

# Energieübertragung und Kraftwerke

## 3. schriftl. Prüfung aus Energieübertragung und Kraftwerke, am 15. März 2011

Name/Vorname:

Matt -M./Krz.

### 1. GuD Kraftwerk (25)

Die Abnahmetests an einem Gas- und Dampfkraftwerk (GuD) mit Fernwärmeauskopplung ergaben folgende spezifische Energiemengen.

Gasturbine GT		Dampfturbine DT	
Spez. Verdichterarbeit	325 kJ/kg	Spez. Turbinenarbeit	255 kJ/kg
Spez. Turbinenarbeit	745 kJ/kg	Spez. Kompressionsarbeit -Speisewasserpumpe	10 kJ/kg
Spez. Wärmezufuhr	1035 kJ/kg	Spez. Wärmeauskopplung Fernwärme	210 kJ/kg
Spez. Wärmeabgabe	615 kJ/kg	Spez. Wärmezufuhr der DT	= Spez. Wärmeabgabe der GT

Vereinfacht wird der Wärmetauscher zwischen Gas- und Dampfteil zunächst als ideal angenommen.

- (9) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des kombinierten Gas- und Dampfprozesses und beschriften Sie die Symbole
- (4) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad der Gasturbine
- (5) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad der Dampfturbine mit und ohne Fernwärmeauskopplung
- (4) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad der gesamten GuD-Anlage mit und ohne Fernwärmeauskopplung
- (3) Wie ändern sich die Wirkungsgrade aus Punkt d) wenn die Wärmeübertragung zwischen Gas- und Dampfteil nicht ideal, sondern mit Verlusten von 20% behaftet ist

### 2. Heizkraftwerk (25)

Ein Heizkraftwerk arbeitet am Turbineneingang mit einem Druck von 100 bar und einer Temperatur von 600°C. Die Anlage arbeitet nach dem Gegendruckprinzip und weist nach dem Kondensator im Dampfturbinenkreis eine Temperatur von 69°C auf.

Wirkungsgrade:

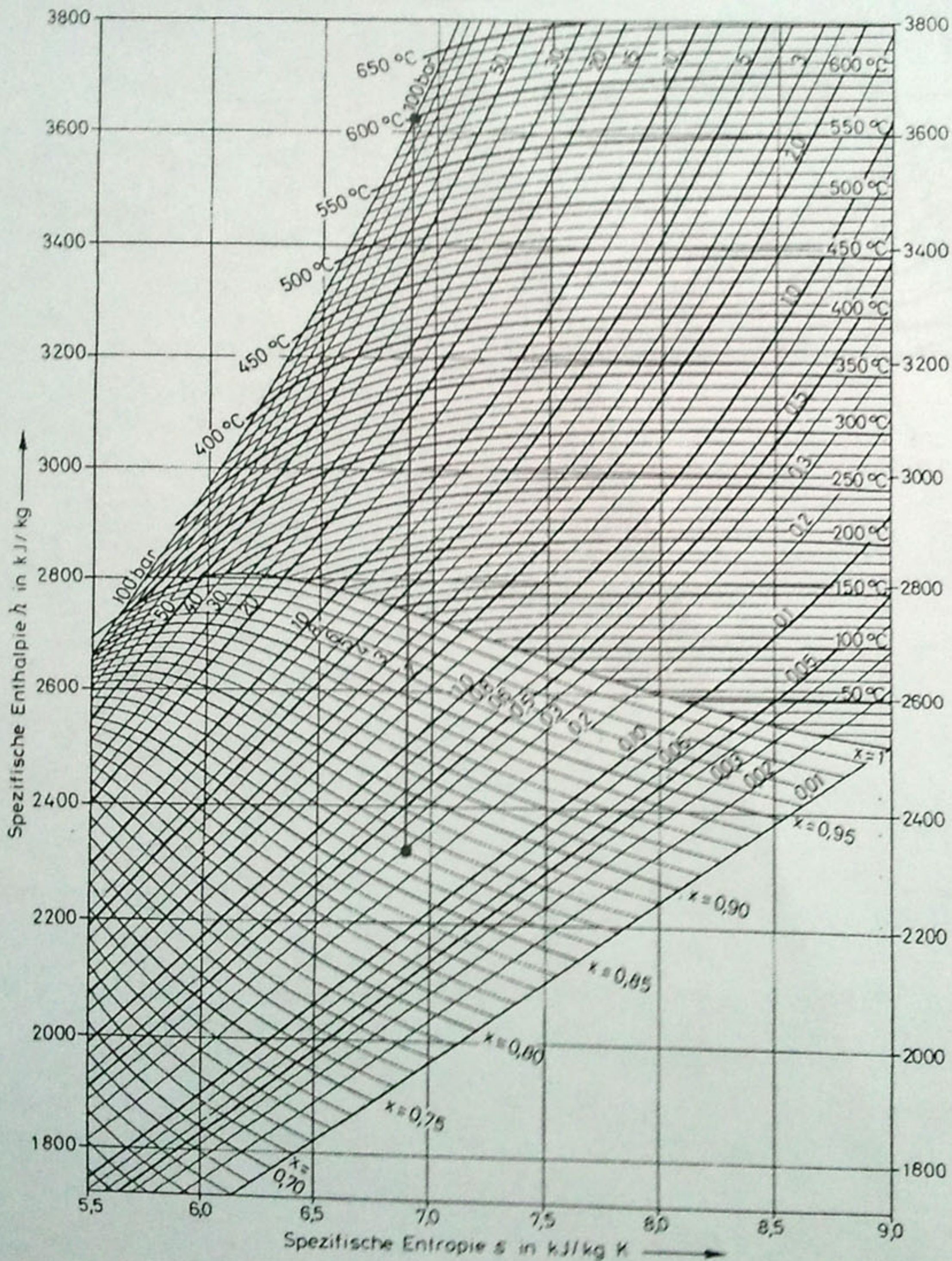
Kesselwirkungsgrad:	85,0%
Turbinen- und Generatorwirkungsgrad:	91,0%
Heizungswirkungsgrad (Wärmetauscher):	80,0%

