

Musterlösung zur Übungsklausur im Fach

„Grundlagen der Feinwerktechnik — Konstruktion und Fertigung“

Hinweise

1. In der Prüfung sind keine Hilfsmittel mit Ausnahme von

Zirkel, Zeichendreieck, Lineal und

Taschenrechner

zugelassen.
2. Der Lösungsansatz und der Lösungsweg müssen klar erkennbar und nachvollziehbar sein! Verbal zu beantwortende Fragen sollen kurz und prägnant, eventuell stichwortartig, beantwortet werden.
3. Lösungen und Antworten sind auf die Aufgabenblätter zu schreiben! Bei nicht ausreichendem Platz können Zusatzblätter verwendet werden. Auf jedem Zusatzblatt müssen Name und Matrikelnummer angegeben sein!
4. Die Aufgabe 1 muss bearbeitet werden!
5. Für das Erreichen der Note 1,0 sind 120 Punkte notwendig. Insgesamt sind in der Prüfung 132 Punkte angeboten.

1 Spritzgießen - Formnestgestaltung

1	1.1	1.2	1.3	ges
max. Pkt.	5	5	56	66
err. Pkt.				

In Abbildung 1 ist ein Teil einer Kabeldurchführung zur sicherheitsgerechten Montage von elektrischen Kabeln in Schaltschränken dargestellt. Das Kabel wird damit durch die Gehäusewand geführt, wobei die Kabeldurchführung gleichzeitig als Zugentlastung und Abdichtung der Durchtrittsstelle wirkt. Das gezeigte Teil soll durch Spritzgießen aus dem Werkstoff Polyamid hergestellt werden. Die Gewindebereiche sowie die Innenflächen dürfen für eine einwandfreie Funktion des Gewindes und der Dichtflächen keine Anritzmarkierungen aufweisen.

Diese Aufgabe ist durch die Umstellung auf die Bachelor- und Masterstudiengänge nicht mehr relevant.

1.2 Für das Bauteil sollen Schieber benutzt werden. Wählen Sie die Trennebene für Ihre Lösung und markieren Sie diese in Bild 1. Deuten Sie in Abbildung 1 die von dem/den Schieber(n) abzubildende Geometrie an.

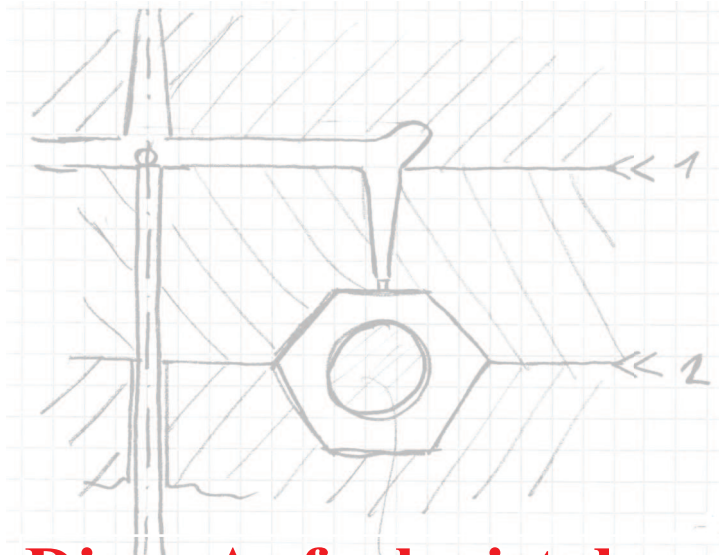
1.3 Entwerfen Sie eine Spritzgießform als Zwei-Fach-Werkzeug (1000000 Stk/Jahr) mit welchem das Bauteil gefertigt werden kann. Die wichtigsten Abmessungen sind in Bild 1 angegeben. Das Trapezgewinde entspricht keiner genormten Größe. Alle unbekannten Maße können mit ausreichender Genauigkeit aus der Zeichnung abgemessen werden. Gestalten Sie im einzelnen

- das Formnest,
- das Anguss-Anschnitt-System,
- die Schieber- oder Zugmechanik und
- die Auswerfer.

und stellen Sie diese in einer hinreichenden Anzahl von Ansichten und Schnitten dar. Es ist ausreichend, das Werkzeug im Bereich von der angussseitigen Aufspannplatte bis zur Zwischenplatte darzustellen.

Lösung zu 1.1:

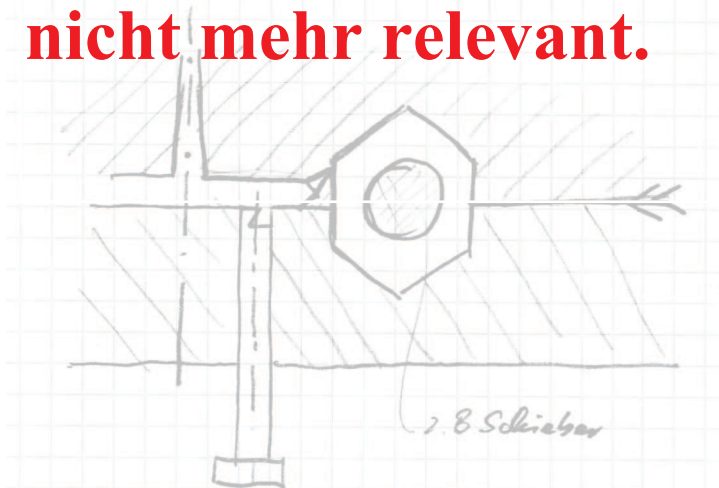
Angussvarianten:



