



Ergänzende Handreichung zum Fachlehrplan Elektrotechnik

WAKE

Weiterentwicklung der **A**ufgaben**K**ultur **E**lektrotechnik

Herausgegeben vom
Ministerium für Schule und Weiterbildung
des Landes Nordrhein-Westfalen
Referat 312, März 2014

Erstellt von der Arbeitsgruppe WAKE

Otto Allendorff	(Bezirksregierung Köln)
Burkhard Häger	(Börde-Berufskolleg Soest)
Carsten Irmer	(Börde-Berufskolleg Soest)
Andreas Knuhr	(Carl-Miele-Berufskolleg des Kreises Gütersloh)
Christoph Töller	(Berufskolleg für Technik und Informatik – Neuss)

März 2014

Vorwort

Die vorliegende Handreichung **WAKE** („Weiterentwicklung der AufgabenKultur in Elektrotechnik“) ergänzt den Fachlehrplan für den Profil bildenden Leistungskurs Elektrotechnik des Beruflichen Gymnasiums der Berufskollegs. Mit Blick auf die zentrale Abiturprüfung werden die zu überprüfenden Kompetenzen, die sie fundierenden Inhalte und die zur Überprüfung geeigneten Aufgabenarten beschrieben. Weiter enthält die Handreichung einen Leitfaden zur kompetenzorientierten Entwicklung von Prüfungsaufgaben und mit Aufgabenbeispielen wird die Umsetzung von Kompetenzen in Prüfungsaufgaben exemplarisch verdeutlicht.

In jedem Jahr werden vom Schulministerium Berufskollegs mit der Erstellung von Abiturprüfungsvorschlägen im Fach Elektrotechnik beauftragt. Inzwischen haben fast alle Berufskollegs mit dem Profil bildenden Leistungskursfach Elektrotechnik Vorschläge für die zentrale Abiturprüfung vorgelegt. Auf der Basis der von den Berufskollegs vorgelegten Prüfungsvorschläge erstellt eine vom Ministerium eingesetzte Aufgabenkommission „Elektrotechnik“ die landeszentralen Prüfungsvorschläge; sie trifft dabei aus den vorgelegten Prüfungsvorschlägen eine Auswahl oder modifiziert diese.

Im Februar 2011 wurde die Aufgabenkommission „Elektrotechnik“ um die Arbeitsgruppe **WAKE** erweitert. Auf der Basis der seit 2008 durchgeföhrten Evaluationen und den Erfahrungen aus der Praxis der Aufgabenkommission hat die Arbeitsgruppe die vorliegende Handreichung erarbeitet. Ziel der Handreichung ist die Unterstützung der Fachkolleginnen und Fachkollegen bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben und der Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die Anforderungen der zentralen Abiturprüfung.

Für die Arbeitsgruppe und ihr Ergebnis war die fortlaufende Diskussion mit Fachkolleginnen und Fachkollegen wichtig. Stellvertretend für alle an der Diskussion Beteiligten wird an dieser Stelle den Kolleginnen und Kollegen, die im Januar 2013 auf einer Fachtagung die Arbeit an der Handreichung durch ein konstruktives Feedback unterstützt haben, gedankt. Dank gilt Reinhard Glaßmeier (Berufskolleg Rheine) und Steffen Rottig (Berufskolleg Mies-v.d.-Rohe – Aachen) für ihre wichtige Mitarbeit bis Juli 2012.

Soest, im Juli 2013

Arbeitsgruppe **WAKE**

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Inhaltsverzeichnis	4
KAPITEL 1 EINFÜHRUNG	9
1.1 Aufgaben sind die entscheidenden Elemente einer Prüfung.....	9
1.2 Prüfungsaufgaben brauchen Kultur	10
1.3 Die Entwicklung von Aufgaben ist anspruchsvoll	12
1.4 WAKE: Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung.....	13
KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR	15
2.1 Die Leitfrage der Aufgabenkultur	15
2.2 Kompetenzbeschreibung.....	16
2.2.1 Kompetenzbegriff.....	16
2.2.2 Kompetenzbereiche	18
2.2.3 Anforderungsbereiche.....	19
2.2.4 Operatoren.....	19
2.2.5 Kompetenzmatrix	20
2.2.6 Kompetenzfundierende Inhalte	21
2.2.7 Kompetenzmodell	22
2.3 Arbeitsfeld Elektrotechnik	22
2.3.1 Leitideen	23
2.3.2 Technikverständnis	23
2.4 Prüfungsqualität	24
2.4.1 Gütekriterien	24
2.4.2 Objektivität / Personenunabhängigkeit	26
2.4.3 Reliabilität / Zuverlässigkeit.....	26
2.4.4 Gültigkeit / Validität	27
2.4.5 Akzeptanz	29
2.4.6 Ökonomie	29
2.4.7 Nützlichkeit und Zumutbarkeit	30
2.5 Aufgabenvielfalt.....	30
2.5.1 Basisformen.....	30
2.5.2 Offenheit der Aufgaben	31
2.5.3 Aufgabenschwierigkeit	31
2.6 Anforderungen an kultivierte Prüfungen und Prüfungsaufgaben.....	31
2.6.1 Gesamtanlage der Prüfung	31
2.6.2 Entwicklung des Aufgabenteils der Teilaufgaben	32
2.6.3 Entwicklung des Lösungs- und Bewertungsteils.....	32

KAPITEL 3 KOMPETENZEN - INHALTE - OPERATOREN.....	33
3.1 Vorbemerkungen.....	33
3.2 Kompetenzen und Inhalte.....	34
3.2.1 Kompetenzbereich A - Umgang mit Fachwissen	34
3.2.2 Kompetenzbereich B - Methodenbeherrschung	55
3.2.3 Kompetenzbereich C - Kommunikation	90
3.2.4 Kompetenzbereich D - Reflexion.....	93
3.3 Operatoren	96
KAPITEL 4 AUFGABENARTEN	99
4.1 Beschreibung	99
4.1.1 Aufgabenarten: Verknüpfung von Basisformen und Offenheit	99
4.1.2 Basisformen von Prüfungsaufgaben	100
4.1.3 Offenheit der Prüfungsaufgaben	103
4.1.4 Aufgabenarten im Überblick	105
4.2 Beispiele.....	106
Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg	107
Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg	108
Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug	110
Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug	111
Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe.....	114
Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe.....	118
Beispiel 7: Aufgabe mit offenem Lösungsweg (lösungswegeoffen)	120
Beispiel 8: Aufgabe mit offenem Ergebnis (ergebnisoffen)	123
KAPITEL 5 LEITFADEN AUFGABENGESTALTUNG	125
5.1 Der Prozess der Aufgabengestaltung	125
5.1.1 Umsetzung von Kompetenzen, Inhalten, Operatoren in Aufgaben	125
5.1.2 Erfüllung von Anforderungen.....	125
5.1.3 Abiturprüfung = 3 Prüfungsaufgaben.....	126
5.1.4 Gleichwertigkeit der Prüfungsaufgaben.....	127
5.1.5 Teilprozesse der Aufgabengestaltung	127
5.2 Prüfungsaufgaben abstimmen.....	128
5.2.1 Repräsentation des Faches durch Prüfungsaufgaben.....	128
5.2.2 Verteilung von Kompetenzen und Inhalten auf drei gleichwertige Aufgaben	128
5.2.3 Drei Abstimmungsaspekte	129
5.3 Prüfungsaufgaben strukturieren	131
5.3.1 Prüfungsaufgabe = Thema + Aufgabenteil + Lösungsteil + Anhänge	132
5.3.2 Aufgabenteil einer Teilaufgabe.....	133
5.3.3 Lösungsteil einer Teilaufgabe	135
5.3.4 Beispiel: Aufbau und Struktur einer Prüfungsaufgabe (Auszug)	136

Inhaltsverzeichnis

5.4 Teilaufgaben formulieren.....	139
5.4.1 Vier Merkmale der Verständlichkeit.....	139
5.4.2 Formulierung von Ausgangssituationen	143
5.4.3 Formulierung von Informationsteilen	144
5.4.4 Formulierung von Auftragsteilen	144
5.4.5 Bearbeitungsteil erstellen.....	145
5.4.6 Anhang erstellen	145
5.4.7 Lösungsteil erstellen	145
5.5 Prüfungsaufgaben prüfen (Checklisten).....	146
5.5.1 Checkliste - Prüfungsvorschlag Nr. ____ (gesamt)	146
5.5.2 Checkliste Aufgabenteil von Teilaufgabe Nr._____	147
5.5.3 Checkliste – Lösungsteil - Teilaufgabe Nr._____	147
KAPITEL 6 AUFGABENBEISPIELE	149
6.1 Aufgabenbeispiel 1: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)	150
A: Aufgabenteil	150
B: Lösungsteil	161
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	174
6.2 Aufgabenbeispiel 2: Bedienfeldfreischaltung	182
A: Aufgabenteil	182
B: Lösungsteil	188
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	194
6.3 Aufgabenbeispiel 3: Frequenzumrichter	197
A: Aufgabenteil	197
B: Lösungsteil	205
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	209
6.4 Aufgabenbeispiel 4: Digitaler Kalender	212
A: Aufgabenteil	212
B: Lösungsteil	229
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	239
6.5 Aufgabenbeispiel 5: Rolltorsteuerung	243
A: Aufgabenteil	243
B: Lösungsteil	253
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	265
6.6 Aufgabenbeispiel 6: Brennofentemperaturregelung	268
A: Aufgabenteil	268
B: Lösungsteil	273
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	276
6.7 Aufgabenbeispiel 7: Fahrtregler.....	278
A: Aufgabenteil	278

B: Lösungsteil	291
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	297
6.8 Aufgabenbeispiel 8: Brennofensteuerung	301
A: Aufgabenteil	301
B: Lösungsteil	311
C: Prüfungsdidaktischer Kommentar	318
 Anhang	321
A Prüfungsdidaktik	321
B Technik (allgemein)	322
C Elektrotechnik	323
D Verwaltungsvorgaben	324
E Internetquellen	324

KAPITEL 1

EINFÜHRUNG

1.1 Aufgaben sind die entscheidenden Elemente einer Prüfung

Mit der Umstellung von der dezentralen zur zentralen Abiturprüfung sind die Abiturprüfungsaufgaben in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Schüler wie Lehrer erwarten die zentral gestellten Prüfungsaufgaben an den Prüfungsterminen mit großer Spannung und hoffen, dass sich ihre Vorbereitungen auf die Prüfung als lohnend erweisen. Die zentralen Prüfungen stehen auch deshalb im Fokus der Aufmerksamkeit, da mit ihnen der Anspruch erhöht wird, dass die Qualität der Prüfungen im Vergleich zu den dezentralen Prüfungen verbessert wird.

Mit den Abiturprüfungsaufgaben werden die Anforderungen der Abiturprüfung operationalisiert. Sie bilden quasi einen abschlussbe-

Mit Prüfungsaufgaben werden die Anforderungen der Abiturprüfung operationalisiert.

zogenen Standard für die Abiturprüfungsfächer. Damit sind die Prüfungsaufgaben auch Impulsgeber für den der Abiturprüfung vorausgehenden Unterricht, da sich dieser an den Prüfungsanforderungen orientiert. Mit den zentral gestellten Prüfungsaufgaben erhalten die unterrichtenden Lehrerinnen und Lehrer wichtige Informationen über die Entwicklung der Anforderungen in der Abiturprüfung.

Prüfungsaufgaben erfassen den Stand erworbener Kompetenzen; sie sind (Mess-) Instrumente, mit denen die Leistungen der

Prüfungsaufgaben sind Messinstrumente, mit denen Kompetenzen erfasst und bewertet werden

Schülerinnen und Schüler erfasst und bewertet werden. Die Schülerinnen und Schüler sind in der Prüfung mit den Aufgaben auf sich allein gestellt; Rückfragen und weitere Erläuterungen sind in der Prüfung nicht möglich. Prüfungsaufgaben müssen deshalb mit besonderer Verantwortung und Sorgfalt erstellt werden.

Schülerinnen und Schüler und die sie auf die Prüfung vorbereitenden Lehrerinnen und Lehrer beurteilen die Schwierigkeit und Fairness der Prüfungsaufgaben.

Prüfungsaufgaben müssen mit besonderer Sorgfalt und Verantwortung erstellt werden.

Lehrkräfte prüfen die zentral gestellten Abi-

turprüfungsaufgaben kritisch, da auftretende Mängel gravierendere Folgen für die Durchführung der Prüfung und die Korrektur der Schülerleistungen haben als bei dezentral gestellten Prüfungsaufgaben.

Die Abiturprüfungsaufgaben sind die entscheidenden Elemente für eine faire, akzeptable und aussagefähige Prüfung.

Gute Prüfungsaufgaben führen zu einer fairen, akzeptablen und aussagefähigen Prüfung.

1.2 Prüfungsaufgaben brauchen Kultur

Für die Aufgabenentwicklung von Prüfungsaufgaben ist zu klären, was und wie geprüft werden soll. Mit diesen beiden Fragen wird die Frage nach den Aspekten der Aufgabenkultur der Prüfung gestellt. Die Aufgabenkultur wird durch vier Aspekte bestimmt.

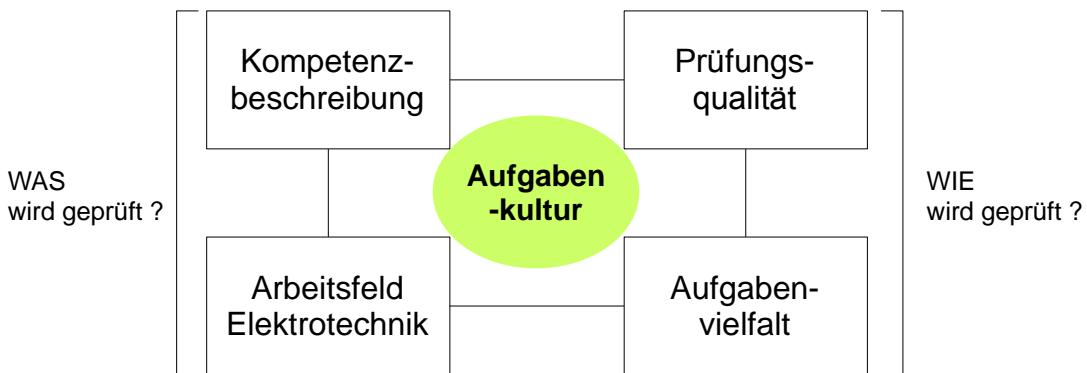


Abb. 1: Aspekte der Aufgabenkultur

Bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben geht es darum, Kompetenzen in Aufgaben umzusetzen. Nach den Empfehlungen der EPA Technik (Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik) sollen Prüfungen Kompetenzen in einer größtmöglichen Breite mit differenzierten Anforderungsbereichen und an geeigneten Inhalten erfassen und bewerten. Es ist deshalb notwendig, die Kompetenzen, auf die sich die Aufgaben beziehen, zu beschreiben. Ohne eine Beschreibung der zu erfassenden und zu bewertenden Kompetenzen kann eine Prüfungsaufgabe nicht konstruiert werden. Die **Kompetenzbeschreibung** im Fach Elektrotechnik erfolgt nach einem Modell, das Kompetenzbereiche, Inhaltsbereiche und Anforderungsbereiche sinnvoll aufeinander bezieht. Das Modell zur Beschreibung der Kompetenzen wird in KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR erläutert; auf der Basis dieses Modells werden die Kompetenzen nach Anforderungsbereichen und die

Kulturaspekt 1:

Die **Kompetenzbeschreibung** verknüpft:

- a.) Kompetenzbereiche
 - b.) Anforderungsbereiche
 - c.) Inhaltsbereiche
-

Inhalte nach Inhaltbereichen im KAPITEL 3 KOMPETENZEN, INHALTE, OPERATOREN beschrieben.

Kompetenzen sind immer auf Arbeitsfelder, die so genannten Domänen, bezogen. Die Kompetenzentwicklung im Fach Elektrotechnik bezieht sich auf das ingenieurwissenschaftliche **Arbeitsfeld**

Kulturaspekt 2:

Beschreibung des **Arbeitsfeldes Elektrotechnik** als Kompetenzdomäne.

Elektrotechnik. In den Bildungsplänen Teil 1 „Didaktische Organisation ...“ und Teil 2 „Fachlehrplan Elektrotechnik“ ist das Arbeitsfeld bereits beschrieben. Im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR wird das Arbeitsfeld Elektrotechnik im Hinblick auf die Entwicklung einer Abiturprüfung weiter konkretisiert.

Ein weiterer Aspekt von Aufgabenkultur ist die **Aufgabenvielfalt**. Keine Aufgabenart eignet sich zur Überprüfung aller Kompetenzen, insbesondere bei Berücksichtigung der unterschiedlichen In-

Kulturaspekt 3:

Eine Prüfung sollte sich durch eine **Aufgabenvielfalt** auszeichnen.

haltsbereiche und der zu berücksichtigenden Anforderungsniveaus. Der Einsatz von nur einer Aufgabenart würde bestimmte Schüler bevorzugen; deshalb sollte in einer Prüfung zwischen unterschiedlichen Aufgabenarten variiert werden. In KAPITEL 4 AUFGABENARTEN werden die für die Abiturprüfung in Frage kommenden Aufgabenarten vorgestellt. Dabei werden die Vorgaben der EPA Technik in besonderer Weise berücksichtigt. Im KAPITEL 6 kommen die Aufgabenarten in den jeweiligen AUFGABENBEISPIELEN zum Einsatz.

Die **Prüfungsqualität** wird bestimmt durch textpsychologische Gütekriterien. Es wird unterschieden zwischen Hauptgütekriterien und Nebengütekriterien. Zu den Hauptgütekriterien gehören die Gültigkeit (Validität), die Zuverlässigkeit (Reliabilität) und die Objektivität. Zu den Nebengütekriterien gehören die Akzeptanz, die Ökonomie und die Zumutbarkeit und Nützlichkeit der Prüfung.

Kulturaspekt 4: **Prüfungsqualität**

Hauptgütekriterien:

- ▷ Gültigkeit
- ▷ Zuverlässigkeit
- ▷ Objektivität

Nebengütekriterien

- ▷ Akzeptanz
 - ▷ Ökonomie
 - ▷ Nützlichkeit und Zumutbarkeit
-

Die Kriterien von Prüfungsqualität werden im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR beschrieben. Inhaltlich fließen die Gütekriterien in das Konzept der AUFGABENGESTALTUNG, wie es in KAPITEL 5 dargestellt wird, ein.

1.3 Die Entwicklung von Aufgaben ist anspruchsvoll

Prüfungsaufgaben haben eine Vielzahl von Anforderungen zu erfüllen. Der Prozess der Aufgabenentwicklung ist dementsprechend anspruchsvoll und schwierig; der Entwicklungsaufwand ist erheblich.

Die Abiturprüfungen müssen die Inhalte des der Abiturprüfung vorausgehenden Unterrichts genauso repräsentativ abbilden wie die geltenden Bildungspläne.

Zu berücksichtigen:

- ▷ relevante Inhalte
 - ▷ Aufgabenformen des Unterrichts
 - ▷ Formale Abiturvorgaben
-

Die Abiturvorschläge müssen den allgemeinen Abiturvorgaben hinsichtlich der Bearbeitungszeiten, der zu verteilenden Anspruchsniveaus, der Bewertungspunkte und der redaktionellen Form entsprechen. Bei der Erstellung der Abiturprüfungen sind die testpsychologischen Gütekriterien zu beachten. Prüfungsaufgaben sollten das Richtige erfassen; die Fehler bei der Erfassung sollten minimal sein und die Lösungs- und Bewertungsvorgaben sollten zu einer Bewertung führen, die unabhängig von den korrigierenden Lehrkräften ist.

Die Aufgaben sind auf Kompetenzen bzw. Kompetenzbündel in ausreichender Breite zu beziehen.

Anforderungen:

- ▷ Güterkriterien
 - ▷ anregende Aufgaben
 - ▷ angemessene Schwierigkeit
 - ▷ Kompetenzorientierung
 - ▷ Lösungserwartungen mit Musterlösung
 - ▷ Lösungserwartungen mit kleinschrittigen Lösungsaspekten
-

Die Aufgaben sind sinnvoll und fair zu stellen; sie sollten motivierend sein.

Prüfungsaufgaben sind mehr als nur die Aufgabenstellung. Zu einer Prüfungsaufgabe gehört die eigentliche Aufgabe wie auch die Lösungserwartungen mit einer Musterlösung und der Angabe von kleinschrittigen Lösungsaspekten. Die Lösungserwartungen sollen eine objektive Bewertung der Lösungen ermöglichen.

Der Prozess der Aufgabenentwicklung erweist sich als zeitaufwändig und mühsam. Eine kontinuierliche Qualitätssicherung erfordert eine fortlaufende Überarbeitung der entwickelten Aufgaben. Insbesondere der Pretest, bei dem Lehrkräfte die Prüfungsvorschläge unter Klausurbedingungen bearbeiten, ist qualitätssichernd.

Prüfungsaufgaben sind absolut verständlich zu formulieren. Die Schwierigkeit der Prüfungsaufgaben soll bei der Bearbeitung liegen und nicht im Verständnis der Aufgabenstellung.

Prüfungsaufgaben müssen zu 100 % verständlich sein.

1.4 WAKE: Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung

Mit **WAKE** wird die Entwicklung kompetenzorientierter Aufgaben für die Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik unterstützt.

Auf der Basis des Konzepts der Aufgabenkultur wurden in dem Projekt **WAKE** Arbeitshilfen für die Aufgabenentwicklung erarbeitet.

Im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR wird das grundlegende Konzept für die entwickelten Materialien dargestellt. Auf der Basis der geltenden Bildungspläne wurden die Kompetenzen und die Inhalte beschrieben, die von den Schülern in der Abiturprüfung erwartet werden. Im Zusammenhang mit den Kompetenzen und Inhalten wurde eine Liste der Operatorverben für die Formulierung der Aufträge in den Aufgaben erstellt.

Das KAPITEL 3 beschreibt KOMPETENZEN, INHALTE, OPERATOREN konkret für die Aufgabenentwicklung.

Im KAPITEL 4 AUFGABENARTEN werden konkret und beispielhaft für das Fach Elektrotechnik die möglichen Aufgabenarten für die Gestaltung von Prüfungsaufgaben dargestellt. KAPITEL 5 AUFGABENGESTALTUNG enthält einen Leitfaden für die Konstruktion und Formulierung von Prüfungsaufgaben.

Mit KAPITEL 6 AUFGABENBEISPIELE sollen die beschriebenen Kompetenzen, die Aufgabenarten und die Hinweise zur Aufgabengestaltung beispielhaft verdeutlicht werden.

WAKE

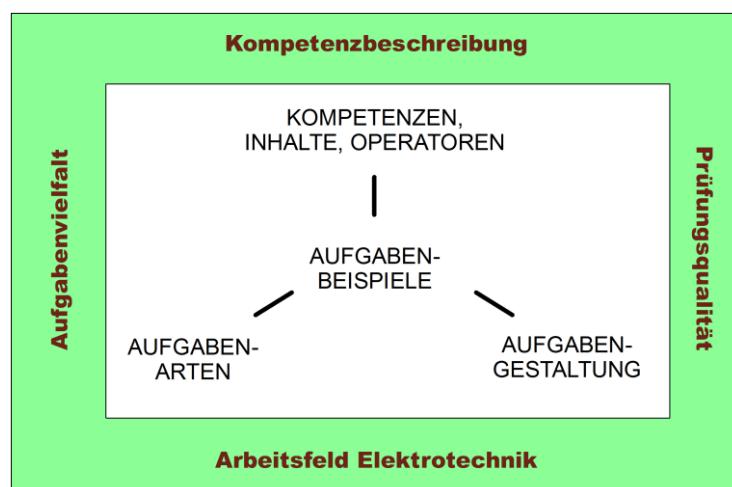
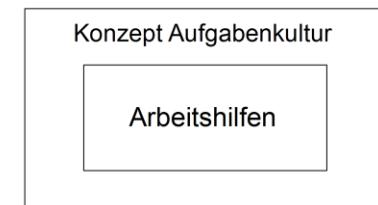


Abb. 2: Übersicht WAKE

KAPITEL 2

AUFGABENKULTUR

2.1 Die Leitfrage der Aufgabenkultur

Wie sind welche Aufgaben zu gestalten, damit die im Fach Elektrotechnik erworbenen Kompetenzen erfasst und bewertet werden können? Mit dieser Frage beschäftigt sich die Aufgabenkultur.

Aufgabenkultur bezieht sich auf die Fragen „WAS wird geprüft?“ und „WIE wird geprüft?“.

Weiter ausdifferenziert wird hier Aufgabenkultur als das Zusammenwirken der Aspekte „Kompetenzbeschreibung“, „Prüfungsqualität“, „Aufgabenvielfalt“ und „Arbeitsfeld Elektrotechnik“ verstanden.

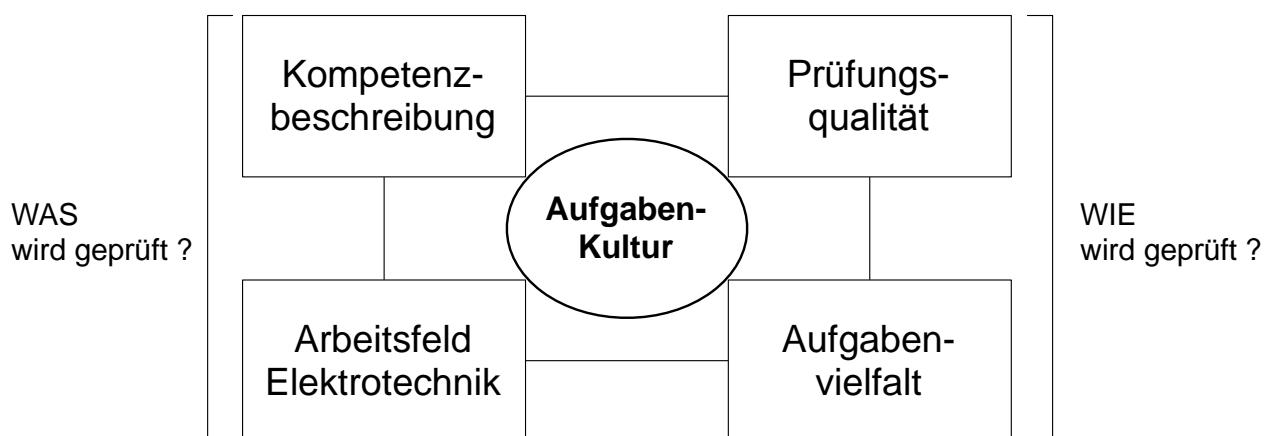


Abb. 3: Aspekte der Aufgabenkultur

Ein geeignetes Messverfahren kann nur ausgewählt und eingesetzt werden, wenn man weiß, was zu messen ist. Um Prüfungsaufgaben als „Messinstrumente“ für die Erfassung und Bewertung von Kompetenzen zu erstellen, ist es daher notwendig, die zu prüfenden Kompetenzen zu beschreiben. Mit den **Kompetenzbeschreibungen** wird angegeben, was von den zu prüfenden Schülerinnen und Schülern in der Abiturprüfung erwartet wird. In diesem Kapitel wird das Modell für eine Kompetenzbeschreibung dargestellt. Im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN werden die in der Abiturprüfung erwarteten Kompetenzen, Inhalte und Operatoren zur Formulierung von Arbeitsaufträgen konkret angegeben.