Die Arbeiten der Pumpen im Dampfkreislauf sind vernachlässigbar. Die Entspannung in der Dampfturbine kann als ideal adiabat angesehen werden.

- (6) Zeichnen Sie das h-s Diagramm des Dampfkreisprozesses und kennzeichnen Sie den Bereich der Fernwärmeentnahme

# Energieübertragung und Kraftwerke

- b) (13) Bestimmen Sie Enthalpie, Druck und Temperatur am Turbinenausgang bei einem Gesamtwirkungsgrad der Anlage von 70,4%.  
Hinweis: Versuchen Sie zunächst allgemein den Wirkungsgrad des Heizkraftwerks anzugeben
- c) (6) Welcher Massestrom im Fernheizkreis ist erforderlich, damit bei einer Vorlauftemperatur von 100°C und einer Rücklauftemperatur von 60 °C eine thermische Leistung von 250 MW ausgekoppelt werden kann.



# Energieübertragung und Kraftwerke

## 3. Stirlingmotor (25)

Ein Stirlingmotor soll zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Es wird ein 10-poliger Generator verwendet. Als thermische Quelle wird ein Holzofen verwendet, in den der obere Zylinderteil hineinragt. Die untere Temperatur wird durch einen Warmwasserkreislauf für die Zimmerheizung verwendet, dessen mittlere Temperatur am unteren Teil des Stirlingzylinders  $60^\circ\text{C}$  beträgt. Der Druck ist dabei  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$ . Es wird eine Wellenleistung von  $6 \text{ kW}$  benötigt.

Daten des Motors:

Wellenleistung:  $6 \text{ kW}$

Untere Temperatur  $T_1 = T_2 = 60^\circ\text{C}$

Volumen bei Verdichtung:  $V_2 = V_3 = 0,5 \text{ Liter}$

Volumen bei Expansion:  $V_1 = V_4 = 2,5 \text{ Liter}$

Das im Motor befindliche Arbeitsmedium Luft soll durch seine spezielle Gaskonstante  $R = 287,2 \text{ J/(kg K)}$  bei  $0^\circ\text{C}$  und  $1 \text{ bar}$  dargestellt werden.

- d) (6) Skizzieren Sie das pV- und das TS-Diagramm und beschriften Sie die relevanten Punkte.
- e) (3) Welcher Massenstrom wird im Motor bewegt?
- f) (4) Wie groß ist die erforderliche obere Temperatur?
- g) (3) Wie groß ist der thermische Wirkungsgrad?
- h) (3) Wie groß ist das Arbeitsverhältnis?
- i) (3) Wie groß ist die Heizleistung des Kühlwasserkreislaufs (1 – 2)
- j) (3) Wie groß ist die gesamte Heizleistung der Feuerungsanlage?