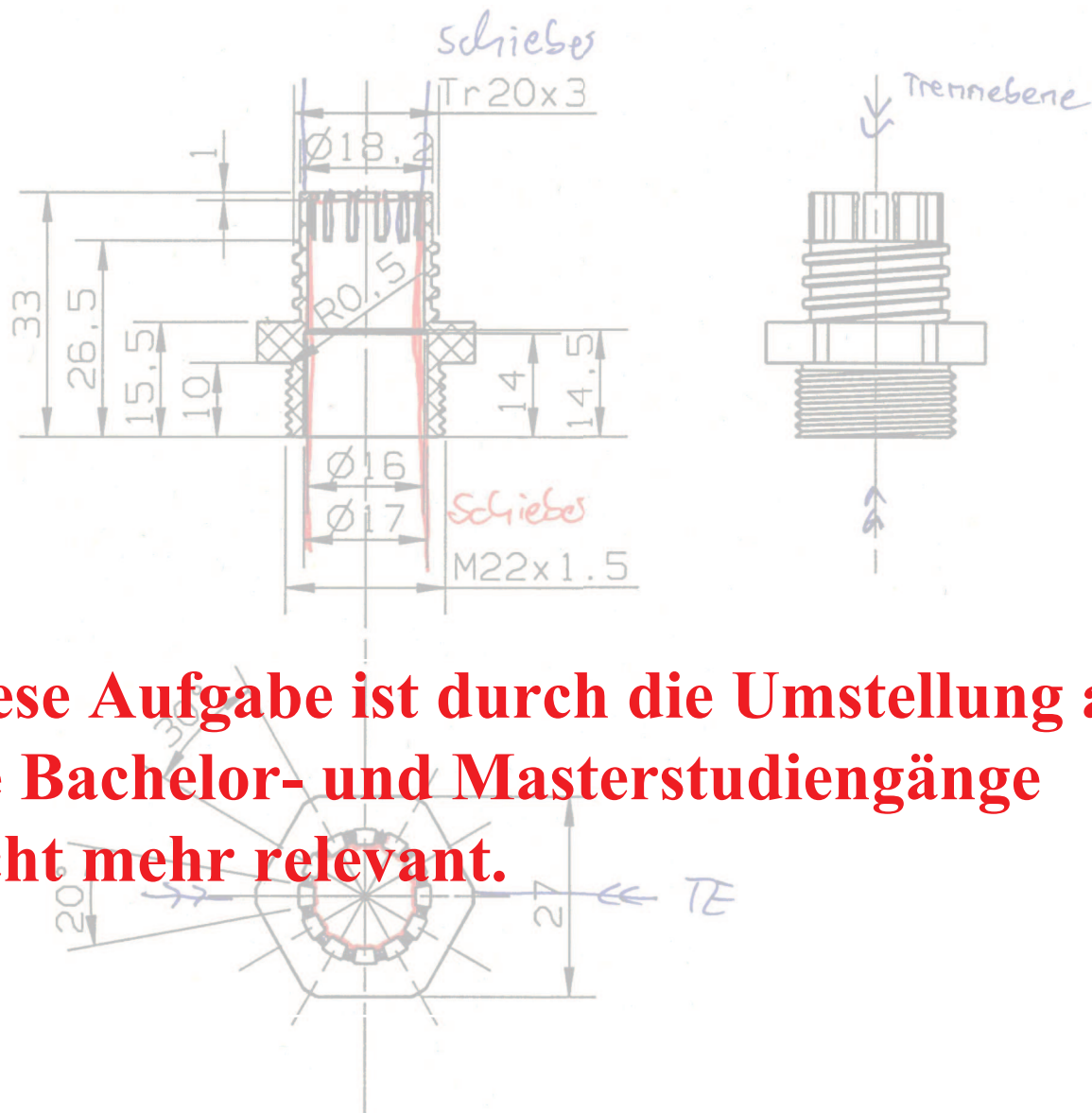
Abreißanguss im Dreiplattenwerkzeug
(zeitliche Reihenfolge des Öffnens der Form:

1. TE 1
 2. TE 2
- durch Klinkenzug)

Diese Aufgabe ist durch die Umstellung auf die Bachelor- und Masterstudiengänge nicht mehr relevant.