Die Überprüfung von Kompetenzen bezieht sich immer auf Lern- und Handlungsbereiche (Domänen). In der Abiturprüfung Elektrotechnik bezieht sich die Kompetenzprüfung auf die Domäne **Arbeitsfeld Elektrotechnik**. Im Hinblick auf die Entwicklung von Aufgaben für die Abiturprüfung Elektrotechnik ist die Analyse des Arbeitsfeldes Elektrotechnik ein wichtiger Aspekt der Aufgabenkultur.

Für die **Prüfungsqualität** wie auch die Qualität der Prüfungsaufgaben sind testpsychologische Gütekriterien maßgebend. Jede Prüfung mit ihren Prüfungsaufgaben hat sich diesen Gütekriterien zu unterwerfen. Die Qualität der Abiturprüfung Elektrotechnik wird entscheidend von der Umsetzung und Berücksichtigung dieses Kulturaspektes bestimmt.

In dem der Abiturprüfung vorausgehenden Unterricht werden unterschiedlichste Formen von Lernaufgaben wie auch Prüfungs- und Klausuraufgaben eingesetzt. Eine Prüfung sollte diese Vielfalt an Aufgabenformen angemessen abbilden. Durch ein angemessenes Maß an Aufgabenvielfalt werden den Schülerinnen und Schülern in der Prüfung auch unterschiedliche Wege geboten, ihre Leistungen in der Prüfung zu zeigen.

2.2 Kompetenzbeschreibung

In der Abiturprüfung Elektrotechnik sollen Kompetenzen in möglichst großer Breite, mit differenzierten Anforderungsbereichen, an geeigneten Inhalten erfasst und bewertet werden. Eine Kompetenzbeschreibung hat daher Kompetenzbereiche, Anforderungsstufen und Inhalte miteinander zu verknüpfen. Die Systematik dieser Beschreibung wird im Folgenden dargestellt.

2.2.1 Kompetenzbegriff

Die Beschreibung der zu prüfenden Kompetenzen fußt auf dem Kompetenzbegriff, wie er im Teil II der Bildungspläne (Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Technik, MSW (2006), S. 11) verwendet wird. Dieser Kompetenzbegriff ist fächerübergreifend und bildungsgangbezogen angelegt. Für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik ist dieser Kompetenzbegriff daher zu konkretisieren.

Auf der Grundlage des in den Bildungsplänen definierten Kompetenzbegriffs sind zu prüfende Kompetenzen im Fach Elektrotechnik

- kognitive Leistungsdispositionen (Fähigkeiten und Fertigkeiten),
- um Probleme
- in variablen Anforderungssituationen
- des Arbeitsfeldes Elektrotechnik
- erfolgreich lösen zu können.

Kompetenzen ergeben sich aus der Verknüpfung von Wissen und Können.

$$\boxed{\text{Kompetenz} = \text{Wissen} + \text{Können}}$$

Aus der Definition von Kompetenz ergeben sich Konsequenzen für die Gestaltung von Prüfungsaufgaben.

Kompetenzen sind Dispositionen oder Verhaltensmöglichkeiten. Kompetenzen können nicht direkt beobachtet oder erfasst werden; sie zeigen sich indirekt in einer Prüfungssituation durch ein Lösungsverhalten, das als Performanz bezeichnet wird. Nur durch die gezeigte Performanz kann auf die zugrunde liegende Kompetenz geschlossen werden. Prüfungsaufgaben müssen daher so angelegt sein, dass der Rückschluss von dem gezeigten Lösungsverhalten auf die zu prüfende Kompetenz möglich ist. Derartige Prüfungsaufgaben zeichnen sich durch differenzierte Lösungswege aus.

Eine kompetenzorientierte Prüfung kann nicht ausschließlich darin bestehen, Fachwissen abzufragen. Kompetenzprüfungen müssen die Könnens-Dimension berücksichtigen. In diesem Sinne sind die zu Prüfenden mit Problemen zu konfrontieren, die sich aus problemhaltigen Anforderungssituationen ergeben.

2.2.2 Kompetenzbereiche

Die prüfungsrelevanten Kompetenzen werden nach vier Kompetenzbereichen geordnet (siehe Abb. 4)

D Reflexion		
A Umgang mit Fachwissen	B Methoden- beherrschung	C Kommunikation

Abb. 4: Kompetenzbereiche

Die Prüflinge

- müssen über ein solides Fachwissen verfügen und damit sachgerecht umgehen können
(■ Kompetenzbereich **A Umgang mit Fachwissen**)
- müssen das, was sie wissen, fachmethodisch anwenden können
(→□Kompetenzbereich **B Methodenbeherrschung**)
- müssen in und über Elektrotechnik anforderungsgerecht kommunizieren können
(■ Kompetenzbereich **C Kommunikation**) und
- müssen das, was sie wissen, methodisch beherrschen und was sie kommunizieren, reflektieren können
(■ Kompetenzbereich **D Reflexion**)

Die Kompetenzbereiche sind miteinander verknüpft und können nicht isoliert voneinander betrachtet werden: Der Umgang mit Fachwissen erfordert immer auch methodisches Handeln. Methodenbeherrschung zeigt sich konkret immer in der Verknüpfung mit Fachwissen. Fachliche Kommunikation ist ohne Fachwissen und Fachmethoden undenkbar, wie auch eine Reflexion im Fach Elektrotechnik auf konkrete elektrotechnische Sachverhalte bezogen ist.

2.2.3 Anforderungsbereiche

Die Abiturprüfung soll die Kompetenzen der Schüler differenziert erfassen. Dazu werden drei Anforderungsbereiche unterschieden (vgl. Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik, KMK (2006)). In den drei Anforderungsbereichen werden folgende Leistungen erwartet:

Anforderungsbereich I (Reproduktion):

- Wiedergabe von Sachverhalten aus einem abgegrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang
- Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenztem Gebiet und einem wiederholenden Zusammenhang

Anforderungsbereich II (Anwendung):

- Selbstständiges Auswählen, Anordnen und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang
- Selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare Sachverhalte

Anforderungsbereich III (Transfer)

- Planmäßiges und kreatives Bearbeiten komplexerer Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen
- Bewusstes und selbstständiges Auswählen und Anpassen geeigneter gelernter Methoden

2.2.4 Operatoren

Bei der Formulierung der zu prüfenden Kompetenzen wie auch bei der Formulierung der Prüfungsaufgaben werden Operatoren verwendet. Operatoren sind Tätigkeitsverben, die dem Prüfling angegeben, was von ihm erwartet wird. Auch die zu überprüfenden Kompetenzen werden mit Hilfe der Operatoren formuliert. Dabei wird mit den Operatoren die Könnens-Dimension der Kompetenzen verdeutlicht. Die Operatoren sind den Anforderungsbereichen zugeordnet. Die Operatoren geben den Prüflingen Hinweise auf das Anspruchsniveau der jeweiligen Teilaufgabe. Eine Liste der Operatoren für die Abiturprüfung in Elektrotechnik enthält das folgende KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE - OPERATOREN.

2.2.5 Kompetenzmatrix

Die vier Kompetenzbereiche werden jeweils in die drei Anforderungsbereiche untergliedert. Es ergibt sich somit die in Tab. 1 dargestellte Verknüpfung der vier Kompetenzbereiche mit den Anforderungsbereichen.

		Kompetenzbereiche			
		A Umgang mit Fachwissen	B Methoden-beherrschung	C Kommunikation	D Reflexion
Anforderungsbereiche	I Reproduktion	Einfache Sachverhalte eines abgegrenzten Themenbereichs wiedergeben und in vertrautem Kontext nutzen	Einfache Methoden der Elektrotechnik beschreiben und einsetzen	Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen	Einfache Bezüge angeben und beschreiben
	II Anwendung	Sachverhalte eines abgegrenzten Bereichs selbstständig ordnen und auf vergleichbare Kontexte übertragen	Fachmethoden der Elektrotechnik situationsgerecht anwenden	Darstellungsformen situationsgerecht auswählen und anwenden	Einfache Bezüge herstellen und Bewertungsansätze wiedergeben
	III Transfer	Sachverhalte problembezogen erarbeiten, einordnen, nutzen und bewerten	Fachmethoden problembezogen auswählen und problemorientiert anwenden	Darstellungsformen selbstständig auswählen und problemorientiert nutzen	Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten

Tab. 1: Kompetenzmatrix

2.2.6 Kompetenzfundierende Inhalte

In der Abiturprüfung können Kompetenzen nur an geeigneten Inhalten geprüft werden. Für eine Kompetenzbeschreibung ist es daher notwendig, die kompetenzfundierenden Inhalte (Wissensbereiche) zu beschreiben. Es wird erwartet, dass die Schüler das beschriebene Wissen bis zur Abiturprüfung erworben haben.

Folgende Inhaltsbereiche gehören zur Kompetenzbeschreibung:

- Inhalte Kompetenzbereich A „Umgang mit Fachwissen“:

A1: Analoge Schaltungstechnik

A2: Digitaltechnik

A3: Elektrische Maschinen

A4: Regelungstechnik

A5: Mikrocontrollertechnik

- Inhalte Kompetenzbereich B „Methodenbeherrschung“:

Fachmethoden der Elektrotechnik

- Inhalte Kompetenzbereiche C „Kommunikation“:

Darstellungsformen der Elektrotechnik

- Inhalte Kompetenzbereich D „Reflexion“:

Bezüge der Elektrotechnik

2.2.7 Kompetenzmodell

In Abb. 5 wird die Struktur der Kompetenzbeschreibung dargestellt. Diese Struktur bildet die Grundlage für die Beschreibung der Kompetenzen im folgenden KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN.

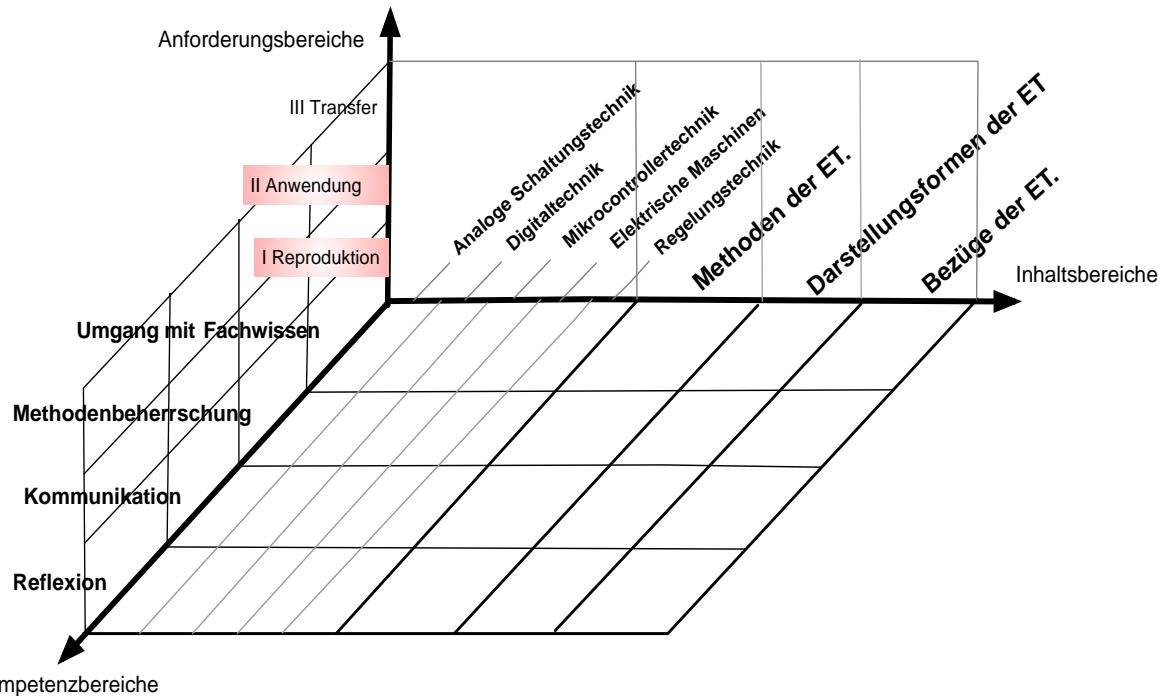


Abb. 5: Kompetenzmodell

2.3 Arbeitsfeld Elektrotechnik

Die zu prüfenden Kompetenzen in der Abiturprüfung Elektrotechnik beziehen sich auf Anforderungssituationen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik. Das Arbeitsfeld Elektrotechnik ist somit der Handlungsbereich (Domäne), auf den sich die Prüfungsaufgaben beziehen (vgl. oben Kompetenzbegriff). Die Entwicklung der Prüfungsaufgaben wird also entscheidend durch das Verständnis dieses Arbeitsfeldes geprägt.

Im Teil II (Didaktische Organisation) und im Teil III (Fachlehrplan Elektrotechnik) der Bildungspläne wird das Arbeitsfeld Elektrotechnik beschrieben. Im Folgenden soll diese Beschreibung des Arbeitsfeldes Elektrotechnik im Hinblick auf die Entwicklung von Prüfungsaufgaben zusammenfassend dargestellt werden.

Elektrotechnik ist eine ingenieurwissenschaftliche Querschnittsdisziplin. Elektrotechnik ist in allen Teilen von technischen Systemen zu finden. Elektrotechnische Systeme können grund-
22|

sätzlich Bestandteil aller Teile (z.B.: Energieteil, Bearbeitungsteil, Steuerungsteil,) eines technischen System sein. Dabei bezieht sich die Elektrotechnik auf alle Phasen eines elektrotechnischen Systems: von der Planung, über die Konstruktion und die Erstellung, bis hin zur Wartung und Entsorgung.

Als Technikdisziplin ist sie final- und zweckorientiert. Das heißt, es geht im Arbeitsfeld Elektrotechnik nicht um eine kausalorientierte Betrachtung des Zusammenhangs von Ursachen und Wirkungen wie bei naturwissenschaftlichen Fragestellungen, sondern um die Realisierung von Handlungszwecken.

Demzufolge sind für das Arbeitsfeld folgende Leitideen bestimmend:

2.3.1 Leitideen

- Energie übertragen, wandeln und stellen
- Messen und Prüfen
- Steuern
- Digitale Informationsverarbeitung
- Regeln

2.3.2 Technikverständnis

Dem Technikverständnis folgend, soll Elektrotechnik nicht auf die Anwendung physikalischer Prinzipien reduziert werden. Ebenso wird man der Technikwissenschaft Elektrotechnik nicht gerecht, wenn man elektrotechnische Systeme primär mathematisch beschreibt und analysiert. Die Prüfungsaufgaben sollten sich auf funktionale Anwendungen in komplexen technischen Systemen beziehen, um die Leitideen des Faches zu berücksichtigen.

2.4 Prüfungsqualität

2.4.1 Gütekriterien

Ziel der Entwicklung von Prüfungsaufgaben ist eine faire, akzeptable und aussagefähige Prüfung. Um dieses Ziel zu erreichen, sind testpsychologische Gütekriterien zu beachten. Jede Prüfung hat sich den testpsychologischen Gütekriterien zu unterwerfen (siehe Abb. 6 und Tab. 2). Es wird zwischen Haupt- und Nebengütekriterien unterschieden.

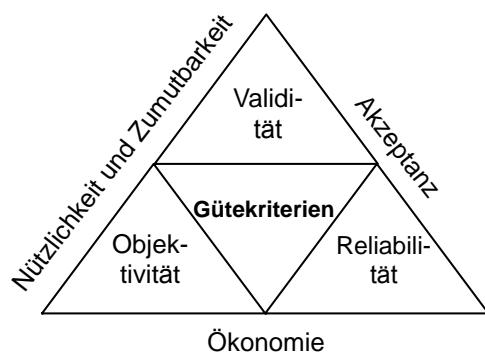


Abb. 6: Gütekriterien für Prüfungen

GÜTEKRITERIEN	
Hauptkriterien	Nebenkriterien
Validität / Gültigkeit /Aussagekraft: „Es wird das erfasst, was erfasst werden soll“	Akzeptanz: „... Zustimmung bei Schülern und Lehrkräften ...“
Reliabilität / Zuverlässigkeit : „ ... Genauigkeit und Sicherheit, mit der Kompetenzen erfasst und bewertet werden ...“	Ökonomie: Erstellung, Durchführung und Auswertung der Prüfung sind leistbar.“
Objektivität / Personenunabhängigkeit: „ Prüfungsergebnisse sind unabhängig von Schule und korrigierenden Lehrkräften... „	Nützlichkeit und Zumutbarkeit: „.... die Aufgaben sind interessant und entsprechen dem vorausgegangenen Unterricht ...“

Tab. 2: Gütekriterien im Überblick

Die Hauptgütekriterien sind voneinander abhängig. Die Zuverlässigkeit einer Prüfung setzt die Objektivität der Prüfung voraus. Die Validität fußt auf einer hohen Objektivität und einem hohen Maß an Zuverlässigkeit (siehe Abb. 7). Bei der Gültigkeit handelt es sich um das wichtigste Gütekriterium, da es sich am meisten an inhaltlichen Maßstäben orientiert. Objektivität und Zuverlässigkeit bilden eher die notwendigen Voraussetzungen für eine hohe Gültigkeit. Die Nebenkriterien akzentuieren die Gütekriterien zusätzlich im Hinblick auf die schulischen Anforderungen.

Die Gütekriterien können nicht alle zugleich eine maximale Ausprägung erfahren. Die Kunst der Aufgabenentwicklung besteht darin, bei der Berücksichtigung der Gütekriterien ein Optimum zu finden und die sechs Gütekriterien auszutarieren.

Eine Prüfung kann nur so gültig sein, wie sie zuverlässig ist, und nur so zuverlässig sein, wie sie objektiv ist (vgl. Abb. 7). Das wichtigste Gütekriterium Validität bezieht sich zentral auf die Vorgaben der Lehrpläne (curricularer Aspekt der Validität) und auf den Unterricht.

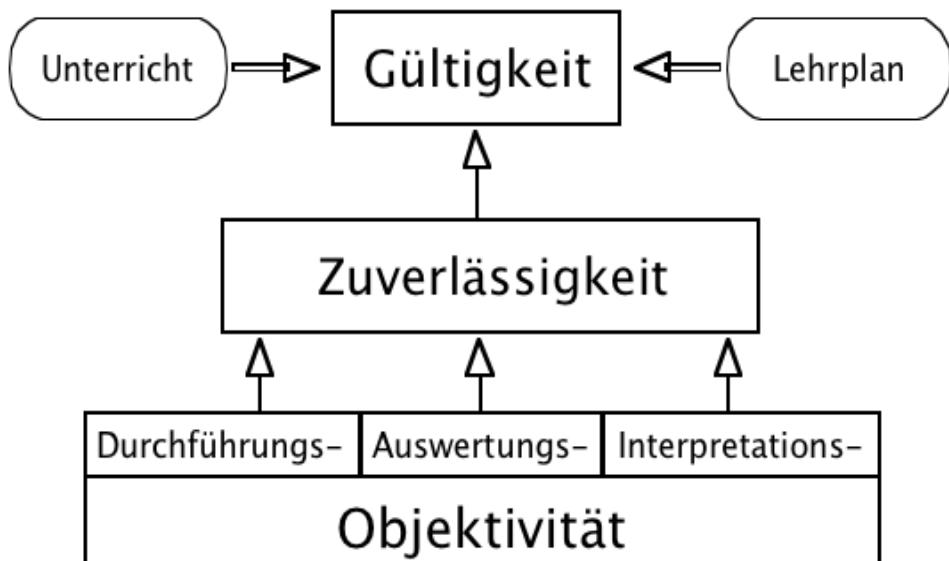


Abb. 7: Zusammenhang der Gütekriterien

2.4.2 Objektivität / Personenunabhängigkeit

Die Leitfrage der Objektivität lautet: Sind die Ergebnisse einer Prüfung unabhängig von der Person der Prüfenden?

Man unterscheidet drei Aspekte der Objektivität:

- Durchführungsobjektivität liegt vor, wenn das Prüfverfahren klar reglementiert und vereinheitlicht ist. Mit den Maßnahmen zur Durchführung der Prüfung soll sichergestellt werden, dass alle Prüflinge den gleichen Anforderungen unter gleichen Bedingungen unterliegen.
- Auswertungsobjektivität liegt vor, wenn alle korrigierenden Prüfer nach demselben Schema die Leistungen der Prüflinge auswerten und zu dem gleichen Ergebnis kommen.
- Interpretationsobjektivität liegt vor, wenn alle korrigierenden Prüfer die Bewertungsvorgaben in gleicher Weise anwenden und verschiedene Prüfer aus gezeigten Prüfungsergebnissen die gleichen Schlüsse ziehen.

Bei der Durchführung der zentralen Abschlussprüfungen im Fach Elektrotechnik ist aufgrund des vorgegebenen Verfahrens ein hohes Maß an Objektivität gegeben.

Bei der Entwicklung von Prüfungsaufgaben steht die Auswertungsobjektivität im Mittelpunkt.

Die Auswertungsobjektivität ist optimal im Falle geschlossener Aufgaben, die dem Prüfling eine bestimmte Anzahl von wählbaren Alternativen anbieten. Bei offenen oder halboffenen Aufgaben kann die Auswertungsobjektivität durch Angabe detaillierter Lösungen bzw. Lösungserwartungen und durch Angabe klarer Auswertungsregeln gewährleistet werden.

Maßnahmen zur Sicherung der Objektivität bei zentral gestellten Aufgaben:

- Präzise Lösungserwartungen / Musterlösungen angeben
- Bewertungsaspekte kleinschrittig und präzise angeben

2.4.3 Reliabilität / Zuverlässigkeit

Eine Prüfung kann als zuverlässig bezeichnet werden, wenn sie nicht über die Gebühr mit Messfehlern behaftet ist.

Eine perfekte Messung liegt dann vor, wenn eine Prüfung von einer Person unter gleichen Bedingungen mehrere Male zu dem gleichen Ergebnis führt. Eine Prüfung wird demzufolge als reliabel bezeichnet, wenn sie zu einem Prüfungsergebnis führt, das den aktuellen Grad an Kompetenzen des Prüflings exakt / genau zum Ausdruck bringt.

Um die Genauigkeit einer Prüfung zu bestimmen, werden in der pädagogischen Diagnostik die Methoden der Parallelmessung und der Wiederholungsmessung angewendet. Bei der Wiederholungsmessung wird die Prüfung bei derselben Prüfgruppe wiederholt. Bei der Parallelmessung werden zwei Prüfungen eingesetzt, die beide die gleichen Kompetenzen prüfen. Zeigen beide Prüfungen ähnliche Ergebnisse, erweist sich die Genauigkeit (Reliabilität) als gut ausgeprägt.

In der schulischen Praxis lassen sich Parallelmessungen und Wiederholungsmessungen nur schwer durchführen. Allerdings liefern die Erfahrungen aus der Prüfungspraxis folgende Anforderungen hinsichtlich der Messgenauigkeit:

- In der Prüfung sollte eine hohe Anzahl von (Teil-) Aufgaben gestellt werden.
- Die Aufgaben sind prägnant, klar und strukturiert zu formulieren.
- Keine mehrdeutigen Formulierungen in der Aufgabenstellung .
- Die Aufgaben sind fachlich richtig zu formulieren.
- Es sind stabile Aufgaben zu stellen, die sich auf „Fakten“ beziehen.

2.4.4 Gültigkeit / Validität

Eine Prüfung gilt dann als gültig bzw. valide, wenn sie wirklich das misst, was sie zu beurteilen vorgibt. Auf die schriftliche Prüfung im Fach Elektrotechnik bezogen, bedeutet dies:

- Erfasst die Prüfung vor allem die Kompetenzen, die für das Fach Elektrotechnik repräsentativ und den Handlungsanforderungen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik entsprechen?
- Konnten die Kompetenzen im Unterricht vor der Abiturprüfung erworben werden?
- Werden durch die Prüfung die relevanten Lerninhalte erfasst?
- Wird durch die Aufgabenstellungen keine Gruppe von Prüflingen benachteiligt (Chancengleichheit / Fairness)?

Die Kompetenzen in der Prüfung im Fach Elektrotechnik können nicht isoliert von anderen Fächern erfasst werden. So werden Kompetenzen aus dem Fach Informatik, dem Fach Deutsch

wie auch dem Fach Mathematik mit erfasst. Mögliche Erfassungsfehler sollten bei der Prüfung minimiert werden.

Zwei Aspekte werden hier bei der Gültigkeit einer Abschlussprüfung unterschieden:

- (1) Inhaltsvalidität
- (2) Konstruktvalidität

Zu (1) Inhaltsvalidität

Bei der Bestimmung der Inhaltsvalidität gibt es zwei Zugangsweisen. Zunächst wird gefragt, ob die Prüfung mit den curricularen Anforderungen, den Zielen der Lehr- und Bildungspläne übereinstimmt - **curriculare Validität**. Dann wird danach gefragt, inwieweit die Prüfung das wirkliche Lernangebot des vorangegangenen Unterrichts berücksichtigt - **Unterrichtsvalidität**.

