



**KULTUSMINISTER
KONFERENZ**

Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung

Technik

Ergänzung der Aufgabenbeispiele im Schwerpunkt
Ingenieurwissenschaften

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2021)

Sekretariat der Kultusministerkonferenz
Referat Berufliche Bildung, Weiterbildung und Sport
Taubenstraße 10
10117 Berlin
Tel. 030 25418-499
berufsbildung@kmk.org
<http://www.kmk.org>

1.11 Ingenieurwissenschaften

Übersicht über die unterrichtlichen Voraussetzungen

Bezeichnung des Schwerpunktes:
Fach mit erhöhtem Anforderungsniveau **Ingenieurwissenschaften**

Inhaltsbereich dieser Aufgabe: Bautechnik, Maschinenbautechnik, Elektrotechnik

Unterrichtsumfang des Unterrichtsfaches: 5 Wochenstunden über 4 Schulhalbjahre

Fachspezifischer Bildungsauftrag

Die Kompetenzentwicklung im Fach Technik zielt darauf ab, künstliche Gegenstände bzw. Konstruktionen anhand vorgegebener und selbst entwickelter Kriterien anforderungs- und normgerecht unter Anwendung mathematischer, naturwissenschaftlicher und technischer Erkenntnisse zu analysieren, zu planen, zu entwerfen, in Betrieb zu nehmen und zu überprüfen. Das ingenieurwissenschaftliche Handeln zeichnet sich dadurch aus, dass das Zusammenwirken von technischen Sachsystemen und nachhaltigem menschlichem Handeln anhand des Modells des soziotechnischen Systems kritisch betrachtet und beurteilt wird.

Zur Lösung der Aufgabenstellungen kommen die folgenden Kompetenzen zur Anwendung.

Die Schülerinnen und Schüler ...

- setzen die Anforderungen des Wärmeschutzes nach GEG beim Entwurf von Bauteilen der Gebäudehülle um
- führen bauphysikalische Nachweise nach DIN 4108 und Tauwasseruntersuchungen nach dem Glaser-Verfahren durch
- berechnen relevante Werte zur Tauwasseruntersuchung und stellen diese mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms als Diagramm dar
- weisen nach, dass die Biegezugbewehrung eines Stahlbetonbalkens ausreichend dimensioniert ist
- prüfen rechnerisch, ob die Bewehrungsrichtlinien nach DIN 1045 eingehalten wurden
- ermitteln die physikalisch-technischen Größen Arbeit und Leistung
- überprüfen und dimensionieren Komponenten von Antriebssystemen
- bestimmen die Auflagerkräfte
- fügen Bauteile und Normteile zu einer Baugruppe mit Hilfe eines CAD-Programmes zusammen und verknüpfen diese
- dimensionieren und wählen unter Verwendung von Datenblättern elektrische Betriebsmittel zum Leitungsschutz aus
- untersuchen elektrische Anlagen und überprüfen deren Abschaltcharakteristik
- analysieren und entwickeln verbindungs- sowie speicherprogrammierte Steuerungen und nehmen diese in Betrieb

Bearbeitungszeit: 300 Minuten
inkl. Arbeitszeit für digitale Anwendungen

Bewertungseinheiten: 120 BE

Hilfsmittel: Tabellenbuch, Zeichenutensilien, Taschenrechner,
PC mit entsprechender Software
(Tabellenkalkulationsprogramm, CAD-Programm,
Entwicklungsumgebung für speicherprogrammierbare
Steuerung, ggf. Anlagensimulation)

Ausgangsszenario

An einem See im Umland plant der dortige Ruderclub den Bau einer sogenannten Slipanlage für seine Ruderboote. Mit dieser Anlage können die Boote komfortabel vom Ufer aus zu Wasser gelassen und wieder eingeholt werden. Gleichzeitig soll die in der Nähe befindliche ehemalige Lagerhalle zu einem Vereinsheim umgebaut werden, wie Abbildung 1 zeigt.

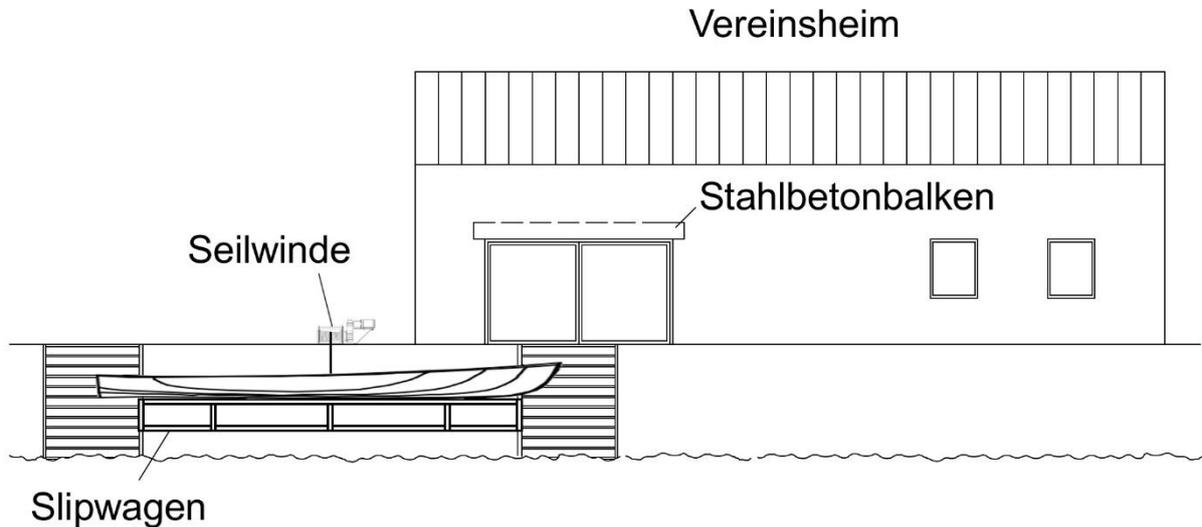


Abbildung 1: Geplantes Vereinsheim mit Slipanlage

Folgende Aufgaben sind zu bearbeiten:

| Aufgabe | Inhalt | BE | Seite |
|---------|---|----|-------|
| 1 | Bautechnische Untersuchungen | 40 | 3 |
| 2 | Maschinenbautechnische Dimensionierung und Konstruktion | 40 | 9 |
| 3 | Elektrotechnische Dimensionierung und Steuerung | 40 | 14 |

Aufgabe 1 - Bautechnische Untersuchungen

(insgesamt zu erreichen 40 BE)

Es ist geplant, die Außenwand der ehemaligen Lagerhalle zu sanieren. Dabei soll der Wärmeschutz nach Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) gewährleistet und durch die bauliche Maßnahme das äußere Erscheinungsbild (verputzte Fassade) nicht verändert werden.

Der Aufbau der bestehenden Außenwand des künftigen Vereinsheimes wurde durch eine Probeentnahme mittels Kernbohrung bestimmt und ergab folgende Werte:

| | |
|------------|---|
| Innenputz: | d= 1,5 cm, Kalkgipsmörtel, $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$ |
| Mauerwerk: | d= 36,5 cm, Kalksandlochstein, $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$ |
| Außenputz: | d= 2,0 cm, Kalkzementmörtel, $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ |

Bearbeitungshinweis:

Nutzen Sie für die folgenden Berechnungen die bereitgestellte Tabellenkalkulationsvorlage. Ergänzen Sie die vorhandenen Werte durch die entsprechenden Berechnungswerte der jeweiligen Aufgabe.

1.1 Wärmeschutz **8 BE**

1.1.1 Entwerfen Sie einen möglichen Außenwandaufbau für die sanierte Außenwand, indem Sie Ihren Lösungsvorschlag als fachgerechte Skizze im ungefähren Maßstab 1:10 darstellen. (3 BE)

1.1.2 Prüfen Sie rechnerisch, ob Ihr Entwurf die Vorgaben der Energieeinsparverordnung erfüllt und den maximalen U-Wert von $0,24 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ nicht überschreitet. Passen Sie gegebenenfalls Ihren Entwurf an. (5 BE)

1.2 Tauwasseruntersuchung **20 BE**

Von einem ortsansässigen Unternehmen, der Firma Putz-Meister, dessen Leistungsspektrum u. a. die Herstellung von Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) umfasst, geht ein Angebot für die Anbringung eines WDVS-Systems (auf die bestehende Außenwand) mit folgendem Wandaufbau ein:

Dämmung (WDVS): $d = 14 \text{ cm}$, Mineralwolle, WLG 040, $\rho \leq 30 \text{ kg/m}^3$
Unter- und Oberputz (inkl. Glasgewebearmierung): $d = 0,6 \text{ cm}$, Kunstharzputz, $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$

1.2.1 Untersuchen Sie rechnerisch, ob für die sanierte Außenwand, nach dem Angebot der Firma Putz-Meister, die Gefahr von Tauwasserbildung besteht. (14 BE)

Für die Berechnung sind die Randbedingungen der DIN 4108 zugrunde zu legen:

$$\vartheta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}, \vartheta_e = -10 \text{ }^\circ\text{C}, \phi_i = 50 \text{ } \%, \phi_e = 80 \text{ } \%$$

1.2.2. Erstellen Sie, basierend auf dem Angebot der Firma Putz-Meister, ein Wasserdampf-Diffusionsdiagramm und interpretieren Sie dieses. Diskutieren Sie auch mögliche Folgen für die sanierte Außenwand. (6 BE)

Bearbeitungshinweis:

Nutzen Sie für die Erstellung des Wasserdampf-Diffusionsdiagramms die bereitgestellte Berechnungstabelle und die Diagrammfunktion des verwendeten Tabellenkalkulationsprogrammes.

1.3 Überprüfung des Stahlbetonbalkens

12 BE

Als Stahlbetonbalken soll für das Vereinsheim ein Fertigsturz verwendet werden. Der Querschnitt des ausgewählten Fertigsturzes ist in Abbildung 3 vereinfacht dargestellt. Die Eignung des gewählten Stahlbetonbalkens ist zu überprüfen. Nutzen Sie dazu die Tabellen in der Anlage zu Aufgabe 1.3.

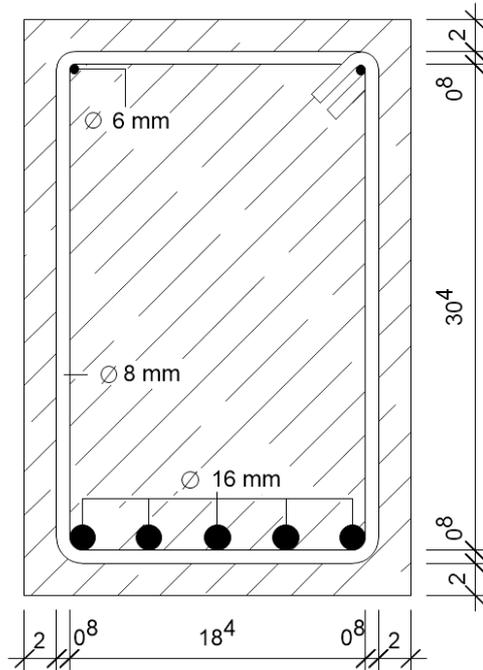


Abbildung 3: Ausgewählter Fertigsturz – vereinfachte Darstellung

Folgende Angaben über den Stahlbetonbalken liegen außerdem vor:

Expositionsklasse XC 1

Betondruckfestigkeitsklasse C 20/25

Ständige charakteristische Einwirkungen

aus der Eigenlast des Daches

$$g_{k1} = 12,0 \text{ kN/m}$$

aus der Eigenlast des aufgehenden Mauerwerks

$$g_{k2} = 7,8 \text{ kN/m}$$

aus der Eigenlast des Stahlbetonbalkens

$$g_{k3} = 1,8 \text{ kN/m}$$

Summe der veränderlichen charakteristischen Einwirkungen

$$q_{k1} = 10,0 \text{ kN/m}$$

Stützweite

$$l_{\text{eff}} = 4,21 \text{ m}$$

- 1.3.1 Überprüfen Sie, ob die Betondeckung unter Berücksichtigung der Angaben ausreichend ist. (1 BE)
- 1.3.2 Weisen Sie rechnerisch nach, dass die vorhandene Querschnittsfläche der Biegezugbewehrung (vorh. A_s) ausreichend ist. (7 BE)
- 1.3.3 Beurteilen Sie die Anordnung der Biegezugbewehrung in dem dargestellten (vereinfachten) Balkenquerschnitt. Berücksichtigen Sie dabei den erforderlichen Biege-
rollendurchmesser d_{br1} (siehe Tabelle in Anlage zu Aufgabe 1.3). (4 BE)

