TQU Verlag
Prozessverbesserung
durch
Multivariate Statistik

QUALITY APPs Applikationen für das Qualitätsmanagement

Probieren und Studieren

Prozessverbesserung mit multivariater Statistik

Autoren:

Dr. Walter Jahn †
Dr. Konrad Reuter

Bei realen Prozessen sind die Prozessvariablen, die ein Produktmerkmal beeinflussen in der Regel nicht unabhängig.
Auch die Vielzahl von Produktvariablen, die ein komplexes Produkt ausmachen, sind nicht alle unabhängig.

Daraus folgt, dass ohne Kenntnis der Abhängigkeitsstruktur nicht von einer tatsächlichen Beherrschung des Prozesses gesprochen werden kann.

Prozessverbesserung bedeutet

- Reduktion der Variabilität der Produktvariablen und damit Vergrößerung der Prozessfähigkeit indizes
- Berechnung von Steuerungsintervallen für die Prozessvariablen
- Steuerung der Prozessparameter so, dass die Werte der Produktvariablen im Toleranzintervall liegen

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Die geistige Investition in die Analyse von Prozessen sind wesentlich effizienter als die materiellen Investitionen.

Der Paradigmenwandel von der univariaten Beschreibung zur multivariaten Analyse von Produkte und Prozessen (Realisierung des Ursache - Wirkungsprinzipes) ist notwendig.

Den Autoren liegen eine Reihe von erfolgreichen Anwendungen in der Praxis vor.

Zur Demonstration der Vorgehensweise und Wirkung wird im vorliegenden APP auf die Simulation mittels geeigneter Software zurückgegriffen. Dafür werden drei Datensätze mit unterschiedlich straffer Korrelation zur Verfügung gestellt.

Dieses QUALITY APP liefert nicht nur dem Qualitätsmanagement wertvolle Unterstützung bei der Bewertung von Daten.

Das APP ist so gestaltet, dass Sie interaktiv die Grundlagen der Auswertung multivariater Daten und deren wichtigsten Kenngrößen verstehen.
Die QUALITY Applikation ist im Excel-Format und kann sofort eingesetzt werden.

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APPs Applikationen für das Qualitätsmanagement

Lizenzvereinbarung

Dieses Produkt "Prozessverbesserung mit multivariater Statistik" wurde von uns mit großem Aufwand und großer Sorgfalt hergestellt. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt (©). Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Weitergabe, der Übersetzung, des Kopierens, der Entnahme von Teilen oder der Speicherung bleiben vorbehalten.

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Bei Fehlern, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Nutzung dieses Softwareproduktes führen, leisten wir kostenlos Ersatz. Beschreibungen und Funktionen verstehen sich als Beschaffenheitsangaben und nicht als Zusicherungen bestimmter Eigenschaften. Wir übernehmen keine Gewähr dafür, dass die angebotenen Leistungen für bestimmte vom Kunden beabsichtigte Zwecke geeignet sind.

Sie erklären sich damit einverstanden, dass Sie das Produkt nur für Ihre eigene Vorbereitung für Informationen innerhalb Ihres Unternehmens zu verwenden. Sollten Sie es in anderer Form, insbesondere in Schulungs- und Informationsmaßnahmen bei anderen Unternehmen (Beratung, Schulungseinrichtung etc.) verwenden wollen, setzen Sie sich unbedingt vorher mit uns wegen einer entsprechenden Vereinbarung in Verbindung. Unsere Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Bitte melden Sie sich, wenn Sie ein Update wünschen.

Alle Ergebnisse basieren auf den von den Autoren eingesetzten Formeln und müssen vom Anwender sorgfältig geprüft werden. Die berechneten Ergebnisse sind als Hinweise und Anregungen zu verstehen.

Wir wünschen viel Spaß und Anregungen mit dieser Applikation

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APPS Applikationen für das Qualitätsmanagement

Voraussetzungen für die Anwendung
Dieses QUALITY APP ist für die Demonstration der Auswertung multivariater Daten entwickelt worden.
Diese Applikation ist auf der Basis der umfangreichen Erfahrungen der Autoren gestaltet worden.
Die Anwendung der Applikation sollte mit tiefergehenden theoretischen Kenntnissen erweitert werden.
Die Vorgehensweise entspricht internationalen Veröffentlichungen.

Lösung
Die im Originalfile eingetragenen Daten sind Beispieldaten aus der Simulation.
Zur Analyse eines dreidimensionalen Datensatzes (Datenspalten Y, X1 und X2) kann das Blatt Berechnung, Teil "ungesteuerter Prozess" genutzt werden.
Die Skalierung der Achsen in den Bildern 2-7 muss ggf. manuell angepasst werden.

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Anwendung:
Das QUALITY APP unterstützt Einzelpersonen oder Arbeitsgruppen, die sich mit statistischen Auswertungen auseinander setzen.

Nutzung
Das APP ist zu Studienzwecken geeignet. Es unterstützt die Kette "Probieren - Studieren - Kapieren - Weiterkommen".

Schutz
Dieses APP ist lauffähig unter Excel 2003 und aufwärts.
Bei den eingetragenen Daten handelt es sich um spezielle Test- und Simulationsdaten.
Das APP enthält Makros, die vor der Nutzung freigegeben werden müssen
Die Mappe ist insgesamt geschützt. Der Schutz kann nicht aufgehoben werden.
Die einzelnen Blätter der Mappe sind durch einfachen Excel-Schutz geschützt.
Dieser Schutz kann vom Anwender in eigener Verantwortung geöffnet werden und der Inhalt seinen Bedürfnissen angepasst werden.
Werden vom Anwender die eingerichteten Schutzmaßnahmen aufgehoben, lehnen die Autoren und der Verlag alle weiteren Verpflichtungen ab.
Einzelne Blätter oder Zeilen wie Spalten können ausgeblendet sein.

Ergebnisse
Alle Ergebnisse basieren auf den von den Autoren eingesetzten Formeln und müssen vom Anwender sorgfältig geprüft werden.
Die berechneten Ergebnisse sind als Hinweise und Anregungen zu verstehen.

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

1. Statistik

Blatt

1.1 Motivation

Jedes Produkt ist das Ergebnis eines Prozesses.

An das Produkt werden Kundenanforderungen gestellt.

Berechnung

(Spezifikation der Kundenanforderungen durch statistische Tolerierung)

Nach dem Ursache - Wirkungsprinzip können die Produktvariablen ausschließlich über die Input- und Prozessvariablen beeinflusst werden.

Inputvariable sind Produktvariable des Voläuferprozesses.

(Exogene Variablen wirken ebenfalls auf den Prozess.)

Die Gesamtheit der Input-, Prozess- und exogenen Variablen wirkt stochastisch.