Die Grundfrage zur curricularen Validität lautet: „Stimmen die Anforderungen der Prüfung mit den Vorgaben des gültigen Lehrplans überein?“ Aus der Perspektive der curricularen Validität darf nur das geprüft werden, was unter Bezug auf den Lehrplan begründet werden kann. Die curriculare Validität einer Prüfung wird gestützt durch curriculare Vorgaben, die die geforderten Kompetenzen operationalisiert beschreiben. Im Rahmen von WAKE wird dieser Forderung im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN entsprochen. Hier werden auf der Basis der gültigen Lehrpläne die für das Fach Elektrotechnik abschlussrelevanten Kompetenzen und Inhalte dargestellt.

Die Leitfrage zur Unterrichtsvalidität lautet: „Erfasst die Prüfung Kompetenzen, welche die Schülerinnen und Schüler im Unterricht wirklich erwerben konnten?“ Aus der Perspektive der Unterrichtsvalidität darf nur das geprüft werden, was auch von allen Prüflingen gelernt werden konnte (Fairness / Chancengleichheit). Hierzu gehört auch, dass die Leistungsaufgaben im vorangegangenen Unterricht sich auch an den Aufgabenformaten der Prüfung orientierten.

Zu (2) Konstruktvalidität

Konstruktvalidität liegt vor, wenn die gemessenen Kompetenzen mit einem theoretischen Modell der erfassten Kompetenz übereinstimmen. Die Frage hierbei lautet: „Berücksichtigt die Prüfung angemessen die Dimensionen und Aspekte von Kompetenz?“ So ist eine Prüfung, die Wissen abfragt und sich nicht auf Könnensaspekte bezieht, nicht konstruktvalide im Hinblick auf die Überprüfung von Kompetenzen.

Maßnahmen zur Gewährleistung der Validität bei der Erstellung von (Prüfungs-) Aufgaben im Fach Elektrotechnik des Beruflichen Gymnasiums:

- Bei der Erstellung einer Prüfungsaufgabe sollten die zu erfassenden Kompetenzen formuliert und mit dem Lehrplan abgeglichen werden.
- Die geprüften Inhalte sollten repräsentativ für den Unterricht im Fach Elektrotechnik sein.
- Die zentralen Inhaltsbereiche des Unterrichts sollten Gegenstand der Prüfung sein.
- Die geprüften Kompetenzen sollten relevant für das Fach Elektrotechnik sein.
- Es sollten keine fachfremden Anforderungen gestellt werden. Im Fach Elektrotechnik zählen hierzu Leistungen aus den Bereichen Allgemeinwissen, Allgemeinintelligenz, Mathematik, Sprachverstehen, Sprachproduktion, Informatik und Physik.
- Es sollten nur die elektrotechnischen Bauelemente, Gruppen und Systeme Gegenstand einer Aufgabe sein, die Gegenstand des Unterrichts waren.
- Es sollte eine hohe Anzahl inhaltlich trennscharfer Aufgaben angestrebt werden.
- Die Aufgaben sollten hinsichtlich der überprüften Kompetenzen und Inhalte trennscharf formuliert werden.

2.4.5 Akzeptanz

Mit Akzeptanz wird darauf verwiesen, dass Prüfungen übereinstimmen mit den verbreiteten Meinungen, didaktischen Schwerpunkten und Einstellungen. Die Prüfung sollte den schulischen Lern- und Lehrbedingungen entsprechen. Die Akzeptanz einer Prüfung steigt, wenn Aufgabenstellungen von den Geprüften als fair empfunden werden.

2.4.6 Ökonomie

Das Gütekriterium wird dann erfüllt, wenn der Aufwand an Zeit, Personal und Material für die Erstellung, Durchführung und Auswertung der Prüfung in einem angemessenen Verhältnis zum Nutzen steht. Der Nutzen zeigt sich wiederum in der Qualität der Prüfung, also in dem Maße, wie die Gütekriterien verwirklicht werden.

2.4.7 Nützlichkeit und Zumutbarkeit

Die Beanspruchung durch eine Prüfung sollte für die Schule wie für den Prüfling in einem angemessenen Verhältnis zu ihrer Bedeutung stehen. Insbesondere sollte dabei beachtet werden, dass nicht nur in einem Fach geprüft wird. Der Nutzen einer Prüfung besteht zunächst darin, dass sie zu einem aussagefähigen Ergebnis führt. Er besteht auch darin, dass die Prüfungsaufgaben Eingang in die Aufgabenkultur des Unterrichts vor der Abiturprüfung finden. Dies geschieht, wenn die Aufgaben herausfordernd und interessant sind.

2.5 Aufgabenvielfalt

Die Aufgabenkultur einer Prüfung wird entscheidend geprägt durch den differenzierten Einsatz unterschiedlicher Aufgabenarten. Nur durch die Auswahl geeigneter Aufgabenarten für bestimmte Kompetenzen und Leistungsanforderungen kann das Leistungskönnen der Schüler sicher und angemessen erfasst werden. Eine Aufgabenart „liegt“ bestimmten Schülern und benachteiligt andere. Deshalb sollten Aufgabenarten in großer Bandbreite zum Einsatz kommen. In Prüfungen sollten auch deshalb unterschiedliche Aufgabenarten eingesetzt werden, um die vielfältigen Lern- und Arbeitsformen wie auch die unterschiedlichsten Klausuraufgaben im Unterricht des Faches Elektrotechnik angemessen abzubilden.

Die möglichen Aufgabenarten in der Abiturprüfung ergeben sich aus der Verknüpfung der Aufgaben-Basisformen und der Offenheit der Aufgabe (vgl. Abb. 8).

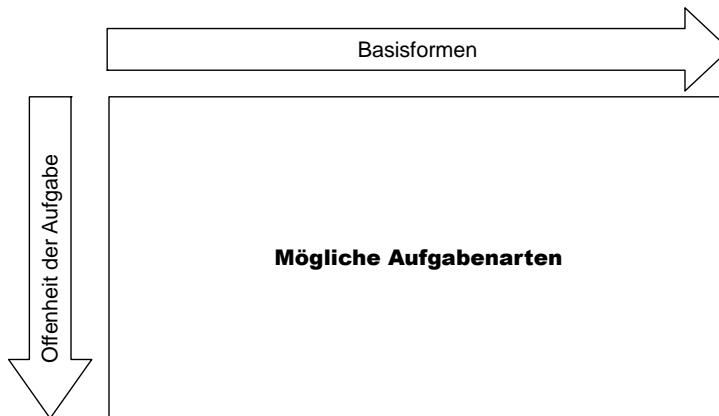


Abb. 8: Mögliche Aufgabenarten

2.5.1 Basisformen

Unter Basisformen versteht man Varianten technischer Problemstellungen.

2.5.2 Offenheit der Aufgaben

Bei der Offenheit der Aufgaben sind Abstufungen möglich. Geschlossene Aufgaben sind das Gegenteil von offenen Aufgaben; bei diesen geschlossenen Aufgaben haben die Prüflinge keine Gestaltungsmöglichkeiten bei der Bearbeitung der Aufgaben. Bei halboffenen Aufgaben existiert eine präzise Vorstellung über das Ergebnis und die erforderlichen Lösungsschritte. Der Prüfling kann jedoch bei der Darstellung der erwarteten Lösung unterschiedlich vorgehen. Bei offenen Aufgaben sind mehrere Lösungswege oder Ergebnisse möglich und richtig. Offene Aufgaben korrespondieren in der Regel mit einem erhöhten Anforderungsniveau.

2.5.3 Aufgabenschwierigkeit

Die Schwierigkeit einer Aufgabe ergibt sich aus dem „Produkt“ von Komplexität der Ausgangssituation, Offenheit der Aufgabe und Bearbeitungszeit (Abb. 9).

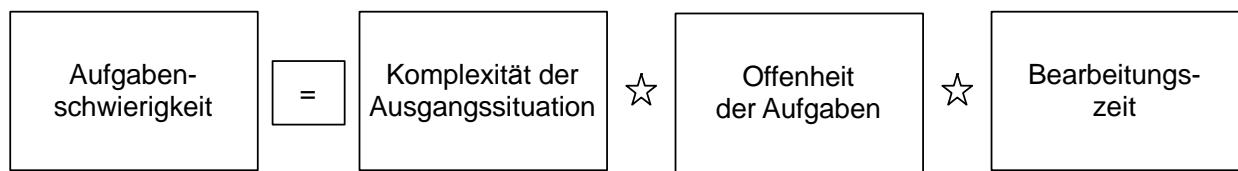


Abb. 9: Schwierigkeit von Prüfungsaufgaben

2.6 Anforderungen an kultivierte Prüfungen und Prüfungsaufgaben

Aus den dargestellten Aspekten von Aufgabenkultur ergeben sich Anforderungen an die Gestaltung einer kultivierten Prüfung.

2.6.1 Gesamtanlage der Prüfung

- Eine Abiturprüfung in Elektrotechnik besteht aus drei gleichwertigen Prüfungsaufgaben.
- Jede Prüfungsaufgabe besteht aus Teilaufgaben.
- Weniger anspruchsvolle Teilaufgaben (Anforderungsbereich I) sollten am Beginn einer Prüfungsaufgabe stehen.
- Eine Abiturprüfung unterscheidet sich inhaltlich von der Prüfung des Vorjahres.
- Die Prüfungsaufgaben berücksichtigen die relevanten Themen, Sachgebiete und Leitideen des Faches Elektrotechnik.
- Die möglichen Aufgabenarten kommen in der Prüfung zum Einsatz.

- Jede Prüfungsaufgabe berücksichtigt alle vier Kompetenzbereiche.
- Die geprüften Kompetenzen sind für das Fach Elektrotechnik und den Unterricht repräsentativ.
- Eine Kompetenz wird nur einmal überprüft.
- Die Anforderungsbereiche Reproduktion (I), Anwendung (II) und Transfer (III) werden vorgabengemäß durch die Teilaufgaben abgedeckt.
- Die Bearbeitungszeit ist für die Prüfungsaufgaben angemessen.
- Der Umfang der zu nutzenden Materialien steht in einem angemessenen Verhältnis zur Bearbeitungszeit und der zu prüfenden Kompetenzen.
- Die Bearbeitungszeiten der Prüfungsaufgaben sollten in etwa gleich sein.

2.6.2 Entwicklung des Aufgabenteils der Teilaufgaben

- Jede Teilaufgabe besteht aus einem Aufgabenteil (Schülerteil) und einem Lösungs- und Bewertungsteil (Lehrerteil).
- Die Teilaufgaben einer Prüfungsaufgabe beziehen sich auf einen komplexen und problemhaften technischen Kontext (Ausgangssituation).
- Je weniger anspruchsvoll eine Aufgabe ist, desto kürzer sollte die Aufgabenstellung sein.
- Aus der Aufgabenstellung sollen die Prüflinge klar erkennen, was von ihnen erwartet wird.
- Die Aufgabenstellung ist zu 100% verständlich zu formulieren.
- Die Anzahl der (Teil-)Aufgaben je Prüfungsaufgabe ist hinreichend groß (5-10 Teilaufgaben pro Prüfungsaufgabe).
- Jede Teilaufgabe ist unabhängig von der Bearbeitung anderer Teilaufgaben bearbeitbar.
- Die Bearbeitungszeit der Teilaufgaben ist angemessen.

2.6.3 Entwicklung des Lösungs- und Bewertungsteils

- Eine Aufgabe ist erst dann vollständig, wenn klar gezeigt wird, wie sie korrigiert wird.
- Der Lösungsteil ermöglicht eine klare und transparente Erfassung und Bewertung der Lösungsschritte.
- Für die Erfassung und Bewertung werden im Lösungsteil der Aufgabe kleinschrittige Erfassungs- und Bewertungskriterien angegeben.
- Der Lösungsteil enthält in kleinen Schritten (1 Punkt-Schritte) die Lösungsaspekte der Aufgaben.
- Bei offenen Aufgaben sollten mindestens zwei unterschiedliche Musterlösungen angegeben werden.

KAPITEL 3

KOMPETENZEN - INHALTE - OPERATOREN

3.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden die in der Abiturprüfung Elektrotechnik erwarteten Kompetenzen und Kenntnisse angegeben. Ebenso erfolgt eine Beschreibung der Operatoren, die bei der Formulierung von Kompetenzen und Aufgaben verwendet werden.

Den Beschreibungen liegt das im KAPITEL 2 AUFGABENKULTUR dargestellte Kompetenzmodell zugrunde (siehe Abb. 10: Kompetenzmodell).

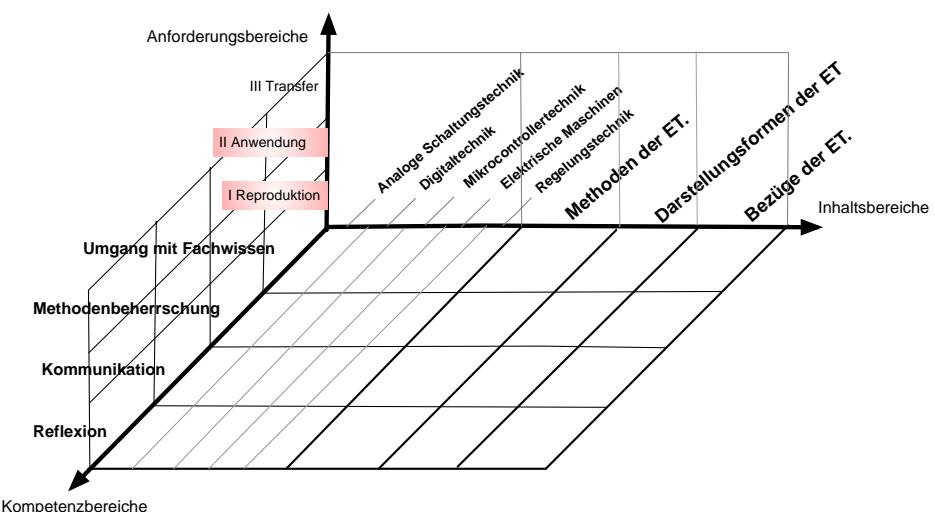


Abb. 10: Kompetenzmodell

Die Beschreibung der Kompetenzen und Inhalte in diesem Kapitel folgt der Struktur des Kompetenzmodells (Abb. 10).

In Abschnitt 3.2 „Kompetenzen und Inhalte“ werden die Kompetenzen und die sie fundierenden Inhalte geordnet nach den Kompetenzbereichen beschrieben. Für jeden Kompetenzbereich werden die Kompetenzen gestuft nach Anforderungsbereichen angegeben. Jede Kompetenz wird beispielhaft durch einen Arbeitsauftrag (kursiv) illustriert. Danach werden die Inhalte des Kompetenzbereichs angegeben.

Zu den Inhalten der analogen Schaltungstechnik und der Digitaltechnik gehören jeweils auch die Grundbauelemente und Grundbausteine. In der Abiturprüfung werden die beschriebenen

Kompetenzen bei den Prüflingen erwartet. Ebenso wird erwartet, dass die Schüler die angegebenen Inhalte erworben haben.

In der Abiturprüfung werden die angegebenen Bauelemente als bekannt vorausgesetzt. Datenblätter bzw. Datenblattangaben werden in der Prüfung bereitgestellt. Der Umgang mit Datenblättern der angegebenen Bauelemente wird als vertraut vorausgesetzt.

3.2 Kompetenzen und Inhalte

3.2.1 Kompetenzbereich A - Umgang mit Fachwissen

3.2.1.1 A1 Analoge Schaltungstechnik

Kompetenzen

Grundwissen über Analoge Schaltungstechnik darstellen, erläutern, beurteilen und anwenden.

A1 Anforderungsbereich I

Grundbauelemente und Grundschaltungen der Analogen Schaltungstechnik darstellen, beschreiben und berechnen.

Kompetenzen:

(1) Den Unterschied zwischen idealen und realen Bauelementen beschreiben.

- *Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Parameter des Operationsverstärkers LM324 die idealen und realen Kenndaten.*

(2) Das Verhalten der Grundbauelemente durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben und Kennlinien darstellen.

- *Zeichnen Sie die prinzipielle Z-Diodenkennlinie für $U_Z = 6,2V$.*

(3) Kennwerte von Grundbauelementen und Signalen berechnen.

- *Berechnen Sie die maximal auftretende Verlustleistung beim Widerstand R_L des FET-Schaltverstärkers.*
- *Stellen Sie die aufgenommenen Kennwerte im Diagramm dar.*

A1 Anforderungsbereich II

Elektronische Schaltungen beschreiben, analysieren, dimensionieren, anwenden und entwickeln.

Kompetenzen:

(1) Elektronische Grundschatungen dimensionieren.

- Dimensionieren Sie den Kondensator C in der B2U-Gleichrichterschaltung.

(2) Verhalten von Grundschatungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen.

- Stellen Sie den Zusammenhang zwischen den Eingangsspannungen U_1 und U_2 und der Ausgangsspannung U_A durch eine mathematische Formel dar.
- Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung am Triac und des Verbraucherstromes bei einem Steuerwinkel von 85° .
- Ermitteln Sie die zu erwartenden Spannungsspegele gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6 der Schaltung.

(3) Größen für Anwendungsschaltungen berechnen.

- Berechnen Sie den Strom im Lastwiderstand des Schaltverstärkers.

(4) Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundschatungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren.

- Skizzieren Sie unter Verwendung des Bausteins LM317 eine einstellbare Festspannungsquelle.

(5) Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundschatungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren.

- Analysieren Sie die Prinzipschaltung des elektronischen Lastrelais.

(6) Schaltungen mithilfe von Blockschaltbildern beschreiben.

- Zeichnen Sie ein Blockschaltbild des in Abb. 1 dargestellten Treppenspannungs-generators.
- Zeichnen Sie ein Blockschaltbild für die gezeigte Temperaturanzeige.

(7) Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen.

- Begründen Sie den Einsatz der Diode V2 in der gezeigten Schaltung.

A1 Anforderungsbereich III

Elektronische Anwendungsschaltungen analysieren, entwerfen und bewerten.

Kompetenzen:

- (1) Elektronische Schaltungen anwendungsbezogen mit der Fachmethode Schaltungsentwurf entwickeln.
 - *Entwickeln Sie die durch das Funktionssymbol dargestellte Schmitt-Trigger-Schaltung.*
- (2) Verknüpfungen von erweiterten Grundschaltungen (bestehend aus der Kombination von mindestens zwei Grundschaltungen) anwendungsbezogen dimensionieren.
 - *Dimensionieren Sie die aus den Schaltungsteilen Signalverstärkung, Gleichrichtung und Glättung bestehende Messschaltung.*
- (3) Elektronische Schaltungen mit der Fachmethode Schaltungsanalyse analysieren.
 - *Analysieren Sie die in Abb. 2 dargestellte Schaltung der Temperaturüberwachung.*
- (4) Grundschaltungen anwendungsbezogen mit unbekannten¹ Bauelementen dimensionieren.
 - *Dimensionieren Sie die gezeigte Schaltung zum Zuschalten des Relais mit dem MOS-FET IRF530 (siehe Datenblatt).*
- (5) Einsatz von Bauelementen in Schaltungen auf der Basis von Datenblättern beurteilen.
 - *Prüfen Sie den Einsatz des Leistungs-MOS-FET in der Schaltung zur Drehzahleinstellung des Gleichstrommotors.*
- (6) Funktionale Zusammenhänge von Schaltungen nachweisen.
 - *Zeigen Sie, dass die Ausgangsspannung des Rechteckgenerators eine Frequenz von 123Hz besitzt.*
 - *Vergleichen Sie die Funktion und Leistungsfähigkeit der beiden angegebenen Schaltungen zur Temperaturüberwachung.*
 - *Weisen Sie nach, dass die Verstärkung des gezeigten Instrumentenverstärkers nur mit dem Potentiometer eingestellt werden kann.*

¹ Als unbekannt werden Elemente bezeichnet, die nicht in der Liste der Grundbauelemente aufgeführt sind. Vgl. Inhalte – (AST1).

Inhalte

(AST1) Grundbauelemente

- Widerstände, Kondensatoren, Induktivitäten
- LDR (z.B. LDR03), VDR (z.B. VAR200V04W), PTC, NTC
- Relais (z.B. OMRON G5V-2)
- Diode (z.B. 1N4007), Leuchtdioden, Photodiode (z.B. BPW34), Brückengleichrichter (z.B. B40C1500), Z-Diode (z.B. ZD5,6)
- Thyristor (TIC126D), Diac (DB3), Triac (TIC226D)
- Transistoren
 - Bipolare Transistoren (BC548B, BC558B, BD139C, BD140C)
 - Unipolare Transistoren (IRFN 150N, IRF9540)
 - Fototransistor (BP103)
- Integrierte Bauelemente
 - Operationsverstärker (LM324)
 - NE 555
 - Integrierte Spannungsregler (LM 317, 78xx, 79xx)
 - Temperatursensoren (KTY 81-110)
 - Optokoppler (LTV 825)
- Herstellerunterlagen (deutsch, englisch)
 - Datenblätter
 - Applikationshinweise

(AST2) Grundschaltungen

- Einfache zusammengesetzte Schaltungen aus Bauelementen (z. B. Spannungsteiler)
- Transistor als Schalter
- Transistor in Emitterschaltung
- Operationsverstärkerschaltungen (invertierender und nicht invertierender Verstärker, Integrator, Differenzierer, Spannungsfolger, Differenzverstärker, Summierverstärker, Addierer, Schmitt-Trigger, Komparator, Rechteckoszillatator)
- NE555 als Oszillatator und Timer
- Phasenanschnittssteuerung
- Gleichrichterschaltungen (B2U/C, B6U/C, M1U/C, B1U/C)
- Stromkonstantschaltung
- Spannungskonstantschaltung / Spannungsreglerschaltungen (mit Z-Diode, Längstransistor und Festspannungsregler)

3.2.1.2 A2 Digitaltechnik

Kompetenzen

Grundwissen über Digitaltechnik darstellen, erläutern, beurteilen und anwenden.

A2 Anforderungsbereich I

Digitaltechnische Grundbausteine und einfache Schaltnetze und Schaltwerke darstellen und beschreiben.

Kompetenzen:

(1) Grundbausteine normgerecht darstellen.

- *Zeichnen Sie das Schaltzeichen eines getakteten JK-Flipflops.*

(2) Die Funktion der einzelnen Anschlüsse und die Symbole der Normdarstellung von digitaltechnischen ICs beschreiben.

- *Beschreiben Sie die Funktion der Eingänge EN, b und c für die Arbeitsweise des Zählers.*
- *Erklären Sie das Schaltzeichen des IC74190.*

(3) Schaltnetze mit Funktionsgleichungen oder Wertetabellen beschreiben.

- *Beschreiben Sie das Verhalten des Dekoders durch eine Funktionsgleichung (Wertetabelle).*
- *Nennen Sie die Funktionsgleichung des AND-Bausteins mit drei Eingängen.*

(4) Schaltnetze, Schaltwerke und Blocksymboldarstellungen einander zuordnen.

- *Ordnen Sie den Funktionsblock Monatsende dem entsprechenden IC im Schaltplan zu.*

(5) Schaltnetze oder Schaltwerke mit gleichem Verhalten einander zuordnen.

- *Benennen Sie die Schaltungen mit gleichem Verhalten.*

(6) Elektrische Verhalten von Grundbausteinen beschreiben.

- *Bestimmen Sie mit Hilfe des Datenblattes in Anhang 1 den minimalen Eingangsspannungsspeigel, den der IC als High-Pegel erkennt.*

A2 Anforderungsbereich II

Digitale Schaltnetze und Schaltwerke beschreiben, erstellen und dimensionieren.

Kompetenzen:

- (1) Das Verhalten von Schaltnetzen oder Schaltwerken durch verbale Erklärungen, Signal-Zeit-Verläufe, Wertetabellen, Funktionsgleichungen, Ausgangszustände oder Bitfolgen beschreiben.
 - *Erklären Sie das Prinzip der Rücksetzung beim abgebildeten Zähler.*
 - *Zeichnen Sie die Signal-Zeit-Verläufe der Spannungen UA, UB, UC und UD für die Zeitsteuerung.*
 - *Ermitteln Sie die Ausgangszustände des Schieberegisters nach dem 1., 2., 3. und 4. Takt.*
- (2) Digitaltechnische Bausteine, Schaltnetze und Schaltwerke vergleichen.
 - *Vergleichen Sie die Bausteine 74LS123 und 74LS121 hinsichtlich ihres Einsatzes in der Schaltung zur Erfassung der Motordrehzahl.*
- (3) Größen von digitaltechnischen Bausteinen, Schaltnetzen und Schaltwerken datenblattgestützt bestimmen.
 - *Bestimmen Sie die minimal und maximal einstellbare Pulslänge des Monoflops 74121.*
 - *Bestimmen Sie für den dargestellten Digital-Analog-Umsetzer U_{MSB}, U_{LSB}, U_{a_{max}}.*
- (4) Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen.
 - *Erstellen Sie das Schaltwerk für die Verriegelungssteuerung der beiden Motoren.*
- (5) Digitale Schaltungen in NAND- und NOR-Technologie erstellen.
 - *Entwerfen Sie das Schaltnetz des gezeigten Dekoders ausschließlich mit NAND-Gattern.*
- (6) Schaltnetze, Schaltwerke oder Kopplung von Grundbausteinen unterschiedlicher Logikfamilien dimensionieren.
 - *Dimensionieren Sie die Beschaltung des Monoflops 74121 so, dass sich ein Puls mit einer Länge von 7ms ergibt.*
 - *Dimensionieren Sie die gezeigte Schaltung zur Eingangsspegeleinstellung für den TTL-Baustein.*
- (7) Elektrisches Verhalten von digitaltechnischen Grundbausteinen hinsichtlich des zeitlichen Verhaltens, der Pegel und der Strombelastbarkeit analysieren.

- Weisen Sie nach, dass der eingesetzte Baustein 7400 die Anforderungen hinsichtlich des geforderten zeitlichen Verhaltens, des Ein- und Ausgangspegels und der Strombelastbarkeit erfüllt.

A2 Anforderungsbereich III

Komplexe digitaltechnische Steuerungseinheiten problem- und anwendungsorientiert entwickeln, beurteilen und analysieren.