Hinweis:

Die Sicherung des Verbundes der Betonstahlbewehrung soll bei der Betondeckung vernachlässigt werden.

| Bauvorhaben: Sanierung der Außenwand | | | | | | | Kurs: | | |
|--|------------------------------------|----------------------|----------------------------------|---|--|---|---|-----------------------------------|-----------------------------|
| Nachweis von Tauwasseranfall - Glaser - Verfahren nach DIN 4108 | | | | | | | Bearbeiter: | | |
| Schichtenfolge von Innen nach Außen | Rohdichte e [kg/m ³] | Schichtdicke d [m] | Diffusions-Widerstandszahl μ | diff.äquival. Luftschichtdicke s_d [m] <small>$s_d = \mu \cdot d$</small> | Wärmeleit-zahl λ_R [W/(m · K)] | Wärmeleit-widerstand $R = d / \lambda_R$ [(m ² · K)/W] | Temperaturen an den Schichtgrenzen ϑ [°C] | Dampf-sättigungs-druck P_s [Pa] | Partial-dampfdruck P [Pa] |
| Wärmeüber-gang Innen | | | | | | | 20 | | |
| Innenputz Kalkgipsmörtel | 1400 | 0,015 | | | | | | | |
| KSL- Mauerwerk (alter) Außenputz Kalkzementmörtel | 1600 | 0,365 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Wärmeüber-gang Außen | | | | | | | -10,0 | | |
| Summen | | | | | | | | | |
| | | | | | | | $R_T =$ | [m ² x K)/ W] | |
| | | | | | | | $U =$ | [W/ (m ² x K)] | |

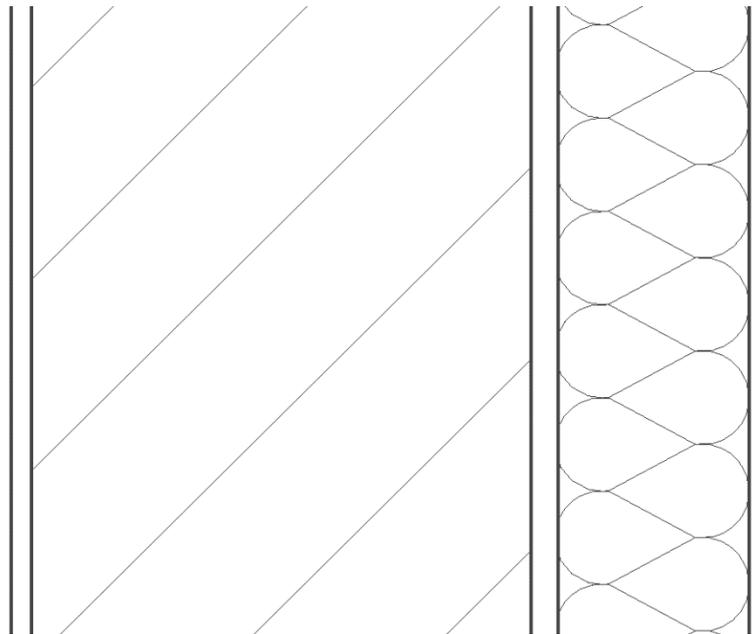


Abbildung 2: Wandquerschnitt der ehemaligen Lagerhalle

Betondeckung

| Betondeckung | | | |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--|
| Expositionsklasse | Mindestbetondeckung C_{min} [mm] | Vorhaltemaß ΔC_{dev} | Nennmaß der Betondeckung $C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$ |
| XC1 | 10 | 10 | 20 |
| XC2 / X C3 | 20 | 15 | 35 |
| XC4 | 25 | | 40 |
| XD1 / XD2 / XD3 | 40 | | 55 |
| XS1 / XS2 / XS3 | 40 | | 55 |

Kennwerte Biegebemessung

| k_d für Betonfestigkeitsklasse C ... | | | | | | | | | k_s |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 12/15 | 16/20 | 20/25 | 25/30 | 30/37 | 35/45 | 40/50 | 45/55 | 50/60 | |
| 14,34 | 12,41 | 11,10 | 9,93 | 9,07 | 8,39 | 7,85 | 7,40 | 7,02 | 2,32 |
| 7,90 | 6,84 | 6,12 | 5,47 | 5,00 | 4,63 | 4,33 | 4,08 | 3,87 | 2,34 |
| 5,87 | 5,08 | 4,54 | 4,06 | 3,71 | 3,44 | 3,21 | 3,03 | 2,87 | 2,36 |
| 4,94 | 4,27 | 3,82 | 3,42 | 3,12 | 2,89 | 2,70 | 2,55 | 2,42 | 2,38 |
| 4,39 | 3,80 | 3,40 | 3,04 | 2,77 | 2,57 | 2,40 | 2,27 | 2,15 | 2,40 |
| 4,01 | 3,47 | 3,10 | 2,78 | 2,53 | 2,35 | 2,20 | 2,07 | 1,96 | 2,42 |
| 3,63 | 3,14 | 2,81 | 2,51 | 2,29 | 2,12 | 1,99 | 1,87 | 1,78 | 2,45 |
| 3,35 | 2,90 | 2,60 | 2,32 | 2,12 | 1,96 | 1,84 | 1,73 | 1,64 | 2,48 |
| 3,14 | 2,72 | 2,43 | 2,18 | 1,99 | 1,84 | 1,72 | 1,62 | 1,54 | 2,51 |
| 2,97 | 2,57 | 2,30 | 2,06 | 1,88 | 1,74 | 1,63 | 1,53 | 1,46 | 2,54 |
| 2,85 | 2,47 | 2,21 | 1,97 | 1,80 | 1,67 | 1,56 | 1,47 | 1,40 | 2,57 |
| 2,72 | 2,36 | 2,11 | 1,89 | 1,72 | 1,59 | 1,49 | 1,41 | 1,33 | 2,60 |
| 2,62 | 2,27 | 2,03 | 1,82 | 1,66 | 1,54 | 1,44 | 1,36 | 1,29 | 2,63 |
| 2,54 | 2,20 | 1,97 | 1,76 | 1,61 | 1,49 | 1,39 | 1,31 | 1,24 | 2,66 |
| 2,47 | 2,14 | 1,91 | 1,71 | 1,56 | 1,44 | 1,35 | 1,27 | 1,21 | 2,69 |
| 2,41 | 2,08 | 1,86 | 1,67 | 1,52 | 1,41 | 1,32 | 1,24 | 1,18 | 2,72 |
| 2,35 | 2,03 | 1,82 | 1,63 | 1,49 | 1,38 | 1,29 | 1,21 | 1,15 | 2,75 |
| 2,28 | 1,98 | 1,77 | 1,58 | 1,44 | 1,34 | 1,25 | 1,18 | 1,12 | 2,79 |
| 2,23 | 1,93 | 1,73 | 1,54 | 1,41 | 1,30 | 1,22 | 1,15 | 1,09 | 2,83 |
| 2,18 | 1,89 | 1,69 | 1,51 | 1,38 | 1,28 | 1,19 | 1,13 | 1,07 | 2,87 |
| 2,14 | 1,85 | 1,65 | 1,48 | 1,35 | 1,25 | 1,17 | 1,10 | 1,05 | 2,91 |
| 2,10 | 1,82 | 1,62 | 1,45 | 1,33 | 1,23 | 1,15 | 1,08 | 1,03 | 2,95 |
| 2,06 | 1,79 | 1,60 | 1,43 | 1,30 | 1,21 | 1,13 | 1,07 | 1,01 | 2,99 |
| 2,03 | 1,75 | 1,57 | 1,40 | 1,28 | 1,19 | 1,11 | 1,05 | 0,99 | 3,04 |
| 1,99 | 1,72 | 1,54 | 1,38 | 1,26 | 1,17 | 1,09 | 1,03 | 0,98 | 3,09 |

© Westermann Gruppe

Joseph Wessig et al.: Bautechnik Tabellen. 15. Auflage. Braunschweig 2015. Westermann Verlag, S. 238

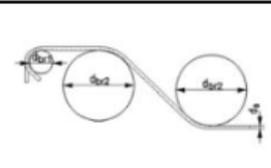
Gesamter Nennquerschnitt von Stabstahl A_s

| Betonstabstahl | | | gesamter Nennquerschnitt A_s in cm^2 | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------|--------------|--|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| d_s mm | Gewicht kg/m | Umfang cm | bei Stückzahl | | | | | | | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 6 | 0,222 | 1,89 | 0,283 | 0,566 | 0,85 | 1,13 | 1,41 | 1,70 | 1,98 | 2,26 | 2,54 | 2,83 | 3,11 | 3,40 |
| 8 | 0,395 | 2,51 | 0,503 | 1,01 | 1,51 | 2,01 | 2,51 | 3,02 | 3,52 | 4,02 | 4,52 | 5,03 | 5,53 | 6,04 |
| 10 | 0,617 | 3,14 | 0,785 | 1,57 | 2,36 | 3,14 | 3,93 | 4,71 | 5,50 | 6,28 | 7,07 | 7,85 | 8,64 | 9,42 |
| 12 | 0,888 | 3,77 | 1,13 | 2,26 | 3,39 | 4,52 | 5,65 | 6,79 | 7,92 | 9,05 | 10,2 | 11,3 | 12,4 | 13,6 |
| 14 | 1,21 | 4,40 | 1,54 | 3,08 | 4,62 | 6,16 | 7,70 | 9,24 | 10,8 | 12,3 | 13,9 | 15,4 | 16,9 | 18,5 |
| 16 | 1,58 | 5,03 | 2,01 | 4,02 | 6,03 | 8,04 | 10,1 | 12,1 | 14,1 | 16,1 | 18,1 | 20,1 | 22,1 | 24,1 |
| 20 | 2,47 | 6,28 | 3,14 | 6,28 | 9,42 | 12,6 | 15,7 | 18,8 | 22,0 | 25,1 | 28,3 | 31,4 | 34,5 | 37,7 |
| 25 | 4,83 | 7,85 | 4,91 | 9,82 | 14,7 | 19,6 | 24,6 | 29,5 | 34,4 | 39,3 | 44,2 | 49,1 | 54,0 | 58,9 |
| 28 | 4,83 | 8,80 | 6,16 | 12,3 | 18,5 | 24,6 | 30,8 | 36,9 | 43,1 | 49,3 | 55,4 | 61,6 | 67,8 | 73,9 |

© Westermann Gruppe

Joseph Wessig et al.: Bautechnik Tabellen. 15. Auflage. Braunschweig 2015. Westermann Verlag, S. 231

Biegerollendurchmesser nach DIN 1045

| Mindestwerte der Biegerollendurchmesser bei einmaligem Biegen (DIN 1045-1, Tabelle 23) | | | | | |
|--|---|--------------|---|----------------------|------------------------------|
|  | Haken, Winkelhaken, Schlaufen, Bügel [α_{br1}] | | Schrägstäbe oder andere gebogene Stäbe [α_{br2}] | | |
| | Stabdurchmesser d_s | | Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene | | |
| | < 20 mm | ≥ 20 mm | > 100 mm > 7 d_s | > 50 mm > 3 d_s | ≤ 50 mm $\leq 3 d_s$ |
| Normalbeton | 4 d_s | 7 d_s | 10 d_s | 15 d_s | 20 d_s |
| Leichtbeton | 5 d_s | 9 d_s | 13 d_s | 20 d_s | 26 d_s |



© Dr. N. Brauer et al. Institut für Stahlbetonbewehrung e. V. (ISB): Bewehren von Stahlbetontragwerken nach DIN 1045-1: 2008-08. Bewehrungs- und Konstruktionsregeln. Arbeitsblatt 8. Ausgabe 2010-12, S. 80

Aufgabe 2 - Maschinenbautechnische Dimensionierung und Konstruktion

(insgesamt zu erreichen 40 BE)

Der Motor DRE90L2 zur Bewegung eines Slipwagens ist mit einem Stirnradgetriebe gekoppelt. Dadurch wird eine Seilwinde angetrieben, an der die Boote auf dem Slipwagen für die Auf- und Abwärtsbewegung befestigt werden (Abbildung 4). Der Slipwagen bewegt sich auf einer schiefen Ebene mit einer Geschwindigkeit von $v_{Wg} = 8,5 \text{ m/min}$ nach oben.