Tunnelanguss mit Punktanschnitt
(z. B. Abtrennen beim Öffnen der Form)



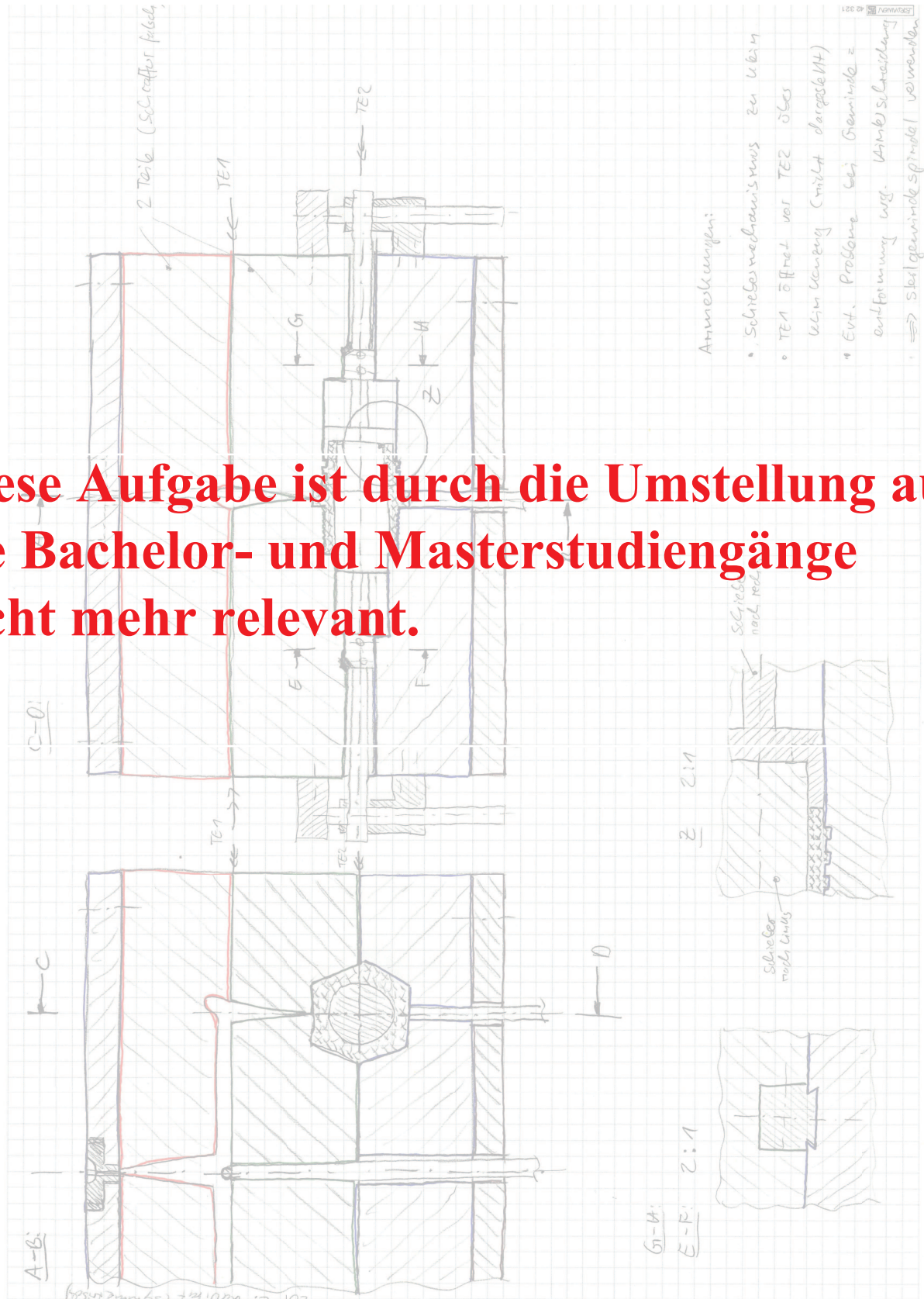
Diese Aufgabe ist durch die Umstellung auf die Bachelor- und Masterstudiengänge nicht mehr relevant.

Abbildung 1: Teil einer Kabeldurchführung (beispielhafte studentische Lösung)

Hinweise:

- Die Darstellungen sollen als norm- und maßstabgerechte Freihandskizzen mit Bleistift ausgeführt werden.
- Verwenden Sie Farben zum Unterlegen der Werkzeugeinstellgerät mit Ausnahme von Rot.
- Fertigen Sie so viele Ansichten und Schnitte an, dass eine vollständige Aussage über die Gestalt des Werkzeugs und wesentliche Details getroffen werden kann.

Lösung zu 1.3: beispielhafte studentische Lösung



Diese Aufgabe ist durch die Umstellung auf die Bachelor- und Masterstudiengänge nicht mehr relevant.

2 Toleranzrechnung

2	2.1	2.2	2.3	ges.
max. Pkt.	5	7	5	17
err. Pkt.				

Ein Zahnrad ist auf dem zylindrischen Teil einer Linsenschraube drehbar gelagert, wie in Abbildung 2 dargestellt. Das für die Funktion geforderte Axialspiel ist gegeben. Dieses Spiel soll mit einer Überschreitungsquote von 0,27% ($\pm 3\sigma$ -Grenze) eingehalten werden.

- 2.1 Skizzieren Sie die Maßkette und tragen Sie alle Maßangaben in die vorbereitete Tabelle ein.
- 2.2 Berechnen Sie das Maß M_x für die Dicke der Anlaufscheibe mit Hilfe der statistischen Methode. Alle Einzelmaße sind normal verteilt.