Kompetenzen:

- (1) Anwendungsbezogen eine digitaltechnische Steuerung unter Verwendung von Schaltnetzen und Schaltwerken entwickeln.
 - Entwickeln Sie eine digitaltechnische Lösung für den Transistortester.
 - Entwickeln Sie einen Schaltplan für die Zählerschaltung.
- (2) Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen.
 - Entwickeln Sie eine Multiplexerschaltung aus zwei 74153N Bausteinen mit der gleichen Funktion wie die gezeigte Schaltung.
- (3) Einsatz von Bauelementen in Schaltungen auf der Basis von Datenblättern beurteilen.
 - Bewerten Sie den Einsatz des IC74190 in der gezeigten Schaltung.
- (4) Schaltungstechnische Lösungen für eine gegebene Problemstellung vergleichen.
 - Vergleichen Sie das elektrische Verhalten des gezeigten Schaltnetzes Pulsformerstufe mit dem Monoflop-IC 74121.
- (5) Analysieren von komplexen digitaltechnischen Steuerungen unter Anwendung der Fachmethode Schaltungsanalyse.
 - Analysieren Sie die digitale Steuerschaltung des Rolltores.

Inhalte

(DT1) Grundbausteine

Grundbaustein	Exemplarisch	
NAND	74LS00	4011
NOR	74LS02	4001
AND	74LS08	4081
Inverter(NOT)	74LS04	4096
OR	74LS32	4071
XOR	74LS86	4070
JK-FF	74LS73	4027
XNOR (Äquivalenz)	74LS266	4077
RS-FF	74LS279	4044
D-FF	74LS74	4013
	Verbindlich	Exemplarisch
BCD to 7-Segment Decoder/Driver	74LS48	4543
8:1 Multiplexer	74LS151	4051
1:8 Demultiplexer	74F138	4051
4-bit synchronous Binary Counter	74LS190	40193
8-bit Shift Register	74LS165	4021
Analog to digital Converter	ADC 0808	-
Digital to analog Converter	DAC 0808	-
Schmitt-Trigger	74LS14	4584
Timer	NE555	-
Monoflop	74LS123	4047
7-Segmentanzeige	-	-

Der Umgang mit Datenblättern beider Technologien (74xx 40xx) wird als vertraut vorausgesetzt.

(DT2) Grundschaltungen

- Schaltnetze mit Grundbausteinen
- Synthese von Schaltnetzen (Normalformen)
- Technologie der Schaltkreisfamilien (Logikpegel, elektrische Eigenschaften)
- Kippschaltungen
- Register (D-Register, Schieberegister)
- Zählschaltungen (synchron/asynchron, binär/dekadisch)

(DT3) Darstellungsformen

- Normdarstellung in IEC- und DIN-Norm
- Logiktabellen / Wahrheitstabellen
- Disjunktive-Normalform
- Impuls- / Zeitablaufdiagramme
- Funktionsgleichungen
- Logikplan
- Zahlensysteme (Dezimal, Hexadezimal, Dual)

3.2.1.3 A3 Elektrische Maschinen**Kompetenzen**

Basiswissen über elektrische Maschinen darstellen, erläutern und einordnen.

A3 Anforderungsbereich I

Basisanwendungen von elektrischen Maschinen benennen und darstellen.

Kompetenzen:

(1) Last- und Steuerstromkreise für elektrische Motoren zeichnen.

- *Zeichnen Sie den Laststromkreis des Motors für Stern-Dreieck-Betrieb.*

(2) Arbeitspunkte in Drehzahl-Drehmoment-, Schrittfrequenz-Drehmoment- und Belastungskennlinien kennzeichnen.

- *Bestimmen Sie für die gegebene Schrittfrequenz das Drehmoment des Schrittmotors.*

(3) Kenngrößen von elektrischen Maschinen benennen.

- *Bestimmen Sie aus dem Typenschild des angegebenen Motors die Nenndrehzahl und die Nennleistung.*

(4) Einfache Steuerungen mit Wirksschaltplänen beschreiben.

- *Beschreiben Sie mit Hilfe eines Wirksschaltplanes die Rolltorsteuerung.*

A3 Anforderungsbereich II

Arbeitsverhalten elektrischer Maschinen in einfachen Anwendungskontexten beschreiben.

Kompetenzen:

(1) Kenngrößen (Stromaufnahme, Drehzahl, Drehmoment, Leistungsaufnahme, Wirkungsgrad) von elektrischen Maschinen berechnen.

- *Berechnen Sie die Leistung, die der Motor bei Antrieb der Schwungscheibe mit Nendrehzahl aufnimmt.*

(2) Geeignete Maschinen nach Leistung, Drehmoment und Drehzahlverhalten anwendungsbbezogen ermitteln.

- *Ermitteln Sie aus der Liste (Anhang 2) einen geeigneten Motor für den Pumpenantrieb.*

A3 Anforderungsbereich III

Ansteuerung und Verhalten elektrischer Maschinen in Anwendungskontexten analysieren.

Kompetenzen:

- (1) Funktionen von Schaltungen zur Ansteuerung von Motoren mit Hilfe von Impuls-/ Zeitdiagrammen beschreiben.
 - *Erstellen Sie zu den Impulsdiagrammen in Abb. 4 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2.*
- (2) Elektrische Maschinen vergleichend bewerten.
 - *Bewerten Sie die drei angegebenen Motoren hinsichtlich der beschriebenen Antriebsaufgabe.*
- (3) Auswahl von elektrischen Maschinen auf der Basis von Datenblattangaben begründen.
 - *Begründen Sie anhand der Kenndaten aus dem Datenblatt, welcher Motor das Tor antreiben kann.*
- (4) Antriebssysteme mit Kennliniendarstellungen beschreiben.
 - *Erstellen Sie die Hochlaufkennlinie des Motors.*

Inhalte

(EM1) Maschinen

- Einphasen-Transformator (Übersetzungsverhältnis, Wirkungsgrad)
- Schrittmotor
- Drehstrom Asynchron Motor mit Kurzschlussläufer²
- Gleichstrommotor als Energiewandler

(EM2) Betriebsverhalten

- Hochlauf- / Belastungskennlinien
- Kenngrößen von Motoren (Bemessungsstrom, Bemessungsdrehzahl, Bemessungsleistung, Bemessungsdrehmoment, Wirkungsgrad, Leistungsfaktor, Nennspannung, Nenffrequenz, Anlaufstrom, Anlaufmoment, mechanische Leistung)
- Nutzung von Herstellerunterlagen (deutsch/englisch)

² Unter Angabe von Typenschildern

(EM3) Ansteuerung elektrischer Maschinen

- Schützsteuerung (einfacher Last- und Steuerstromkreis für Ein-/Aus, Stern/Dreieck, Drehrichtungsänderung)
- Motorvollbrücke bei Gleichstrommaschinen,
- z.B.: L298
- Motorschutzschalter

3.2.1.4 A4 Regelungstechnik

Kompetenzen

Grundwissen über Regelkreise darstellen, beschreiben, einordnen und anwenden.

A4 Anforderungsbereich I

Grundbegriffe der Regelungstechnik wiedergeben und in einem vertrauten Kontext verwenden.

Kompetenzen:

(1) Regelkreisglieder normgerecht (DIN 19226, 19227) darstellen.

- Zeichnen Sie das Normsymbol der P-T₁ Strecke.

(2) Elemente oder Größen in einem Regelkreis nennen.

- Nennen Sie drei mögliche Störgrößen, die in dem gegebenen Regelkreis auftreten können.

(3) Statische und dynamische Kenngrößen aus Sprungantworten ermitteln.

- Bestimmen Sie den Typ und die Kennwerte der Regelstrecke.
- Ermitteln Sie aus der Kennlinie in Abb. 1 die Zeitkonstanten T_u und T_g .
- Bestimmen Sie mithilfe des in den Oszillogrammen gezeigten Zeitverhaltens die Kenngrößen K_{PR} und T_n des PI-Reglers.

(4) Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen.

- Ordnen Sie die Operationsverstärkerschaltungen den Elementen der Regeleinrichtung zu.

(5) Stabilität von Regelkreisen mithilfe von Sprungantworten bestimmen.

- Bestimmen Sie aus den angegebenen Sprungantworten diejenigen, die ein stabiles Regelungsverhalten zeigen.

A4 Anforderungsbereich II

Regelungstechnische Zusammenhänge im Anwendungskontext erklären, beschreiben und darstellen und geeignete Regler ermitteln und berechnen.

Kompetenzen:

- (1) Regelkreisstrukturen im realen Technologieschema ermitteln und Wirkpläne zeichnen.
 - *Zeichnen Sie den Wirkungsplan für die technologisch realisierte Drehzahlregelung in Abb. 1.*
- (2) Parameter, Kennwerte, Größen für Regelungen mit Diagrammen oder Tabellen ermitteln.
 - *Ermitteln Sie mit Hilfe der angegebenen Tabelle die Regelbarkeit der Strecke.*
 - *Ermitteln Sie anhand der gegebenen Sprungantwort die Schwellspannungswerte des Zweipunktreglers und die Schalthysterese.*
- (3) Parameter, Kennwerte, Größen für Regelungen mit OPV ermitteln.
 - *Berechnen Sie mit den Werten der Operationsverstärkerschaltung die Parameter des PI-Reglers.*
 - *Untersuchen Sie, ob mit den vorgeschlagenen Bauteilwerten die optimierten Parameterstellungen T_n , T_V und K_{PR} realisiert werden können.*
- (4) Geeignete Regler für Regelungsaufgaben bestimmen.
 - *Bestimmen Sie für die in Abb. 1 dargestellte Regelungsaufgabe einen geeigneten Regler.*
- (5) Signalverläufe im geschlossenen Regelkreis mit unstetigen Reglern zeichnen und analysieren.
 - *Ermitteln Sie mithilfe des gezeigten Temperaturverlaufes die Verzugszeit der Regelstrecke und die Einschalt- und Ausschaltzeit des Zweipunktreglers.*
 - *Berechnen Sie die Schalthysterese und die Schaltfrequenz des Reglers.*
 - *Zeichnen Sie das Diagramm für den zeitlichen Verlauf der Regelgröße und der Stellgröße in Abb. 3.*
- (6) Wirkzusammenhänge in Regelkreisen beschreiben.
 - *Beschreiben Sie den Regelvorgang, wenn der Wasserablauf plötzlich weiter geöffnet wird.*
 - *Erstellen Sie eine Kausalkette für die Signale w , r , e , x , y und z der Temperaturregelung für den Fall eines Anstieges der Raumtemperatur.*

A4 Anforderungsbereich III

Komplexe Regelungen analysieren, Regelungen modellieren, entwerfen und bewerten.

Kompetenzen:

(1) Regler mit OPV anwendungsbezogen entwerfen und dimensionieren.

- *Entwerfen Sie für jeden Block der Regeleinrichtung eine Operationsverstärkerschaltung.*

(2) Die Güte einer Regelung bewerten.

- *Werten Sie die Führungssprungantworten hinsichtlich der Anforderungen an die An- und Ausregelzeit, die Regeldifferenz und die Überschwingweite aus.*

Inhalte

(RT1) Grundbegriffe

- Einfacher Regelkreis
- Größen der Regelungstechnik (z. B. Führungsgröße, Störgröße)

(RT2) Regelstrecken

- Blockdarstellung – Regelstrecke als Übertragungsglied
- Sprungantwortverhalten
- Streckenarten (P-, I-, P-T1, P-T2, P-Tn, P-Tt, P-Tn-Tt)
- Stabilität von Regelkreisen

(RT3) Regler

- stetige Regler (P-, D-, I- Regler und Kombinationen aus diesen)
- unstetige Regler (Zwei-, Dreipunktregler)
- Übertragungsverhalten
- Eignung von Reglertypen für Regelstrecken
- Operationsverstärkerschaltungen (z. B. Addierer)

(RT4) Einstellen von Reglern

- Anregelzeit / Ausregelzeit
- Max. Überschwingweite
- Einstellregeln nach Ziegler und Nichols und Chien, Hrones und Reswick

3.2.1.5 A5 Mikrocontrollertechnik

Kompetenzen

Hard- u. Softwarekomponenten von Mikrocontrollersystemen beschreiben, externe Peripheriebausteine in ein Mikrocontrollersystem integrieren und anwendungsorientierte Programme entwickeln.

A5 Anforderungsbereich I

Komponenten des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers und einfache Programmabläufe beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Die Bestandteile des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollersystems beschreiben.
 - *Beschreiben Sie anhand des Datenblattauszugs die Eigenschaften der im Mikrocontroller eingesetzten Speichertypen.*
- (2) Benötigte Anschlusspins des Mikrocontrollers für externe Beschaltungen mit Hilfe des Datenblattes ermitteln.
 - *Erstellen Sie eine Tabelle, in der die anzuschließenden Eingabe- und Ausgabeeinheiten Port-Pins des Mikrocontrollers zugeordnet sind.*
- (3) Kommentierung für einen vorhandenen C-Code erstellen.
 - *Erstellen Sie für das vorgegebene C-Programm zeilenweise eine Kommentierung.*
- (4) Syntaxfehler in C-Programmen ermitteln.
 - *Erstellen Sie aufgrund der angegebenen Fehlermeldung des Compilers einen syntaktisch fehlerfreien C-Code.*

A5 Anforderungsbereich II

Externe Peripherieeinheiten integrieren und Programme anwendungsorientiert analysieren und erstellen.

- (1) Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben.
 - *Zeichnen Sie auf Grundlage des vorliegenden C-Programmes und des Technologieschemas in Abb.1 den Verlauf der Ausgangsspannung des mit dem Mikrocontroller programmierten Sägezahn-Rechteck-Generators.*

- (2) Modifikationen bei vorgegebenen Programmablaufplänen bzw. C-Programmen erstellen.
- *Erstellen Sie entsprechend der beschriebenen Anforderungen die geänderten Programmzeilen im C-Code.*
 - *Erstellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1.*
- (3) Einstellungen von Spezial-Funktions-Registern des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers anwendungsbezogen im C-Programm ermitteln.
- *Ermitteln Sie die Einstellungen des SFRs von Timer 1 zur Realisierung der geforderten Zeitverzögerung.*
- (4) Schaltungen von ausgewählten externen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller skizzieren.
- *Skizzieren Sie die Verbindung zum Anschluss des Analogsensors an den Mikrocontroller.*
- (5) Einen Mikrocontroller anforderungsgerecht ermitteln.
- *Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.*

A5 Anforderungsbereich III

Programme problem- und anwendungsorientiert entwickeln.

Kompetenzen:

- (1) Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln.
- *Erstellen Sie für die Teilfunktion „Anhalten“ den Programmablaufplan.*
- (2) Unbekanntes On-Chip-Peripherie Datenblatt gestützt analysieren und für diese Peripherie Programme entwerfen.
- *Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen von Timer 2, der im Capture-Compare-Modus betrieben wird.*
- (3) Schaltungen von unbekannter externer Peripherie Datenblatt gestützt an den Mikrocontroller skizzieren und dazu Programme entwickeln.
- *Entwerfen Sie einen Schaltplan zum Anschluss des Digital-Analog-Wandlers an den Mikrocontroller.*

Inhalte

(MCT1) Hardware des Mikrocontrollers

- Grundsätzliche Bestandteile eines Mikrocontrollers (CPU, Programm- und Datenspeicher, Taktzeugung)
- Ausgewählte On-Chip-Peripherie:
 - Digitale Ein-/Ausgaberegister (Ports)
 - Timer
 - Analog-Digital Wandlereinheit mit 8 bzw. 10 Bit Auflösung
 - Interrupt-System
- Datenblatt – Blockschaltbilder von Funktionseinheiten des Mikrocontrollers

(MCT2) Einfache Grundschaltungen mit µC

- Eingabe
 - Schalter / Taster
 - Potentiometer
 - Analoge Signalgeber
- Ausgabe
 - LED- und 7-Segment-Anzeigen
 - Relais
 - Summer
 - DC-Motoren
 - Transistor als Schalter

(MCT3) Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“

- Grundsätzlicher Aufbau eines C-Programms
- Erstellen von Kommentaren
- Deklaration und Initialisierung von einfachen Variablen
- Anwenden von Rechenoperatoren (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und Modulo)
- Bitoperationen (UND, ODER, Exklusiv ODER, Negation, Bitverschiebung und Maskierung)
- Logikfunktionen (UND, ODER, NICHT)
- Vergleichsoperatoren (größer, kleiner und gleich)

- Verzweigungen, Fallunterscheidungen und Schleifen
- Umgang mit Funktionen
 - Funktionsprototypen
 - Aufruf von Funktionen mit Parameterübergabe und Rückgabe wert
 - Interrupt Funktionen
- Eindimensionales Felde(Array)

C-Befehle, Operationen, Bitmanipulationen, Vergleiche und logische Verknüpfungen

Mit folgenden C-Befehlen und Operationen sollen die Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf die Abiturprüfung vertraut sein:

C-Befehl	Bedeutung
#include <****.h>	Einbinden von Headerdateien
// Kommentar /* Kommentar1 Kommentar 2*/	Einfügen eines zeilenweisen Kommentares Einfügen eines mehrzeiligen Kommentars
int variable = 28;	Deklarieren und Initialisieren von Variablen
for (i=10;i<=10;i--) { Anweisung; }	Zähl-Schleife: führt die Anweisung für eine bestimmte Anzahl von Durchläufen aus
do { Anweisung; } while (<i>Bedingung</i>);	Fußgesteuerte-Schleife: führe Anweisung aus, solange Bedingung erfüllt ist
while (<i>Bedingung</i>) { Anweisung; }	Kopfgesteuerte-Schleife: solange Bedingung erfüllt, führe Anweisung aus
if (<i>Bedingung</i>) { Anweisung 1; } else Anweisung 2;	Alternativ-Verzweigung: wenn Bedingung erfüllt, führe Anweisung 1 aus; sonst führe Anweisung 2 aus.

<pre>switch (Ausdruck) { case konstante1: Anweisung1; break; case konstante2: Anweisung2; break; default: Anweisung3; }</pre>	<p>switch-Case-Anweisung (Mehrfachauswahl): Bearbeitung beginnt an dem case-Label, dessen Bedingung erfüllt ist, spätestens am (optionalen) Default-Label.</p>
<pre>int summe_aus(int, int); int summe_aus (int a, int b) ergebnis=summe_aus (3, 4);</pre>	<p>Funktionsprototyp Deklaration einer Funktionen: Ergebnistyp <i>Name</i> (Parameterdeklarationsliste); Aufruf der Funktion mit Übergabe der Parameter a und b</p>

Arithmetische Operationen

Operand	Bedeutung	Anweisung in C
+	positives Vorzeichen	x = +a;
-	negatives Vorzeichen	x = -a;
*	Multiplikation	x= a * b;
/	Division	x= a / b;
%	Modulo-Operation	x= a % b;
+	Addition	x = a + b;
-	Subtraktion	x = a - b;

Logische Verknüpfungen

Operand	Bedeutung	Anweisung in C
&&	Logisches UND	a && b
	Logisches ODER	a b
!	Logisches NICHT	!a

Bitmanipulationen

Operand	Bedeutung	Anweisung in C
<code>~</code>	bitweises Komplement	<code>x = ~x;</code>
<code><<</code>	bitweiser Links-Shift	<code>x = x<<4;</code>
<code>>></code>	bitweiser Rechts-Shift	<code>x = 0xC0 >>4;</code>
<code>&</code>	bitweises UND	<code>x = (a & 0x0F);</code>
<code>^</code>	bitweises EXKLUSIV-ODER	<code>x = (a ^ 0x0F);</code>
<code> </code>	bitweises ODER	<code>x = a 0x0F;</code>

Vergleiche

Operand	Bedeutung	Anweisung in C
<code><</code>	kleiner	<code>a < b;</code>
<code>></code>	größer	<code>a > b;</code>
<code><=</code>	kleiner gleich	<code>a <= b;</code>
<code>>=</code>	größer gleich	<code>a >= b;</code>
<code>==</code>	gleich	<code>a == 0x03;</code>
<code>!=</code>	ungleich	<code>a != 0x07;</code>

3.2.2 Kompetenzbereich B - Methodenbeherrschung

Kompetenzen

Methoden der Elektrotechnik nutzen.

B Anforderungsbereich³ I

Methoden der Elektrotechnik beschreiben und in einfachen Situationen nutzen.

Kompetenzen:

(1) Fachmethoden der Elektrotechnik beschreiben.

- *Beschreiben Sie die Fachmethode Schaltungsanalyse.*

(2) Teilschritte der Fachmethoden in einfachen Ausgangssituationen ausführen.

- *Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Komponenten des Schaltplans den angegebenen Blocksymbolen zu.*
- *Beschreiben Sie den C-Code für den im Teilmodul realisierten PI-Regler durch zeilenweise Kommentare.*
- *Bestimmen Sie aufgrund der angegebenen Ergebnisse der Anwendung der Dimensionierungsvorschrift die Widerstände R9 und R13 aus der Normreihe E12.*
- *Nennen Sie fünf verschiedene Fehlerhypothesen als Beginn der vorzunehmenden Fehlersuche.*
- *Zeichnen Sie die Verbindungen für das Multimeter so ein, dass die Spannung U0 gemessen werden kann.*
- *Benennen Sie Mess- und Prüfmittel für die vorzunehmende Fehlersuche.*

(3) Kennwerte für Grundbauelemente mithilfe von Diagrammen bestimmen und Kennwerte in Diagrammen darstellen

- *Ermitteln Sie die Drain-Source-Spannung im eingezeichneten Arbeitspunkt des FET.*

³ Im Anforderungsbereich I bezieht sich die Fachmethode Dimensionieren ausschließlich auf passive Bauelemente (R, C).

B Anforderungsbereich II

Fachmethoden in vertrauten Kontexten anwenden.

Kompetenzen:

(1) Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln.

- *Ermitteln Sie den Arbeitspunkt für den Triac.*

(2) Teilschritte von Fachmethoden anwenden.

- *Erstellen Sie eine Messschaltung zur Überprüfung des Verhaltens der Ausgangsspannung des Bausteins 7400 in Abhängigkeit vom Belastungsstrom.*
- *Beschreiben Sie die Messschritte, die notwendig sind, um das Belastungsverhalten des Bausteins zu erfassen.*
- *Dimensionieren Sie die Widerstände des Instrumentenverstärkers.*
- *Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Eingrenzung der Fehlerursachen beim astabilen Multivibrator mit dem Baustein NE 555.*
- *Zeichnen Sie für den gekennzeichneten Schaltplanbereich ein Blockschaltbild.*
- *Skizzieren Sie für den Funktionsblock "Differenzierer" eine Schaltung mit OPV.*
- *Erstellen Sie für den angegebenen PAP einen vollständigen C-Code.*
- *Zeichnen Sie für die im dargestellten C-Code (Abb.3) programmierte Unterfunktion "P-Regler" einen Programmablaufplan.*

B Anforderungsbereich III

Fachmethoden auf komplexe elektrotechnische Sachverhalte problemorientiert anwenden.

Kompetenzen:

(1) Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden.

- *Entwerfen Sie unter Anwendung der angegebenen Blockstruktur das verfeinerte Blockschaltbild des analogen Schlüssels.*
- *Entwickeln Sie eine Digitalschaltung für die Garagentorsteuerung, die die beschriebenen Funktionen erfüllt.*
- *Dimensionieren Sie die dargestellte Verstärkerschaltung unter Beachtung der elektrischen Eigenschaften des Mikrocontrollers.*
- *Entwickeln Sie eine Messschaltung zur Aufnahme der Übertragungskennlinie des Operationsverstärkers.*
- *Entwerfen Sie einen Ablaufplan zur Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Leistung an der Last und dem Zündverzögerungswinkel des Thyristors in der dargestellten Schaltung.*

- *Entwickeln Sie eine logisch stimmige und nachvollziehbare Suchstrategie zur Identifizierung des beschriebenen Fehlers.*
 - *Entwerfen Sie einen Programmablaufplan, der die beschriebene Anlagenfunktion erfüllt.*
- (2) Den Einsatz von Bauelementen, Schaltungen und Maschinen auf der Basis ihrer Beschreibung durch Diagramme / Kennlinien bewerten.
- *Bewerten Sie anhand der dargestellten Messergebnisse (Kennlinien) die Eignung des Operationsverstärkers für die Temperatursensorschaltung.*

Inhalte

Im Folgenden werden die inhaltlichen Kenntnisse für den Kompetenzbereich B “Fachmethoden“ dargestellt.

Bis zur Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik sollen die Schülerinnen und Schüler Kenntnisse über die acht angegebenen Fachmethoden erwerben.

B Fachmethoden

- (B1) Schaltungsanalyse
- (B2) Schaltungsentwurf
- (B3) Dimensionieren
- (B4) Messen
- (B5) Fehlersuche
- (B6) Programmentwurf
- (B7) Programmanalyse
- (B8) Arbeit mit Diagrammen

Die Fachmethoden werden im Folgenden beschrieben.

3.2.2.1 B1 Analysieren von Schaltungen / Schaltungsanalyse

Beschreibung

Unter der Methode „Analysieren von Schaltungen / Schaltungsanalyse“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Funktionsstruktur einer Schaltung (black-boxing) verstanden. Das Ergebnis einer Schaltungsanalyse ist ein Blockschaltbild, das die verkoppelten Funktionsblöcke der Schaltung enthält.

Folgende Regeln gelten für das Erstellen der Blockschaltbilder:

- Ein Block muss eine Funktion und nicht dessen Realisierung darstellen.
- Ein Blockschaltbild muss sich stufenweise verfeinern lassen. Die letzte Verfeinerungsstufe stellt die Ebene der Bauelemente dar.
- Die dargestellten Funktionsblöcke müssen verkoppelt sein.
- Ein Funktionsblock wird beschrieben durch die Eingangsgrößen (Eingangsobjekte), die Ausgangsgrößen und das Übertragungsverhalten des Funktionsblockes.
- Die Gesamtschaltung muss auch als Funktionsblock erkennbar sein.
- Bei der Schaltungsanalyse werden Schaltungsteile, die der Bereitstellung und Sicherstellung der Schaltungsfunktion dienen, also Kompensations- und Schutzschaltungen und Schaltungen der Spannungsversorgung, in der Regel nicht berücksichtigt.

Die Erstellung von Blockschaltbildern in der Regelungstechnik erfolgt durch die bekannten Signalflusspläne; hier ist die Funktionsstruktur normiert und eindeutig beschrieben. In der analogen und digitalen Schaltungstechnik können die Blockschaltbilder mit ihren Funktionsblöcken frei angepasst werden.