Der Nachweis der Erfüllung dieser Anforderungen wird mit Prozessfähigkeiten geführt.

PFI

Prozessfähigkeiten (PFI, univariat bzw. multivariat) sind der quantitative Ausdruck der Qualität.

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

1.2 Analyse

Die Input., Prozess- und Produktvariablen sind durch eine Abhängigkeitsstruktur miteinander verbunden.

Die Analyse des Prozesses beginnt folglich mit der Berechnung der Abhängigkeitsstruktur.

Berechnung

(umfassende Korrelationsanalyse)

Der Grad der Multikollinearität δ ist ein Maß für die Straffheit des Zusammenhangs zwischen Input- und Prozessvariablen.

1.3 Prozessgleichung

Wir benötigen eine Prozessgleichung (Verknüpfung der Variablen) des Prozesses, so dass die Kundenanforderungen gezielt erfüllt werden können.

Die Güte der Prozessgleichung wird charakterisiert durch:

- die Reststreuung (bedingte Varianz), Ziel der Steuerung ist die Verringerung der Reststreuung,

Berechnung

- das Maß der Beherrschbarkeit (prozentuale Erklärung der Varianz der Produktvariablen durch die Input- und Prozessvariablen beim ungesteuerten Prozess),
- die Auswahl der wesentlichen Variablen zur Reduktion des Aufwandes (Rangfolge der Input- und Prozessvariablen bezüglich ihres Einflusses auf die Produktvariablen).

1.4 Steuerungsintervalle

Berechnung von Intervallen für die Input- und Prozessvariablen, die sichern, dass die Werte für die Produktvariablen mit vorgegebener Wahrscheinlichkeit innerhalb des Toleranzbereiches liegen.

Berechnung

(Realisierung des internen Kunden- Lieferantenverhältnisses)

1.5 Steuerung

Einstellung der Input- und Prozessvariablen, so dass die Werte der Produktvariablen innerhalb des Toleranzbereiches liegen.

Beginn mit der wichtigsten Prozessvariablen.

Berechnung mit Gleichungen zwischen den Prozessvariablen zur Einstellung der anderen Prozessvariablen.

Berechnung

Zur Bewertung der Verbesserung werden wiederum PFI berechnet. PFI
Für den beherrschten Prozess können Regelkarten geführt werden (univariat bzw. multivariat).

1.6 Beispieldaten

Um das Verfahren demonstrieren zu können, wurden drei Beispieldatensätze mit geeigneter Software simuliert. Simulationsdaten
Die drei Datensätze unterscheiden sich durch die Straffheit der Korrelation der Prozessvariablen X_i.
Es liegt jeweils ein Datensatz ohne Steuerung und ein Datensatz mit Steuerung
(Kennzeichnung mit VY bzw. VX_i) vor.

1.7 Fazit

Mit der Nutzung der Kenntnis über die Korrelation kann eine deutliche Verbesserung der Prozessfähigkeit der Zielgröße erreicht werden.

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

2. EXCEL

Die Berechnungen sind ohne Rundungen dargestellt.
Die Lösung verwendet EXCEL Namen für Variable und Faktoren. Namen
Für die Datenbereiche werden sog. dynamische Namen verwendet, die sich automatisch den zeitlichen Datenbereich anpassen. Daten
Die EXCEL Funktion RGP() kann ebenfalls dynamische Namen nutzen, wenn der sog. Ankerpunkt nicht im Datenbereich selbst liegt.
Die verwendeten EXCEL Namen sind aufgelistet.
EXCEL-TIP > Die Liste der verwendeten Namen wird über die Funktionstaste F3 ausgegeben

Auf den Berechnungsblättern sind Tabellenfelder zur besseren Orientierung farbig unterlegt:

freie Eingabefelder	
Übernahme von Daten (keine Einträge vornehmen)	
Beschriftungen	
Ergebnisse (keine Einträge vornehmen)	

EXCEL kann eine Reihe von Matrizenoperationen ausführen, die im vorliegenden Fall erforderlich sind. Berechnung
Zur Anwendung muss der jeweilige Zellbereich komplett markiert werden. Der Abschluss des Formelassistenten darf jetzt nicht durch den "OK" Button, sondern muss durch die Tastenkombination "**strg", "shift", "enter"** erfolgen (beidhändig).
Als sichtbare Information wird die Formel durch EXCEL in der Eingabezeile in geschwungene Klammern gesetzt {}.
Matrixfunktionen können nur noch für den gesamten zutreffenden Bereich geändert werden.
RGP() ist eine Matrixfunktion in EXCEL.
Im übrigen können auch "einfache" Funktionen zur Matrixfunktion aufgewertet weden und erreichen eine deutlich erweiterte Performance (erspart zusätzliche Berechnungen oder gar das Programmieren).

Der Austausch der Beispieldatensätze erfolgt durch einfache Makros. Daten

Änderungen an der Datei sollten protokolliert werden.

Die PFI Diagramme sind "XY Diagramme", die Prozessdiagramme sind "Oberflächendiagramme".
Die Auswahl des Wertes für die Prozessvariable X2 wird durch die Pfeilspitze angezeigt.

QUALITY APPS im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

3. empfehlenswerte Literatur

Jahn, W. Braun, L.: Praxisleitfaden Qualität -Prozessoptimierung mit multivariater Statistik in 150 Beispielen. Carl Hanser Verlag, München 2006
Jahn, W. Reuter, K.: Komplex, aber beherrschbar (2) 2013, S. 4

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Kundenanforderungen

ZW	UGW	OGW
30	15	45
Toleranz	30	

Korrelationsanalyse

ungesteuerter Prozess — **Die Prozessvariablen sind : *unkorreliert*** — **gesteuerter Prozess**

Kennwerte der Variablen

	Y	X1_	X2_		VY	VX1	VX2
x-quer	30,0130796	48,62196296	3,07914878	*Mittelwert*	30,35679827	48,76332994	2,999037516
s	5,3796862	8,25534372	0,7659609	*Standardabweichung*	2,5335664	7,5558389	0,6215633

	28,9410234	22,68644484	-2,0129522	*Kovarianzmatrix*	6,418958489	11,00616012	-0,10621974
S	22,686445	68,15069997	-1,0550739		11,00616	57,09070099	-0,91566886
	-2,012952	-1,05507387	0,58669604		-0,1062197	-0,9156689	0,38634088

$$S = \begin{pmatrix} S_Y^2 & S_{Y1} & S_{Y2} \\ & S_1^2 & S_{12} \\ & & S_2^2 \end{pmatrix}$$