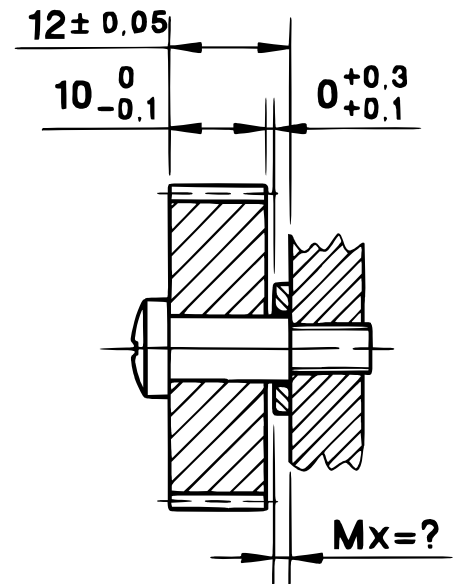


Abbildung 2: Baugruppe Zahnrad

i	M_i mm	N_i mm	E_{ci} mm	k_i	T_i mm	Verteilung	c_i	t_i
0	$0^{+0,3}_{+0,1}$	0	0,2	+ 1	0,2	Gauß	$0,3$	3
1	$2^{-0,08}_{-0,22}$	2	- 0,15	+ 1	0,14	"-	"-	3
2	$12 \pm 0,05$	12	0	- 1	0,1	"-	"-	3
3	$10^{+0}_{-0,1}$	10	- 0,05	+ 1	0,1	"-	"-	3

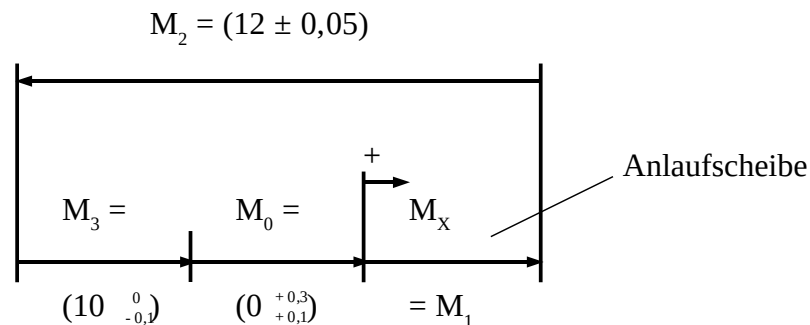
$$N_o = - \frac{1}{k_o} \sum_{i=1}^m k_i N_i$$

$$E_{C_o} = - \frac{1}{k_o} \sum_{i=1}^m k_i E_{C_i}$$

$$T_{oStat} = t \sqrt{\sum_{i=1}^m (c_i T_i)^2} ; \quad c_i = 0,3333 ; \quad t_i = 3 \quad (\pm 3 \sigma - \text{Grenze})$$

- 2.3 Wie groß wäre die Toleranz von M_x bei Tolerierung nach der Extremwertmethode zu wählen? Welche Konsequenz ergibt sich bei statistischer Tolerierung für Montage und Fertigung?

Lösung zu 2.1 (Maßkette)



Lösung zu 2.2 ($M_x = ?$, stat. Methode)

$$N_0 = -\frac{1}{k_0} \cdot (k_1 \cdot N_1 + k_2 \cdot N_2 + k_3 \cdot N_3) \quad \text{Nennmaß}$$

$$\Rightarrow k_1 \cdot N_1 = -(k_0 \cdot N_0 + k_2 \cdot N_2 + k_3 \cdot N_3)$$

$$k_1 \cdot N_1 = -(0 - 12 + 10) = 2$$

$$\Rightarrow k_1 \cdot E_{C1} = -(k_0 \cdot E_{C0} + k_2 \cdot E_{C2} + k_3 \cdot E_{C3}) = -(0,2 - 0 - 0,05)$$

$$k_1 \cdot E_{C1} = -0,15 \quad \text{Toleranzmittenabmaß}$$

$$T_0 = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{9} \cdot (T_1^2 + T_2^2 + T_3^2)}$$

$$T_1^2 = T_0^2 - T_2^2 - T_3^2 = 0,2^2 - 0,1^2 - 0,1^2$$

$$T_1 = \sqrt{0,02} = 0,14$$

$$M_1 = (2 - 0,15 \pm 0,07) = 2 \begin{smallmatrix} -0,08 \\ -0,22 \end{smallmatrix} \quad \text{siehe auch Tabelle}$$

$$\left(M_0 = N_0 + E_{C0} \pm \frac{T_0}{2} \quad , \quad M_n = N_n + E_{Cn} \pm \frac{T_n}{2} \right)$$

Lösung zu 2.3 (Extremwertmethode bzw. arithmetische Methode)

$$T_0 = T_1 + T_2 + T_3$$

$$T_1 = T_0 - T_2 - T_3 = 0,2 - 0,1 - 0,1 = 0$$

Anlaufscheibe müsste mit Dickentoleranz **0** hergestellt werden!

Konsequenz für Tolerierung und Montage:

Bei **statistischer Methode** ist eine **größere Einzeltoleranz** möglich, d. h. **kostengünstigere Fertigung** aber eine **Prüfung** nach der Montage ist **notwendig**, da Überschreitungsquote von hier 0,27% geduldet.