### Formelzusammenstellung und Kennzahlen:

Poissonsche Gleichungen: 
$$\frac{p_1}{p_2} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^\kappa \quad \text{und} \quad \frac{T_1}{T_2} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}}$$

Molmassen (alle in kg/kmol):

C: 12; H: 1; O: 16; N: 14;

Avogadro:  $V_m = 22,4136 \text{ Liter pro mol bei Normalbedingungen}$

Heizwert-Erdgas:  $H_{u,v} = 35800 \text{ kJ/m}^3$

# Energieübertragung und Kraftwerke

## 4. Kurzschlussstrom (25)

In einem 20kV-Netz ist von einem maximalen dreipoliger Kurzschlusswechselstrom von  $I''_{k3p} = 9 \text{ kA}$  auszugehen. Die Impedanz der Fehlerschleife ist  $R = 0,05\Omega$ ,  $X = 1\Omega$ .

Der Kurzschluss wird innerhalb von 0,2s abgeschaltet. Der Kurzschlusswechselstrom klingt innerhalb von 0,2 Sekunden auf 33,3% seines Anfangswertes ab ( $I_{k3p} = 0,333 I''_{k3p}$ ).

Das 20-kV-VPE-Kabel, über das der Kurzschlussstrom fließt hat einen Querschnitt von  $A = 35 \text{ mm}^2 \text{ Al}$ . Nehmen Sie für das VPE-Kabel mit Alu-Leiter eine thermische Nennstromdichte von