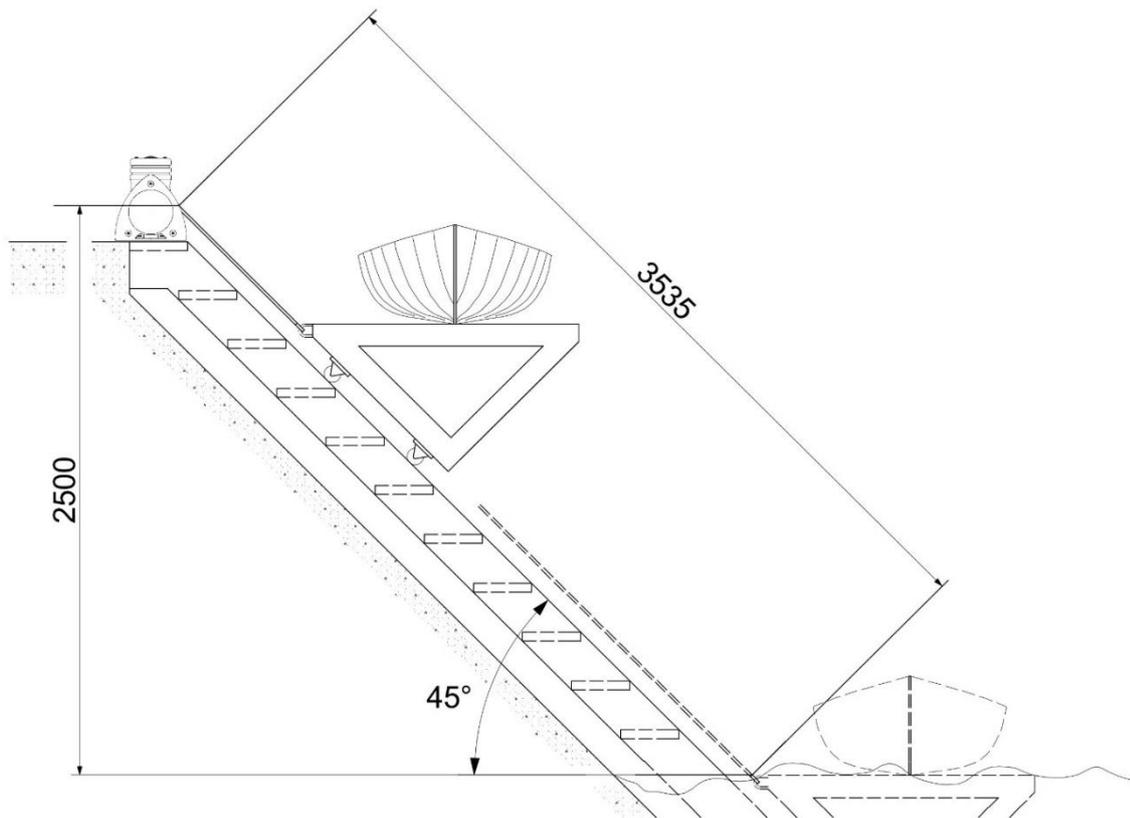


Abbildung 4: Slipwagen

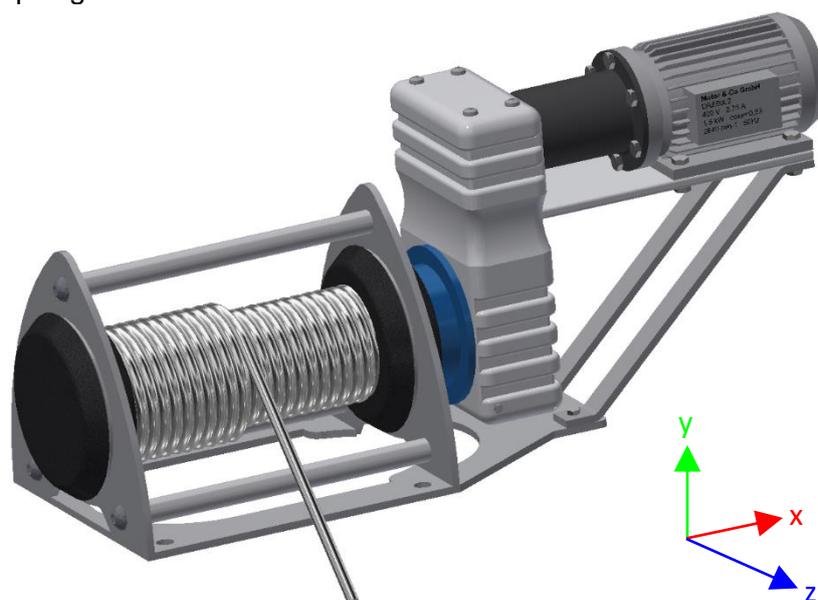


Abbildung 5: Antriebseinheit mit Seiltrommel

2.1 Hubarbeit des Slipwagens

2 BE

Das schwerste zu transportierende Boot ist ein Ruderboot mit einer Masse von $m_{Bt} = 95$ kg. Der Slipwagen hat eine Masse von $m_{Wg} = 150$ kg.

Berechnen Sie die zum Bewegen des beladenen Slipwagens maximal erforderliche Hubarbeit.

2.2 Erforderliche Hubleistung

2 BE

Zum Transport des schwersten Bootes ist eine Hubarbeit von $W_H = 6$ kJ erforderlich.

Berücksichtigen Sie bei der Berechnung der maximal erforderlichen Hubleistung eine Sicherheit von $\nu = 5$.

Berechnen Sie die zum Bewegen des beladenen Slipwagens maximal erforderliche Hubleistung.

2.3 Nennleistung des Motors

3 BE

Die Motordaten des verwendeten DRE90L2 können Sie dem nachfolgend abgebildeten Typenschild (Abbildung 6) entnehmen.

Das Typenschild zeigt die technischen Daten des Motors DRE90L2. Es ist ein dreiphasiger Drehstromasynchronmotor. Die Daten sind wie folgt angeordnet:

| Motor & Co GmbH | |
|---|-------------------|
| 3~ Drehstromasynchronmotor DRE90L2 | |
|  400 V | 2,75 A |
| 1,5 kW | cos ϕ = 0,93 |
| 2840 min ⁻¹ | 50 Hz |
| Isolationsklasse F | IP 54 |
| Nr. 12345-67 | IEC34-1/VDE 0530 |

Abbildung 6: Typenschild DRE90L2

Der gesamte Antrieb hat einen Wirkungsgrad $\eta = 0,84$. Gehen Sie bei der erforderlichen Hubleistung von $P_H = 1,2$ kW aus.

Überprüfen Sie, ob der Motor über eine für den geplanten Einsatz ausreichende Nennleistung an der Abtriebswelle verfügt.

2.4 Komponenten der Seilkraft

3 BE

Die Seilkraft beträgt unter Berücksichtigung der Gewichtskraft- und Reibungskräfte $F_s = 3$ kN und wirkt in die in Abbildung 4 angegebene Richtung. Die Seilkraft kann in zwei Komponenten zerlegt werden.

Ermitteln Sie rechnerisch die Komponenten F_{S_z} und F_{S_y} der Seilkraft.

2.5 Auflagerkräfte

10 BE

Die gesamte Antriebseinheit aus Motor, Kupplung und Getriebe mit Befestigungsmitteln hat eine Masse von $m_{An} = 50$ kg, die vereinfacht angenommen als mittig ansetzende Punktlast im Antriebssegment betrachtet werden kann (Abbildung 7). Trommel, Seil und die beiden Lagerböcke haben mit Befestigungsmitteln eine Masse von $m_{TS} = 65$ kg, die ebenfalls vereinfacht als in der Trommelmitte ansetzende Punktlast betrachtet werden kann. Die y-Komponente der Seilkraft beträgt $F_{Sy} = 2,1$ kN und wirkt vereinfacht angenommen als mittig ansetzende Punktlast in der Trommelmitte.

Der Hersteller empfiehlt, die Lager A und B in radialer Richtung mit nicht mehr als $F_{r\ zul} = 2,5$ kN zu belasten.

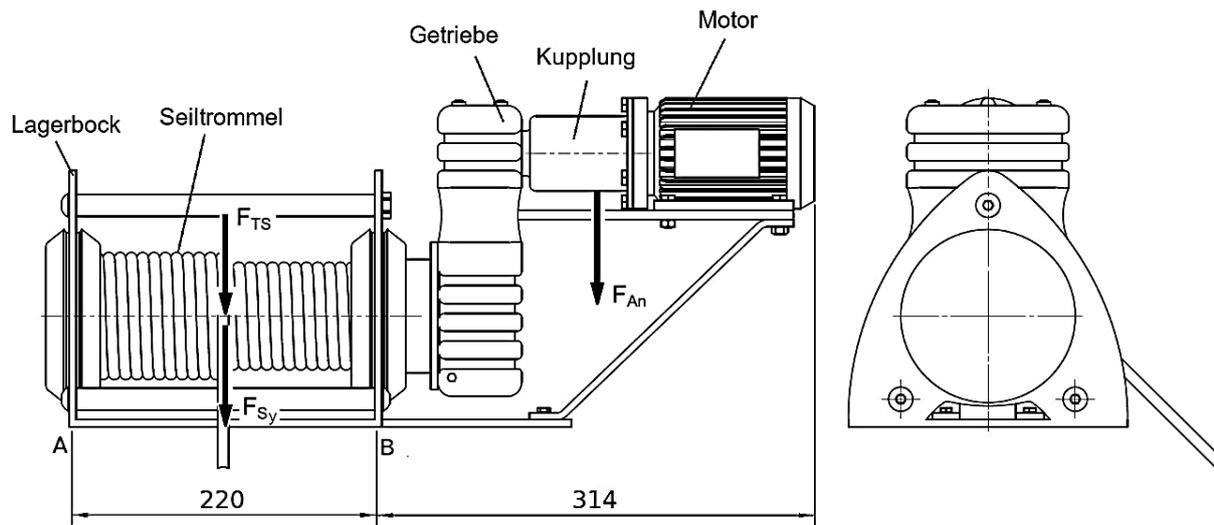


Abbildung 7: Seilwinde mit Antriebseinheit

Weisen Sie nach, dass die Auflagerkräfte der Lager A und B die Herstellerempfehlung nicht überschreiten.

2.6 Lebensdauer der Lager

5 BE

Zur Lagerung der Seilwindenwelle werden Rillenkugellager mit dem Basiszeichen 6206 (Anlage zu Aufgabe 2.6) verwendet. Auf die Rillenkugellager wirken ausschließlich radiale Kräfte von maximal $F_r = 2,5$ kN. Die Drehzahl der Seilwinde beträgt $n = 20$ min⁻¹.

Ermitteln Sie die Lebensdauer der Lager in Stunden.

2.7 Kompletieren und Montieren einer Baugruppe

15 BE

An den Elektromotor (Abbildung 8) ist eine Kreuzscheibenkupplung (Abbildung 9) montiert. Zwischen den baugleichen Kupplungsnapen befindet sich eine Kreuzscheibe (Pos. 4) aus Kunststoff. Neben dem Ausgleich von Belastungsstößen dient diese als Sollbruchstelle bei einer Blockierung der Seiltrommel.

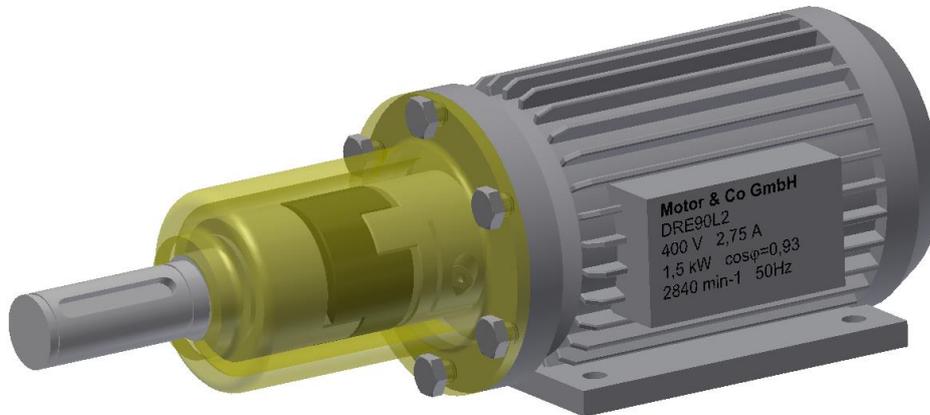


Abbildung 8: Antriebseinheit

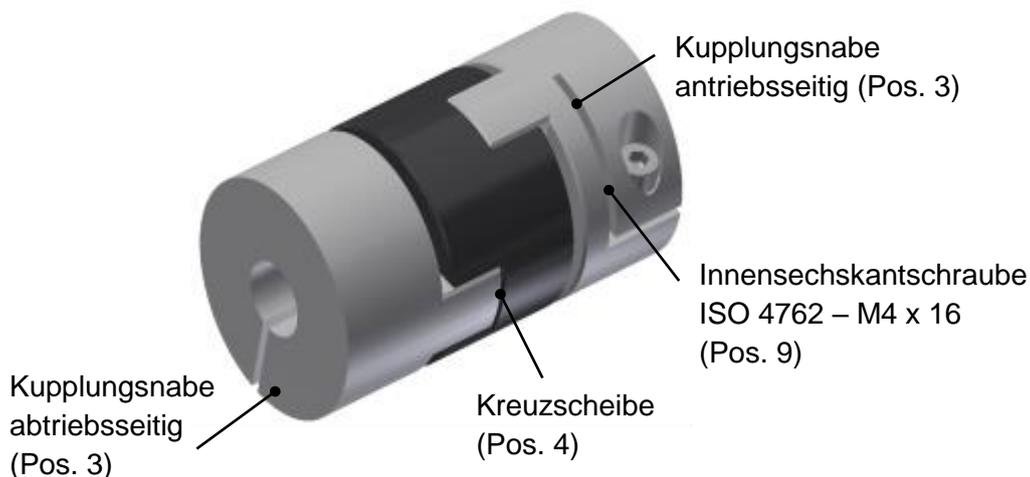


Abbildung 9: Kreuzscheibenkupplung

Für eine Bewegungssimulation soll die Baugruppe Elektromotor mit Kupplung in einem CAD-System zusammengesetzt werden. Die Gesamtzeichnung der Antriebseinheit mit Seiltrommel (Abbildung 5) sowie die modellierten Einzelteile (digitale Anhänge) liegen vor.

