normal-Approximation

Test

Nullhypothese	$H_0: p_1 - p_2 = 0$
Alternativhypothese	$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$

Methode	z-Wert	p-Wert
Normal-Approximation	34,83	0,000
Fishers exakte Methode		0,000

CONTROL
Abschluss CONTROL: Lessons Learned und Ausblick

- Die intensive Betrachtung des Prozesses im Rahmen des Prozessmappings birgt große Verbesserungspotentiale. Zur konzentrierten Prozessbeobachtung empfiehlt es sich daher in Zukunft auch die Methode „Kreidekreis“ einzusetzen.

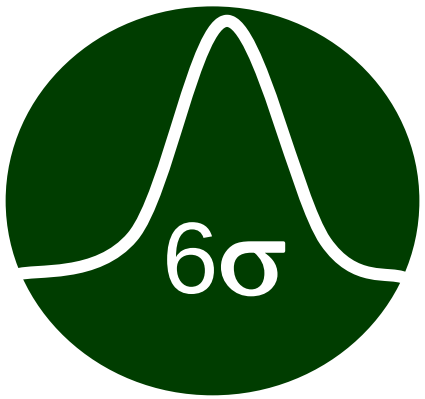
- Statistische Analysen bestätigen oder widersprechen dem Bauchgefühl und machen Entscheidungen klar und einfach.

- Kurze Projektlaufzeiten sind machbar, wenn Projektleiter, Champion und Team an einem Strang ziehen.

- Wie gewohnt treten im Projektverlauf neue Fragen, Ideen und Potenziale auf, die in Folgeprojekten bearbeitet werden müssen. Als wichtiges Thema in diesem Projekt: Zusammenhang zwischen Durchbiegung und Beschädigungen. Dieses Thema wurde bereits in die Projekt-Pipeline eingepflegt.

Six Sigma TC GmbH

- Training & Consulting -



Erfolg ist kein Zufall