Die Methode „Analysieren von Schaltungen / Schaltungsanalyse“ nutzt die gleichen Darstellungsmittel wie die Fachmethode „Schaltungsentwurf“. Beim Schaltungsentwurf wird eine zu realisierende Funktion vorgegeben. Der Entwurf besteht darin, ausgehend von der zu realisierenden Gesamtfunktion durch schrittweises Verfeinern der Funktionsblöcke letztlich die schaltungstechnische Realisierung anzugeben.

Aufgabenbeispiele

Aufgabe 1: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator)

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines astabilen Multivibrators (AMV). Der AMV erzeugt eine Rechteckspannung U_a , deren Frequenz variiert werden kann. Der AMV in Abb. 1 wird realisiert durch einen invertierenden Schmitt-Trigger, der sich selbst über einen Tiefpass (RC-Glied) steuert. Bei $U_a = -U$ würde sich der Kondensator C auf die Spannung $-U$ aufladen, wenn nicht vorher der untere Triggerwert des Schmitt-Triggers erreicht würde. Sobald $U_c = U_e$ wird $U_a = +U$. Der Kondensator C wird nun umgeladen auf $+U$. Auch dieser Ladevorgang wird abgebrochen, wenn U_c den oberen Triggerpunkt des Schmitt-Triggers erreicht. Dann wird wieder $U_a = -U$ und der dargestellte Vorgang wiederholt sich.

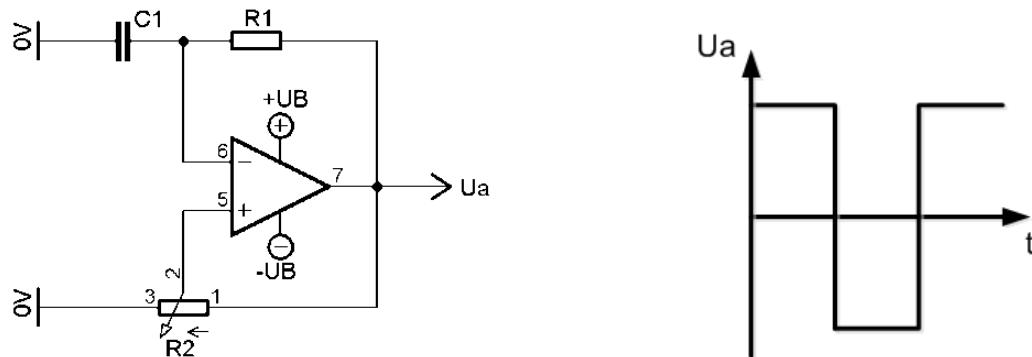
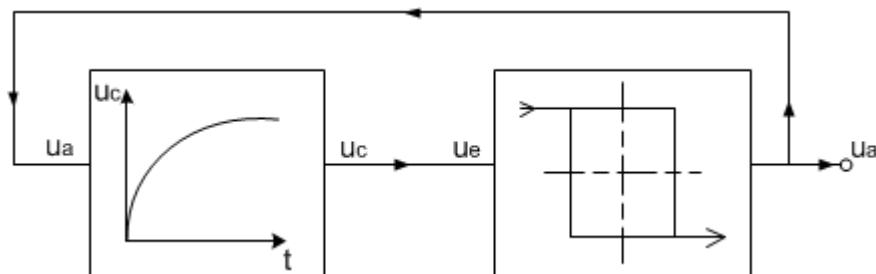


Abb. 1: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator) mit Operationsverstärker

Analysieren Sie die Schaltung des in Abb. 1 dargestellten astabilen Multivibrators.

Lösungsaspekte:	Punkte
AMV als Funktionsblock (Oberste Darstellungsstufe)	1
Funktionsblock Schmitt-Trigger	
Eingangssignale	1
Ausgangssignal	1
Übertragungsverhalten	1
Funktionsblock Tiefpass	
Eingangssignale	1
Ausgangssignal	1
Übertragungsverhalten	1
Summe:	7

Musterlösung:



Aufgabe 2: Analoger Schlüssel

Die Schaltung Abb. 1 zeigt die Auswerteschaltung für einen „analogen Schlüssel“. Wenn die Widerstandskombination R4, R8 einen bestimmten Wert (Schlüsselwert) besitzt, wird das an der Auswerteschaltung angeschlossene Bedienfeld an die Netzspannung (L1) geschaltet. Weicht die Widerstandskombination R4, R8 von dem „Schlüsselwert“ ab, wird das Bedienfeld nicht an das Netz geschaltet.

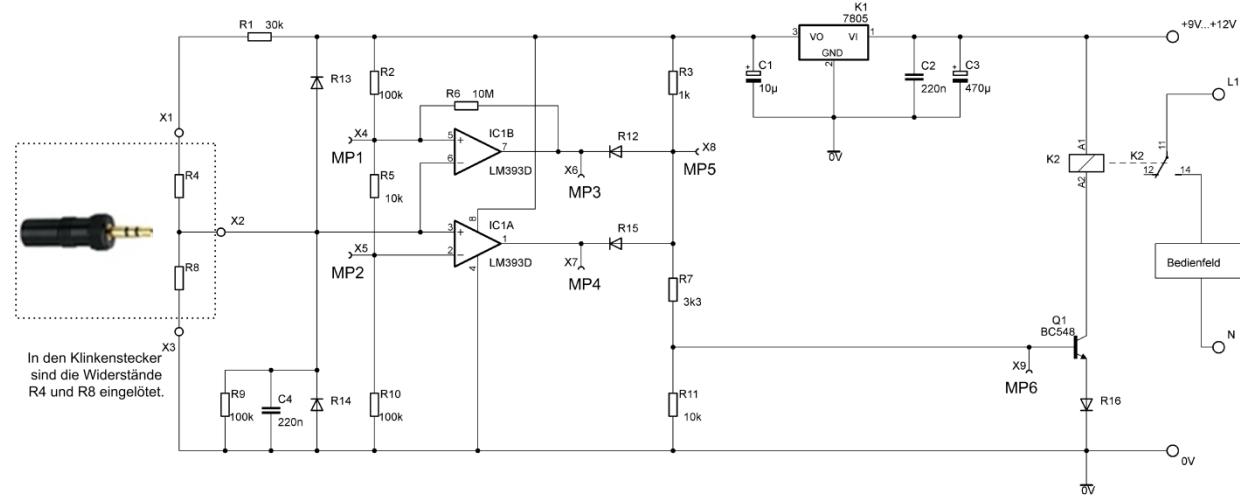
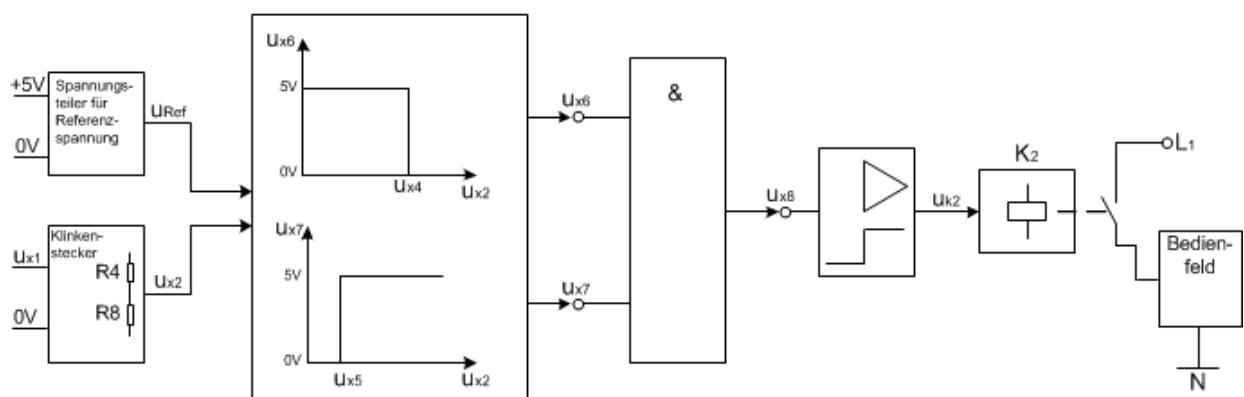


Abb. 1: Auswerteschaltung für einen analogen Schlüssel

Analysieren Sie die in Abb. 1 dargestellte Auswerteschaltung für einen analogen Schlüssel.

Lösungsaspekte	Punkte
Auswerteschaltung als Funktionsblock	
Eingangsgrößen	1
Ausgangsgrößen	1
Übertragungsverhalten	1
Funktionsblock Fensterkomparator	
Eingangsgröße	1
Ausgangsgröße	1
Übertragungsverhalten	1
Funktionsblock UND-Verknüpfung	
Eingangsgröße	1
Ausgangsgröße	1
Übertragungsverhalten	1
Funktionsblock Schaltverstärker	
Eingangsgröße	1
Ausgangsgröße	1
Übertragungsverhalten	1
Summe	12

Musterlösung:



3.2.2.2 B2 Schaltungsentwurf

Beschreibung

Schrittweiser Entwurf einer Schaltung: Vom Funktionsblock über Teilfunktionsblöcke zur einer dimensionierungsfähigen Schaltung.

Ausgehend von der Entwurfsaufgabe mit den zu erfüllenden Anforderungen an die zu entwerfende Schaltung wird in einem ersten Schritt (Schritt 1) die Schaltung als ein Funktionsblock dargestellt. Der Funktionsblock wird durch sein Übertragungsverhalten (Funktion), die Eingangsgrößen (E_1, E_2, E_3, S) und die Ausgangsgrößen (A_1, A_2, A_3) beschrieben. In weiteren Verfeinerungsschritten werden miteinander verknüpfte Teifunktionsblöcke erstellt. Der letzte Entwurfsschritt bezieht sich auf die technologische Realisierung einer dimensionierungsfähigen Schaltung. Abb. 1 zeigt die typischen Arbeitsschritte beim Schaltungsentwurf und die Struktur der Funktionsblöcke.

Die Arbeitsschritte bei der Methode Schaltungsentwurf entsprechen den Schritten bei der Methode Schaltungsanalyse mit dem Unterschied, dass bei der Schaltungsanalyse die realisierte Schaltung den Ausgangspunkt der Analyse darstellt, während beim Schaltungsentwurf die dimensionierungsfähige Schaltung das Ergebnis des Schaltungsentwurfs ist.

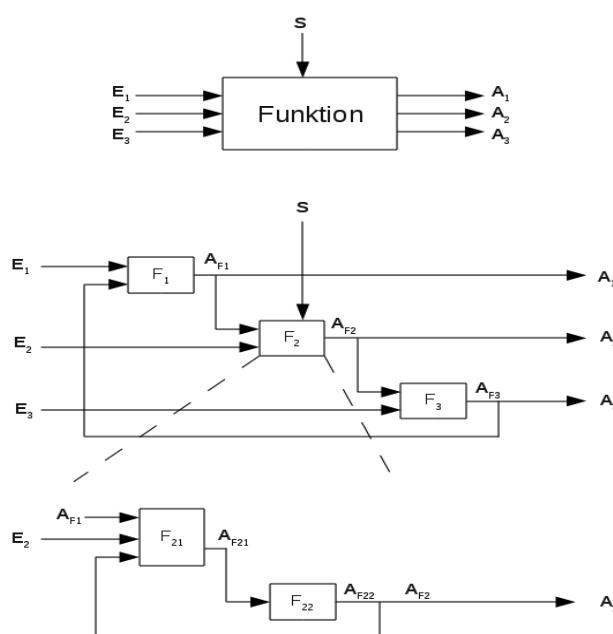


Abb. 1: Entwurfsschritte beim Schaltungsentwurf

Aufgabenbeispiel

Aufgabe 1: Batterie-Spannungs-Überwachung

Abb. 2 zeigt eine Kfz-Batterie. Es soll eine Schaltung entworfen werden, die den Ladezustand der Batterie durch drei LEDs mit verschiedenen Farben anzeigt. Eine rote LED soll signalisieren, dass die Ladespannung U_B zu niedrig ist, also kleiner als 12V. Eine grüne LED signalisiert den normalen Ladebetrieb mit einer Ladespannung U_B zwischen 12 V und 14V. Eine gelbe LED soll dann leuchten, wenn die Ladespannung U_B größer als 14 Volt ist.

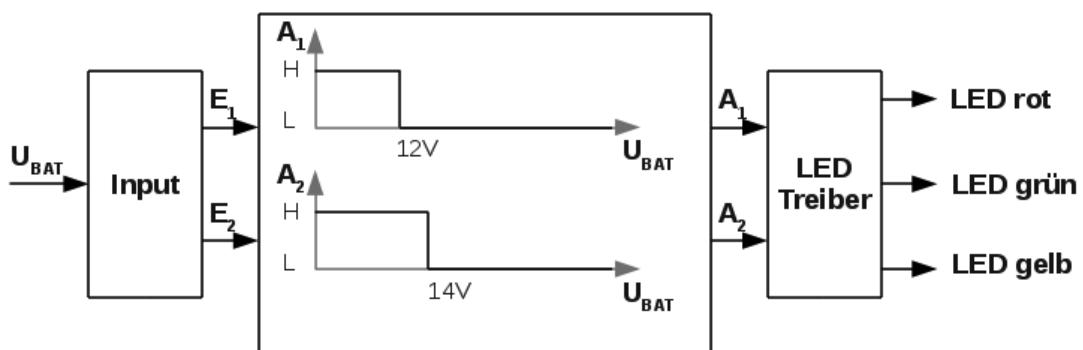
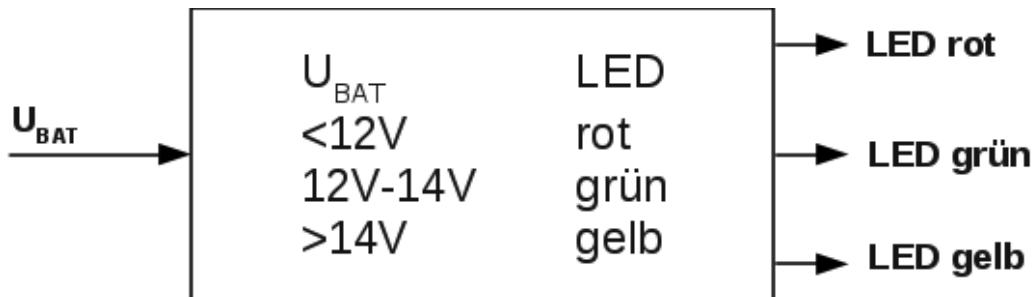


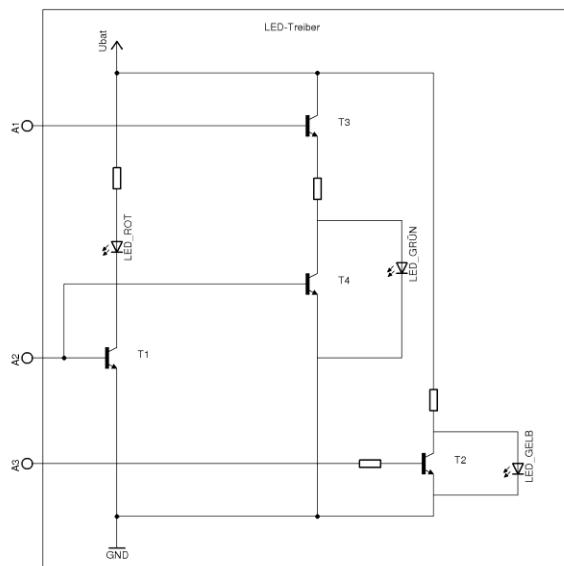
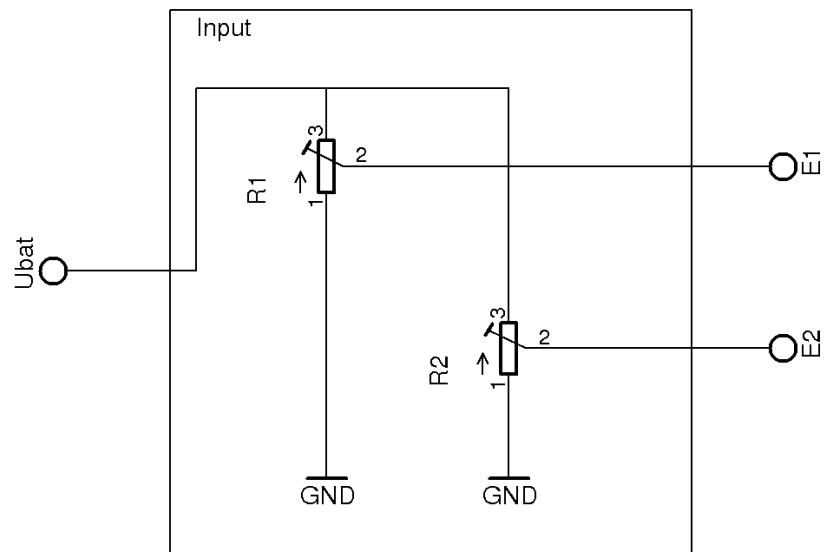
Abb. 2: Kfz-Batterie

Entwerfen Sie eine Schaltung zur Überwachung der Batteriespannung, sodass die Ladezustände durch die drei LEDs grün, rot und gelb signalisiert werden.

Lösungsaspekte	Punkte
Funktionsblock der Schaltung (Eingänge, Funktion der Schaltung, Ausgänge)	1
Teilfunktionsblöcke (Eingang, Vergleiche, Logische Verknüpfung der Komparatoren, Ansteuerung für LED)	4
Eingangsbeschaltung: Referenzspannung mit Z-Diode	1
Widerstandbeschaltung für die Eingänge der Komparatoren	1
Schaltung der Komparatoren	1
Realisierung der Funktionsblöcke	1
Summe:	9

Musterlösung:





3.2.2.3 B3 Dimensionieren

Beschreibung

Unter der Methode „Dimensionieren“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Auslegung und Bestimmung der Bauelemente einer Schaltung verstanden.

Die Methode „Dimensionieren“ wird angewendet bei der Bestimmung von Bauelementen einer Schaltung. Ausgangspunkt des Dimensionierens ist eine Schaltung mit ihren Funktionsdaten und technischen Rahmenbedingungen. Zu den Funktionsdaten gehören z.B.: Übertragungsverhalten, Ausgangsverhalten, Eingangsverhalten, Sicherheits- und Schutzvorrichtungen, Leistungsdaten, etc.. Zu den technischen Rahmenbedingungen gehören die zur Verfügung stehenden Bauelemente und die zu erfüllenden technischen Funktionen.

Die Dimensionierungsaufgabe besteht darin, noch unbestimmte Bauelemente technisch hinsichtlich der Einhaltung der Funktionsanforderungen zu bestimmen.

Für die Bestimmung der Bauelemente ist eine Dimensionierungsvorschrift zu entwickeln, die eine rechnerische Bestimmung oder Auslegung der Bauelemente ermöglicht. In Abb. 1 sind die Schritte des Dimensionierens dargestellt.

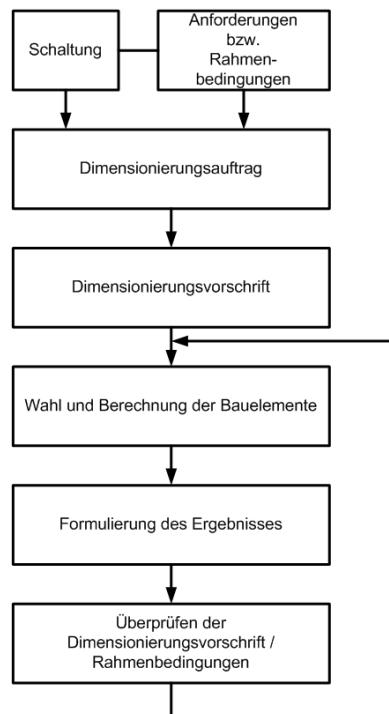


Abb. 1: Dimensionierungsschritte

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Astabiler Multivibrator (Rechteckgenerator)

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines Rechteckgenerators. Der Rechteckgenerator erzeugt eine Rechteckspannung U_a mit der Frequenz $f = 500 \text{ Hz}$ (siehe Abb. 2). Es stehen nur Widerstände aus der E24-Reihe im $\text{k}\Omega$ - Bereich zur Verfügung.

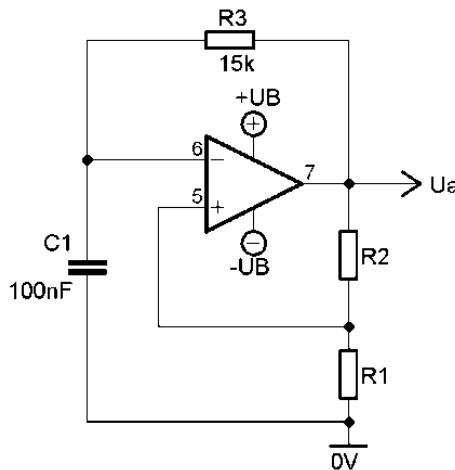


Abb.1: Astabiler Multivibrator, $R_3=15\text{k}\Omega$

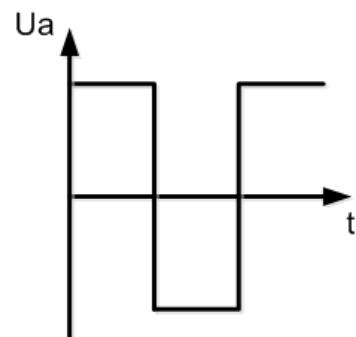


Abb. 2: Rechteckspannung

Die Frequenz f der Ausgangsspannung U_a wird mit folgenden Formeln bestimmt:

$$f = \frac{1}{2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{1+\alpha}{1-\alpha}\right)} ; \quad \alpha = \frac{R_1}{R_1+R_2} ; \quad \tau = R_3 \cdot C_1$$

Dimensionieren Sie die Widerstände R_1 und R_2 für eine Frequenz $f = 500 \text{ Hz}$.

Lösungsaspekte	Punkte
Umformen der gegebenen Berechnungsformel zur Dimensionierungsvorschrift	5
Geeignete Wahl von R_2 bzw. R_1	1
Berechnung von R_1 bzw. R_2	1
Auswahl von R_1 und R_2	1
Summe:	8

Musterlösung:

$$\tau = R_3 \cdot C_1 = 15k\Omega \cdot 100nF = 1,5ms$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \tau \cdot \ln \left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} \right)}$$

$$2 \cdot \tau \cdot \ln \left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} \right) = \frac{1}{f}$$

$$\ln \left(1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} \right) = \frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}$$

$$1 + 2 \cdot \frac{R_1}{R_2} = e^{\left(\frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}\right)}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{f \cdot 2 \cdot \tau}\right)} - 1}{2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{500Hz \cdot 2 \cdot 1,5ms}\right)} - 1}{2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{500Hz \cdot 2 \cdot 1,5ms}\right)} - 1}{2} = \frac{e^{\left(\frac{1}{1,5}\right)} - 1}{2} = 0,47387$$

Gewählt: $R_2 = 10k\Omega$

$$R_1 = \frac{e^{\left(\frac{1}{1,5}\right)} - 1}{2} \cdot R_2 = 4,74k\Omega$$

Gewählt: $R_1 = 4,7k\Omega$

3.2.2.4 B4 Messen

Beschreibung

In der Elektrotechnik ist der Einsatz von Messtechnik notwendig, um Aussagen über die Funktion technischer Systeme zu erhalten. Im Fach Elektrotechnik steht das Messen elektrischer Größen im Vordergrund, um die Funktion elektrischer Bauelemente, Schaltungen, Geräte und Anlagen zu überprüfen. Messungen sind die notwendige Voraussetzung für die Steuerung und Regelung technischer Prozesse.

Das Messen zielt auf die Feststellung, ob das Messobjekt die Funktionsanforderungen erfüllt oder nicht erfüllt, z.B. in dem einfachen Fall: Kabel hat Durchgang / hat keinen Durchgang. In der Regel wird jedoch durch Messungen die zu messende Größe quantitativ erfasst (Messwert).

Das „Messen“ ist eine geplante Tätigkeit, die in folgenden Schritten erfolgt:

1. Definieren der Messaufgabe (Messproblem) und der Messgröße
2. Skizzieren einer Messschaltung mit Messgeräten
3. Festlegen des Messablaufs
4. Durchführen der Messung und Ermitteln des Messergebnisses
5. Dokumentieren und Auswerten des Messergebnisses

Im Fach Elektrotechnik wird von den Prüflingen erwartet, dass sie in der Abiturprüfung Kenntnisse über die Aufgaben der Messtechnik und folgende Messtechniken haben:

- a) Spannungsprüfung (Verwendung von zweipoligen Spannungsprüfern)
- b) Durchgangsprüfung
- c) Strom- und Spannungsmessungen mit Analoginstrumenten
- d) Strom - und Spannungsmessung mit Digitalinstrumenten
- e) Messen von elektrischen Misch- und Wechselgrößen mit dem Oszilloskop
- f) Aufnahme von Kennlinien und Übertragungsfunktionen mit dem Oszilloskop
- g) Leistungsmessung
- h) Messung ohmscher Widerstände (spannungsrichtige und stromrichtige Messung)

3.2.2.5 **B5 Fehlersuche**

Beschreibung

Unter Fehlersuche wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Identifizierung eines Fehlers in einem elektrischen Prüfobjekt (Anlage, Gerät, Schaltung, Bauelement) verstanden. Außerdem umfasst diese Methode die Festlegung der notwendigen Schritte zur Fehlerbehebung und der Maßnahmen zur zukünftigen Fehlervermeidung.