	0,0604317	-0,017391134	0,17606596	*Inverse Kovarianzmatrix*	0,2334349	-0,0457107	-0,0441592
S^{-1}	-0,0173911	0,02009843	-0,0235253		-0,0457107	0,0271591	0,0518024
	0,17606596	-0,023525287	2,2662356		-0,0441592	0,0518024	2,6990239

$$S^{-1} = \begin{pmatrix} S_{Y/X}^{-2} & S^{-1}{}_{Y1/2} & S_{Y2/1}^{-1} \\ & S_1^{-2} & S_{1Y/2}^{-1} \\ & & S_{2/Y1}^{-2} \end{pmatrix}$$

	1	0,51082758	-0,488506	*Korrelationsmatrix*	1	0,5749378	-0,06745088
R	0,5108276	1	-0,166856		0,5749378	1	-0,19497118
	-0,488506	-0,16685573	1		-0,0674509	-0,1949712	1

$$R = \begin{pmatrix} 1 & r_{Y1} & r_{Y2} \\ & 1 & r_{12} \\ & & 1 \end{pmatrix}$$

Det	0,55585133	*Determinante der Korrelationsmatrix*	0,642005142
δ	1,79904221	*Grad der Multikollinearität*	1,557619922
		Kehrwert der Determinante	
s_R	4,8614595	*Reststandardabweichung*	2,389302608
$R^2_{Y/X}$	0,42823012	*Multipler Korrelationskoeffizient (Maß der Beherrschbarkeit)*	0,3536254
N	54	*Stichprobenumfang*	125

QUALITY APPS im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Prozessbegleitende Modelle

b_0	24,9915803	*Absolutglied*	vb_0	20,24073638
$b_{y.1}$	-0,0465068	*Totaler Regressionskoeffizient für X1*		-0,08319603
$b_{y.2/1}$	-2,9134701	*Partieller Regressionskoeffizient für X2 unter der Bedingung für X1*	vm_2	0,189171189
		entspricht m2		
b_{y2}	0,52414253	*Totaler Regressionskoeffizient für X2*		8,620514695
$b_{y.1/2}$	0,28778162	*Partieller Regressionskoeffizient für X1 unter der Bedingung für X2*	vm_1	0,195817849
		entspricht m1		

Prozessgleichung

Berechnung Regression mit EXCEL-Funktion RGP()

m_2	m_1	b_0		m_2	m_1	b_0
-2,959832	0,29248016	24,905884	*Bemerkung:*	0,1946827	0,1974861	20,142856
0,7446042	0,06908709	4,4123965	*numerische Abweichungen der RGP() Funktion*	0,306209	0,0251896	1,6822827
0,443348	4,09167997	#NV	*sind durch die verwendeten Algorithmen erklärt.*	0,3380995	2,078067	#NV
20,309594	51	#NV		31,158871	122	#NV
680,04014	853,834093	#NV		269,11061	526,84024	#NV

Legende zur Funktion RGP()		
Anstieg X2	Anstieg X1	Absolutglied b0
Standardfehler m2	Standardfehler m1	Standardfehler b0
Bestimmtheitsmaß		
F-Wert	Freiheitsgrad	
Summe quadrat. Abw.	Summe quadrat. Abw.	

Steuerungsintervalle

***f*g**	3	*Freiheitsgrad entsprechend der Anzahl der Variablen*
alpha	0,0027	*vorgegebene Wahrscheinlichkeit entsprechend 6 σ*
Chi²	14,15625	*P(alpha;fg) errechneter Chi²-Wert*

ngsintervalle

	Soll	UGW	OGW
X 1	50	23,4604789	76,539521
X 2	3	0,5006814	5,4993186

Prozessgrenzen unter der Beachtung der vorgegebenen Wahrscheinlichkeit

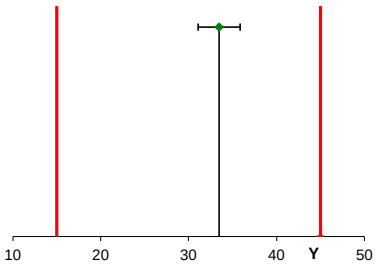
Steuerung

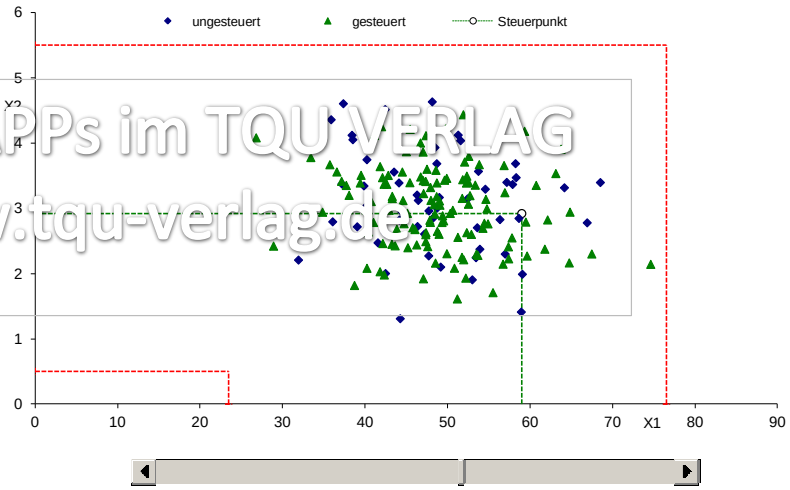
In externer Berechnung (red-Auswahl) wurde festgestellt, dass X1 die wichtigere Variable ist.

OGW	76,5395211
X 1	59
UGW	23,4604789
$a_{2.1}$	-0,01548148
a_0	3,818184

QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

X 2 = g(X 1)	2,91848138	Eingabewert
Y 1 = f(X 1;X 2)	33,4677876	Ergebnis





Wert für X 1 im Steuerintervall auswählen

Bild1 Einflussgrößen und Steuerung

Bild 2 Ergebnis der Prozesssteuerung
Der Wert von Y wird mit Wahrscheinlichkeit im gezeigten Intervall liegen.