Vervollständigen Sie die Baugruppe mit den fehlenden Normteilen (Pos. 8 und 9 der Baugruppenzeichnung).

Setzen Sie dabei sinnvolle Abhängigkeiten bzw. Verknüpfungen. Legen Sie diese so, dass die vom Motor über die Mitnehmerwelle und die Kreuzscheibenkupplung auf die Abtriebswelle weitergeleitete Drehbewegung möglich ist.

Speichern Sie Ihre Ergebnisse unter der Bezeichnung „Antriebseinheit“ ab.

Erstellen Sie auf Grundlage der Baugruppenzeichnung eine von Ihnen gewählte Baugruppe unter Verwendung eines CAD-Programms.

| Rillenkugellager (Auswahl) | | | | | | | | | | | | | | | vgl. DIN 625-1 (2011-04) | | | | |
|----------------------------|---------------|----|------------------|------------------|-------------------|---------------|----|------------------|------------------|-------------------|---------------|----|------------------|------------------|--------------------------|--|--|--|--|
| d | Lagerreihe 60 | | | | | Lagerreihe 62 | | | | | Lagerreihe 63 | | | | | | | | |
| | D | B | r _{max} | r _{min} | Basis- zeichen | D | B | r _{max} | r _{min} | Basis- zeichen | D | B | r _{max} | r _{min} | Basis- zeichen | | | | |
| 10 | 26 | 8 | 0,3 | 1 | 6000 | 30 | 9 | 0,6 | 2,1 | 6200 | 35 | 11 | 0,6 | 2,1 | 6300 | | | | |
| 12 | 28 | 8 | 0,3 | 1 | 6001 | 32 | 10 | 0,6 | 2,1 | 6201 | 37 | 12 | 1 | 2,8 | 6301 | | | | |
| 15 | 32 | 9 | 0,3 | 1 | 6002 | 35 | 11 | 0,6 | 2,1 | 6202 | 42 | 13 | 1 | 2,8 | 6302 | | | | |
| 17 | 35 | 10 | 0,3 | 1 | 6003 | 40 | 12 | 0,6 | 2,1 | 6203 | 47 | 14 | 1 | 2,8 | 6303 | | | | |
| 20 | 42 | 12 | 0,6 | 1,6 | 6004 | 47 | 14 | 1 | 2,8 | 6204 | 52 | 15 | 1 | 3,5 | 6304 | | | | |
| 25 | 47 | 12 | 0,6 | 1,6 | 6005 | 52 | 15 | 1 | 2,8 | 6205 | 62 | 17 | 1 | 3,5 | 6305 | | | | |
| 30 | 55 | 13 | 1 | 2,3 | 6006 | 62 | 16 | 1 | 2,8 | 6206 | 72 | 19 | 1 | 3,5 | 6306 | | | | |
| 35 | 62 | 14 | 1 | 2,3 | 6007 | 72 | 17 | 1 | 2,8 | 6207 | 80 | 21 | 1,5 | 4,5 | 6307 | | | | |
| 40 | 68 | 15 | 1 | 2,3 | 6008 | 80 | 18 | 1 | 3,5 | 6208 | 90 | 23 | 1,5 | 4,5 | 6308 | | | | |
| 45 | 75 | 16 | 1 | 2,3 | 6009 | 85 | 19 | 1 | 3,5 | 6209 | 100 | 25 | 1,5 | 4,5 | 6309 | | | | |
| 50 | 80 | 16 | 1 | 2,3 | 6010 | 90 | 20 | 1 | 3,5 | 6210 | 110 | 27 | 2 | 5,5 | 6310 | | | | |
| 55 | 90 | 18 | 1 | 3 | 6011 | 100 | 21 | 1,5 | 4,5 | 6211 | 120 | 29 | 2 | 5,5 | 6311 | | | | |
| 60 | 95 | 18 | 1 | 3 | 6012 | 110 | 22 | 1,5 | 4,5 | 6212 | 130 | 31 | 2,1 | 6 | 6312 | | | | |
| 65 | 100 | 18 | 1 | 3 | 6013 | 120 | 23 | 1,5 | 4,5 | 6213 | 140 | 33 | 2,1 | 6 | 6313 | | | | |
| 70 | 110 | 20 | 1 | 3 | 6014 | 125 | 24 | 1,5 | 4,5 | 6214 | 150 | 35 | 2,1 | 6 | 6314 | | | | |
| 75 | 115 | 20 | 1 | 3 | 6015 | 130 | 25 | 2 | 5,5 | 6215 | 160 | 37 | 2,1 | 6 | 6315 | | | | |
| 80 | 125 | 22 | 1 | 3 | 6016 | 140 | 26 | 2 | 5,5 | 6216 | 170 | 39 | 2,5 | 7 | 6316 | | | | |
| 85 | 130 | 22 | 1,5 | 3,5 | 6017 | 150 | 28 | 2,1 | 6 | 6217 | 180 | 41 | 2,5 | 7 | 6317 | | | | |
| 90 | 140 | 24 | 1,5 | 3,5 | 6018 | 160 | 30 | 2,1 | 6 | 6218 | 190 | 43 | 2,5 | 7 | 6318 | | | | |
| 95 | 145 | 24 | 1,5 | 3,5 | 6019 | 170 | 32 | 2,1 | 6 | 6219 | 200 | 45 | 2,5 | 7 | 6319 | | | | |
| 100 | 150 | 24 | 1,5 | 3,5 | 6020 | 180 | 34 | 2,1 | 6 | 6220 | 215 | 47 | 2,5 | 7 | 6320 | | | | |

Einbaumaße nach DIN 5418:

d von 3 ... 1500 mm

⇒ Rillenkugellager DIN 625 – 6208 – 2Z – P2: Rillenkugellager (Lagerart 6), Breitenreihe 0¹⁾, Durchmesserreihe 2, Bohrungskennzahl 08 (d = 8 · 5 mm = 40 mm), Ausführung mit 2 Deckscheiben, Lager mit höchster Maß-, Form- und Laufgenauigkeit (ISO-Toleranzklasse 2)



© Silvia Ferdinand et al.: Tabellenbuch Ingenieurwissenschaften. 1. Auflage. Haan-Gruiten 2019: Europa-Lehrmittel, S. 385

| Richtwerte für Tragzahlen von Rillenkugellagern (Auswahl) | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|--|-------------------|--------------------------------|--|-------------------|--------------------------------|--|-------------------|
| d | Rillenkugellager Lagerreihe 60 | | | Rillenkugellager Lagerreihe 62 | | | Rillenkugellager Lagerreihe 63 | | |
| | Tragzahl in kN dynamisch C | Tragzahl in kN statisch C ₀ | Basis- zeichen | Tragzahl in kN dynamisch C | Tragzahl in kN statisch C ₀ | Basis- zeichen | Tragzahl in kN dynamisch C | Tragzahl in kN statisch C ₀ | Basis- zeichen |
| 20 | 9,3 | 5 | 6004 | 12,7 | 6,55 | 6204 | 17,3 | 8,5 | 6304 |
| 30 | 12,7 | 8 | 6006 | 19,3 | 11,2 | 6206 | 29 | 16,3 | 6306 |
| 40 | 17 | 11,8 | 6008 | 29 | 18 | 6208 | 42,5 | 25 | 6308 |
| 50 | 20,8 | 15,6 | 6010 | 36,5 | 24 | 6210 | 62 | 38 | 6310 |
| 60 | 29 | 23,2 | 6012 | 52 | 36 | 6212 | 81,5 | 52 | 6312 |
| 70 | 39 | 31,5 | 6014 | 62 | 44 | 6214 | 104 | 68 | 6314 |
| 80 | 47,5 | 40 | 6016 | 72 | 53 | 6216 | 122 | 86,5 | 6316 |
| 100 | 60 | 54 | 6020 | 122 | 93 | 6220 | 163 | 134 | 6320 |



© Silvia Ferdinand et al.: Tabellenbuch Ingenieurwissenschaften. 1. Auflage. Haan-Gruiten 2019: Europa-Lehrmittel, S. 384

Aufgabe 3 - Elektrotechnische Dimensionierung und Steuerung

(insgesamt zu erreichen 40 BE)

Die Slipanlage zum Transportieren der Boote wird mit einer elektrisch betriebenen Seilwinde realisiert. Für die Seilwinde kann eine vorhandene Leitung genutzt werden. Als Steuerung für den Motor ist eine speicherprogrammierte Steuerung (SPS) vorgesehen.

3.1 Leitungsschutzschalter des Motors 10 BE

Zum Anschluss des Motors DRE90L2 wird die bereits vorhandene Leitung ($l = 70 \text{ m}$, $4 \times 1,5 \text{ mm}^2$ Kupferleitung) genutzt. Diese ist in der ehemaligen Lagerhalle an der Unterverteilung angeschlossen und wurde in einem Installationsrohr mit zwei weiteren mehradrigen Leitungen verlegt. Die maximale Umgebungstemperatur kann mit $\nu = 25 \text{ °C}$ angenommen werden.

Bestimmen Sie für die Leitung einen geeigneten Leitungsschutzschalter unter Berücksichtigung des zulässigen Betriebsstroms und des maximal zulässigen Spannungsfalls von 3 %. Nutzen Sie die Tabellen in der Anlage zu Aufgabe 3.1.

3.2 Abschaltcharakteristik des vorgelagerten Leitungsschutzschalters 4 BE

Aufgrund der geplanten Veränderungen ist das Abschaltverhalten der elektrischen Anlage zu überprüfen.

Der Leitungsschutzschalter der Zuleitung von der Hauptverteilung zur Unterverteilung im Bootshaus hat den Bemessungsstrom $I_N = 32 \text{ A}$ und löst mit einer C-Charakteristik im Kurzschlussfall aus. Eine Messung in der Anlage ergab eine Schleifenimpedanz von $Z_S = 2 \Omega$ für die Stromkreise der Unterverteilung.

Überprüfen Sie, ob der erforderliche Abschaltstrom im Fehlerfall erreicht wird. Nutzen Sie dafür die Anlage zu Aufgabe 3.1.

3.3 Steuerstromkreis „Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS)“ 8 BE

Für die Slipanlage soll eine kostengünstige Steuerung eingesetzt werden. Aus einem früheren Projekt stehen Ihnen Schaltungsunterlagen zur Verfügung, die prinzipiell für die Realisierung der Steuerung geeignet wären.

Beschreiben Sie die Funktion der nachfolgend in Abbildung 10 dargestellten Schaltung für die Slipwagensteuerung.