Ausgangspunkte für eine Fehlersuche in der Elektrotechnik können sein:

- Verbale Fehlerbeschreibungen
- Dokumentierte Messergebnisse in fehlerhaften Schaltungen
- Fehler im Schaltungsdesign (z. B. in Stromlaufplänen oder im Layout)
- Daten zu einem Fehler

Verfahren (Herangehensweisen) zur Eingrenzung des Fehlers können sein:

- Sichtkontrolle
- Spannungs-, Potential- oder Signalverfolgung
- Durchgangsprüfung
- Strommessung

Bei der Fehlersuche ergibt sich ausgehend von Fehlerbeschreibungen bzw. Daten zu einem Fehler folgende typische Abfolge (Abb. 1):

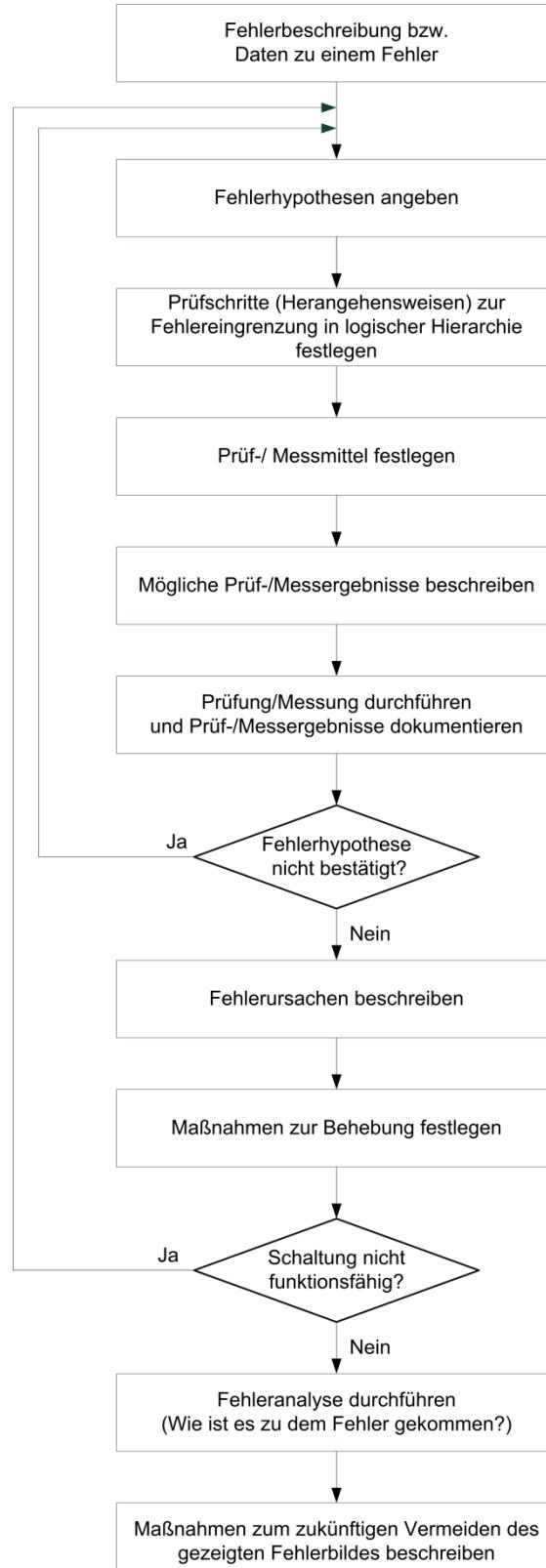


Abb. 1: Typische Abfolge bei der Fehlersuche

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Fehlersuche in lichtabhängiger LED-Steuerung

Bestimmungsgemäße Funktion der Schaltung:

Bei der lichtabhängigen Steuerung mit LDR in Abb. 2 wird die LED P1 bei Dunkelheit über den Transistor Q1 zugeschaltet. Bei Überschreiten einer durch das Potentiometer einstellbaren Beleuchtungsstärkeschwelle schaltet der Transistor Q1 ab und die LED P1 aus.

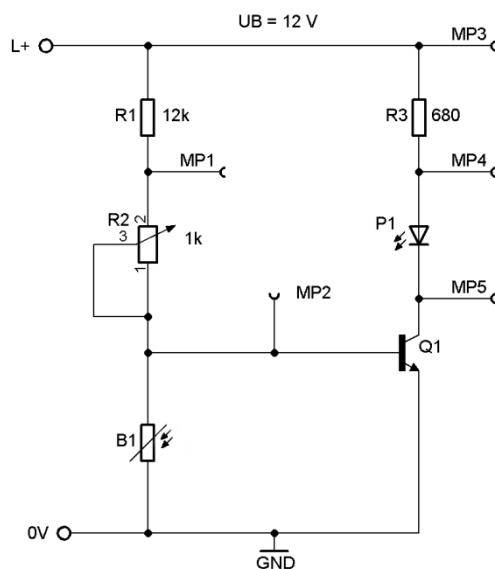


Abb. 2: Lichtabhängige LED Steuerung mit LDR

Fehlerbeschreibung:

Diese Schaltung wurde auf einem Steckboard (Abb. 3) mit den angegebenen Werten aufgebaut, zeigt jedoch bei der ersten Inbetriebnahme nicht das oben beschriebene Verhalten. Die LED leuchtet auch bei völliger Dunkelheit nicht. Somit liegt ein Fehler vor.

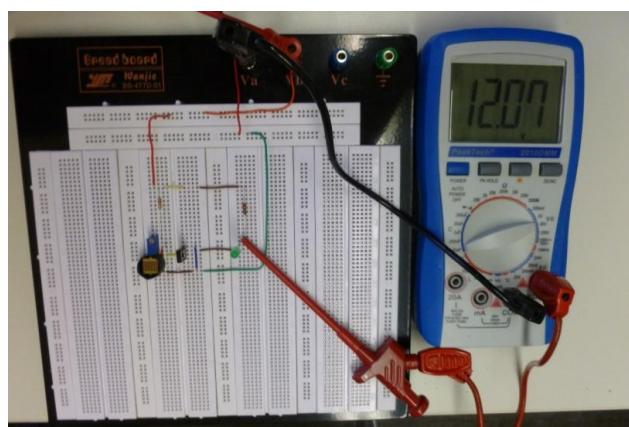


Abb. 3: Verdrahtete Schaltung auf dem Steckboard

Bereits durchgeführte Fehlersuchsschritte:

Um die Anzahl möglicher Fehlerhypothesen einschränken zu können und einen konkreten Anhaltspunkt für die weitere Fehlersuche zu bekommen, wurden folgende Fehlersuchsschritte durchgeführt:

- Alle Bauteile wurden bereits einzeln getestet und funktionieren.
- Das Potentiometer wurde in Mittelstellung gebracht und der LDR abgedeckt.
- Mit einem Digitalmultimeter (Abb. 3) wurden die Spannungspotentiale an den Messpunkten MP1 bis MP5 gegen Masse gemessen.
- Die gemessenen Spannungspotentiale wurden den bei einer funktionstüchtigen Schaltung zu erwartenden Spannungssollwerten in Tab. 1 gegenübergestellt.

	U_{MP1} / V	U_{MP2} / V	U_{MP3} / V	U_{MP4} / V	U_{MP5} / V
Sollwerte	1,57	0,7	12	2,2	0,1
Gemessene Werte (Fehlerfall)	11,88	11,87	12	12	12

Tab. 1: Gegenüberstellung der Sollwerte und der gemessenen Werte

Teilaufgabe 1: Fachmethode Fehlersuche

Beschreiben Sie die Fachmethode Fehlersuche.

Teilaufgabe 2: Fehlersuchsschritte (Prüfschritte)

Beschreiben Sie das Vorgehen bei der Fehlersuche.

Teilaufgabe 1: Fachmethode Fehlersuche

Lösungsaspekte	Punkte
Aufzeichnen der Blockstruktur aus Abb. 1	1 Punkt je Block
Summe:	12 Punkte

Teilaufgabe 2: Fehlersuchschrifte

Lösungsaspekte	Punkte
Sinnvolle Fehlerhypthesen aufstellen	2
Weitere Prüfschritte festlegen	2
Prüf-/Messmittel festlegen	1
Mögliche Prüf-/Messergebnisse beschreiben	2
Fehlerursachen beschreiben	2
Maßnahmen zur Behebung festlegen	2
Fehleranalyse durchführen	2
Maßnahmen zum zukünftigen Vermeiden des gezeigten Fehlerbildes beschreiben	2
Summe:	15

Musterlösung:

1. Fehlerhypothese:

Fehlende Verbindung zum Transistor.

2. Weitere Prüfschritte:

Sichtkontrolle:

- Kontrolle, ob alle notwendigen Verbindungsleitungen zum Transistor gesteckt wurden
- Kontrolle, ob der Transistor gemäß der PIN-Belegung im Datenblatt angeschlossen wurde

Durchgangsprüfung

3. Prüf-/Messmittel festlegen:

- Multimeter oder Durchgangsprüfer

4. Mögliche Prüf-/Messergebnisse beschreiben:

- Durchgangsprüfung zwischen MP5 und dem Kollektor von Q1
- Durchgangsprüfung zwischen MP2 und dem Basisanschluss von Q1
- Durchgangsprüfung zwischen Masse und dem Emitteranschluss von Q1
- Bei der Durchgangsprüfung wird jeweils 0Ω erwartet

5. Mögliche Ursachen:

- Fehlende Leitung
- Falsch gesteckte Leitung
- Defekte Leitung

6. Maßnahmen zur Behebung des Fehlers:

- Überprüfte Leitungen verwenden und diese richtig stecken

7. Fehleranalyse durchführen (Wie ist es zu dem Fehler gekommen?):

- Nicht systematisches Vorgehen bei der Verdrahtung
- Leitung durch häufige Benutzung defekt

8. Maßnahmen zum zukünftigen Vermeiden des gezeigten Fehlerbildes beschreiben:

- Systematisches Verdrahten
- Beschriften des Steckboards (Markieren von verbunden Steckplätzen)
- Defekte Leitungen sofort entsorgen

3.2.2.6 *B6 Programmamentwurf*

Beschreibung

Unter der Methode „Programmentwurf“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Ablaufstruktur eines Programmes verstanden. Das Ergebnis eines Programmentwurfs ist eine Tabelle mit allen verwendeten Ein- und Ausgängen des Mikrocontrollers (Zuordnungsliste), ein Programmablaufplan sowie ein Mikrocontroller gerechter C-Code.

Der Entwurf erfolgt in diesen Schritten:

1. Zuordnungsliste des Mikrocontrollers/Portbelegung anlegen
2. Programmablaufplan (ggf. mit weiteren Programmablaufplänen zu Unterprogrammen) zeichnen
3. Verfeinerung des Programmablaufplanes, bis alle Unterprogramme/Unterfunktionen ausdifferenziert sind, sodass sie in C-Code umgewandelt werden können
4. Ergänzung des PAP mit Initialisierung benötigter Mikrocontroller Hardware
5. Übersetzung des PAP in C-Code mit Kommentierung
6. Ergänzung der Variablen Deklaration
7. Deklaration der SFR oder Einbindung einer geeigneten Bibliothek

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Küchentimer mit einem Mikrocontroller

Es handelt sich um einen Küchentimer, mit dem Zeiten gemessen werden können.

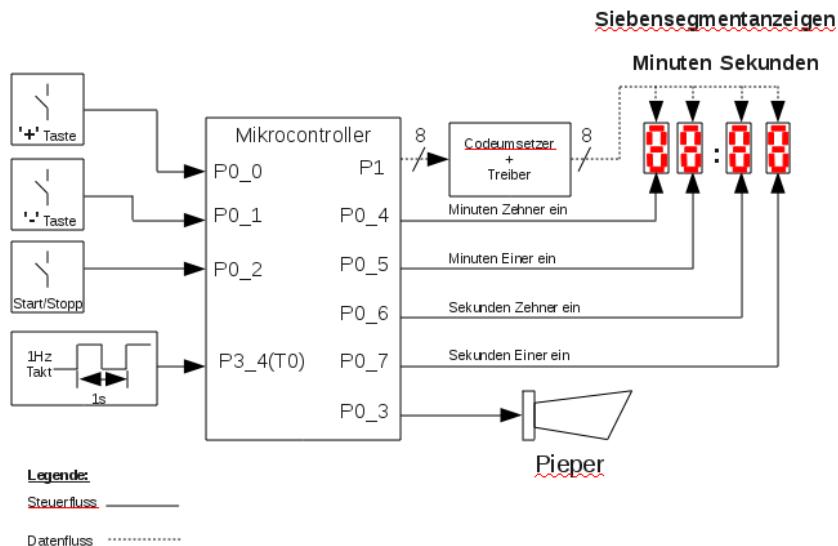


Abb. 1: Technologieschema Küchentimer

Nach Start des Programmes oder einem Reset steht die Anzeige auf 00 Minuten und 00 Sekunden. Wird die Taste ,+' gedrückt, erhöht sich der Wert um eine Minute pro Tastendruck. Das Maximum sind 99 Minuten. Wird die Taste ,-' gedrückt, verringert sich der Wert um eine Minute pro Tastendruck. Das Minimum sind 00 Minuten.

Das SFR für Port 0 hat die Adresse 0x80.

Entwerfen Sie ein Unterprogramm, das die Funktion der Tasten ,+' und ,-' des Küchentimers erfüllt.

Zuordnungsliste

Lösungsaspekte	Punkte
Die benötigten Ein- und Ausgänge werden vollständig aufgelistet.	2
Die Zuordnung PIN/PORT zu den Namen stimmt.	2
Die Zuordnung PIN/PORT zur SFR Adresse ist richtig.	2
Summe:	6

Programmablaufplan (PAP)

Lösungsaspekte	Punkte
Symbol Start und Ende	1
Bedingung Plustaste betätigt (nicht Plus und Minus)	1
Test, ob Obergrenze des Zählwertes erreicht ist	1
Zählwert erhöhen	1
Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss verringert werden	2
Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden	
Bedingung Minustaste betätigt (Plus und nicht Minus)	1
Test, ob Untergrenze des Zählwertes erreicht ist	1
Zählwert verringern	1
Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss erhöht werden	2
Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden	
Summe	11

C-Code

Lösungsaspekte	Punkte
Einführender Kommentar (Aufgabe, Programm, Autor, Datum, Version)	1
Hardware Deklaration: E/A (P0 muss nicht zwingend deklariert werden)	2
Funktionsname	1
Deklaration benötigter Variablen (mindestens die Variable „zaehlwert“)	1
Port 0 zum Lesen auf 0xFF setzen	1
Abfrage Plustaster (nicht Plus und Minus)	1
Test, ob Obergrenze des Zählwertes erreicht ist	1
Zählwert erhöhen	1
Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss verringert werden	2
Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden	
Abfrage Minustaster (Plus und nicht Minus)	1
Test, ob Untergrenze des Zählwertes erreicht ist	1
Zählwert verringern	1
Anpassung an die Darstellung im Zählregister: Der Wert im Register muss erhöht werden	2
Der Zählwert muss auf Sekunden umgerechnet werden	
Summe:	16

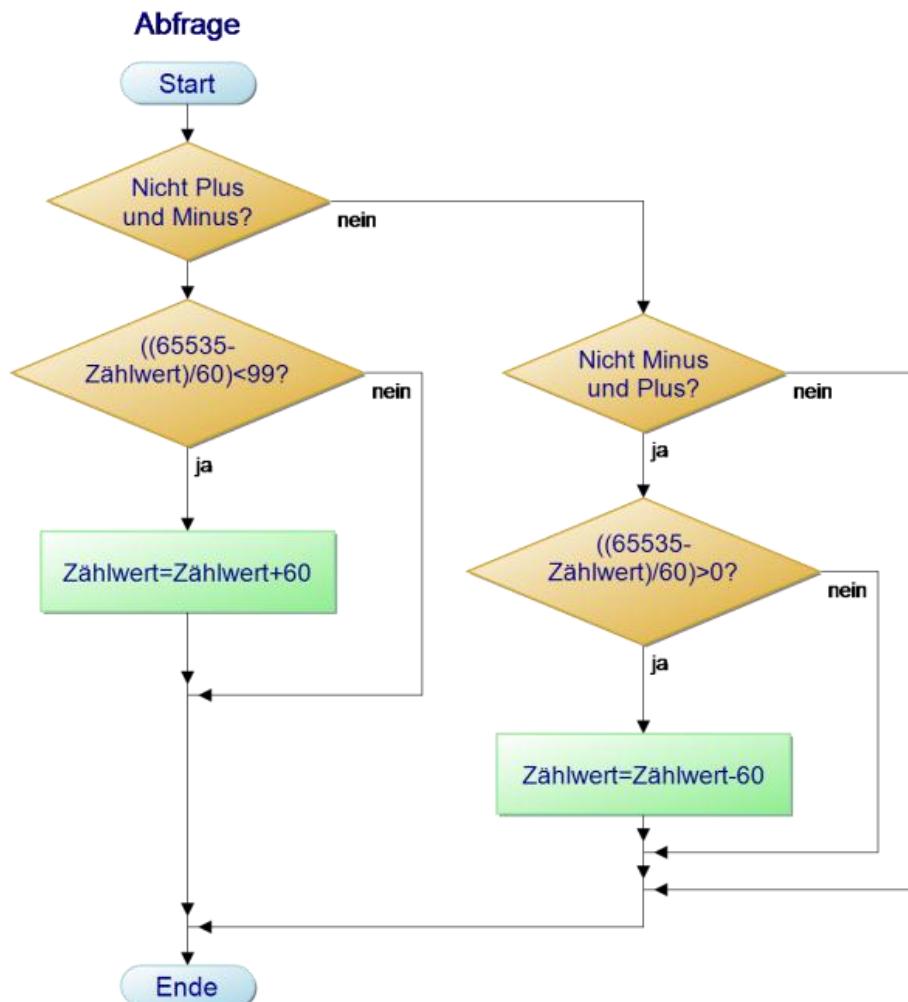
Musterlösung:

Zuordnungsliste

Eingang			Ausgänge		
Funktion	PIN/ PORT	SFR Adresse	Funktion	PIN/ PORT	SFR Adresse
+ Taste	P0_0	at 0x80 sbit			
- Taste	P0_1	at 0x81 sbit			

Tab. 1: Zuordnungsliste

Programmablaufplan



C-Code

```
//Unterfunktion zur Abfrage der Tasten + und -
//eieruhr.c
//C. Toeller
//25.11.2012
//V1

at 0x80 sfr P0;
at 0x80 sbit Plus;
at 0x81 sbit Minus;

P0=0xFF;           //Port0 zum Lesen vorbereiten (Pull-Up-Widerstaende)

void abfrage(unsigned int zaehlwert)
{
    if((!Plus)&&!Minus)
    {
        if((65535-zaehlwert)<99)      //Pruefen, ob maximaler Zaehlwert erreicht ist.
        {
            zaehlwert=zaehlwert+60;    //Da der Zaehler Sekunden zaehlt,
                                         //muessen pro min. 60s hinzugefuegt werden.
        }
    }
    else if(Plus&&(!Minus))
    {
        if((65535-zaehlwert)>0)      //Pruefen, ob minimaler Zaehlwert erreicht ist.
        {
            zaehlwert=zaehlwert-60;    //Da der Zaehler Sekunden zaehlt,
                                         // muessen pro min. 60s abgezogen werden.
        }
    }
}
```

3.2.2.7 *B7 Programmanalyse*

Beschreibung

Unter der Methode „Programmanalyse“ wird im Fach Elektrotechnik die systematische und nachvollziehbare Beschreibung der Ablaufstruktur eines Programmes verstanden.

Die Analyse erfolgt in diesen Schritten:

1. Zuordnungsliste aus der Deklaration der SFR ableiten.
2. C-Code kommentieren.
3. Übersetzen des C-Codes in einen PAP ggf. mit weiteren Programmablaufplänen zu Unterprogrammen.
4. Ggf. Teifunktionen zu Modulen zusammenfassen.

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Abfrage der Taster „UP“ und „DOWN“

Die folgende Abb. 1 zeigt das Technologieschema einer Motorsteuerung.

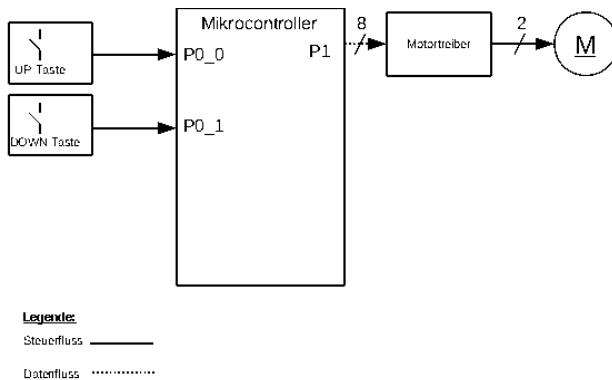


Abb. 1: Technologieschema Motorsteuerung

Das folgende Listing 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Programm, das auf dem Mikrocontroller des oben stehenden Technologieschemas läuft. Es fragt die Taster „UP“ und „DOWN“ ab.

```

/*1*/         if ((!UP)&&(!DOWN)) {
/*2*/             speed=0;
/*3*/         }
/*4*/         else if((!UP)&&DOWN) {
/*5*/             if (speed<100) {
/*6*/                 speed++;
/*7*/             }
/*8*/         }
/*9*/         else if (UP&&(!DOWN)) {
/*10*/             if (speed>0) {
/*11*/                 speed--;
/*12*/             }
/*13*/         }

```

Listing 1: C-Programm Tasterauswertung

Analysieren Sie das im Listing angegebene Programm.

Kommentierung

Lösungsaspekte	Punkte
Reset:	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage (UP und DOWN) • Wert von speed Rücksetzen 	1 1
UP-Taste (nicht UP und DOWN):	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage • Test, ob Obergrenze erreicht ist • Wert von speed erhöhen 	1 1 1
DOWN-Taste (Nicht DOWN und UP	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen • Test, ob Untergrenze erreicht ist • Wert von speed vermindern 	1 1 1
Summe:	8

Musterlösung:

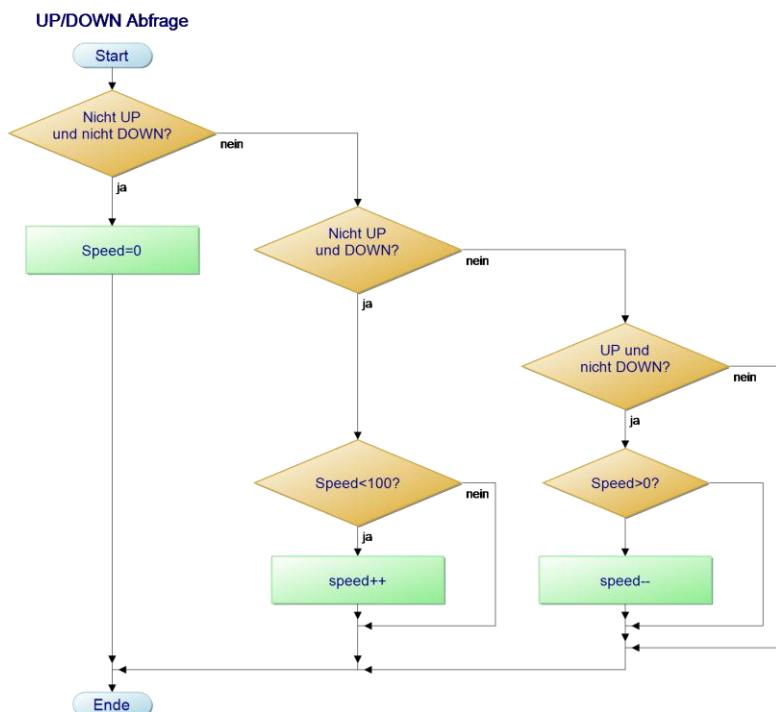
```

/*1*/     if ((!UP)&&(!DOWN)) {           //Wenn beide Tasten gleichzeitig gedrückt werden
/*2*/             speed=0;                 //...wird der Wert von speed auf 0 gesetzt (Reset)
/*3*/         }
/*4*/     else if((!UP)&&DOWN) {        //Wenn nur UPs gedrückt wird...
/*5*/         if (speed<100) {           //und wenn der max. Wert von 100 nach dem Hochzählen
                                         // nicht überschritten wird...
/*6*/             speed++;              //...wird speed inkrementiert
/*7*/         }
/*8*/     }
/*9*/     else if (UP&&(!DOWN)) {       //Wenn nur DOWN gedrückt wird...
/*10*/        if (speed>0) {            // und wenn der min. Wert von 0 nach dem Runterzählen
                                         // überschritten wird...
/*11*/            speed--;              //...wird speed dekrementiert.
/*12*/        }
/*13*/    }
  
```

Programmablaufplan (PAP)

Lösungsaspekte	Punkte
Reset:	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage (UP und DOWN) • Wert von speed Rücksetzen 	1 1
UP-Taste (nicht UP und DOWN):	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfrage • Test, ob Obergrenze erreicht ist • Wert von speed erhöhen 	1 1 1
DOWN-Taste (Nicht DOWN und UP	
<ul style="list-style-type: none"> • Abfragen • Test, ob Untergrenze erreicht ist • Wert von speed vermindern 	1 1 1
Summe:	8

Musterlösung:



3.2.2.8 **B8 Arbeiten mit Diagrammen**

Beschreibung

Bei dieser Methode wird die Arbeit mit sämtlichen grafischen Darstellungen in Diagrammen zusammengefasst.

Dies umfasst zum einen das quantitative Ermitteln

- von statischen oder dynamischen Kennwerten,
- von Arbeitspunkten,
- des Steigungsverhaltens

mithilfe von Diagrammen.

Zum anderen umfasst diese Methode auch das quantitative Darstellen von

- Kennlinien,
- Arbeitspunkten,
- Wendetangenten,
- Verlustleistungshyperbeln,
- Signal-Zeit-Verläufen,
- Arbeitsgeraden / Widerstandsgrenaden

in Diagrammen.

Bei der Arbeit mit Darstellungen ist zu beachten, dass

- Einheiten angeben werden,
- Maßstäbe und Skalierungen sinnvoll gewählt werden,
- relevante Informationen in Darstellungen markiert werden.

Das Arbeiten mit Darstellungen umfasst folgende Tätigkeiten:

- Ermitteln von relevanten Informationen aus Diagrammen,
- Interpretieren von Informationen aus Diagrammen,
- Erstellen von Diagrammen,
- Beschreiben von Zusammenhängen mit Diagrammen.

Aufgabenbeispiel

Aufgabe: Steuerkennlinie des Transistors BC 548

Ein Transistor BC 548 wird, wie in Abb. 1 gezeigt, mit einem Lastwiderstand von 220 Ohm eingesetzt. Mit R_3 kann der Steuerstrom I_B des Transistors und somit der Arbeitspunkt des Widerstands R_1 eingestellt werden.