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

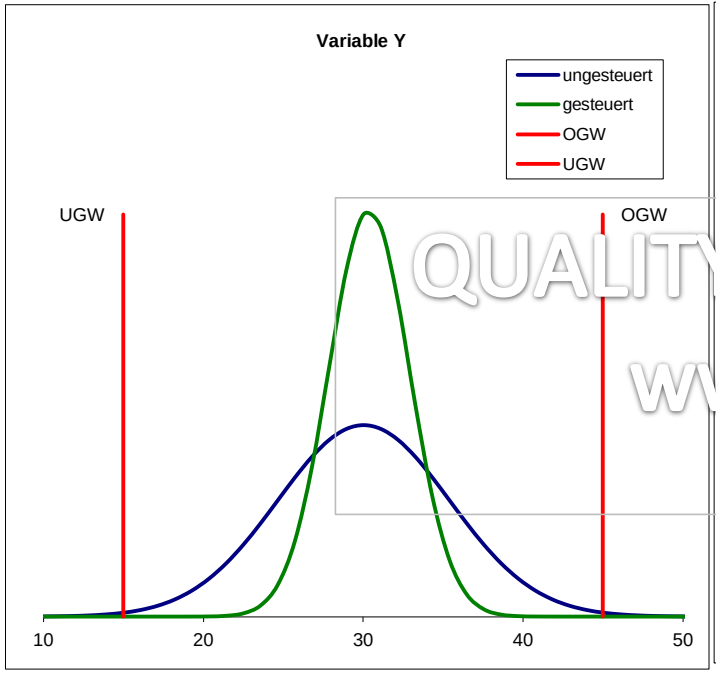
Prozessfähigkeiten ***unkorreliert***

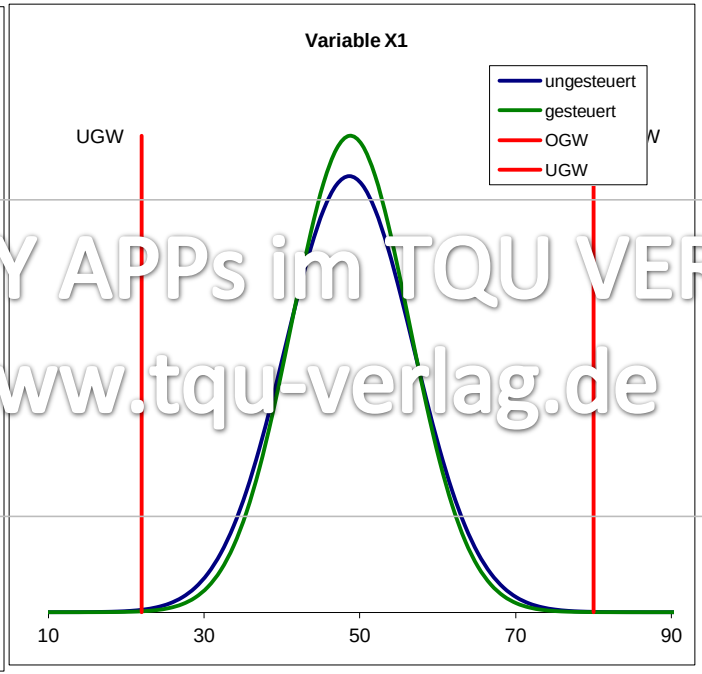
ungesteuert	Wert	UGW	OGW	T
Zielgröße Y1	30	15	45	30
Einflussgröße X1	50	22	80	58
Einflussgröße X2	3	0,7	5	4,3

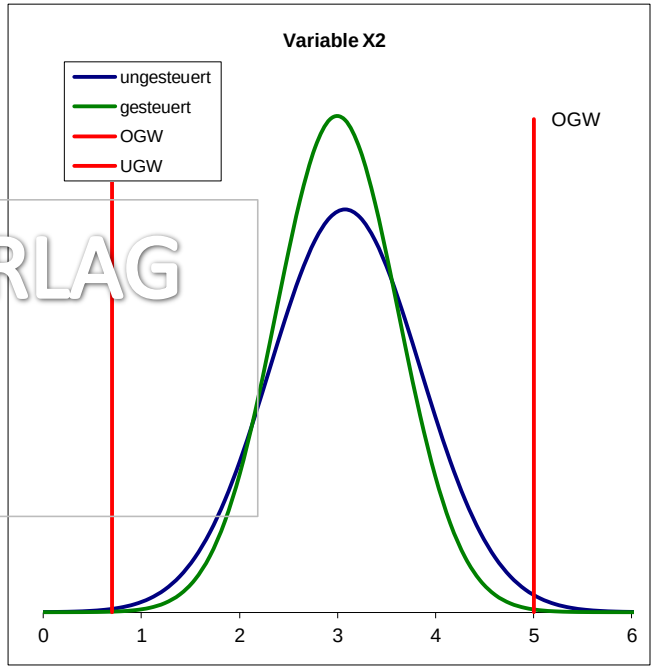
Cp	Cpu	Cpo	Cpk
0,93	0,93	0,93	0,93
1,17	1,07	1,27	1,07
0,94	1,04	0,84	0,84

gesteuert	Wert	UGW	OGW	T
Zielgröße Y1	30	15	45	30
Einflussgröße X1	50	22	80	58
Einflussgröße X2	3	0,7	5	4,3

Cp	Cpu	Cpo	Cpk
1,97	2,02	1,93	1,93
1,28	1,18	1,38	1,18
1,15	1,23	1,07	1,07







QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Bild 3 Prozessfähigkeit Zielvariable Y

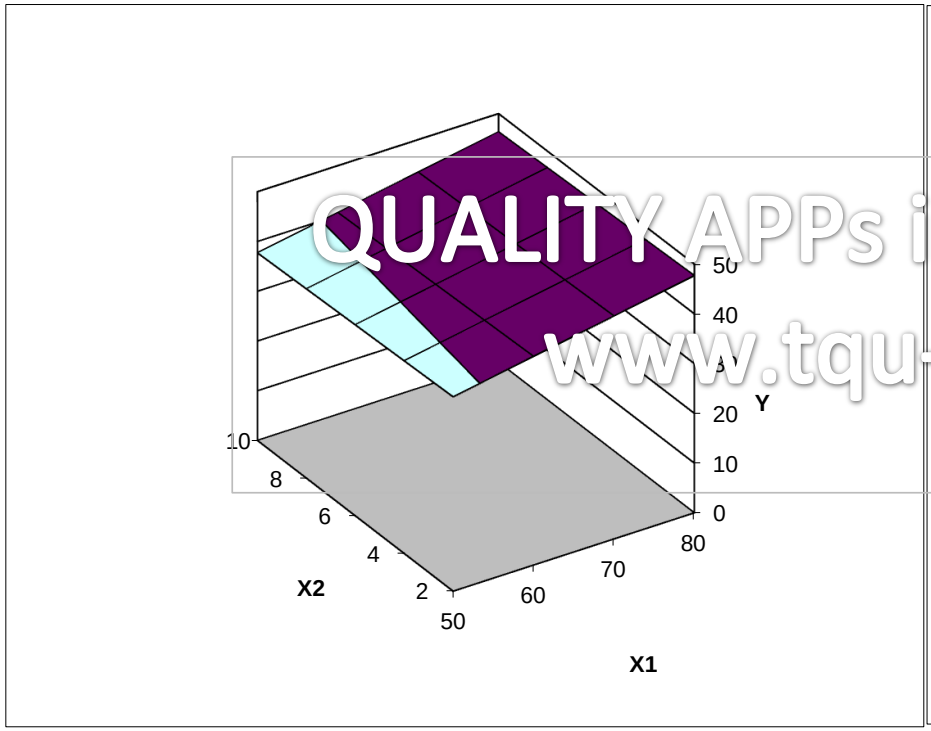
Bild 4 Prozessfähigkeit Einflussgröße X1

