

Name:

Matrikel-Nr.:

Hinweise:

- Diese Klausur enthält 1 Aufgabe.
- Die Unterlagen bestehen aus 4 Seiten inkl. Deckblatt.
- Die Dauer der Klausur beträgt 180 Minuten.
- Erlaubte Hilfsmittel:
 - Vorlesungsskript, Vorlesungsfolien, schriftliche Unterlagen, auch digital
 - Programmbeispiele, auch digital
 - Internet
 - Zugewiesener Laborrechner

Die Kommunikation mit Dritten ist nicht erlaubt.

- Notieren Sie auf jedem Blatt Ihren Namen und Matrikelnummer.
- Stellen Sie Ihren Lösungsweg ausführlich dar und begründen Sie Ihr Vorgehen.
- Geben Sie dieses Deckblatt, die Aufgabenstellung und alle bearbeiteten Blätter mit Ihrer Klausur ab.

max. Punktzahl	Ist-Punktzahl
100	

Note	
------	--

Beschreibung der Aufgabe

Laser-Schneidgeräte können Blechteile mit nahezu beliebigen lateralen Konturen in hoher Geschwindigkeit erzeugen. Dabei wird das Material vom Laserstrahl geschmolzen und von Schneidgas ausgeblasen. Das geschmolzene Material kann an der Schnittkante erstarren, es entsteht ein Grat.



<https://alpgmbh.de/>



<https://www.risto-lasertechnik.de/>

Ziel der Fertigung ist, diesen Grat zu vermeiden und trotzdem möglichst hohe Schneidgeschwindigkeit zu erreichen. In diesem Beispiel [QDAS-2001] wird ein Aluminiumblech der Dicke 1.5 mm von einem CO₂-Laser geschnitten. Zur Prozessoptimierung stehen folgende Prozessparameter zur Verfügung:

Größe	Variable	Einheit	Minimum	Maximum
Geschwindigkeit	v	m/min	1.5	6
Gasdruck Schneidgas	g	bar	8	18
Abstand Schneidkopf zu Blech	d	mm	0.3	1.1
Fokusslänge	l	mm	0	1.5
Leistung	P	kW	1	1.5

Der bei der Produktion entstehende Grat besitzt eine Höhe h , die in Millimetern angegeben wird. Außerdem ergibt sich eine Oberfläche mit einer Rautiefe R_z , die in Mikrometern angegeben wird.

Untersuchungen zur Rautiefe Rz

Zu Bewertung der Schnittqualität wird für die aktuellen Fertigungsparameter die Rautiefe Rz bestimmt. Die Werte der Stichprobe sind in dem Datensatz **Rautiefe.csv** gespeichert.

- Stellen Sie die Stichprobenwerte als Histogramm dar.
- Geben Sie für den Mittelwert und die Standardabweichung der zugrundeliegenden Grundgesamtheit jeweils einen Konfidenzbereich an. Gehen Sie dabei von einer normalverteilten Grundgesamtheit aus. Verwenden Sie dabei eine Konfidenzzahl $\gamma = 95\%$.
- Zeichnen Sie die geschätzte Wahrscheinlichkeitsdichte in das Histogramm ein.
- Prüfen Sie auf Basis des vorliegenden Datensatzes die Hypothese, dass die Rautiefe der Grundgesamtheit kleiner als $6\text{ }\mu\text{m}$ ist. Geben Sie dabei den p-Wert des Tests an. Verwenden Sie ein Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$.
- Bestimmen für diesen Test Sie die Gütefunktion und stellen Sie die Gütefunktion grafisch dar. Mit welcher Sicherheit wird eine Abweichung der Grundgesamtheit von $\mu_{RZ} = 7\text{ }\mu\text{m}$ erkannt?