$$S_{thr} (1s) = 94 \text{ A/mm}^2 \text{ an}$$

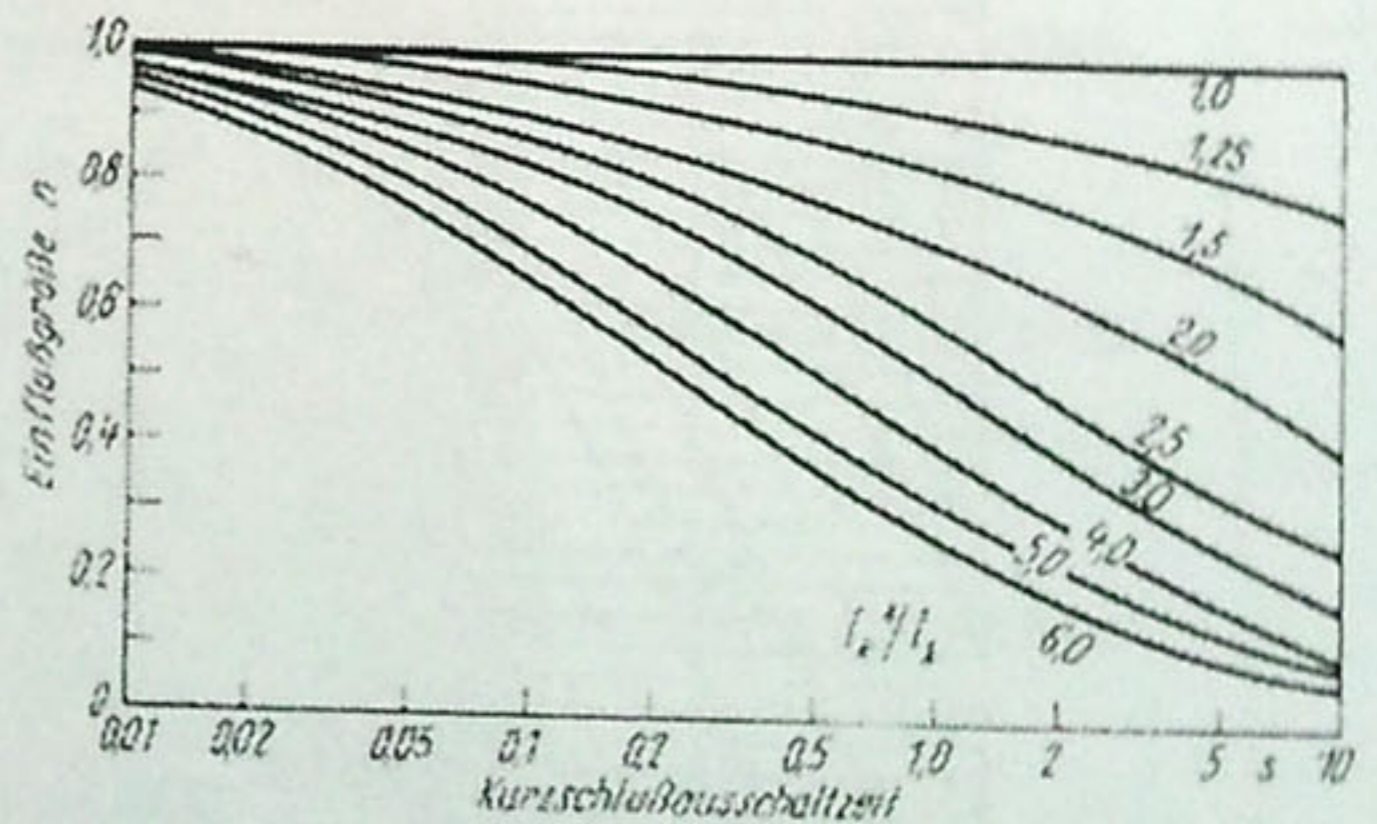
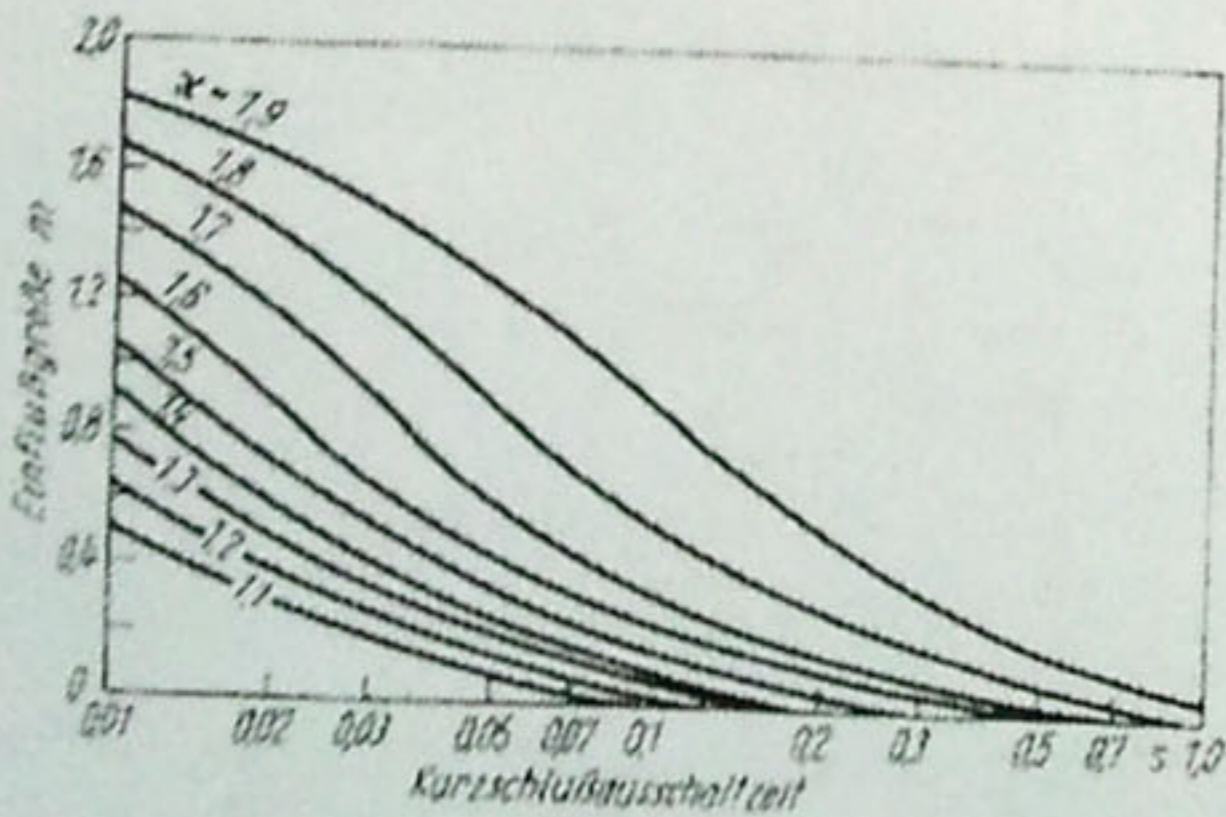
- a) (5) Bestimmen Sie den Stoßfaktor  $\kappa$

Hinweis  $\kappa = 1 + e^{-tR/L}$

Der Stoßfaktor beschreibt den Zusammenhang zwischen dem maximalen Stoßkurzschlussstrom und dem Anfangskurzschlusswechselstrom

- b) (3) Wie groß sind die Faktoren  $m$ ,  $n$

Entnehmen Sie die Werte den unteren Abbildungen UND zeichnen Sie in den Abbildungen ein, wo Sie die Werte abgelesen haben.



- c) (4) Wie groß ist der thermische Kurzzeitstrom (0,2 s)

- d) (4) Welche thermische Stromdichte ergibt sich

- e) (9) Wie groß muss der Kabelquerschnitt sein, damit das Kabel nicht thermisch überlastet wird