Extremwertmethode: teurere Fertigung (engere Toleranzen) aber **volle Austauschbarkeit** (100%-tige Montage, kein Ausschuss)

3. Sicherheitstechnik

3	3.1	3.2	3.3	3.4	ges.
max. Pkt.	5	5	2	4	16
err. Pkt.					

- 3.1 Welche Ziele verfolgt die Sicherheitstechnik bezüglich dem "einfachen Fehlerfall"?
Zunächst ist zu erläutern, was man in der Sicherheitstechnik unter einem einfachen Fehlerfall versteht. Welche Maßnahmen sind erforderlich, um Gefährdungen im und nach einem einfachen Fehlerfall zu vermeiden.

einfacher Fehlerfall: Fehler/Fehlfunktion/Störung einschließlich aller Folgeerscheinungen;
Ereignis das zu Schaden führt

Maßnahmen: (Ausgangspunkt: zwei Fehler treten nicht gleichzeitig auf)
(Zunächst 1. Priorität: gefährlicher Zustand sollte nicht möglich sein; ist aber technisch und wirtschaftlich oft nicht realisierbar)
im Fehlerfall: 2. Priorität: Bei Auftreten eines Fehlers darf kein gefährlicher Zustand entstehen - es muss noch eine 2. Sicherheit vorhanden sein.
nach Fehler: Entweder noch eine weitere (2.) Sicherheit vorhanden und damit keine Maßnahme erforderlich oder Rückfall auf einfache Sicherheit.
Bei Rückfall auf einfache Sicherheit soll das Gerät
a) selbstständig in einen sicheren Zustand fallen oder
b) Rückfall anzeigen oder
c) der Fehler ist innerhalb einer planmäßigen Wartung erkennbar.

- 3.2 Was versteht man im Rahmen des Schutzes gegen berührungsgefährliche Spannungen unter "Schutz gegen direktes und indirektes Berühren"?
Ab welchen Werten von Strom oder Spannung ist ein solcher Schutz überhaupt nötig?
Beschreiben Sie drei mögliche Maßnahmen zum Schutz gegen indirektes Berühren hinsichtlich ihres Schutzmechanismus und ihrer Einsatzgrenzen bzw. Einsatzbedingungen näher!

Grenzen, ab denen allgemein ein Schutz nötig ist.

- für Spannungen > 25 Volt Wechselspannung bzw. > 60 Volt Gleichspannung
- für mögliche Entladungsenergien > 350 mJ

Schutz gegen direktes Berühren:

Schutz im normalen Betrieb (Grundschutz; Abdeckung, Isolierung, Umhüllung - Stichwort Schutzart)

Schutz gegen indirektes Berühren:

Schutz im Fehlerfall

- | | |
|------------------------|--|
| 1. Schutzerdung | Mechanismus: berührbare Metallteile mit Schutzleiter verbunden (geerdet), Schutzleiteranschluss ist Voraussetzung |
| 2. Schutzisolation | Mechanismus: zusätzliche (doppelte) Isolation verhindert Schluss im Fehlerfall
keine Voraussetzungen |
| 3. Schutzkleinspannung | Mechanismus: Spannung kleiner 50 V Wechselspannung bzw. 120 V Gleichspannung
Voraussetzung: Auch im Fehlerfall darf keine höhere Spannung anliegen! |

3.3 Welche Bedeutung haben die GS- und die CE-Kennzeichnung?

GS: Bauartprüfung durch eine Prüfstelle hinsichtlich der Sicherheitsvorkehrungen ist erfolgt (geprüfte Sicherheit)

CE: Konformitätserklärung des Herstellers/Händlers, Nachweis der Übereinstimmung des Produktes mit den geltenden Normen

3.4 Geben Sie ein Beispiel für eine Schutzartkennzeichnung an. Was bedeuten die einzelnen Bestandteile qualitativ. Wie lautet die schärfste und schwächste Schutzartkennzeichnung?

z. B. IP 44

1. Kennziffer Schutz gegen zufälliges Berühren und Eindringen von Fremdkörpern und Staub

2. Kennziffer Schutz gegen Wasser

Schärfste: IP 68 (vollständiger Schutz gegen Berühren und Eindringen von Staub - Schutz beim Untertauchen)

Schwächste IP 00

4. Zuverlässigkeit

4	4.1	4.2	4.3	ges.
max. Pkt.	7	5	6	18
err. Pkt.				

4.1 Charakterisieren Sie nachfolgende Begriffe aus der Zuverlässigkeitstheorie durch Angabe einer Gleichung, gegebenenfalls durch eine Gleichung für Schätzwerte für diese Funktion:

Ausfallwahrscheinlichkeit, Überlebenswahrscheinlichkeit, Ausfallwahrscheinlichkeitsdichte, Ausfallrate, MTBF-Wert (mittlerer Ausfallabstand)!

Beschreiben Sie diese Kenngrößen der Zuverlässigkeitstheorie beispielhaft an einer Exponentialverteilung zunächst als Gleichung und verdeutlichen Sie die Funktionen qualitativ durch ein Diagramm !