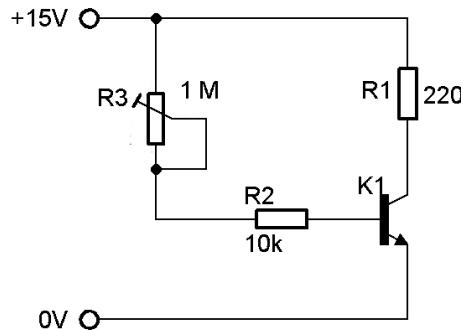


Abb. 1: Transistorschaltung

Abb. 2 zeigt das Ausgangskennlinienfeld dieses Transistors K1 mit bereits eingezeichneter Arbeitsgeraden für diesen Belastungsfall.

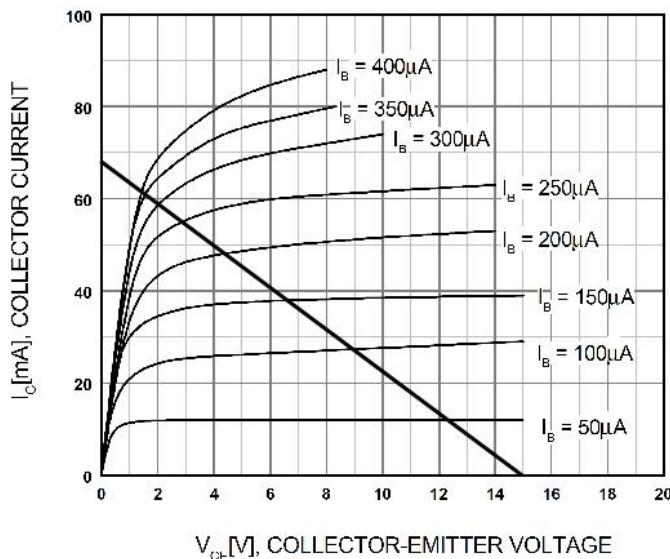


Abb. 2: Ausgangskennlinienfeld des BC 548

Zeichnen Sie die Steuerkennlinie (die Kollektorstromstärke in Abhängigkeit von der Basisstromstärke).

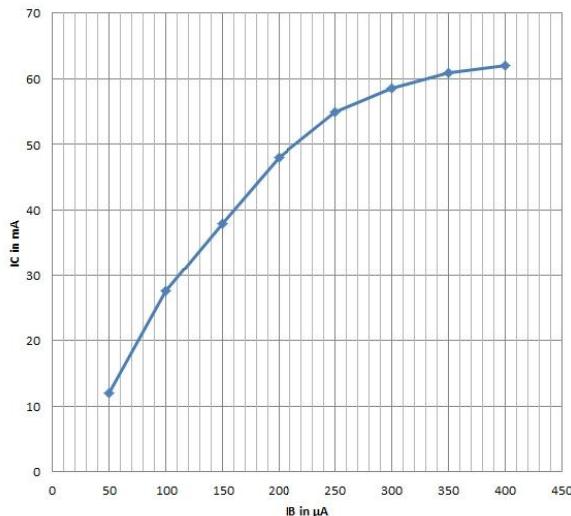
Lösungsaspekte	Punkte
$I_B - I_C$ – Wertepaare ablesen und tabellarisch angeben (Dieser Aspekt kann auch erst später durch die direkte Eintragung der Wertepaare in das zu zeichnende Diagramm gelöst werden.)	2
$I_B - I_C$ – Diagramm zeichnen und Achsen beschriften	1
Diagramm mit geeigneter Achsenkalierung versehen	1
$I_B - I_C$ – Wertepaare eintragen	2
Wertepaare durch Linie verbinden	1
Summe:	7

Musterlösung:

$I_B - I_C$ – Wertepaare

$I_B / \mu A$	I_C / mA
50	12
100	27,5
150	38
200	48
250	55
300	58,5
350	61
400	62

Steuerkennlinie



3.2.3 Kompetenzbereich C - Kommunikation

Kompetenzen

Sachverhalte in und über Elektrotechnik darstellen.

C Anforderungsbereich I

Darstellungsformen der Elektrotechnik beschreiben und für einfache Sachverhalte nutzen.

Kompetenzen:

(1) Technische Darstellungsformen benennen und beschreiben.

- *Benennen Sie drei verschiedenen Darstellungsformen in der Elektrotechnik.*

(2) Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen.

- *Stellen Sie die Messwerte für das Belastungsverhalten des CMOS - Schmitt-Triggers in der Tabelle 1 dar.*
- *Erstellen Sie eine tabellarische Zuordnungsliste für die in der Ausgangssituation beschriebene digitale Steuerung.*
- *Zeichnen Sie mithilfe der erhobenen Messwerte im vorbereiteten Diagramm (Abb.1) den Signalverlauf für $u_c(t)$.*

(3) Einfache Datenblätter auswerten.

C Anforderungsbereich II

Darstellungsformen anwenden.

Kompetenzen:

(1) Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben.

- *Beschreiben Sie die Funktionsweise des dargestellten Schmitt-Triggers mit Hilfe eines Ablaufplanes.*

(2) Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen.

- *Erstellen Sie für die Dokumentation der Messwerte der Messschaltung (Abb.1) eine Messwerttabelle.*

(3) Einfache Wirkzusammenhänge mit Kausaldiagrammen darstellen.

- *Beschreiben Sie den Zusammenhang der Größen I_L , U_D , U_{CE} , I_B und U_F der Spannungsstabilisierungsschaltung mit einem Kausaldiagramm.*

(4) Aussagen von technischen Darstellungen beschreiben.

- *Beschreiben Sie den in dem Technologieschema dargestellten Zusammenhang zwischen der Anzahl der zugeführten Werkstücke und der Drehzahl des Motors.*

(5) Alltagskommunikation über Technik fachsprachlich bewerten.

- *Bewerten Sie die Aussagen des vorliegenden Pressetextes über die Leistungsfähigkeit einer Generatoranlage unter fachsprachlichen Gesichtspunkten.*

(6) Umfangreiche (industrielle) Datenblätter auswerten.

C Anforderungsbereich III

Technische Darstellungsformen selbstständig auswählen und anwenden.

Kompetenzen:

(1) Technische Dokumentationen für Geräte und Schaltungen erstellen.

- *Erstellen Sie für den beschriebenen digitalen Kalender eine Betriebsanleitung.*
- *Beschreiben Sie die Funktionen der Tasten S1 bis S6 des voreinstellbaren Zählers der Digitalschaltung.*

(2) Technische Prozesse unter Verwendung von Darstellungsformen erläutern.

- *Erläutern Sie einen möglichen Funktionsablauf für die Steuerung der Palletiereinrichtung.*

(3) Vorgehensweisen beim Dimensionieren und bei der Fehlersuche in Schaltungen erläutern.

- *Erläutern Sie den Prozess der Fehlersuche unter Verwendung geeigneter Darstellungsformen.*

Der Kompetenzbereich umfasst die verständliche, übersichtliche und strukturierte Darstellung technikwissenschaftlicher Ergebnisse und Erkenntnisse zum Zwecke des Wissensaustausches und die Formulierung durch die angemessene Nutzung der Fachsprache.

Inhalte

(K1) Grundbegriffe der Technikwissenschaften

- Applikation
- Technisches Problem
- Funktionsblock
- Modell
- Technisches System

(K2) Darstellungsformen in der Elektrotechnik

- Blockschaltbilder
- Schaltpläne
- Tabellen
- Signalflusspläne
- Impulsdiagramme
- Kausalketten-/diagramme, Programmablaufplan
- Protokolle
- Liniendiagramme
- Formeln
- C-Programm
- Datenblätter
- Applikationsunterlagen
- Sachtexte

(K3) Grundbegriffe des technischen Englischs

3.2.4 Kompetenzbereich D - Reflexion

Kompetenzen

Bezüge der Elektrotechnik beschreiben und bewerten.

D Anforderungsbereich I

Einfache Bezüge der Elektrotechnik beschreiben.

Kompetenzen:

- (1) Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben.

- *Benennen Sie drei Anwendungsmöglichkeiten für die Schaltung zur Drehzahlmessung.*
- *Beschreiben Sie drei mögliche Einsatzmöglichkeiten des C-Programms BLINK-INT.c.*

- (2) Die Verwendung von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in der Alltagswelt (Haushalt) darstellen.

- *Beschreiben Sie zwei Regelungen, die in einem üblichen Haushalt zur Anwendung kommen.*
- *Beschreiben Sie zwei Steuerungen, die in Wohnhäusern zum Einsatz kommen.*

D Anforderungsbereich II

Einfache Bezüge erläutern und Bewertungsansätze wiedergeben.

Kompetenzen:

- (1) Gegebene Bewertungskriterien erläutern.

- *Erläutern Sie am Beispiel der Schaltung zur Tastenverriegelung die Bewertungskriterien: Funktionalität, Bauelementeaufwand, Bediensicherheit, Erstellungsaufwand.*
- *Erläutern Sie das Kriterium Messgenauigkeit am Beispiel der Messschaltung zur Aufnahme der Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie des Drehstrommotors.*

- (2) Bewertungskriterien für elektrotechnische Schaltungen, Geräte oder Programme ermitteln.

- *Beschreiben Sie vier relevante Kriterien zur Bewertung der Treppenhausbeleuchtungsschaltung.*

(3) Vorgegebene Bewertungen beurteilen.

- *Beschreiben Sie das Phänomen des „overengineering“ am Beispiel der beschriebenen Schaltung zur Drehrichtungserkennung.*

D Anforderungsbereich III

Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten.

Kompetenzen:

(1) Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten.

- *Bewerten Sie die Schaltung des Sägezahn-Rechteckgenerators hinsichtlich möglicher Schaltungserweiterungen.*

(2) Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder einem Programm diskutieren.

- *Bewerten Sie die in Abb. 1 und Abb. 2 angegebenen Schaltungen zur Temperaturüberwachung für den Anschluss an den Mikrocontroller in Abb. 4.*
- *Diskutieren Sie mögliche Funktionserweiterungen des in Abb. 1 dargestellten Treppenspannungsgenerators.*
- *Vergleichen Sie die beiden Schaltungen in Abb. 1 und Abb. 2 für einen Dämmerungsschalter.*

(3) Technische Beschreibungen beurteilen.

- *Beurteilen Sie die Beschreibung der Messschaltung „Sperrströme von Dioden“ hinsichtlich Klarheit, Verständlichkeit und Vollständigkeit.*

Inhalte

(RB1) Determinanten der Technik

- Natur
- Gesellschaft
- Mensch
- Wissenschaft
- Technisches Umfeld

(RB2) Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems

- Teilsysteme
 - Verarbeitungssysteme
 - Antriebssysteme
 - Energiesysteme
 - Informationssysteme

(RB3) Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft

- Z.B.: Elektronische Systeme in Kraftfahrzeugen
- Z.B.: Automatisierungsprozesse in der Haustechnik

(RB4) Handlungsphasen technischen Denkens und Handelns

- Planung
- Entwicklung
- Konstruktion
- Inbetriebnahme
- Wartung
- Distribution
- Entsorgung

3.3 Operatoren

Operator	AFB	Definition	Beispiele
analysieren	II - III	Siehe Fachmethoden Schaltungsanalyse oder Programmanalyse.	Siehe Fachmethoden Schaltungsanalyse oder Programmanalyse.
auswerten		Datenblattinformation, technische Informationen, Messergebnisse, Einzelergebnisse in einen Zusammenhang stellen und gegebenenfalls zu einer Gesamtaussage zusammenführen	Werten Sie die Datenblätter und die gegebenen Messwerte hinsichtlich Dimensionierung der Schaltung in Abb. 1 aus.
begründen	II - III	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführen.	Begründen Sie, warum bei dieser Schaltung eine Mikrocontrollerschaltung nicht sinnvoll eingesetzt werden kann.
berechnen	I - II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen.	Berechnen Sie die Verstärkung der Operationsverstärkerschaltung.
beschreiben	I - II	Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich mit eigenen Worten verständlich wiedergeben.	Beschreiben Sie die Auswirkungen des Fehlers einer Leiterunterbrechung zwischen dem Emitter des Transistors und Masse.
beurteilen / bewerten	II - III	Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren.	Beurteilen Sie, ob das eingesetzte Netzteil die Anforderungen an die Spannungsversorgung erfüllt.
darstellen	I - II	Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und mit grafischen Mitteln wiedergeben.	Stellen Sie die Methode des Programmentwurfs dar.
dimensionieren	II - III	Siehe Fachmethode „Dimensionieren“.	Siehe Fachmethode „Dimensionieren“.
entwickeln /	III	Siehe Fachmethoden Schaltungsentwicklung	Siehe Fachmethoden Schaltungsentwicklung

entwerfen		entwurf oder Programmentwurf.	entwurf oder Programmentwurf.
erläutern / erklären	II - III	Einen Sachverhalt so darlegen, dass er verständlich wird.	Erläutern Sie die Notwendigkeit des Anlaufverfahrens.
ermitteln / bestimmen	I - II	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren.	Ermitteln Sie den maximal zulässigen Laststrom. Ermitteln Sie die erforderliche Einstellung des Timer-Registers.
erörtern	II-III	Einen eigenen Standpunkt argumentativ darlegen.	Erörtern Sie den Einsatz dieses Bauteils unter wirtschaftlichen und technologischen Gesichtspunkten.
erstellen	II-III	Sachverhalte oder Werte in vorgegebener Form angeben.	Erstellen Sie das u(t)-Diagramm. Erstellen Sie die Zuordnungstabelle für das Programm. Erstellen Sie den Kommentar für den angegebenen C-Code.
markieren / kennzeichnen	I	Ohne weitere Erläuterung kennzeichnen.	Markieren Sie den Stern-Dreieck-Umschaltpunkt durch ein farbiges Kreuz in der Hochlaufkennlinie.
nachweisen	II-III	Einen Sachverhalt oder eine Aussage durch Berechnung, (mathematischer) Herleitung und logischer Begründung nachvollziehbar bestätigen.	Weisen Sie nach, dass mit den angegebenen Reglerkenndaten die geforderten Stabilitätskriterien für die Regelung des Wasserstandes erfüllt werden.
nennen/ benennen	I	Ohne weitere Erläuterung aufzählen.	Nennen Sie zwei typische Anlassverfahren. Benennen Sie die verschiedenen Komponenten eines Regelkreises.
ordnen / zuordnen	I-II	Äquivalenz zwischen verschiedenen Darstellungsformen eines technischen Sachverhaltes angeben.	Ordnen Sie den verschiedenen Blöcken die Bauelemente der Schaltung zu.
(über-)prüfen	II-III	Sachverhalte oder Aussagen an	Überprüfen Sie die Dimensionierung

		Fakten oder innerer Logik messen oder eventuelle Widersprüche aufdecken.	der Schaltung hinsichtlich der Strombelastung der verwendeten Bauelemente.
skizzieren	I - II	Die qualitativen Eigenschaften eines Objektes oder Sachverhaltes graphisch darstellen. (Auch Freihandskizze möglich)	Skizzieren Sie die Sprungantwort des PI-Reglers.
vergleichen	II - III	Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Sachverhalten gewichtet einander gegenüberstellen.	Vergleichen Sie die beiden Anlassverfahren hinsichtlich des Drehmomentverhaltens des Motors.
zeichnen	I - II	Einen technischen Sachverhalt unter Beachtung der relevanten Größenordnung unter Einhaltung von Normen darstellen.	Zeichnen Sie in das vorgegebene Diagramm die Ladekurve des Kondensators von 0 bis 10 s ein.
realisieren	II	Einen technischen Sachverhalt unter Einhaltung einer techn. Vorgabe erfüllen.	Realisieren Sie unter Verwendung der angegebenen Bauelemente und Grundschaltungen eine Schaltung, die die angegebene Stromessfunktion erfüllt.
eintragen	I	Werte und Größen in eine vorgegebene Darstellungsform eintragen.	Tragen Sie die Messwerte in die Tabelle ein.

KAPITEL 4

AUFGABENARTEN

In Prüfungen sollten unterschiedliche Aufgabenarten zum Einsatz kommen, da nicht jede Aufgabenart für die Erfassung und Bewertung bestimmter Kompetenzen geeignet ist. In diesem Kapitel werden die für die Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik verwendbaren Aufgabenarten erläutert und dargestellt. Im KAPITEL 4.1 AUFGABENARTEN – BESCHREIBUNG werden die möglichen Aufgabenarten beschrieben. Das KAPITEL 4.2 AUFGABENARTEN – BEISPIELE enthält Beispiele zu den in 4.1 beschriebenen Aufgabenarten. Weitere Beispiele für unterschiedliche Aufgabenarten finden sich in den Aufgabenbeispielen in KAPITEL 6 AUFGABENBEISPIELE.

4.1 Beschreibung

4.1.1 Aufgabenarten: Verknüpfung von Basisformen und Offenheit

Die Vielfalt der möglichen Aufgabenarten ergibt sich aus der Verknüpfung der Basisformen von Aufgaben mit der Offenheit des Lösungsweges (vgl. Abb. 11).

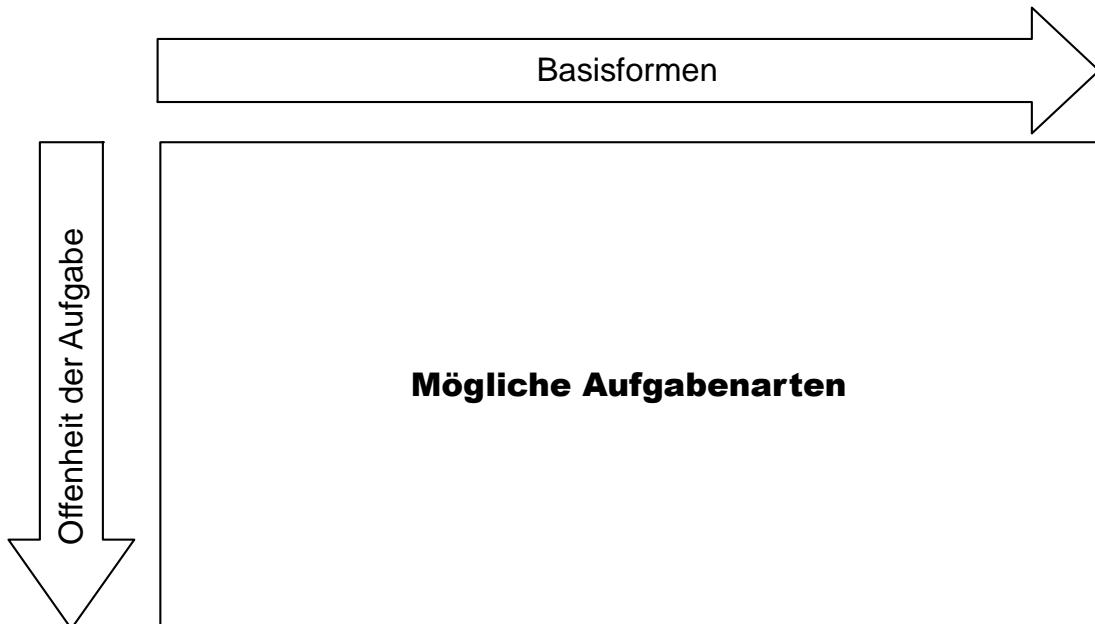


Abb. 11: Mögliche Aufgabenarten als Verknüpfung von Basisformen mit der Offenheit der Lösungswegs

4.1.2 Basisformen von Prüfungsaufgaben

Die Aufgaben in der Abiturprüfung sollen „eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zulassen“ (KMK 2006 – EPA-Technik, S. 13).

Prüfungsaufgaben im Fach Elektrotechnik beziehen sich auf elektrotechnische Problemstellungen. Gegenstand der Problemstellungen sind elektrotechnische

- Elemente
(z. B.: Dioden, Widerstände, Motoren, TTL-Gatter, etc.),
- Gruppen
(z. B.: Schaltverstärker, Regler, Gleichrichter, Steuerstromkreise, Leitungen, etc.),
- Funktionseinheiten
(z. B.: Frequenzmesser, Messschaltungen, Dimmer, Regeleinrichtungen, Anlasssteuerungen, Spannungsversorgungen, etc.) und
- Teilsysteme in technischen Systemen
(z. B.: Energieteil, Informationsteil, Bearbeitungsteil, etc.).

Bei den technischen Problemstellungen wird unterschieden zwischen:

- Problemstellungen mit Anwendungsbezug und
- Problemstellungen ohne Anwendungsbezug.

Weiter werden folgende Basisformen unterschieden:

- Materialgebundene Aufgaben
- Experimentbezogene Aufgaben

In Abb. 12 werden die Basisformen dargestellt. Experimentbezogene und materialgebundene Aufgaben sind i.d.R. immer Aufgaben mit einem Anwendungsbezug.

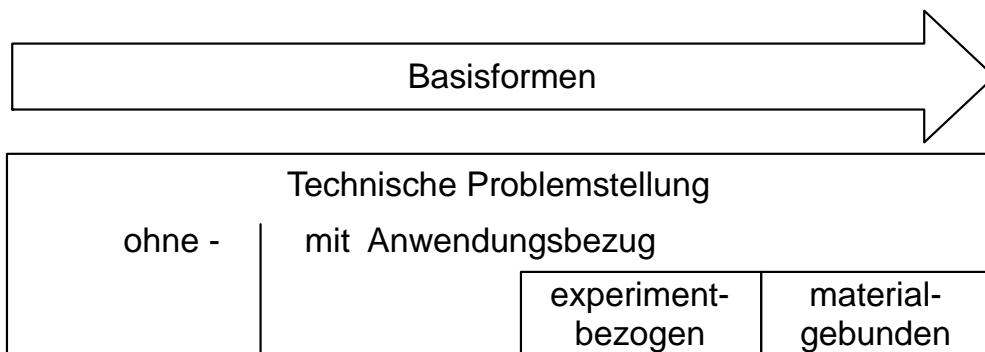


Abb. 12: Übersicht über Basisformen von elektrotechnischen Aufgaben

4.1.2.1 **Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug**

Bei einer Aufgabenstellung mit Anwendungsbezug erfordert die Bewältigung der Aufgabe eine funktionale Auseinandersetzung mit einem technischen oder soziotechnischen Kontext (Handlungskontext). Aus der Anwendungssituation ergibt sich eine funktionale Anforderung an ein technisches Sachsystem (vgl. Abb. 13 Technisches Sachsystem im Anwendungskontext und KAPITEL 4.2: Beispiel 3).

Ein Kontext, der nur eine übergeordnete Thematik der Fachinhalte illustriert, gilt nicht als anwendungsbezogener Kontext; Aufgaben mit derartigen Pseudokontexten werden als Aufgaben ohne Anwendungsbezug charakterisiert.

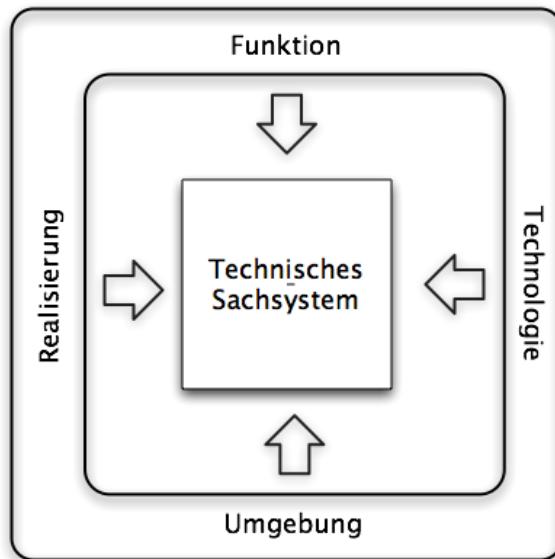


Abb. 13: Technisches Sachsystem im Anwendungskontext

Der Anwendungskontext für ein technisches Sachsystem ergibt sich aus der zu erfüllenden Funktion, der verwendeten bzw. zu verwendenden Technologie, den Bedingungen der technischen Realisierung und der Einordnung in eine technische Umgebung.

4.1.2.2 **Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug**

Aufgabenstellungen ohne Anwendungsbezug beziehen sich allein auf einen elektrotechnischen Zusammenhang. Ein übergeordneter Zweck der technischen Lösung wird dabei nicht berücksichtigt (siehe auch KAPITEL 4.2: Beispiel 1 und Beispiel 2).

4.1.2.3 *Materialgebundene Aufgaben*

Eine materialgebundene Aufgabe enthält technische Unterlagen, die bisher im Unterricht nicht verwendet wurden. Aufgaben ohne Materialbezug beziehen sich ausschließlich auf Inhalte, die durch den Lehrplan vorgegeben sind.

Bei materialgebundenen Aufgaben müssen sich die Prüflinge mit neuen technischen Informationen auseinandersetzen.

Bei der Bearbeitung einer materialgebundenen Aufgabe sollen die Prüflinge mit dem zur Verfügung gestellten Material arbeiten. Die zur Verfügung gestellten Materialien sollen analysiert, ausgewertet, kommentiert, interpretiert oder bewertet werden.

Für die Materialien gilt:

- Die Materialien sind technische Unterlagen
(Techn. Abbildungen, Tabellen, Messreihen, Datenblätter, Applikationsunterlagen, wissenschaftliche Texte).
- Didaktische Materialien (Lehrbuchtexte, etc.) sind ausgeschlossen.
- Materialien gehören zum Informationsteil einer Aufgabe und befinden sich i.d.R. im Anhang einer Aufgabe.
- Die Materialien gehören nicht zu den Lehrmaterialien des vorangegangenen Unterrichts.

In KAPITEL 4.2 ist Beispiel 5 eine materialgebundene Aufgabe.

4.1.2.4 *Experimentbezogene Aufgaben*

„Experimentbezogene Aufgaben“ oder Aufgaben mit Experimenten beziehen sich im Fach Elektrotechnik auf Problemstellungen der Prüf- und Messtechnik. Prüfen und Messen sind grundlegende Methoden, die in allen Bereichen der Elektrotechnik zur Anwendung kommen.

Der Gegenstand experimentbezogener Aufgaben bezieht sich auf die Messung und Prüfung elektrischer und nichtelektrischer Größen.

- Experimentgebundene Aufgaben bestehen
- aus der Planung und dem Entwurf von Prüf- und Messschaltungen,
- aus der Erstellung von Versuchsunterlagen,

- aus der Auswertung von durchgeföhrten oder dokumentierten Experimenten und Messungen und
- aus der messtechnischen Fehlersuche in elektrischen Schaltungen.