Bild 5 Prozessfähigkeit Einflussgröße X2

Diagrammdaten

z	M_Y	f(M_Y)	Vf()	M_X1	f(M_X1)	Vf()	M_X2	f(M_X2)	Vf()
-6	-2,26504	1,1E-09	1,6E-37	-0,91	7,4E-10	2,2E-11	-1,51662	7,9E-09	2,22004E-12
-5,8	-1,1891	3,7E-09	3,4E-35	0,74	2,4E-09	8,9E-11	-1,36342	2,6E-08	1,29061E-11
-5,6	-0,11316	1,1E-08	6,2E-33	2,39	7,5E-09	3,5E-10	-1,21023	8,1E-08	7,06076E-11

Prozessmodelle ***unkorreliert***



QUALITY APPs im TQU VERLAG
www.tqu-verlag.de

Bild 6 Prozessmodell ungesteuerter Prozess

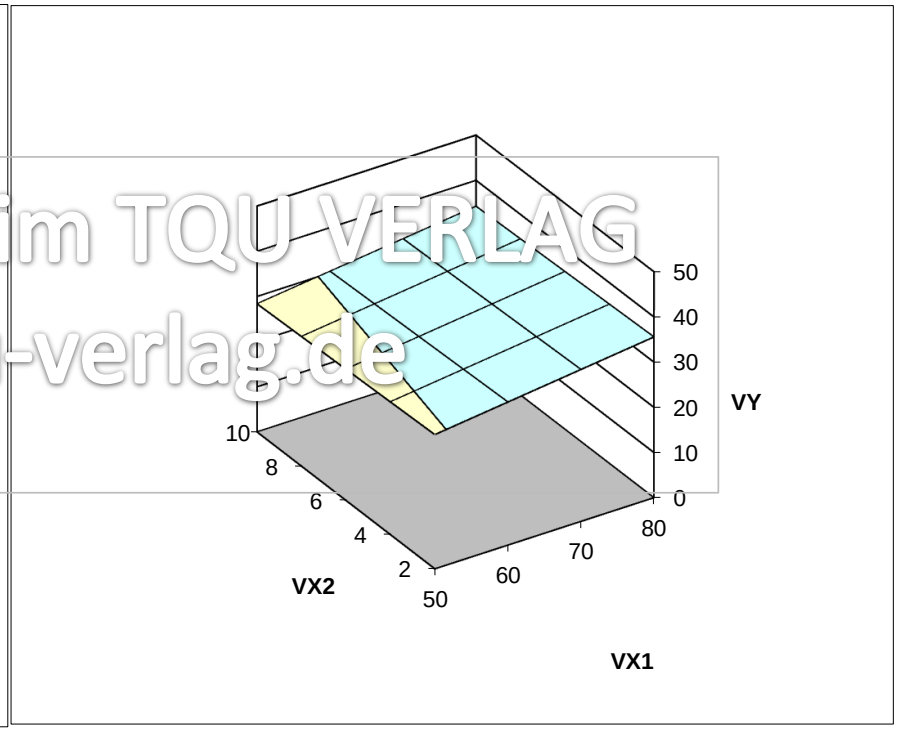


Bild 7 Prozessmodell gesteuerter Prozess

		X2				
		2	4	6	8	10
X1	50	39,04694977	38,71323831	38,37952684	38,04581538	37,71210392
	60	41,92476594	41,59105448	41,25734302	40,92363156	40,5899201
	70	44,80258212	44,46887066	44,1351592	43,80144773	43,46773627
	80	47,68039829	47,34668683	47,01297537	46,67926391	46,34555245

		VX2				
		2	4	6	8	10
VX1	50	29,69791739	29,36420593	29,03049447	28,69678301	28,36307154
	60	31,65609588	31,32238442	30,98867296	30,6549615	30,32125004
	70	33,61427438	33,28056292	32,94685146	32,61313999	32,27942853
	80	35,57245287	35,23874141	34,90502995	34,57131849	34,23760703