Ausfallwahrscheinlichkeit: $F(t) = P(T \leq t) \approx \frac{n_a(t)}{n_0}$ Exp.-Verteilung: $1 - e^{-\lambda t}$

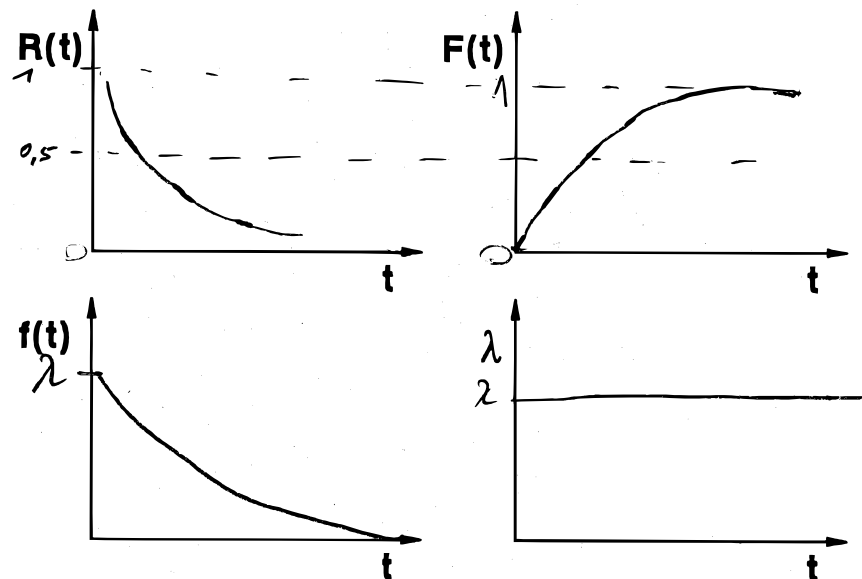
Überlebenswahrscheinlichkeit: $R(t) = P_u(T < t) \approx \frac{n_g(t)}{n_0}$ Exp.-Verteilung: $e^{-\lambda t}$

Ausfallwahrscheinlichkeitsdichte: $f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt}$ Exp.-Verteilung: $\lambda \cdot e^{-\lambda t}$

Ausfallrate: $\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = -\frac{\frac{dR}{dt}}{R(t)}$ Exp.-Verteilung: $\lambda(t) = konst.$

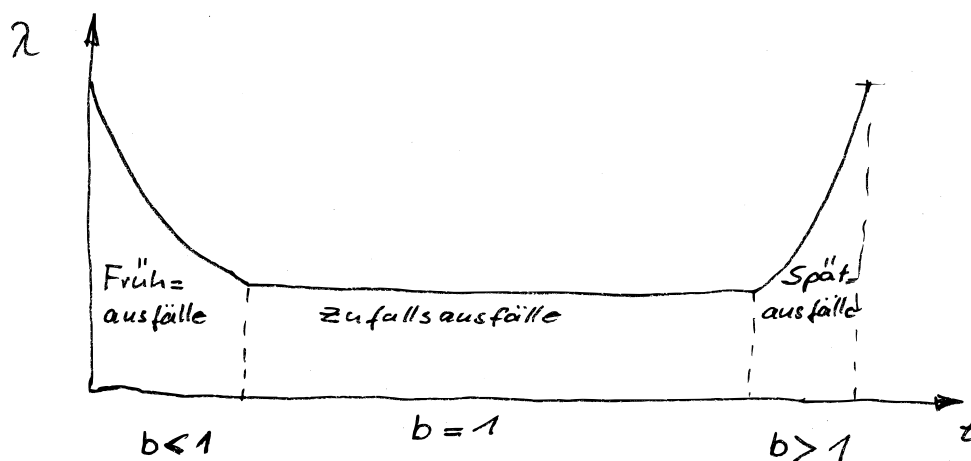
MTBF-Wert (mittlerer Ausfallabstand): $MTBF = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt$ Exp.-Verteilung: $\frac{1}{\lambda}$

Kenngößen beispielhaft an einer Exponentialverteilung:



- 4.2 Gegeben seien elektronische Bauelemente, die hinsichtlich ihres Ausfallverhaltens einer Exponentialverteilung folgen. Berechnen sie den prozentualen Anteil der Bauelemente, die das Fünffache des mittleren Ausfallabstandes überleben!
Skizzieren Sie den typischen Verlauf einer Ausfallrate eines elektronischen Bauelementes. Geben Sie qualitativ Möglichkeiten zur mathematischen Beschreibung der einzelnen Bereiche an.

$$R(t) = e^{-\lambda t} ; R_{(t_1 = 5 \cdot \frac{1}{\lambda})} = e^{-5} = 0,00674 = 0,674 \%$$