Fertigungsoptimierung durch Regressionsfunktionen

Zur Optimierung des Fertigungsprozesses wurden Experimente durchgeführt, bei denen die Grathöhe h als Funktion der Prozessparameter erfasst wurde. Die Ergebnisse sind in der Datei **UntersuchungLaserschneiden.csv** gespeichert.

v / m/min	g / bar	d / mm	l / mm	P / kW	h / mm
2.5	10	0.3	0	1.5	0.15
...
3.75	13	0.7	0.75	1.25	0.4

- Erstellen Sie lineares Regressionsmodell mit Wechselwirkungen. Verwenden Sie dazu einen Datensatz mit standardisierten Prozessparametern. Geben Sie für folgende Prozessparameter die geschätzte Grathöhe an.

v / m/min	g / bar	d / mm	l / mm	P / kW
4	13	1.1	0.7	1.5

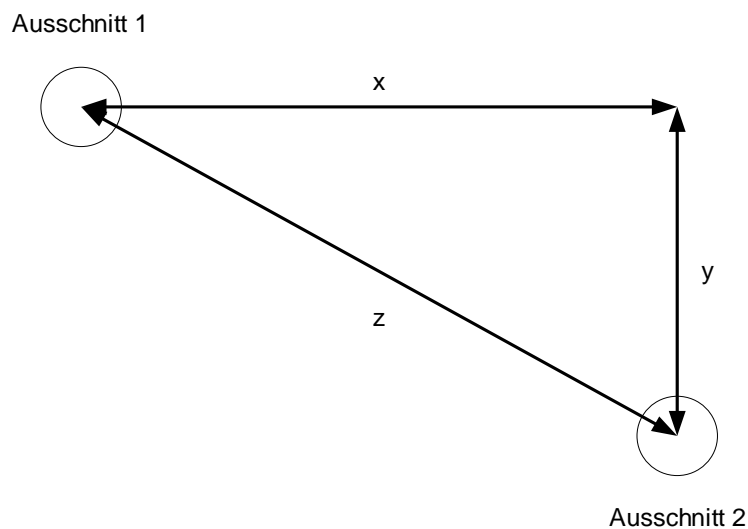
- Reduzieren Sie dieses Regressionsmodell auf signifikante Terme, ohne das adjungierte Bestimmtheitsmaß zu berücksichtigen. Geben Sie für die angegebenen Prozessparameter wieder die geschätzte Grathöhe an.
- Geben Sie für das reduzierte Modell und die angegebenen Prozessparameter einen Konfidenzbereich an. Verwenden Sie dabei eine Konfidenzzahl $\gamma = 95\%$.

Toleranzrechnung zum Abstand zweier Ausschnitte

Die Linearantriebe des Schneidekopfes können in x- und y-Richtung verfahren werden. Dabei weist die Positionsgenauigkeit folgende Toleranz auf:

Toleranzursache	Einheit	Sollwert	Toleranz	Bemerkung
Distanz x	mm	50	0.01	Gleichverteilt
Distanz y	mm	30	0.01	Gleichverteilt

Mit dem Laser-Schneidgerät soll eine Platte mit zwei Ausschnitten gefertigt werden.



Der Abstand z der Mittelpunkte ergibt sich aus der Maßkette

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Für den Abstand z der Mittelpunkte soll eine Toleranzrechnung durchgeführt werden.

- i) Warum ist eine statistische Tolerierung über die Addition der einzelnen Varianzen zur Gesamtvarianz nicht zielführend?
- j) Führen Sie für die linearisierte Maßkette eine statistische Tolerierung über die Faltung der Wahrscheinlichkeitsdichten durch. Verwenden Sie dabei eine Konfidenzzahl $\gamma = 95 \%$.
- k) Führen Sie eine statistische Tolerierung über eine statistische Simulation durch. Verwenden Sie dabei eine Konfidenzzahl $\gamma = 95 \%$.
- l) Vergleichen Sie die beiden Ergebnisse mit einer arithmetischen Tolerierung und diskutieren Sie die Ergebnisse.
- m) Plausibilisieren Sie die in Aufgabenteil j) für die Linearisierung ermittelten Empfindlichkeiten mit der statistischen Simulation.