Prozessvariablen	Y	X1	X2		VY	VX1	VX2	Prozessvariablen	mY	mX1	mX2		VmY	VmX1	VmX2	Prozessvariablen	hY	hX1	hX2		VhY	VhX1	VhX2
unkorreliert	36,1995	53,01	1,902762705		35,79071461	57,3877385	2,409105993	korreliert	25,44563633	46,5916018	2,257249222		29,56280055	43,42296029	2,660447549	hochkorreliert	26,33299809	49,4656388	3,452783331		30,6003889	56,27074174	3,560755918
29,13	58,2487	3,68262813		31,31261005	54,91086204	2,760681345		24,61595111	38,84726739	2,085819774		29,1755576	48,55265138	2,571375293		27,86871481	47,75434326	3,030398313		30,32948308	52,55437056	3,148965945
39,0947	56,9939	2,297208055		26,41868641	39,52330309	3,503855934		17,35594187	30,48989677	2,635552129		31,28661618	51,58923029	3,008499098		32,50252181	53,46066846	3,262000911		29,92439385	45,41019887	2,38923504
29,3248	46,4533	3,11883568		27,5438411	47,10095142	3,224179334		21,86027585	33,91959475	1,559710947		27,4399771	43,4295844	3,176481729		32,05493669	55,08046541	3,471845155		30,57988071	53,9506074	3,161155967
26,0807	42,4861	1,99959873		29,78607137	53,85087424	3,667379225		34,81782445	52,53663284	3,766357215		33,25701229	61,2020877	3,388846071		30,49888845	54,79850729	3,201103528		28,26799696	37,50801952	2,029027463
33,9947	44,271	1,307358155		32,07668007	50,33172823	2,920438587		25,38788592	38,66870493	3,157732802		23,6540477	27,27223593	2,205389286		37,19214493	53,97292152	2,844447709		26,46064799	34,6536894	2,425833935
26,1638	44,4858	2,94000703		28,76290554	46,74920479	3,478601771		35,08949019	67,7814205	3,673639659		28,63194984	44,89579601	2,979112778		38,31787858	56,71532438	2,810504925		30,94351301	51,71054406	2,821170146
29,203	64,1756	3,31317398		31,83739652	43,85831677	2,678102009		28,96250816	51,39270178	2,491986168		30,55697982	52,3562025	2,912103149		20,49469901	35,59872834	2,408464873		28,11421656	45,95022118	3,109080628
29,9954	48,7019	3,681921255		28,32283979	42,64206253	3,366676776		25,99812958	44,54135666	2,252934071		31,7258929	62,64485884	3,943938425		34,80240627	62,78485429	4,198856551		31,92167336	56,89721699	3,462533905
32,9252	57,187	3,39566223		29,79577406	42,00504017	4,24921028		21,20242126	36,37483188	3,312506538		26,14705484	38,36307487	2,459641474		31,45900735	49,69588416	2,884387227		30,79010417	51,89992044	3,008111814
25,115	39,0599	2,71516228		30,68605067	47,36740446	2,594447805		29,96119248	43,67561617	2,187829841		30,85612702	66,48249992	2,143943876		29,36546803	36,05941094	1,55720256		27,82324831	40,58972662	2,508312619
32,1637	47,2148	2,604619055		32,67599103	49,08010365	3,046605603		34,57866687	46,99441388	2,66056567		30,11855337	55,49894049	3,203381288		30,6139979	57,90550102	3,853958474		29,19922458	40,62212621	2,150829447
22,8642	42,4697	2,62122233		29,02015628	52,54132543	3,061258881		32,97592234	55,03817278	3,216095762		28,22286668	54,98494498	3,800824214		22,72950928	31,9942662	1,967807699		31,42326107	56,58899602	3,442639829
35,0488	58,3237	3,46850253		33,60474636	41,82258433	2,027332075		28,73776928	50,12122312	2,651932095		30,45908062	56,38182998	2,82957131		26,19030699	44,22527407	2,814012096		32,55256693	59,31757219	3,311793213
29,1621	49,0097	3,16489273		32,08744322	49,33318184	2,782003849		39,5485635	68,14776544	3,848330775		33,60218197	62,79125091	2,82201959		30,0488265	59,18336407	4,109032458		32,36922137	63,09241534	3,873762136
43,9669	48,3083	2,85574753		27,76603997	45,01144796	3,865493339		24,10938624	43,99388397	1,615385459		31,34782795	63,74355652	3,046221488		33,60163761	57,29809993	3,263548976		26,75627146	37,43018268	2,649480176
31,4581	40,2303	3,742506455		32,79110797	49,0293596	3,112313379		28,34463897	45,35685602	1,540795505		34,16830121	71,80963921	2,875104971		25,74605012	36,74010729	2,211931923		29,57874847	52,6536921	3,164167999
20,085	48,4823	3,929018105		26,67108591	47,94385617	3,316624573		32,64418237	49,44083989	2,881550964		33,54581642	57,89596395	3,809343368		40,44994966	66,2599973	3,724772599		32,96366253	75,7563648	5,141515985
27,5964	51,3079	4,110578881		28,77981239	52,21544755	1,921138712		34,8581682	56,0755828	3,030464282		28,77272405	49,02745529	2,373007841		29,57352249	44,81188493	2,445122779		33,5737939	62,47217574	3,367448188
27,7943	6,0885	1,791178888		31,71868994	41,31061658	44,7958		29,59877357	42,76168223	2,803369693		30,11591707	53,34313508	2,327445705		34,91243491	53,34415377	2,925090555		34,11788619	68,01734771	3,862908598
31,0975	53,7356	3,000722205		33,91363755	51,73419697	2,247508529		24,75165879	45,29838773	3,377148531		29,34837261	54,40925862	2,329664954		32,7171462	49,50928328	2,792291789		29,98632158	47,93357136	2,86352118
23,0141	37,3757	4,601006955		33,66672604	48,36215922	3,053622566		30,6085312	46,70528706	2,932934908		29,8078391	44,95068845	2,586594458		42,57634608	71,15729192	3,823173581		32,34421	59,08790832	3,38157771
35,7919	59,0786	1,988277955		29,53056316	48,54769031	2,159468361		29,81299956	55,07520279	3,35522623		34,59413785	72,1940381	2,847874179		35,00456175	64,15347698	4,025837857		29,01800115	51,0345648	3,382038401
33,6606	54,5877	3,296101		2,1[illegible]3	1,7[illegible]3	3,426		28,20651661	78,44358044	5,331479959		30,53877207	58,98311705	3,443488315		21,30414304	37,36178532	2,56880971		28,70949595	48,61530874	3,311770413
40,4554	57,8949	3,363722205		31,9094,838	41,83174787	3,[illegible]261359		37,23677255	69,1177655	5,056253913		30,79399699	48,8582225	3,201750558		35,11664694	61,88931399	3,671301533		30,81291939	47,21167813	2,413536291
31,6815	31,9342	2,20561233		27,632287	45,46788401	4,207918397		21,8142301	39,86165933	2,76712942		29,86547466	52,88812771	3,341131204		43,36235071	69,88616939	3,640338877		29,09186585	47,1468714	3,008022397
29,6733	53,6102	2,70087918		28,33051807	41,13353137	4,113499369		33,21227032	54,81627819	2,678284381		29,81675778	55,98617775	3,592032322		37,21014991	59,42607648	3,168619162		29,18573649	57,46057054	3,938244031
37,5191	52,4319	3,143404055		32,89519879	47,39526028	2,624999219		34,68004159	52,8076597	3,140447329		28,43288414	43,03902573	4,212037542		35,73752294	54,66568406	2,870513932		31,84997042	57,045638	3,338015491