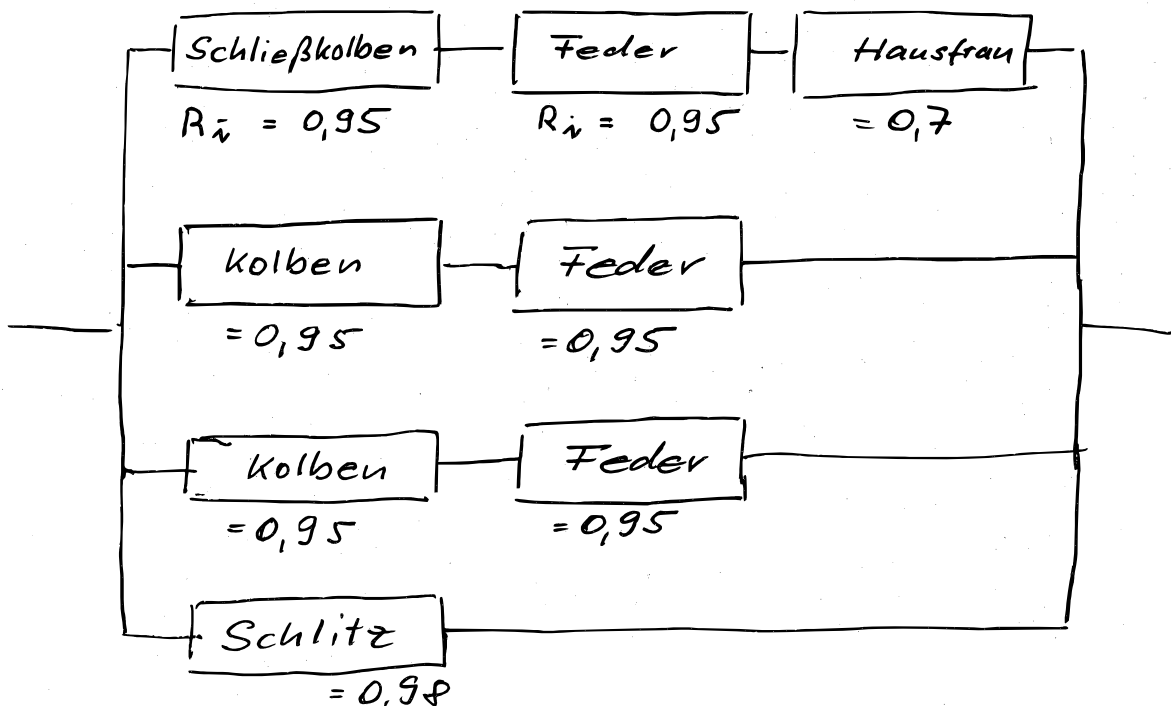
Weibull-Verteilung mit Formparameter b

4.3 Ein Schnellkochtopf vom Typ Sikomat besitzt neben dem Anzeigeventil statt der üblichen zwei Sicherheitsventile einen dritten Sicherungsmechanismus. Berechnen Sie die Zuverlässigkeit der Wirkung der sicherheitstechnischen Ausstattung zur Vermeidung eines unzulässig hohen Überdrucks im Schnellkochtopf!

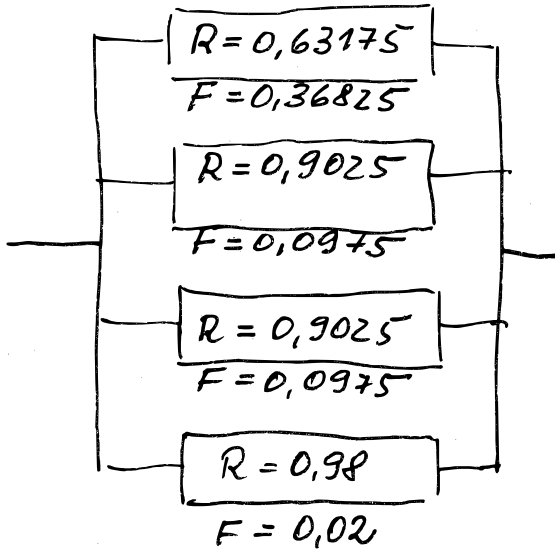
Bekannt sind folgende Größen:

1. Anzeigeventil am Topfdeckel , bestehend aus Schließkolben und Andruckfeder für den Schließkolben mit je $R_i = 0,95$; wirkt jedoch nur als Anzeige. Sicherheitswirkung nur über Regelung der Kochstufe durch Nutzer (Hausfrau) mit einer Zuverlässigkeit (Aufmerksamkeit) von $R_i = 0,7$.
2. Kochregler (Arbeitsventil) auf Topfdeckel, bestehend aus Schließkolben und Drehstabfeder für den Schließkolben mit jeweils $R_i = 0,95$.
3. Sicherheitsventil, bestehend aus Schließkolben und Andruckfeder für den Schließkolben mit je $R_i = 0,95$.
4. Sicherheitsschlitz des Topfdeckels, wodurch im Zusammenwirken von Dichtring und Einbuchtung am Deckelrand eine weitere Überdrucksicherung realisiert wird, mit $R_i = 0,98$.

Erstellen Sie zunächst eine Boole'sche Ersatzschaltung und berechnen Sie anschließend die Systemzuverlässigkeit.