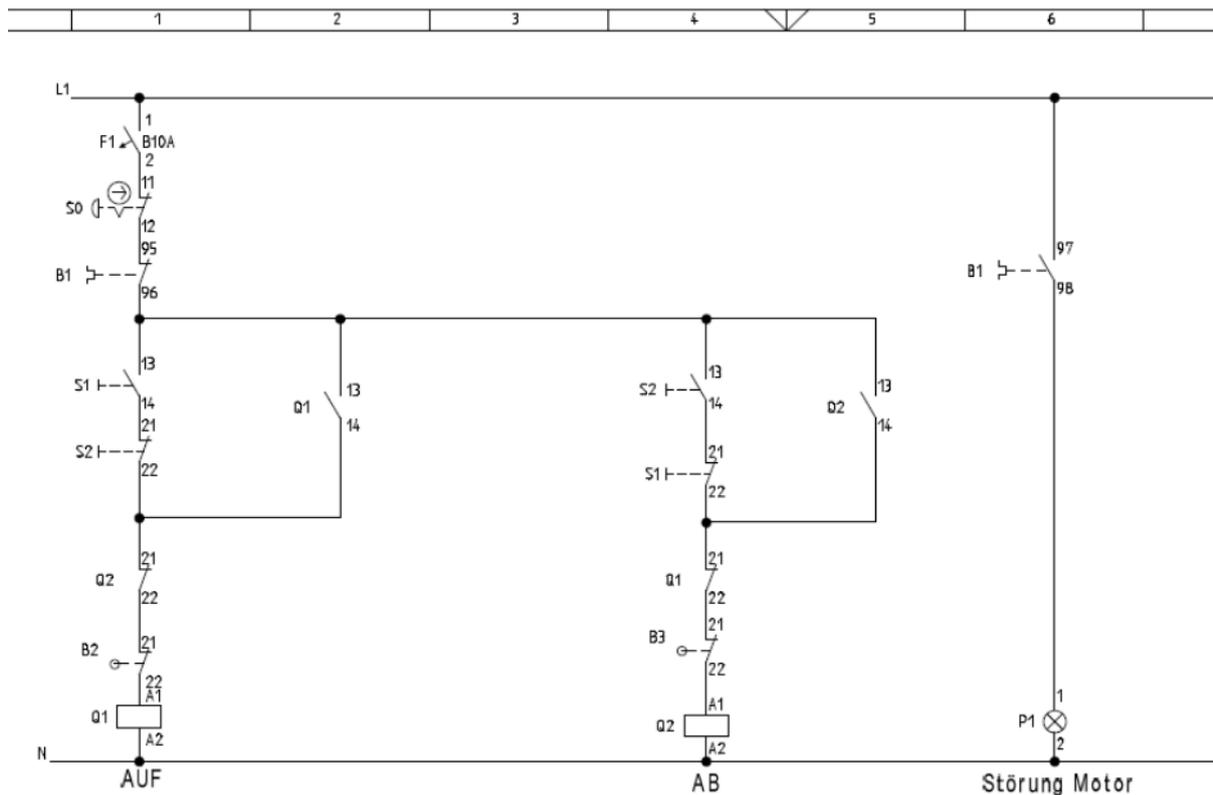


Abbildung 10: Stromlaufplan des Steuerstromkreises der Slipwagensteuerung

3.4 Programmierung der speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS)

8 BE

Die für den Einsatz vorgesehene SPS muss programmiert werden.

Entwickeln Sie ein Programm im Funktionsplan (FUP) für die Steuerung. Nutzen Sie dafür die nachfolgend abgebildete Variablen-tabelle für die Slipwagensteuerung (Tabelle 1).

| Name | Adresse | Kommentar | Kontakt |
|------|---------|---|---------|
| S0 | I0.0 | Not-Aus-Taster | NC |
| S1 | I0.1 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach oben | NO |
| S2 | I0.2 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach unten | NO |
| B1 | I0.3 | Motorschutzrelais | NC |
| B2 | I0.4 | Rollenendschalter: Slipanlage oben | NC |
| B3 | I0.5 | Rollenendschalter: Slipanlage unten | NC |
| Q1 | Q0.0 | Schütz: Slipanlage fährt nach oben | |
| Q2 | Q0.1 | Schütz: Slipanlage fährt nach unten | |
| P1 | Q0.2 | Meldeleuchte Motorschutz hat ausgelöst | |

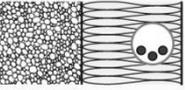
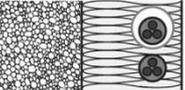
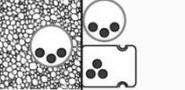
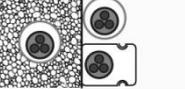
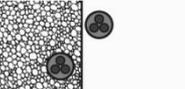
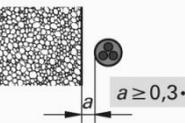
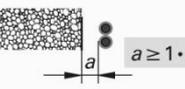
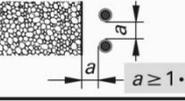
Tabelle 1: Variablen-tabelle für die Slipwagensteuerung

3.5 Inbetriebnahmeprotokoll der SPS

10 BE

Nach der Entwicklung des SPS-Programms soll die Funktion der Anlage getestet werden.

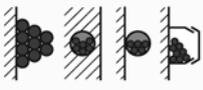
Entwickeln Sie ein Inbetriebnahmeprotokoll für die SPS. Nutzen Sie dafür die Vorlage in der Anlage zu Aufgabe 3.5.

|  Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen, Mindestquerschnitte elektrischer Leiter | | DIN VDE 0298, Teil 4 DIN VDE 0100, Teil 520 |
|--|---|---|
| Tabelle 1: Verlegearten von Kabeln und isolierten Leitungen | | DIN VDE 0298, Teil 4 |
| Verlegeart | Verlegebedingungen (wichtige Beispiele) | |
| A1 |  | Verlegung in wärmeisolierten Wänden <ul style="list-style-type: none"> • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr, • Aderleitungen in Formleisten oder in Formteilen.  |
| A2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr, • mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen in einer wärmeisolierten Wand. |
| B1 |  | Verlegung in Elektroinstallationsrohren und -kanälen <ul style="list-style-type: none"> • Aderleitungen im Elektroinstallationsrohr auf oder in der Wand, • Aderleitungen, einadrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal. |
| B2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationsrohr auf und in der Wand, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Elektroinstallationskanal, • mehradrige Kabel oder Mantelleitungen im Sockelleisten- oder im Unterflurkanal. |
| C |  | Verlegung direkt auf oder in den Untergrund (Wand) <ul style="list-style-type: none"> • Ein- oder mehradrige Kabel oder Mantelleitungen auf oder in der Wand oder unter der Decke, • Stegleitungen im oder unter Putz. |
| D |  | Verlegung im Erdboden <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder mehradrige ummantelte Installationsleitung im Elektroinstallationsrohr oder im Kabelschacht in der Erde. |
| E |  | Verlegung frei in der Luft <ul style="list-style-type: none"> • Mehradrige Kabel oder mehradrige Mantelleitungen frei in der Luft verlegt mit einem Mindestabstand $a \geq 0,3 \cdot d$ zur Wand (d = Leitungsdurchmesser), • Kabel oder Leitungen auf gelochten Kabelrinnen oder auf Kabelkonsolen. |
| F |  | <ul style="list-style-type: none"> • Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit gegenseitiger Berührung verlegt und mit einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand. |
| G |  | <ul style="list-style-type: none"> • Einadrige Kabel oder einadrige Mantelleitungen mit einem gegenseitigen Abstand $a \geq 1 \cdot d$ verlegt und einem Mindestabstand $a \geq 1 \cdot d$ zur Wand, • blanke Leiter oder Aderleitungen auf Isolatoren. |

Wird eine einzelne Leitung z. B. auf einer Länge von < 50 mm vollständig gedämmt, ist ein Reduktionsfaktor von 0,89 bezogen auf die Strombelastbarkeit der Verlegeart C anzuwenden. Weitere Reduktionsfaktoren sind in der DIN VDE 0100-520 Beiblatt 1 zu finden.



© Walter Eichler et. al.: Rechenbuch Elektrotechnik: Ein Lehr- und Übungsbuch zur Grund- und Fachstufe, 21. Auflage, Hahn-Gruiten 2017, Verlag Europa-Lehrmittel, Europa Nr. 30766

|  Strombelastbarkeit, Umrechnungsfaktoren von Kabeln und isolierten Leitungen | | | | | | | | | | | | | DIN VDE 0298 Teil 4 (Auszug) | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------------|--|
| Tabelle 1: <ul style="list-style-type: none"> • Bemessungswert I_r der Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen (PVC-isoliert) für feste Verlegung in den Verlegearten A1, A2, B1, B2, C und E. • Bemessungsstrom I_N der Überstrom-Schutzeinrichtung in A (Leitungsschutzsicherungen gG und LS-Schaltern Typ B, C und D mit einem Abschaltstrom $I_a \leq 1,45 \cdot I_N$). • Betriebstemperatur: 70 °C, Umgebungstemperatur: 30 °C. | | | | | | | | | | | | | | |
| Verlegeart | A1 | | A2 | | B1 | | B2 | | C | | E | | | |
| belastete Adern | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | |
| Nennquerschnitt in mm ² Cu | Bemessungswert I_r der Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen in A | | | | | | | | | | | | | |
| | Bemessungsstrom I_N der zugehörigen Überstrom-Schutzeinrichtungen in A | | | | | | | | | | | | | |
| 1,5 | I_r | 15,5 | 13,5 | 15,5 | 13 | 17,5 | 15,5 | 16,5 | 15 | 19,5 | 17,5 | 22 | 18,5 | |
| | I_N | 13 | 13 | 13 | 13 | 16 | 13 | 16 | 13 | 16 | 16 | 20 | 16 | |
| 2,5 | I_r | 19,5 | 18 | 18,5 | 17,5 | 24 | 21 | 23 | 20 | 27 | 24 | 30 | 25 | |
| | I_N | 16 | 16 | 16 | 16 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | 20 | 25 | 25 | |
| 4 | I_r | 26 | 24 | 25 | 23 | 32 | 28 | 30 | 27 | 36 | 32 | 40 | 34 | |
| | I_N | 25 | 20 | 25 | 20 | 32 | 25 | 25 | 25 | 35 | 32 | 40 | 32 | |
| 6 | I_r | 34 | 31 | 32 | 29 | 41 | 36 | 38 | 34 | 46 | 41 | 51 | 43 | |
| | I_N | 32 | 25 | 32 | 25 | 40 | 35 | 35 | 32 | 40 | 40 | 50 | 40 | |
| 10 | I_r | 46 | 42 | 43 | 39 | 57 | 50 | 52 | 46 | 63 | 57 | 70 | 60 | |
| | I_N | 40 | 40 | 40 | 35 | 50 | 50 | 50 | 40 | 63 | 50 | 63 | 50 | |
| 16 | I_r | 61 | 56 | 57 | 52 | 76 | 68 | 69 | 62 | 85 | 76 | 94 | 80 | |
| | I_N | 50 | 50 | 50 | 50 | 63 | 63 | 63 | 50 | 80 | 63 | 80 | 80 | |
| 25 | I_r | 80 | 73 | 75 | 68 | 101 | 89 | 90 | 80 | 112 | 96 | 119 | 101 | |
| | I_N | 80 | 63 | 63 | 63 | 100 | 80 | 80 | 80 | 100 | 80 | 100 | 100 | |
| Bemessungswerte I_r für die Verlegearten F und G siehe DIN VDE 0298, Teil 4 oder Tabellenbuch Elektrotechnik. | | | | | | | | | | | | | | |
| Tabelle 2: Umrechnungsfaktoren f_1 für abweichende Umgebungstemperaturen | | | | | | | | | | | | | | |
| Umgebungstemperatur in °C | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | |
| PVC-Isolierung | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,0 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,5 | 0,35 | - | |
| Gummi-Isolierung | 1,29 | 1,22 | 1,15 | 1,08 | 1,0 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 | - | - | - | |
| Tabelle 3: Umrechnungsfaktoren f_2 bei Häufung von Kabeln oder Leitungen auf der Wand, im Rohr oder im Kanal verlegt | | | | | | | | | | | | | | |
| Anordnung der Leitungen | Anzahl der mehradrigen Leitungen oder Anzahl der Wechsel- oder Drehstromkreise | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | | |
| Gebündelt direkt auf der Wand, auf dem Fußboden, im Elektroinstallationskanal oder -rohr, auf oder in der Wand |  | 1,0 | 0,8 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,5 | 0,48 | | | |
| Einlagig ohne Zwischenraum auf der Wand oder auf dem Fußboden ohne Zwischenraum |  | 1,0 | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,7 | 0,7 | | | |
| Umrechnungsfaktoren für weitere Leitungsanordnungen: Tabellenbuch Elektrotechnik oder DIN VDE 0298, Teil 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| Tabelle 4: Umrechnungsfaktoren f_3 für mehradrig belastete Kabel und Leitungen¹ | | | | | | | | | | | | | | |
| Anzahl der belasteten Adern | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 14 | 19 | 24 | 40 | 61 | | | | |
| Umrechnungsfaktor f_3 | 1 | 1 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,4 | 0,35 | 0,3 | | | | |
| Bei 2 und 3 belasteten Adern sind die Bemessungswerte I_r der Tabelle 1 zu entnehmen, ¹ Verlegung in Luft | | | | | | | | | | | | | | |



Erwartete Prüfungsleistung

Kompetenzbeschreibung zu Aufgabe 1

Die Schülerinnen und Schüler setzen die Anforderungen des Wärmeschutzes nach GEG beim Entwurf von Bauteilen der Gebäudehülle um.