35,1745	53,4565	2,24199218		33,37864923	52,34257445	3,491832518		24,58025806	43,28853755	2,177608935		31,54737686	57,25393427	3,10407001		22,26239471	35,68153503	2,237075048		29,03247589	55,77601868	3,888929979
29,8661	38,4245	4,117031905		34,11296428	51,25896105	2,553395667		32,41929344	57,63702579	2,556673035		32,60240336	53,99142805	3,75599961		32,31212435	54,23607029	3,35511521		29,56219059	48,22236644	2,937682948
29,7108	43,5207	3,55397103		30,56859576	40,75052688	3,102698909		30,76824223	47,31026647	3,366646444		29,97732976	38,81856847	2,505325509		23,41040613	36,90682629	2,332744197		31,10151665	57,95069679	3,607020541
22,3592	51,5887	4,034329805		33,88428043	56,7360545	2,143369915		24,42167955	36,97180802	1,843479354		31,10512354	52,80547539	3,742431088		30,24388983	37,51287955	1,58507416		30,97449847	53,11353693	3,058040001
30,8734	46,3634	2,71939508		27,21166583	40,23564617	2,08004298		36,15337227	59,05175793	2,702214386		32,09528578	56,93757584	2,787021276		30,59606608	55,89845364	3,542226208		32,87600382	65,9002992	4,099932291
26,8798	53,749	3,56418643		32,29384146	45,19641276	2,394841098		34,38634679	55,09644396	3,895967179		30,16821664	42,72111086	2,953564977		36,88297124	63,56130147	3,722588416		29,2752479	48,55630388	3,120272027
23,7669	42,4462	4,51093353		30,8144894	46,2684684	2,438226798		35,03627429	64,83576783	3,197057251		29,26773251	50,05256556	2,636665018		24,20218584	32,70727868	1,862408602		31,52521994	58,81825999	3,557948099
31,8412	44,1777	2,81921233		28,40089823	47,37197962	2,488286028		32,29790233	55,82619676	3,208129659		26,8352946	43,9893953	2,095074824		29,53092096	37,07672583	1,821617782		31,61727883	52,80641416	2,962669954
25,6682	44,119	3,38702698		28,10855555	57,41308213	2,22466541		24,04036344	45,27306637	2,14603838		31,71755045	62,65926381	3,290268735		22,84362463	28,78556232	1,508122312		30,10077454	41,53624151	1,910644998
25,7308	47,7457	2,958814455		31,98656205	46,72210194	3,99908045		32,92355938	67,10029273	3,811424803		25,53823597	31,22496363	3,589968683		28,49818319	50,37171671	3,372185456		30,66523358	59,51117173	3,849572082
35,0636	58,9493	1,409486155		33,68289813	59,34425191	4,177979499		31,18651511	43,55364276	2,147588713		32,33474937	56,92180143	3,867226092		23,39826059	36,9062294	2,259469271		29,3254852	44,99098381	2,713243274
19,8023	38,5253	4,049249905		28,88982938	56,85727053	3,653374111		32,28219859	50,57987124	3,268185107		31,94740744	47,54764845	3,699145071		33,01554915	61,6474801	3,890116194		26,48669592	39,2583761	2,905653895
28,8812	49,173	2,09815888		33,64917295	60,75209923	3,349324787		26,97122651	47,1734768	3,674226317		28,58333254	50,58398491	3,389400657		31,11761338	45,33930038	2,316227028		27,67888243	40,55137558	2,622993302
20,6945	35,8961	4,355282905		30,83843764	52,89732509	2,599252522		25,91139944	49,04021126	2,171038746		28,90752338	49,43234165	2,883032405		24,12897996	45,00174733	2,930780373		30,68017646	54,00104995	3,236548581
27,925	40,0626	3,017205905		28,42147084	47,91880257	2,782593794		33,62552919	53,77187716	3,278326165		28,521242	39,61288736	2,758496339		29,71242707	54,22538117	3,55745485		30,88491867	56,38434051	3,350648781
30,333	56,3623	2,825659355		29,24900294	36,58664342	3,555626327		33,97880387	56,41606343	2,85777637		26,94415277	36,75605485	2,8728991		27,35173244	38,91960331	2,103901267		31,98649648	51,49960822	2,555877557
32,1863	41,5699	2,469599105		32,03128567	49,90706816	3,456938071		25,87807569	35,39388517	2,666318772		26,5232345	34,4369249	2,989091255		38,52448165	66,98052394	3,83410013		29,31765336	56,25747725	3,773047259
29,9949	46,315	3,201841655		33,57109339	43,65139748	2,423888903		30,25266307	54,30994936	3,279314159		32,56476347	58,87198113	3,643637293		30,5501374	48,5672223	2,842717172		31,29787869	63,04122039	3,97235883
25,819	48,1512	4,62892803		27,52726468	47,36414216	3,409528108		36,04687285	52,88774666	3,008810323		28,76450113	44,04025602	2,629210884		26,04134588	44,64227814	2,85857369		32,30707082	59,38814242	3,450643426
38,8953	66,9358	2,77605753		31,52606499	41,0303605	2,782104725		38,96360852	53,84755395	2,535650434		31,2317353	51,01193671	2,527827488		31,31375954	53,64931964	3,098644946		31,01721785	57,99758463	3,718925272
27,9279	53,9227	2,371433505		30,38448986	44,6086122	3,116610814		41,03488673	69,90544224	4,154662043		30,20114853	49,34381725	3,441287658		24,9680968	31,69525154	1,92667175		31,23907367	57,12141782	3,485032179
27,0858	39,8748	3,340423605		31,67707609	45,13449992	2,921564654		30,0450752	54,09137867	3,420189472		24,30854903	40,34617935	2,545609007		30,35645989	46,50917008	2,743468026		27,86007108	43,04406668	2,881422752
37,3723	47,7216	2,26948458		27,69152128	47,05393893	3,422601828		37,31462997	52,9997781	4,113429703		24,94518612	25,11094796	3,415886121		39,57567029	61,92124654	3,421232013		32,12664154	59,28582199	3,56309837
33,3118	58,6606	2,84359643		34,72450583	51,19126677	1,610471586		36,00785672	56,35768393	4,45362787		26,53285693	45,62687552	3,396778532		29,79373146	52,12491823	3,351529778		31,37172993	52,96762504	2,933912583
20,3242	37,1958	3,370983355		29,57377002	53,36419059	3,353371862		21,77610462	34,41550928	2,165575662		31,04115452	57,46424976	3,758928347		27,95232931	47,92881448	3,009948131		30,51333856	48,33828176	2,670667246
32,9586	68,5343	3,39316493		34,92617894	52,33663988	2,625846974		24,74193317	39,08046667	2,839339352		31,69276031	48,20652781	3,179852416		24,6040118	47,47864511	3,341801705		32,81968652	52,63879019	2,536870901
				34,2039029	50,84288804	2,081201025		33,14358924	68,30404475	3,543308247		27,81690952	55,4103913	3,29281623		27,05139751	43,6676786	2,659143397		32,01085916	54,03714042	2,878924749
				32,04917721	61,79870434	2,372609309		32,03104306	58,63563374	3,265751568		28,81946845	47,48283359	3,249469484		29,58375919	49,41157021	3,033415607		32,82430882	56,47362988	2,860579143