Für die Serienschaltungen gilt $R_S = \prod_{i=1}^n R_i$, damit ergibt sich folgendes Ersatzschaltbild



Für die Parallelschaltung gilt $F_S = \prod_{i=1}^n F_i = \prod_{i=1}^n (1 - R_i)$ und damit wird

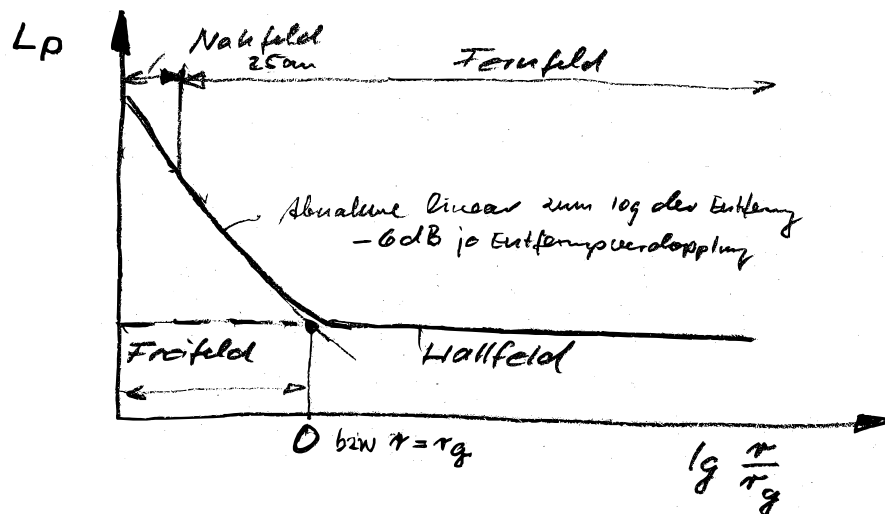
$$\begin{aligned} F_{System} &= 0,00007 \\ R &= 1 - F \\ R_{System} &= 0,99993 \\ &= 99,993\% \end{aligned}$$

5. Lärminderung

5	5.1	5.2	5.3	ges.
max. Pkt.	6	5	4	15
err. Pkt.				

- 5.1 Was sagen Ihnen die Begriffe Freifeld, Hallfeld, Nahfeld, Fernfeld? Wie verhält sich der Schalldruck in diesen Gebieten? Verdeutlichen Sie die Gebiete mit einer Skizze!

Skizze:



Verhalten des Schalldruckes in diesen Gebieten

im Freifeld: proportional zu $\lg r$, gleichmäßige Abnahme und Ausbreitung (Schalldruck nimmt linear zum log der Entfernung ab)

im Hallfeld: ständiges Reflektieren; Schalldruckpegel L_p ist konstant

im Nahfeld: p und v noch nicht in Phase, daher wenig für Messungen geeignet

im Fernfeld: p und v in Phase, dadurch für Messungen geeignet

- 5.2 Beschreiben Sie die Wirkungskette von der Schallerzeugung bis zur Abstrahlung bei indirekter Geräuschenstehung durch eine Kräfteanregung in Form einer allgemeinen Gleichung und charakterisieren Sie daran Maßnahmen der Lärminderung und deren Wirkungspotential! Nennen Sie je Gleichungsbestandteil eine konkrete mögliche konstruktive Maßnahme zur Lärminderung als Beispiel!

allgemeinen Gleichung:

$$p(\omega) = Z_{Str}(\omega) \cdot \ddot{U}(\omega) \cdot h_{Eing}(\omega) \cdot F(\omega)$$

$\diagup$	$\diagup$	$\mid$	$\diagdown$	$\diagdown$
Verminderung der Ausbreitung	Verminderung der Abstrahlung	Verminderung der Übertragung	Verminderung der Einkopplung	Verminderung der Anregung

konstruktiv durch:

z. B. Kapseln	z. B. Lochblende	z. B. Dämmung, Dämpfer	z. B. Massen- konzentration, Versteifen	z. B. Auswuchten
---------------	------------------	---------------------------	---	------------------

Maßnahmen der Lärminderung und deren Wirkungspotential mit Beispiel:

siehe oben

- 5.3 Ein Gerät wird frei in einem großen Raum hängend nach dem Hüllflächenverfahren hinsichtlich des Schall-Leistungspegels ausgemessen. Anschließend wird eine zweite Messung mit einem auf dem schallharten Boden stehenden Gerät vorgenommen. Wie unterscheiden sich die Kennwerte gemittelter Schalldruckpegel und Schall-Leistungspegel für die hängende und stehende Messung? ($L_{WA} = L_{pA} + 10 \lg A/A_0$ in dB)

$$L_{WAhängend} = L_{WAstehend}$$

$$L_{pAhängend} + 10 \lg \frac{A}{A_0} = L_{pAstehend} + 10 \lg \frac{A}{A_0} ; \quad A_0 \text{ Referenzfläche, } \frac{A}{2} \text{ da nur Halbkugel}$$

$$L_{pAhängend} = L_{pAstehend} + 10 \lg \frac{A \cdot A_0}{2 \cdot A \cdot A_0}$$

$$L_{pAhängend} = L_{pAstehend} + 10 \lg 0,5 = L_{pAstehend} - 3 \text{ dB} \quad \text{bzw.}$$

$$L_{pAstehend} = L_{pAhängend} + 3 \text{ dB}$$