Die Schülerinnen und Schüler führen bauphysikalische Nachweise nach DIN 4108 und Tauwasseruntersuchungen nach dem Glaser-Verfahren durch.

Die Schülerinnen und Schüler berechnen relevante Werte zur Tauwasseruntersuchung und stellen diese mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms als Diagramm dar.

Die Schülerinnen und Schüler weisen nach, dass die Biegezugbewehrung eines Stahlbetonbalkens ausreichend dimensioniert ist.

Die Schülerinnen und Schüler prüfen rechnerisch, ob die Bewehrungsrichtlinien nach DIN 1045 eingehalten wurden.

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|----------|----------|-----|
| 1.1.1 | <p>Erwartet wird eine fachgerechte Darstellung des Wandquerschnittes inkl. Beschriftung, Bemaßung und Schraffuren als Freihandskizze. Eine Lösungsmöglichkeit wäre das Anbringen eines WDVS:</p> <p>BAUTEILSCHICHTEN</p> <ul style="list-style-type: none"> ① INNENPUTZ (KALKGIPS MÖRTEL) $d = 1,5\text{cm}$ ② KS - MAUERWERK $d = 36,5\text{cm}$ ③ AUSSENPUTZ (KALKZEMENTMÖRTEL) $d = 2\text{cm}$ ④ WDVS - DÄMMSCHICHT MINERALISCH $d = 14\text{cm}$ ⑤ WDVS - AUSSENPUTZ (INCL. GLASGEWEBEARMIERUNG) $d = 1\text{cm}$ | | | |
| | 1.1.1 Summe BE | 2 | 1 | |

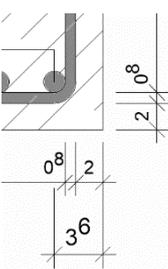
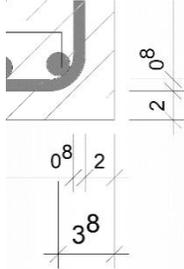
| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|-------------------------------------|--|---|--|---|----------------------|--|--|--|------|--------------------------|------|-------|------|-------|---------------|------|-------|------|-------|------------------------------------|------|------|------|-------|----------------------------------|--|------|------|-------|--------------------------------------|------|------|------|-------|----------------------|--|--|--|------|---------|-------|--------------------------|-------|------|--------------------------|--|--|--|
| 1.1.2 | <p>Die bereitgestellte Berechnungstabelle wird dem Entwurf entsprechend erweitert. Die einzelnen Zellen werden mit den erforderlichen Berechnungsformeln versehen.</p> <p><u>Anmerkung:</u> Hier wird nur der für diese Teilaufgabe notwendige Teil der ausgefüllten Berechnungstabelle wiedergegeben.</p> <table border="1" data-bbox="520 488 1118 887"> <thead> <tr> <th>Schichtenfolge von Innen nach Außen</th> <th>Rohdichte e [kg/m³]</th> <th>Schichtdicke d [m]</th> <th>Wärmeleit-zahl λ_R [W/(m · K)]</th> <th>Wärmeleit-widerstand $R = d / \lambda_R$ [(m² · K)/W]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wärmeüber-gang Innen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,13</td> </tr> <tr> <td>Innenputz Kalkgipsmörtel</td> <td>1400</td> <td>0,015</td> <td>0,70</td> <td>0,021</td> </tr> <tr> <td>KSL-Mauerwerk</td> <td>1600</td> <td>0,365</td> <td>0,79</td> <td>0,462</td> </tr> <tr> <td>(alter) Außenputz Kalkzementmörtel</td> <td>1800</td> <td>0,02</td> <td>1,00</td> <td>0,020</td> </tr> <tr> <td>Wärmedämmung Steinwolle, WLG 040</td> <td></td> <td>0,14</td> <td>0,04</td> <td>3,500</td> </tr> <tr> <td>Ober- und Unterputz Kalkzementmörtel</td> <td>1800</td> <td>0,01</td> <td>1,00</td> <td>0,010</td> </tr> <tr> <td>Wärmeüber-gang Außen</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" data-bbox="799 904 1118 969"> <tbody> <tr> <td>$R_T =$</td> <td>4,183</td> <td>[(m² · K)/W]</td> </tr> <tr> <td>$U =$</td> <td>0,24</td> <td>[W/(m² · K)]</td> </tr> </tbody> </table> <p>Der maximale U-Wert nach GEG wird nicht überschritten.</p> | Schichtenfolge von Innen nach Außen | Rohdichte e [kg/m ³] | Schichtdicke d [m] | Wärmeleit-zahl λ_R [W/(m · K)] | Wärmeleit-widerstand $R = d / \lambda_R$ [(m ² · K)/W] | Wärmeüber-gang Innen | | | | 0,13 | Innenputz Kalkgipsmörtel | 1400 | 0,015 | 0,70 | 0,021 | KSL-Mauerwerk | 1600 | 0,365 | 0,79 | 0,462 | (alter) Außenputz Kalkzementmörtel | 1800 | 0,02 | 1,00 | 0,020 | Wärmedämmung Steinwolle, WLG 040 | | 0,14 | 0,04 | 3,500 | Ober- und Unterputz Kalkzementmörtel | 1800 | 0,01 | 1,00 | 0,010 | Wärmeüber-gang Außen | | | | 0,04 | $R_T =$ | 4,183 | [(m ² · K)/W] | $U =$ | 0,24 | [W/(m ² · K)] | | | |
| Schichtenfolge von Innen nach Außen | Rohdichte e [kg/m ³] | Schichtdicke d [m] | Wärmeleit-zahl λ_R [W/(m · K)] | Wärmeleit-widerstand $R = d / \lambda_R$ [(m ² · K)/W] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wärmeüber-gang Innen | | | | 0,13 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Innenputz Kalkgipsmörtel | 1400 | 0,015 | 0,70 | 0,021 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KSL-Mauerwerk | 1600 | 0,365 | 0,79 | 0,462 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (alter) Außenputz Kalkzementmörtel | 1800 | 0,02 | 1,00 | 0,020 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wärmedämmung Steinwolle, WLG 040 | | 0,14 | 0,04 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ober- und Unterputz Kalkzementmörtel | 1800 | 0,01 | 1,00 | 0,010 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Wärmeüber-gang Außen | | | | 0,04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $R_T =$ | 4,183 | [(m ² · K)/W] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $U =$ | 0,24 | [W/(m ² · K)] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1.2 Summe BE | 3 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1.2.1

| Teilaufgabe | | Lösungsskizze/Hinweise | | | | | | | | | | I | II | III |
|---|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|---|---|---|---|-----------------------------------|------------------------------|-------------|--|---|----|-----|
| <p>Die Berechnung erfolgt wiederum unter Zuhilfenahme der Berechnungstabelle. Werte müssen aus dem Tabellenbuch entnommen und in die Tabelle eingepflegt werden. Alle Berechnungen sind in den entsprechenden Zellen mittels zu ergänzenden Berechnungsformeln durchzuführen.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Bauvorhaben: Sanierung der Außenwand (Entwurf der Firma Putz-Meister)</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Nachweis von Tauwasseranfall - Glaser - Verfahren nach DIN 4108</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| Schichtenfolge von Innen nach Außen | Rohdichte ρ [kg/m^3] | Schichtdicke d [m] | Diffusions-Widerstandszahl μ | diff.äquival. Luftschichtdicke s_d [m] $s_d = \mu \cdot d$ | Wärmeleit-zahl λ_R [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] | Wärmeleit-widerstand $R = d / \lambda_R$ [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$] | Temperaturen an den Schichtgrenzen ϑ [$^{\circ}\text{C}$] | Dampf-sättigungs-druck P_s [Pa] | Parti-aldampf-druck P [Pa] | Bearbeiter: | | | | |
| Wärmeüber-gang Innen | | | | | | 0,13 | 20 | 2340 | 1170 | | | | | |
| Innenputz Kalkgipsmörtel | 1400 | 0,015 | 70 | 1,05 | 0,70 | 0,021 | 19,1 | 2227 | 1170 | | | | | |
| KSL-Mauerwerk (alter) Außenputz Kalkzementmörtel | 1600 | 0,365 | 15 | 5,48 | 0,79 | 0,462 | 18,9 | 2197 | 1059 | | | | | |
| Wärmedämmung Steinwolle, WLG 040 | 1800 | 0,02 | 60 | 1,20 | 1,00 | 0,020 | 15,6 | 1830 | 478 | | | | | |
| Ober- und Unterputz Kunstharzputz | 1100 | 0,006 | 1 | 0,14 | 0,04 | 3,500 | 15,5 | 1479 | 350 | | | | | |
| | | | 200 | 1,20 | 0,7 | 0,009 | -9,7 | 267 | 208 | | | | | |
| Wärmeüber-gang Außen | | | | | | 0,04 | -9,7 | 267 | 208 | | | | | |
| Summen | | 0,546 | | 9,065 | | | -10,0 | 260 | 208 | | | | | |
| | | | | | | $R_T =$ | | | | | | | | |
| | | | | | | 4,182 | | | | | | | | |
| | | | | | | $U =$ | | | | | | | | |
| | | | | | | 0,24 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|---|----|-----|
| | <p>Interpretation der Ergebnisse:</p> <p>Der geforderte maximale U-Wert wird bei diesem Wandaufbau nicht überschritten. Zwischen der Dämmschicht des WDVS und des Unter- bzw. Oberputzes übersteigt der Wasserdampf-Partialdruck mit 335 Pa den Wert des Wasserdampfsättigungsdruckes (267 Pa). Es kommt zur Kondensatbildung. Der relativ geringe Dampfdruckunterschied lässt vermuten, dass wenig Tauwasser anfällt und die Konstruktion während der Verdunstungsperiode (Sommer) wieder austrocknen wird. (Diese Vermutung wäre durch weitere Berechnungen zu überprüfen.)</p> | | | |
| | 1.2.1 Summe BE | 3 | 6 | 5 |
| 1.2.2 | <p>Erstellung des Wasserdampfdiffusions-Diagrammes für den Außenwandaufbau durch Firma Putz-Meister mittels Tabellenkalkulationsprogramm:</p> <div style="text-align: center;"> <p>Wasserdampfdiffusions-Diagramm</p> <p>Wasserdampfdruck [Pa]</p> <p>Dicke [cm]</p> <p>— Wasserdampf-Sättigungsdruck [Pa] — Partialdruckverlauf [Pa]</p> </div> <p>Es wird deutlich, dass sich die Kurven für den Wasserdampf-Partialdruck und den Wasserdampf-Sättigungsdruck schneiden. Damit ist die Lage der Tauwasserebene am äußeren Rand der Dämmschicht definiert.</p> <p>Das Austrocknen der Außenwand in der Verdunstungsperiode (Sommer) wird zudem aufgrund des hohen μ-wertes (200) des Kunstharzputzes stark behindert.</p> <p>Der Entwurf der Firma Putz-Meister ist ungünstig, weil die Gefahr der Tauwasserbildung in der Wandkonstruktion nachgewiesen wurde.</p> | | | |
| | 1.2.2 Summe BE | | 3 | 3 |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|---|----|-----|
| 1.3.1 | <p>Überprüfung der geforderten Betondeckung, indem die Betondeckung aus der Zeichnung mit der geforderten Betondeckung aus der Tabelle verglichen wird.</p> <p>vorhanden $c_{nom} = 2 \text{ cm} = \text{gefordert } c_{nom}$</p> <p>Die Betondeckung des Fertigsturzes entspricht der geforderten Betondeckung der Expositionsklasse XC1.</p> | | 1 | |
| | 1.3.1 Summe BE | | 1 | |
| 1.3.2 | <p>Nachweis, dass der Querschnitt der vorhandenen Biegezugbewehrung ausreicht.</p> <p>Berechnung der statischen Höhe d:</p> $d = h - c_{nom} - d_{S,Bü} - 0,5 d_{S,l}$ $d = 36,0 \text{ cm} - 2,0 \text{ cm} - 0,8 \text{ cm} - 0,8 \text{ cm}$ $d = 32,4 \text{ cm}$ <p>Berechnung des maximalen Biegemomentes:</p> $E_d = \sum_j \gamma_{G,j} \cdot E_{Gk,j} + 1,50 \cdot E_{Qk,unf}$ $E_d = 1,35 \cdot (12 \text{ kN/m} + 7,8 \text{ kN/m} + 1,8 \text{ kN/m}) + 1,5 \cdot 10 \text{ kN/m}$ $E_d = 44,16 \text{ kN/m}$ $M_{max} = \frac{E_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{44,16 \text{ kN/m} \cdot (4,21\text{m})^2}{8} = 97,84 \text{ kNm}$ <p>Bestimmung des Wertes k_s:</p> $k_d = \frac{d [\text{cm}]}{\sqrt{\frac{M [\text{kNm}]}{b [\text{m}]}}} = \frac{32,4 \text{ cm}}{\sqrt{\frac{97,84 \text{ kNm}}{0,24 \text{ m}}}} = 1,604 \rightarrow k_d = 1,60$ <p>Ablesen aus Tabelle (Anlage zu Aufgabe 1.3) ergibt $k_s = 2,99$.</p> <p>Überprüfung des Querschnittes der vorhandenen Biegezugbewehrung:</p> $\text{erf. } A_s [\text{cm}^2] = k_s \cdot \frac{M_{Ed} [\text{kNm}]}{d [\text{cm}]} = 2,99 \cdot \frac{97,84 \text{ kNm}}{32,4 \text{ cm}} = 9,03 \text{ cm}^2$ <p>Die Querschnittsfläche der vorhandenen Biegezugbewehrung 5 Ø 16 mit $A = 10,1 \text{ cm}^2$ ist größer als die erforderliche Querschnittsfläche mit $A = 9,03 \text{ cm}^2$.</p> <p>Die vorhandene Biegezugbewehrung ist ausreichend dimensioniert.</p> | 1 | 2 | 1 |
| | 1.3.2 Summe BE | 4 | 3 | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|-----------|-----------|-----------|
| 1.3.3 | <p>Vergleich des vorhandenen Stababstandes <i>vorh. a</i> mit dem erforderlichen Stababstand <i>erf. a</i>:</p> $vorh. a = \frac{(24 \text{ cm} - 2 \cdot c_{nom} - 2 \cdot d_{S,Bü} - 5 \cdot d_{S,l})}{4}$ $vorh. a = \frac{(24 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - 1,6 \text{ cm} - 8 \text{ cm})}{4}$ $vorh. a = \frac{10,4 \text{ cm}}{4} = 2,6 \text{ cm} > erf. a = 2 \text{ cm}$ <p>Der Stababstand ist ausreichend (ohne Berücksichtigung des erforderlichen Biegerollendurchmessers für die Bügel).</p> <p>Unter Berücksichtigung des erforderlichen Biegerollendurchmessers ergeben sich folgende Werte:</p> $d_{br1} = 4 \cdot d_s = 4 \cdot 8 \text{ mm} = 32 \text{ mm} = 3,2 \text{ cm}$ $\Delta x = \Delta y = \frac{(16 \text{ mm} \cdot \sqrt{2} - 16 \text{ mm}) - (8 \text{ mm} \cdot \sqrt{2} - 8 \text{ mm})}{\sqrt{2}}$ $= 2,34 \text{ mm}$ <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>Aus $\Delta x = 2,34 \text{ mm}$ ergibt sich ein veränderter Abstand für <i>a</i>:</p> $vorh. a = \frac{(24 \text{ cm} - 4 \text{ cm} - 1,6 \text{ cm} - 8 \text{ cm} - 2 \cdot 0,234 \text{ cm})}{4}$ $vorh. a = 2,48 \text{ cm} > erf. a = 2 \text{ cm}$ <p>Demnach können, auch bei Berücksichtigung des Biegerollendurchmessers für die Bügel, fünf Bewehrungsstäbe in einer Lage verlegt werden.</p> <p>Da sich nach dieser Rechnung die beiden Bewehrungsstäbe in den unteren Ecken um jeweils 2,34 mm horizontal und vertikal verschieben, ändert sich auch die statische Höhe. Die Abweichung ist jedoch so gering, dass sie hier keine Berücksichtigung findet.</p> | | 1 | 1 |
| | 1.3.3 Summe BE | | 1 | 3 |
| | Aufgabe 1 (40 BE) | 12 | 17 | 11 |