				34,30271902	63,13197218	3,530976659		36,55366195	62,95300047	2,098372052		30,09079929	49,48931027	2,557505867		28,21252033	55,38179582	3,646606586		26,79667374	32,7579713	1,995049685
				25,32068697	47,38843882	4,111157468		35,24528009	59,21691399	3,367957867		35,40010645	63,6452734	4,03832786		35,01014036	73,19105773	4,987113276		27,23537567	36,17851547	2,254573119
				33,64151061	42,31207983	3,36735904		37,41373957	61,55845294	4,016327551		29,57723171	45,08512375	2,43523427		27,11308098	48,12666505	3,148717477		30,529255	53,02907052	3,197577702
				27,12604009	49,9248571	2,303289175		35,95241617	70,28218733	3,483319354		27,6476186	39,02466852	2,172104904		23,49656305	30,81887252	1,532382406		28,77457588	42,5689861	2,407685976
				31,15085844	46,05700201	2,673040638		34,59062177	66,24366409	4,222336722		36,19844044	65,23274379	3,665997757		18,3745638	23,90890666	1,504099466		28,65114605	47,37008022	2,996748828
				28,86527698	52,53774599	3,397325353		31,00432634	47,86159955	3,323031158		29,40536338	42,5713934	1,726063517		34,47811101	63,50286208	4,150394978		28,85552682	40,76786543	2,307008282
				26,58690874	42,1199224	3,468301222		32,37966701	56,97130958	2,821019031		33,62906821	56,4269392	3,041918794		29,20082742	43,87943935	2,377102584		33,49889446	54,12393808	2,603261791
				34,52917134	54,29157704	2,692152302		31,29285162	62,20503376	2,749301977		28,80144724	45,15163662	3,266667659		20,53555084	38,9537753	2,734086032		29,08468831	47,61860783	3,013451293
				28,26032824	39,4242181	3,386818596		31,42580545	49,49878127	3,516287983		26,4312063	39,01861583	2,694781657		21,40472796	41,02103195	3,018289756		27,99135338	41,14882412	2,53311717
				32,44206011	53,51305318	2,298381862		35,70522988	58,86882751	3,533543962		27,74119607	46,44195392	2,476629292		14,95277552	13,89707686	0,86303547		30,58559768	49,67782501	2,811008522
				29,44553995	47,9912662	3,119444971		30,59173548	63,57391076	3,063516317		28,2567851	53,82113724	3,350162214		26,57747183	43,11837476	2,570560622		31,69261413	56,99420891	3,365152481
				29,76822197	45,78614969	2,700510616		16,35012523	33,97784486	1,004384901		30,60204757	42,04446871	2,390746614		24,96427804	44,66068903	3,062122373		29,11016465	43,33753465	2,588768766
				29,93055656	47,07999568	1,919022854		29,53945174	49,07916948	3,182266716		28,23703209	50,71497802	4,158661582		26,90661059	44,02538767	2,76190869		29,51943485	43,06871222	2,375957749
				33,68301454	47,60161919	2,412080965		31,99576278	54,84791859	2,933682534		32,4873213	46,54110756	2,581787413		39,48380236	70,0162482	4,3189125		35,70339909	73,1392913	4,040868279
				29,67885487	53,68556754	2,277480073		29,70999132	51,24314837	3,225814221		33,6812357	66,26140314	2,365683778		16,59492625	32,73296341	2,622366716		26,17814271	35,19981659	2,333586411
				28,09760245	42,9378839	2,969320148		29,05796288	44,43792889	3,317073139		25,82819124	38,71886487	2,620361488		28,16079702	50,12014138	3,198646431		32,86764017	60,07890071	3,377670895
				23,44764781	28,91079162	2,419145674		32,15732725	49,62684871	3,606965161		33,59717341	61,14020295	3,336911967		29,89504472	59,28643716	4,055366493		31,50787965	62,03738968	3,90810627
				28,62763971	48,97270933	2,601283737		20,35739746	47,75450066	1,884518789		31,0441689	55,41107167	3,245050003		39,91883921	74,66687664	4,648687898		31,81706052	53,64644901	2,976951127
				31,4055848	64,76047706	2,162225035		29,68266258	48,10807279	3,662825933		32,64213026	58,12654574	3,760825316		28,39036068	44,14036256	2,594616717		30,10517963	52,27130883	3,208889725
				29,76003719	49,40683995	2,883996355		18,76343517	32,55089996	2,597433443		24,7062605	34,70028927	2,220769624		31,88803911	55,93557545	3,276780084		30,1949711	50,7799608	3,137325912
				29,42673137	48,47939619	2,910017918		27,60891641	48,26451947	3,082037478		32,00657154	51,09707123	3,439451964		25,31386187	37,05068914	2,097902362		29,46250209	45,4849192	2,536988693
				27,6554639	33,43067781	3,775983435		29,69460993	50,96677632	2,669584352		28,6782142	48,70065881	2,11650033		37,28975909	76,22934439	4,960759996		31,07471125	56,12952783	3,599315008
				29,41036923	42,81435639	3,502490707		35,20111357	49,72522849	2,835400752		29,04719457	43,16351634	2,418812563		40,75350164	67,73744271	3,720287916		30,77947736	57,56146219	3,58404984
				29,95685841	45,43952614	3,390999449		31,34416142	57,30021718	3,00053085		30,20217	52,07950777	3,189204116		16,58787959	28,83326348	2,150538302		31,13825118	44,65098961	2,037427291
				29,00703642	48,76989045	2,646469097		25,6576839	40,58679506	2,802241983		31,26765076	55,02316232	2,698391282		30,28345149	50,64434041	2,823544952		31,75193372	50,15667755	2,403624009
				30,99712061	51,78246621	3,150623099		33,64429954	64,66564465	3,132224089		25,97357578	35,76759972	3,57322223		34,15784911	64,28684699	3,878148845		31,69684263	62,92200563	4,082332543
				26,73242428	40,39782458	2,634881312		34,78808529	53,50782274	3,845555676		28,88321167	47,2759196	2,881816472		37,1025762	65,82165912	4,047299169		25,87710538	28,39585212	1,55572185
				26,76890512	42,1587585	2,458799707		30,81478849	47,1685141	2,697609431		26,36515966	32,28508704	1,615921853		32,76069117	57,6061105	3,48958363		25,30521285	32,44550804	2,315161004
				30,64047373	48,70945461	3,387537702		39,04593512	63,79260414	3,73840157		31,19234296	53,81395046	2,839570659		35,15031791	64,54845968	4,079156287		27,46056756	39,71417606	2,683079034
				31,73065166	52,29945705	3,385563873		25,1114432	41,97134488	1,609737643		26,12885992	42,61404227	2,423444634		20,43731852	39,39656803	2,913150037		28,19539298	39,49298931	1,981355397
				28,69976458	43,29785446	3,147531059		30,09044659	49,14788952	4,131086573		25,71028245	41,29409825	2,715833225		31,72566941	45,1186804	2,338712661		28,48489284	45,57996744	3,036072283
				31,08964126	52,72361465	3,192408837		30,37706439	50,7735499	1,311611155		27,56599367	44,29890209	1,81880461		29,82388325	46,47569412	2,594515161		27,36976598	31,5276685	1,594671208

© ARTIFICIAL INTELLIGENCE VERLAG
www.[illegible]-ai.de