Kompetenzbeschreibung zu Aufgabe 2

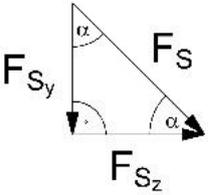
Die Schülerinnen und Schüler ermitteln die physikalisch-technischen Größen Arbeit und Leistung.

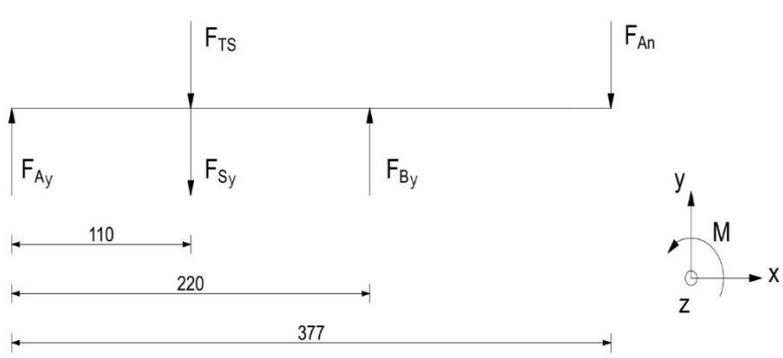
Die Schülerinnen und Schüler überprüfen und dimensionieren Komponenten von Antriebssystemen.

Die Schülerinnen und Schüler bestimmen die Auflagerkräfte.

Die Schülerinnen und Schüler fügen Bauteile und Normteile zu einer Baugruppe mit Hilfe eines CAD-Programmes zusammen und verknüpfen diese.

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|---|---|----|-----|
| 2.1 | <p>Berechnung der Gesamtmasse:</p> $m_{Bt} = 95 \text{ kg}$ $m_{Wg} = 150 \text{ kg}$ $m_{Ges} = m_{Bt} + m_{Wg}$ $m_{Ges} = 245 \text{ kg}$ | 1 | | |
| | <p>Berechnung der maximal erforderlichen Hubarbeit:</p> $W_H = F_G \cdot v = m_{Ges} \cdot g \cdot h$ $W_H = m_{Ges} \cdot g \cdot h$ $W_H = 245 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2,5 \text{ m}$ $W_H = 6008,63 \text{ J}$ | 1 | | |
| | 2.1 Summe BE | 2 | | |
| 2.2 | <p>Berechnung der zurückgelegten Wegstrecke:</p> $v = \frac{s}{t}$ $t = \frac{s}{v}$ $t = \frac{3,535 \text{ m}}{0,14 \text{ m/s}}$ $t = 24,95 \text{ s}$ | 1 | | |
| | <p>Berechnung der zum Bewegen des beladenen Slipwagens maximal erforderlichen Hubleistung:</p> $P_H = \frac{W_H}{t} \cdot v$ $P_H = \frac{6000 \text{ W}}{24,95 \text{ s}} \cdot 5$ $P_H = 1202,26 \text{ W}$ | 1 | | |
| | 2.2 Summe BE | 2 | | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|--------------|---|---|----|-----|
| 2.3 | <p>Berechnung der notwendigen Leistung an der Abtriebswelle:</p> $\eta = \frac{P_H}{P_A}$ $P_A = \frac{P_H}{\eta}$ $P_A = \frac{1200 \text{ W}}{0,84} = 1428,57 \text{ W}$ <p>Überprüfung, ob die Nennleistung des Motors für die erforderliche Leistung an der Ausgangswelle ausreichend ist:</p> $P_N = 1,5 \text{ kW} > P_A = 1,43 \text{ kW}$ <p>Der Motor DRE90L2 verfügt für den geplanten Einsatz über eine ausreichende Nennleistung.</p> | 2 | 1 | |
| 2.3 Summe BE | | 2 | 1 | |
| 2.4 | <p>Ermittlung der Kraftkomponente F_{S_y} der Seilkraft:</p>  $\cos \alpha = \frac{F_{S_y}}{F_S}$ $F_{S_y} = \cos \alpha \cdot F_S$ $F_{S_y} = \cos 45^\circ \cdot 3000 \text{ N}$ $F_{S_y} = 2121,32 \text{ N}$ <p>Ermittlung der Kraftkomponente F_{S_z} der Seilkraft.</p> $F_{S_z} = F_{S_y} = 2121,32 \text{ N}$ | | 2 | 1 |
| 2.4 Summe BE | | | 3 | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|---|---|------------|------------|
| 2.5 | <p>Ermittlung der Gewichtskräfte:</p> $F_{TS} = m_{TS} \cdot g$ $F_{TS} = 65 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $F_{TS} = 637,65 \text{ N}$ $F_{An} = m_{An} \cdot g$ $F_{An} = 50 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $F_{An} = 490,50 \text{ N}$ <p>Erstellung des mechanischen Ersatzbildes:</p>  <p>Bestimmung der Auflagerkräfte:</p> $\sum M_{(A)} = 0 = F_{By} \cdot 220 \text{ mm} - F_{TS} \cdot 110 \text{ mm} - F_{Sy} \cdot 110 \text{ mm} - F_{An} \cdot 377 \text{ mm}$ $F_{By} = \frac{F_{TS} \cdot 110 \text{ mm} + F_{Sy} \cdot 110 \text{ mm} + F_{An} \cdot 377 \text{ mm}}{220 \text{ mm}}$ $F_{By} = \frac{(637,65 \cdot 110 + 2100 \cdot 110 + 490,50 \cdot 377) \text{ Nmm}}{220 \text{ mm}}$ $F_{By} = 2209,36 \text{ N}$ $\sum F_y = 0 = F_{Ay} - F_{TS} - F_{Sy} + F_{By} - F_{An}$ $F_{Ay} = F_{TS} + F_{Sy} - F_{By} + F_{An}$ $F_{Ay} = 637,65 \text{ N} + 2100 \text{ N} - 2209,36 \text{ N} + 490,50 \text{ N}$ $F_{Ay} = 1018,79 \text{ N}$ <p>Vergleich der Ergebnisse mit der Herstellerempfehlung:</p> $F_{Ay} = 1018,79 \text{ N} \leq F_{zul} = 2500 \text{ N}$ $F_{By} = 2209,36 \text{ N} \leq F_{zul} = 2500 \text{ N}$ <p>Die maximalen Auflagerkräfte für A und B in radialer Richtung liegen unter der Herstellerempfehlung.</p> | | 2 3 | 2 2 |
| | 2.5 Summe BE | | 6 | 4 |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|----------|-----------|-----------|
| 2.6 | <p>Ermittlung der äquivalenten Lagerbelastung:</p> $P = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$ $P = 1 \cdot 2,5 \text{ kN} + 0 \cdot 0 \text{ kN}$ $P = 2,5 \text{ kN}$ <p>Ermittlung der nominellen Lebensdauer in Umdrehungen:</p> <p>$C = 19,3 \text{ kN}$ für Lagerreihe 62 mit $d = 30 \text{ mm}$</p> $L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \cdot 10^6$ $L_{10} = \left(\frac{19,3 \text{ kN}}{2,5 \text{ kN}}\right)^3 \cdot 10^6$ $L_{10} = 460,10 \cdot 10^6$ <p>Nominelle Lebensdauer in Betriebsstunden:</p> $L_{10h} = \frac{L_{10}}{60 \cdot n}$ $L_{10h} = \frac{460,10 \cdot 10^6}{60 \cdot 20 \text{ min}^{-1}}$ $L_{10h} = 383416 \text{ h}$ | | 1 | |
| | 2.6 Summe BE | | 5 | |
| 2.7 | <p>Erstellung der Baugruppenzeichnung einer Baugruppe mittels CAD (Hinweise unter https://youtu.be/w7jG_sg_d64):</p> <p>Fixierung des Motors</p> <p>Entzug der Freiheitsgrade von den Bauteilen 02, 05, 06 und 07 über Abhängigkeiten bzw. Verknüpfungen</p> <p>Verknüpfung der Bauteile 03 (zweimal) und 04 unter Einbeziehung von Ebenen</p> <p>Ergänzung der Baugruppe mit den vorgegebenen Normteilen und Vergabe von Abhängigkeiten bzw. Verknüpfungen</p> <p>Realisierung der Drehbewegung von Bauteil 02 zu Bauteil 07</p> | | 1 | 4 |
| | 2.7 Summe BE | | 7 | 8 |
| | Aufgabe 2 (40 BE) | 6 | 22 | 12 |

Kompetenzbeschreibung zu Aufgabe 3

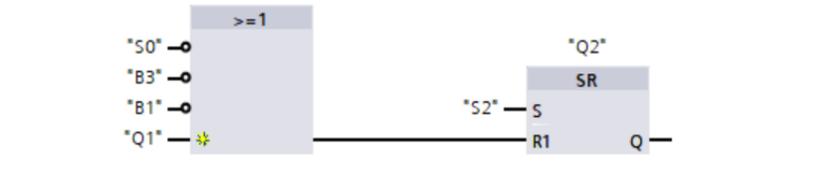
Die Schülerinnen und Schüler dimensionieren und wählen unter Verwendung von Datenblättern elektrische Betriebsmittel zum Leitungsschutz aus.

Die Schülerinnen und Schüler untersuchen elektrische Anlagen und überprüfen deren Abschaltcharakteristik.

Die Schülerinnen und Schüler analysieren und entwickeln verbindungs- sowie speicherprogrammierte Steuerungen und nehmen diese in Betrieb.

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|--|---|----|-----|
| 3.1 | <p>Bestimmung der maximal zulässigen Strombelastbarkeit I_z:</p> $I_z = f_1 \cdot f_2 \cdot I_r$ $I_z = 1,06 \cdot 0,7 \cdot 15 \text{ A}$ $I_z = 11,13 \text{ A}$ <p>Rechnerische Überprüfung, ob der Spannungsfall eingehalten wird:</p> $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi}{\kappa \cdot q}$ $\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 70 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ A} \cdot 0,93}{56 \frac{\text{A} \cdot \text{m}}{\text{V} \cdot \text{mm}^2} \cdot 1,5 \text{ mm}^2}$ $\Delta U = 3,69 \text{ V}$ $\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_b} \cdot 100\%$ $\Delta U_{\%} = \frac{3,69 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100\%$ $\Delta U_{\%} = 0,92 \%$ <p>Der Spannungsfall auf der Leitung beträgt $\Delta U_{\%} = 0,92 \%$ und ist somit kleiner als die maximal zulässigen 3 %.</p> <p>Auswahl eines geeigneten Leistungsschutzschalters:</p> $I_b \leq I_N \leq I_z$ $2,75 \text{ A} \leq 10 \text{ A} \leq 11,13 \text{ A} \rightarrow \text{Bedingung ist erfüllt}$ <p>Die maximal zulässige Strombelastbarkeit der Leitung beträgt $I_z = 11,13 \text{ A}$</p> <p>\rightarrow Der nächstmögliche Leitungsschutzschalter hat einen Bemessungsstrom von $I_N = 10 \text{ A}$.</p> | 3 | 5 | 2 |
| | 3.1 Summe BE | 3 | 7 | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III |
|-------------|---|---|----|-----|
| 3.2 | <p>Ermittlung des Kurzschlussstromes I_K in der Fehlerschleife:</p> $I_K = \frac{U_0}{Z_S}$ $I_K = \frac{230 \text{ V}}{2 \Omega}$ $I_K = 115 \text{ A}$ <p>Ermittlung des erforderlichen Abschaltstromes I_A für den Leitungsschutzschalter:</p> $I_A = 10 \cdot 32 \text{ A} = 320 \text{ A}$ <p>Überprüfung der Einhaltung des Abschaltstromes:</p> $I_k \geq 1,5 \cdot I_A$ $I_K = 115 \text{ A} < 1,5 \cdot I_A = 480 \text{ A} \rightarrow \text{Bedingung nicht eingehalten}$ <p>Der Leitungsschutzschalter ist nicht geeignet, da er im Kurzschlussfall nicht sicher abschaltet.</p> $\rightarrow I_K = 115 \text{ A} < 1,5 \cdot I_A = 480 \text{ A}$ | | 2 | 1 |
| | 3.2 Summe BE | | 2 | 2 |
| 3.3 | <p>Beschreibung der Funktion der Schaltung:</p> <p>Die Betriebsart Slipwagen-AUF startet durch Betätigen des Tasters S1.</p> <p>Der Hilfskontakt von Q1 im Pfad 2 überbrückt als Selbsthaltung den Taster S1 in Pfad 1.</p> <p>Wenn die Slipanlage die obere Endposition erreicht hat, schaltet der Endschalter B2 die Betriebsart ab.</p> <p>Die Betriebsart Slipwagen-AB startet durch Betätigen des Tasters S2.</p> <p>Der Hilfskontakt von Q2 im Pfad 5 überbrückt als Selbsthaltung den Taster S2 in Pfad 4.</p> <p>Wenn die Slipanlage die untere Endposition erreicht hat, schaltet der Endschalter B3 die Betriebsart ab.</p> <p>Die Anlage kann durch den Not-Aus-Schalter jederzeit abgeschaltet werden.</p> <p>Der Öffnerkontakt des Motorschutzrelais B1 schaltet die Slipwagensteuerung bei Überlastung des Motors ab.</p> <p>Durch den Schließerkontakt von B1 erfolgt bei Motorstörung eine optische Warnung über die Meldeleuchte P1.</p> | 8 | | |
| | 3.3 Summe BE | 8 | | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|---|---|-------|-------------------|------|-------|------------------------------------|------|-------|------------------------------------|------|-------|-------------------------------------|------|-------|----------------|------|-------|---|------|-------|-------------------|------|-------|-------------------------------------|------|-------|------------------------------------|------|-------|-------------------------------------|------|-------|----------------|------|-------|---|------|-------|-------------------|------|-------|--|---|--|--|
| 3.4 | <p style="text-align: center;">Entwicklung eines Funktionsplanes (FUP)</p> <p>Netzwerk 1: Slipanlage aufwärts</p> <p>Kommentar</p>  <table border="1" data-bbox="400 629 1225 792"> <tr><td>*B1*</td><td>%I0.3</td><td>Motorschutzrelais</td></tr> <tr><td>*B2*</td><td>%I0.4</td><td>Rollenendschalter: Slipanlage oben</td></tr> <tr><td>*Q1*</td><td>%Q0.0</td><td>Schütz: Slipanlage fährt nach oben</td></tr> <tr><td>*Q2*</td><td>%Q0.1</td><td>Schütz: Slipanlage fährt nach unten</td></tr> <tr><td>*S0*</td><td>%I0.0</td><td>Not-Aus-Taster</td></tr> <tr><td>*S1*</td><td>%I0.1</td><td>Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach c</td></tr> </table> <p>Netzwerk 2: Slipanlage abwärts</p> <p>Kommentar</p>  <table border="1" data-bbox="400 1122 1225 1285"> <tr><td>*B1*</td><td>%I0.3</td><td>Motorschutzrelais</td></tr> <tr><td>*B3*</td><td>%I0.5</td><td>Rollenendschalter: Slipanlage unten</td></tr> <tr><td>*Q1*</td><td>%Q0.0</td><td>Schütz: Slipanlage fährt nach oben</td></tr> <tr><td>*Q2*</td><td>%Q0.1</td><td>Schütz: Slipanlage fährt nach unten</td></tr> <tr><td>*S0*</td><td>%I0.0</td><td>Not-Aus-Taster</td></tr> <tr><td>*S2*</td><td>%I0.2</td><td>Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach</td></tr> </table> <p>Netzwerk 3: Meldeleuchte Motorschutz hat ausgelöst</p> <p>Kommentar</p>  <table border="1" data-bbox="400 1585 1225 1644"> <tr><td>*B1*</td><td>%I0.3</td><td>Motorschutzrelais</td></tr> <tr><td>*P1*</td><td>%Q0.2</td><td>Meldeleuchte Motorschutz hat ausgelöst</td></tr> </table> | *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | *B2* | %I0.4 | Rollenendschalter: Slipanlage oben | *Q1* | %Q0.0 | Schütz: Slipanlage fährt nach oben | *Q2* | %Q0.1 | Schütz: Slipanlage fährt nach unten | *S0* | %I0.0 | Not-Aus-Taster | *S1* | %I0.1 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach c | *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | *B3* | %I0.5 | Rollenendschalter: Slipanlage unten | *Q1* | %Q0.0 | Schütz: Slipanlage fährt nach oben | *Q2* | %Q0.1 | Schütz: Slipanlage fährt nach unten | *S0* | %I0.0 | Not-Aus-Taster | *S2* | %I0.2 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach | *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | *P1* | %Q0.2 | Meldeleuchte Motorschutz hat ausgelöst | 8 | | |
| *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *B2* | %I0.4 | Rollenendschalter: Slipanlage oben | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Q1* | %Q0.0 | Schütz: Slipanlage fährt nach oben | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Q2* | %Q0.1 | Schütz: Slipanlage fährt nach unten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *S0* | %I0.0 | Not-Aus-Taster | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *S1* | %I0.1 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach c | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *B3* | %I0.5 | Rollenendschalter: Slipanlage unten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Q1* | %Q0.0 | Schütz: Slipanlage fährt nach oben | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Q2* | %Q0.1 | Schütz: Slipanlage fährt nach unten | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *S0* | %I0.0 | Not-Aus-Taster | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *S2* | %I0.2 | Ein-Taster: Anforderung Slipanlage nach | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *B1* | %I0.3 | Motorschutzrelais | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *P1* | %Q0.2 | Meldeleuchte Motorschutz hat ausgelöst | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.4 Summe BE | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Teilaufgabe | Lösungsskizze/Hinweise | I | II | III | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--|--|---------------------------|-----------|---------------------|--|--|------------------|---|--|-----------------------------|---|--|--|--|----|
| 3.5 | Entwicklung eines Inbetriebnahmeprotokoll: | | | | | | | | | | | | | | | |
| | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Funktion</th> <th>Vorbedingungen/ Testfolge</th> <th>Ergebnis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Slipanlage absenken</td> <td> <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 0 • B3 (Endtaster unten) Signal = 1 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S2 betätigen Signal = 1 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich abwärts B2 (Endtaster oben) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> </td> <td></td> </tr> <tr> <td>Slipanlage heben</td> <td> <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 1 • B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S1 betätigen Signal = 1 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich aufwärts B3 (Endtaster unten) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B2 (Endtaster oben) Signal = 0 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> </td> <td></td> </tr> <tr> <td>Notaus/ Motor- schutz</td> <td> <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Schütz ist eingeschaltet <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Betätigung von B1 oder S0 <p>→ Q1 bzw. Q2 Signal = 0 ✓</p> </td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | Funktion | Vorbedingungen/ Testfolge | Ergebnis | Slipanlage absenken | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 0 • B3 (Endtaster unten) Signal = 1 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S2 betätigen Signal = 1 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich abwärts B2 (Endtaster oben) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> | | Slipanlage heben | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 1 • B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S1 betätigen Signal = 1 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich aufwärts B3 (Endtaster unten) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B2 (Endtaster oben) Signal = 0 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> | | Notaus/ Motor- schutz | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Schütz ist eingeschaltet <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Betätigung von B1 oder S0 <p>→ Q1 bzw. Q2 Signal = 0 ✓</p> | | | | 10 |
| | Funktion | Vorbedingungen/ Testfolge | Ergebnis | | | | | | | | | | | | | |
| | Slipanlage absenken | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 0 • B3 (Endtaster unten) Signal = 1 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S2 betätigen Signal = 1 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich abwärts B2 (Endtaster oben) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <p>→ Q2 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| Slipanlage heben | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • S0 (Not-Aus) Signal = 1 • B1 (Motorschutz) Signal = 1 • B2 (Endtaster oben) Signal = 1 • B3 (Endtaster unten) Signal = 0 <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Anforderung: Slipanlage abwärts Taster S1 betätigen Signal = 1 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 1 ✓</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Slipanlage bewegt sich aufwärts B3 (Endtaster unten) Signal = 1 3. Slipanlage unten angekommen B2 (Endtaster oben) Signal = 0 <p>→ Q1 (Schütz nach unten) Signal = 0 ✓</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Notaus/ Motor- schutz | <u>Vorbedingungen:</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Schütz ist eingeschaltet <u>Testfolge:</u> <ol style="list-style-type: none"> 1. Betätigung von B1 oder S0 <p>→ Q1 bzw. Q2 Signal = 0 ✓</p> | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.5 Summe BE | | | 10 | | | | | | | | | | | | |
| | Aufgabe 3 (40 BE) | 11 | 17 | 12 | | | | | | | | | | | | |
| | Aufgabe IW gesamt (120 BE) | 29 | 56 | 35 | | | | | | | | | | | | |