4.1.3 Offenheit der Prüfungsaufgaben

Im Sinne der Kompetenzorientierung der Abiturprüfungen fordert die EPA-Technik ausdrücklich offene Aufgabenstellungen (vgl. KMK (2006), S.14).

Durch die Gestaltung der Offenheit der Aufgaben besteht die Möglichkeit, die Bandbreite der Aufgabenarten zu erweitern.

Aufgaben sind inhaltsbezogene Denk- und Handlungsaufforderungen. Sie lassen sich durch drei Komponenten strukturieren (vgl. W. Reisse (2008), R. Sell / R. Schimweg (2002)):

- Die Ausgangssituation = „IST“
- Das Ziel = „SOLL“
- Der Weg = „TRANSFORMATION“ von der Ausgangssituation (IST) zum Ziel (SOLL).

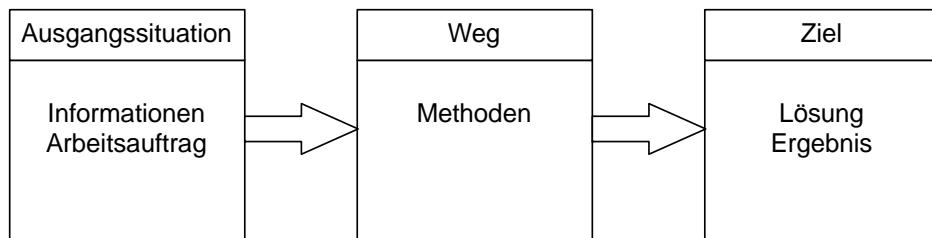


Abb. 14: Bereiche einer Prüfungsaufgabe

Aufgaben lassen sich unter der Perspektive der Offenheit dahingehend einordnen, ob die Ausgangssituation (IST=Anfangssituation) und das Ziel sowie der dazwischen liegende Weg (TRANSFORMATION) jeweils eindeutig oder offen sind.

Bei Prüfungsaufgaben sind die Ausgangssituation und damit der Arbeitsauftrag eindeutig. Offene Prüfungsaufgaben zeichnen sich dadurch aus, dass der Weg (lösungswegeoffene Aufgabe) und das Ziel (ergebnisoffene Aufgabe) offen gehalten werden. Es können mehrere Lösungswege (Methoden) angewendet werden oder es sind mehrere Ergebnisse möglich und richtig.

Aufgaben, bei denen die Darstellung der Lösung oder der Lösungsschritte nicht vorgegeben werden, werden in dem hier verstandenen Sinne nicht als „offen“ bezeichnet; es sind so genannte „halboffene Aufgaben“. Bei „halboffenen“ Aufgaben hat der Aufgabenersteller eine präzise Vorstellung vom Lösungsweg bzw. vom Ergebnis; der Bearbeiter hat bei diesen Aufgaben lediglich einen gewissen Spielraum bei der Formulierung von Ergebnis und Lösungsweg. Insofern werden in den Abiturprüfungen in der Regel „halboffene“ Aufgaben gestellt. Wird in einer Aufgabenstellung die Form der Lösungsdarstellung vorgegeben (zum Beispiel: Vervollständigung eines Impulsdiagramms für eine Digitalschaltung), spricht man von einer „geschlossenen“ Aufgabe.

Im Rahmen von WAKE wird die Offenheit in vier Stufen eingeteilt:

Stufe 1: Aufgaben ohne Lösungsweg

Aufgaben, bei denen der Lösungsweg mit dem Ergebnis übereinstimmt, machen keinen Lösungsweg erforderlich.

Stufe 2: Aufgaben mit Lösungsweg

Bei Aufgaben, die einen Lösungsweg erforderlich machen, besteht der Weg mindestens aus zwei Arbeitsschritten. Bei diesen Aufgaben wird die Lösungsstrategie durch die Aufgabenstellung implizit oder explizit vorgegeben (vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 6). Aufgaben mit Lösungsweg sind die dominierende Aufgabenart bei Abiturprüfungen.

Stufe 3: Aufgaben mit offenem Lösungsweg

Bei lösungswegoffenen Aufgaben kann die Aufgabe durch verschiedene Wege und Strategien bearbeitet werden. Bei diesen Aufgaben soll i. d. R. ein Sachverhalt überprüft oder nachgewiesen werden. Das Ziel ist gegeben und der Weg muss gesucht oder begründet werden. Beispiel: „Weisen Sie nach, dass mit NAND-Verknüpfungen jedes beliebige Schaltnetz realisiert werden kann.“ (Vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 7).

Stufe 4: Aufgaben mit offenem Ergebnis

Bei ergebnisoffenen Aufgaben sind mehrere Ergebnisse möglich und richtig. Im Fach Elektrotechnik sind es i.d.R. Entwicklungs- oder Konstruktionsaufgaben (vgl. KAPITEL 4.2, Beispiel 8).

4.1.4 Aufgabenarten im Überblick

Abschließend werden die möglichen Aufgabenarten als eine Verknüpfung von Basisformen und Offenheit dargestellt.

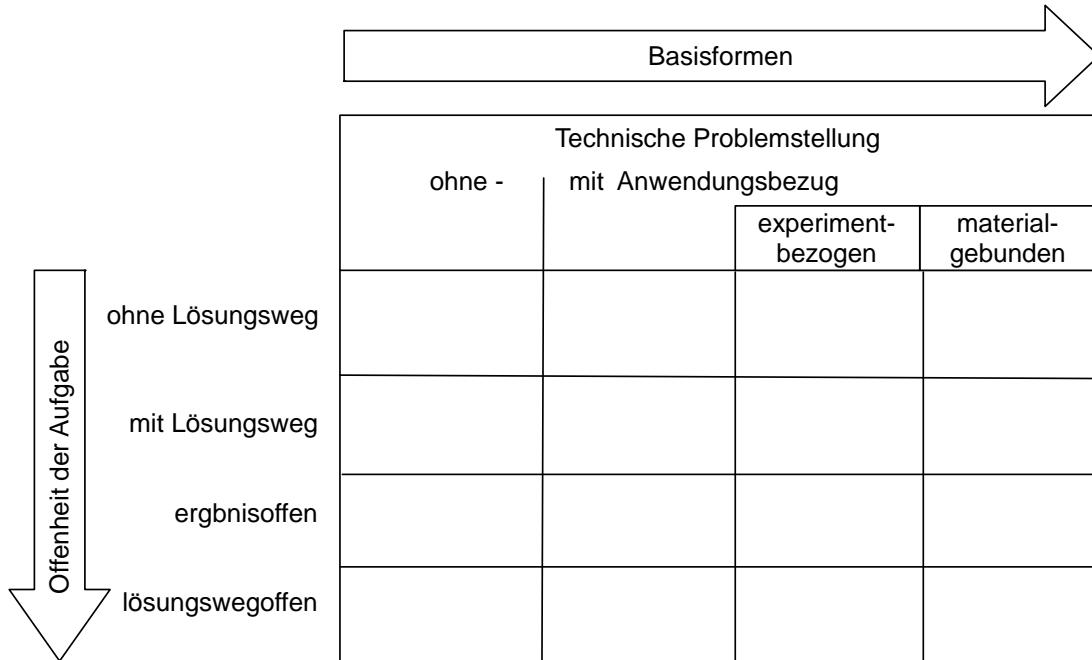


Abb. 15: : Aufgabenarten im Überblick (vgl. KAPITEL 6, Aufgabenbeispiel 1, S. 27)

Zur Einschätzung der Aufgaben kann die Aufgabenschwierigkeit herangezogen werden. Die Schwierigkeit einer Aufgabe ergibt sich aus dem „Produkt“ von Komplexität der Ausgangssituation, Offenheit der Aufgabe und Bearbeitungszeit.



Abb. 16: Aufgabenschwierigkeit

Die Komplexität der Ausgangssituation ergibt sich aus der Unüberschaubarkeit der bereitgestellten Informationen, insbesondere dann, wenn eine anwendungsorientierte Ausgangssituation vorliegt. Es müssen dann für die Bearbeitung der Aufgabe geeignete Informationen erschlossen werden. Die Offenheit einer Aufgabe bestimmt entscheidend die Problemorientierung und damit die Schwierigkeit einer Aufgabe.

Eine hohe Aufgabenschwierigkeit kann auch durch eine hohe Anzahl von zeitintensiven Lösungsschritten erreicht werden. Eine geringe Schwierigkeit weisen Aufgaben auf, deren Bearbeitung keinen Lösungsweg erfordern.

4.2 Beispiele

Übersicht

Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg

Aufgabe: Operationsverstärker – Ausgangsspannung

Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg

Aufgabe: Verlustleistung einer Leuchtdiode

Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

Aufgabe: Spannungsversorgung im "Tauchcomputer"

Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug

Aufgabe: Messbrücke im Tauchcomputer

Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe

Aufgabe: Schaltnetz mit Multiplexer

Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe

Aufgabe: Messungen an einer Gleichrichterschaltung

Beispiel 7: Technische Problemlösung – lösungswegoffen

Aufgabe: Spannungsstabilisierung

Beispiel 8: Technische Problemstellung - ergebnisoffen

Aufgabe: Beschreibung einer Spannungsstabilisierung

Beispiel 1: Technische Problemstellung ohne Lösungsweg**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Operationsverstärker - Ausgangsspannung**

Die Abb. 1 zeigt eine Operationsverstärkerschaltung. Diese Schaltung wird bei einem Messverstärker eingesetzt.

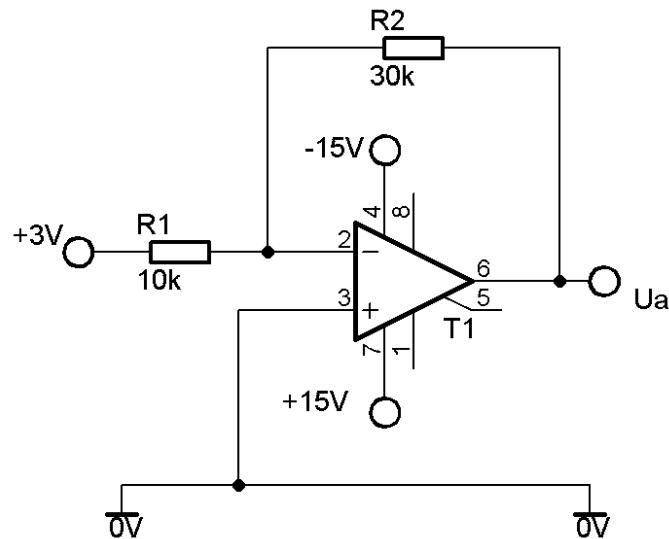


Abb. 1: Operationsverstärkerschaltung

Ermitteln Sie den Wert der Ausgangsspannung U_a .

B: Lösungsteil

$$\text{Ausgangsspannung: } U_a = -U_e \cdot \frac{R_2}{R_1} = -3V \cdot \frac{30k\Omega}{10k\Omega} = -9V$$

Beispiel 2: Technische Problemstellung mit Lösungsweg

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Verlustleistung einer Leuchtdiode

Die Leuchtdiode P1 soll in der Schaltung (Abb. 1) mit der Lichtstärke (engl.: luminous intensity) $I_v = 16 \text{ mcd}$ (milli candela) leuchten.

Die Kenndaten der verwendeten Leuchtdiode L-53LGD sind dem Datenblattauszug (Abb. 2) zu entnehmen. Die einzelnen Datenblattauszugsteile a), b) und c) sind miteinander verknüpft. Das Diagramm c) bezieht sich auf den in Tabelle a) angegebenen Referenzwert von I_v .

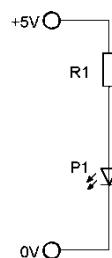


Abb. 1: LED-Schaltung

a)

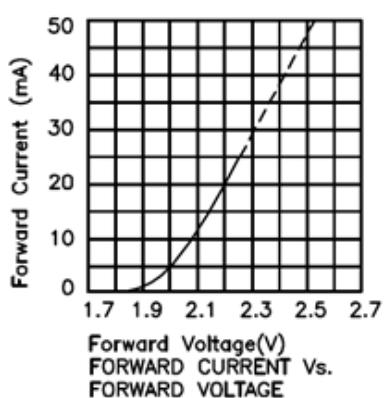
Part No.	Dice	Lens Type	$I_v (\text{mcd}) [2]$ @ 2mA		Viewing Angle [1]
			Min.	Typ.	
L-53LGD	GREEN (GaP)	GREEN DIFFUSED	0.7	2	201/2

Notes:

1. 01/2 is the angle from optical centerline where the luminous intensity is 1/2 the optical centerline value.

2. Luminous Intensity/ Luminous Flux: +/-15%.

b)



c)

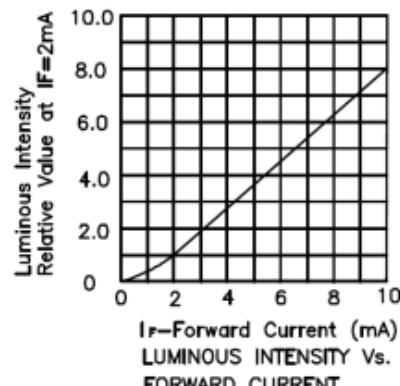


Abb. 2: Datenblattauszug der Leuchtdiode L-53LGD (Kingbright)

Ermitteln Sie die Verlustleistung der Leuchtdiode.

B: Lösungsteil

1. Lösungsschritt:

Die typische Referenzlichtstärke beträgt 2mcd bei 2mA (Abb. 2a).

2. Lösungsschritt:

16mcd sind das 8-fache des typischen Wertes.

3. Lösungsschritt:

Bei 16mcd beträgt der Strom $I_F = 10\text{mA}$ (Abb. 2c).

4. Lösungsschritt:

Bei $I_F = 10\text{mA}$ beträgt U_F ca. 2,09V (Abb. 2b).

5. Lösungsschritt:

Die Verlustleistung beträgt $P_V = U_F \cdot I_F = 2,09V \cdot 10mA = 20,9mW$.

Beispiel 3: Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Spannungsversorgung im „Tauchcomputer“

Der Schaltplan in Abb. 1 zeigt einen Tauchcomputer. Es soll die Versorgungsspannung an Pin 2 des Displays und an Pin 10 des Mikrocontrollers überprüft werden.

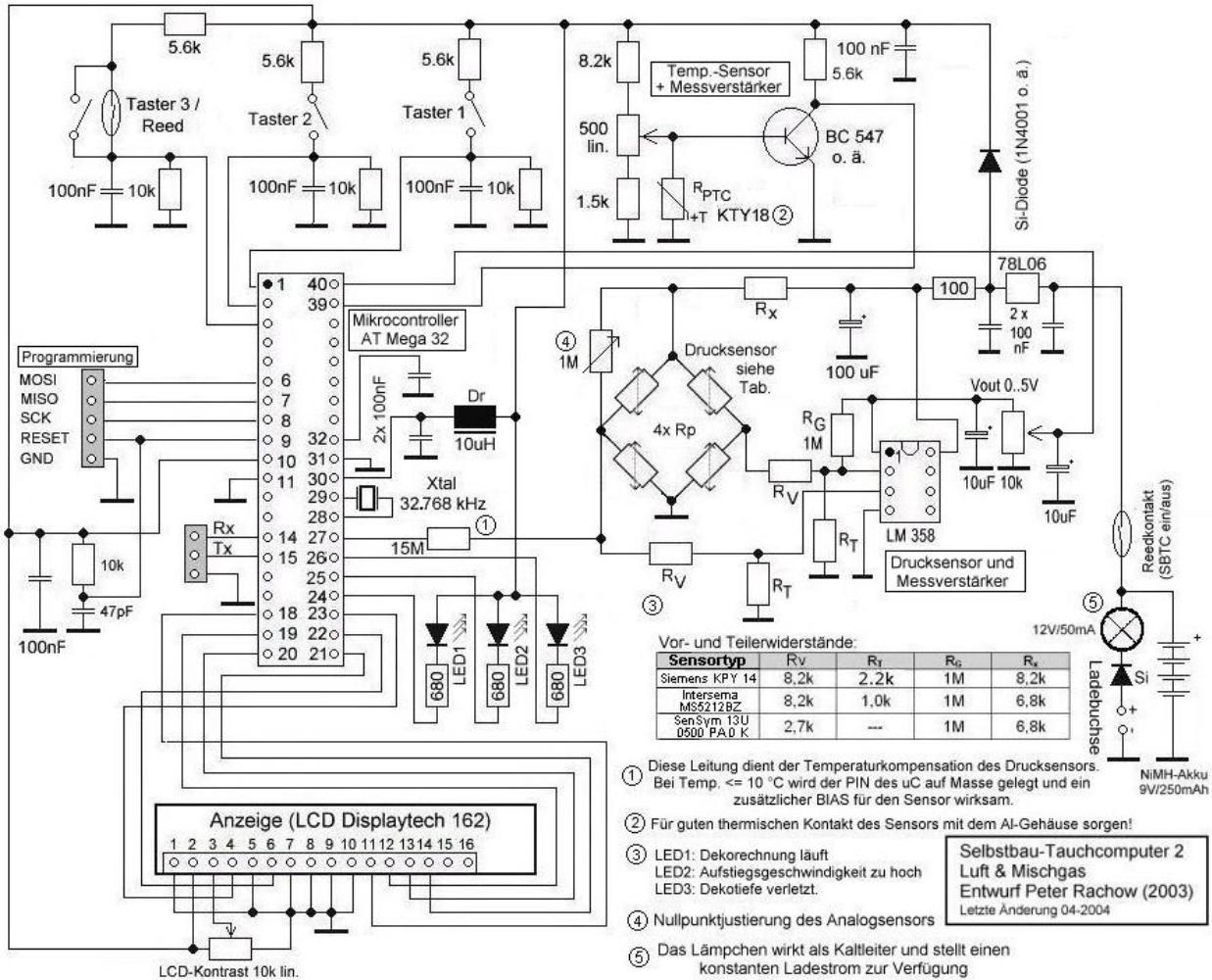


Abb. 1: Schaltplan eines Tauchcomputers

Ermitteln Sie den Spannungswert am Pin 2 des Displays und an Pin 10 des Mikrocontrollers.

B: Lösungsteil

$$U_{LCD,PIN\ 2} = U_{78L06} - U_{Diode} = 6V - 0,7V = 5,3V;$$

$$U_{MC,PIN\ 10} = U_{LCD,PIN\ 2} = 5,3V$$

Beispiel 4: Technische Problemstellung mit Lösungsweg und Anwendungsbezug

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Messbrücke im Tauchcomputer

Der Schaltplan in Abb. 1 zeigt einen Tauchcomputer, der während des Tauchgangs die aktuelle Tauchtiefe anzeigt. Dazu wertet der Mikrocontroller die Informationen eines analogen Drucksensors (Innenschaltung siehe Abb. 3) aus und ermittelt daraus die Tauchtiefe.

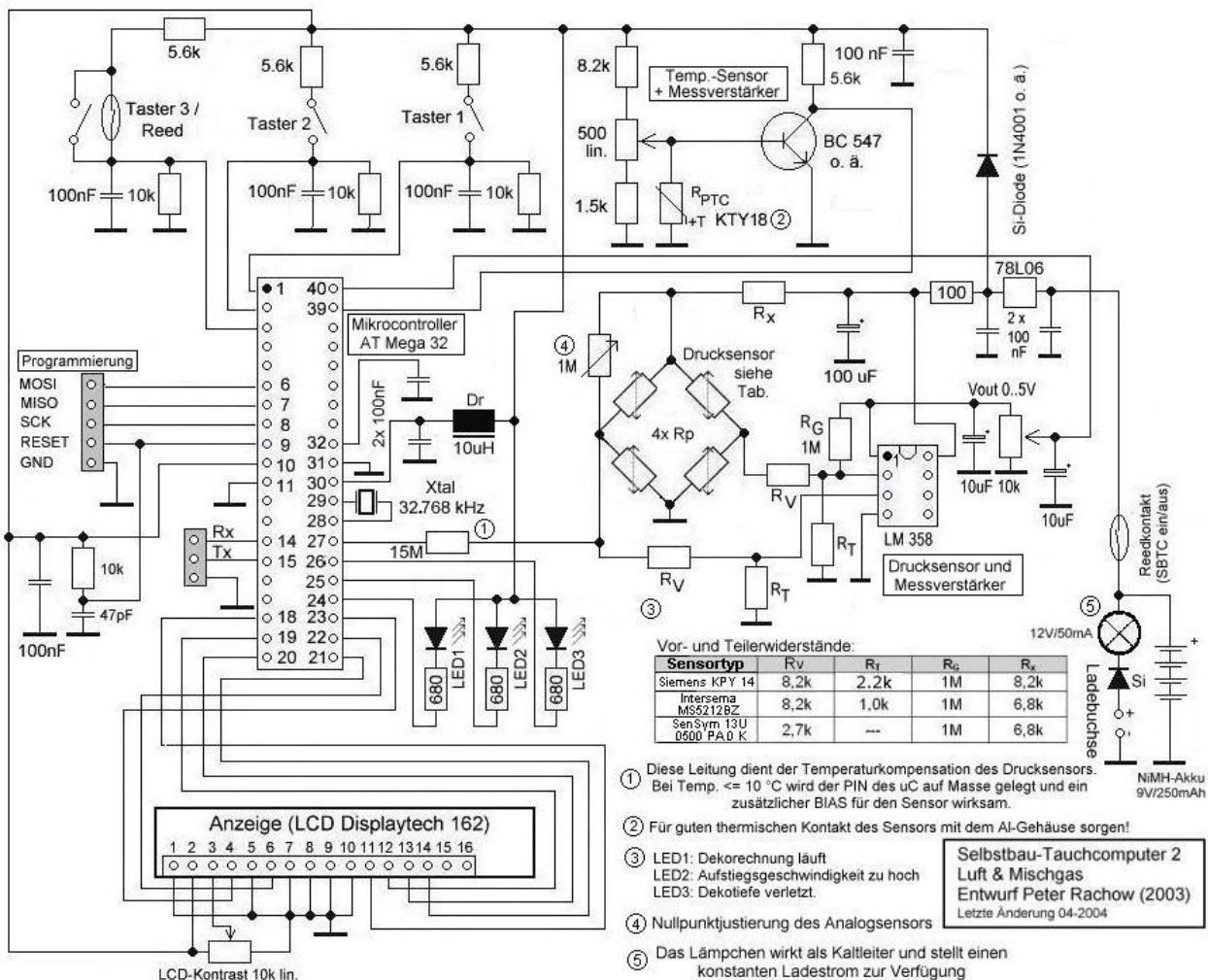


Abb. 1: Schaltplan eines Tauchcomputers

PIN CONFIGURATION

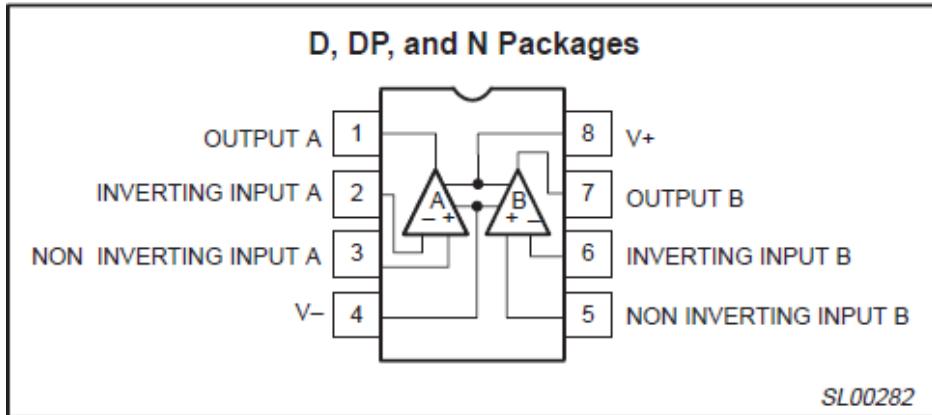


Abb. 2: Pinbelegung des LM358

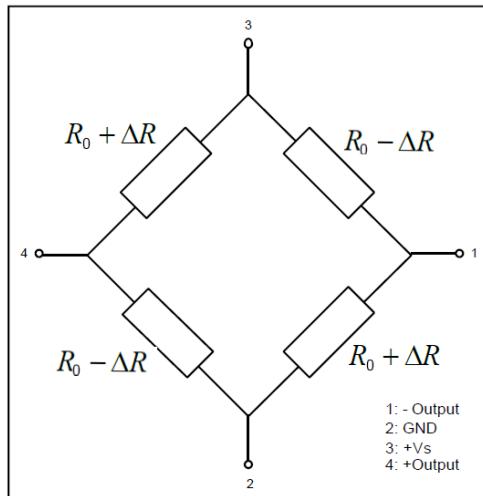


Abb. 3: Innenschaltung des Drucksensors

Bei Umgebungsdruck soll auf dem Display eine Tauchtiefe von 0m angezeigt werden. Dazu muss der Drucksensor mit Hilfe der Nullpunktjustierung so eingestellt werden, dass an Pin 40 des Mikrocontrollers eine Spannung von $U=0V$ anliegt. Die Pinbelegung des LM358 kann der Abb. 2 entnommen werden.

Beschreiben Sie den Abgleichvorgang mit den daran beteiligten Bauelementen.

B: Lösungsteil

1. Lösungsschritt:

Der Operationsverstärker arbeitet als Differenzverstärker.

2. Lösungsschritt:

Ist die Messbrücke abgeglichen, liegt an Pin 2 und 3 des Operationsverstärkers die gleiche Spannung und das Ausgangssignal an Pin 1 sollte $U_a = 0V$ betragen.

3. Lösungsschritt:

Ein Abgleich der Messbrücke erfolgt durch Änderung des Widerstandswertes des Potenziometers. Damit ändert sich das Widerstandsverhältnis von $(R_{P1} \parallel R_{Trim})$ und R_{P2} und somit auch deren Spannungsverhältnis. Man verstellt also das Potenziometer von exakt „0V“ gemessen wird. Die Spannungsmessung am Ausgang des OPV sollte dann ebenfalls $U_a = 0V$ ergeben und das Display eine Tauchtiefe von 0m anzeigen.

Beispiel 5: Materialgebundene Aufgabe

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Schaltnetz mit Multiplexer

Abb. 1 zeigt die Schaltung eines Schaltnetzes mit dem „Dual-four-input multiplexer“ 74LS153.

Der Anhang der Aufgabe enthält einen Auszug aus dem Datenblatt des Bausteins.

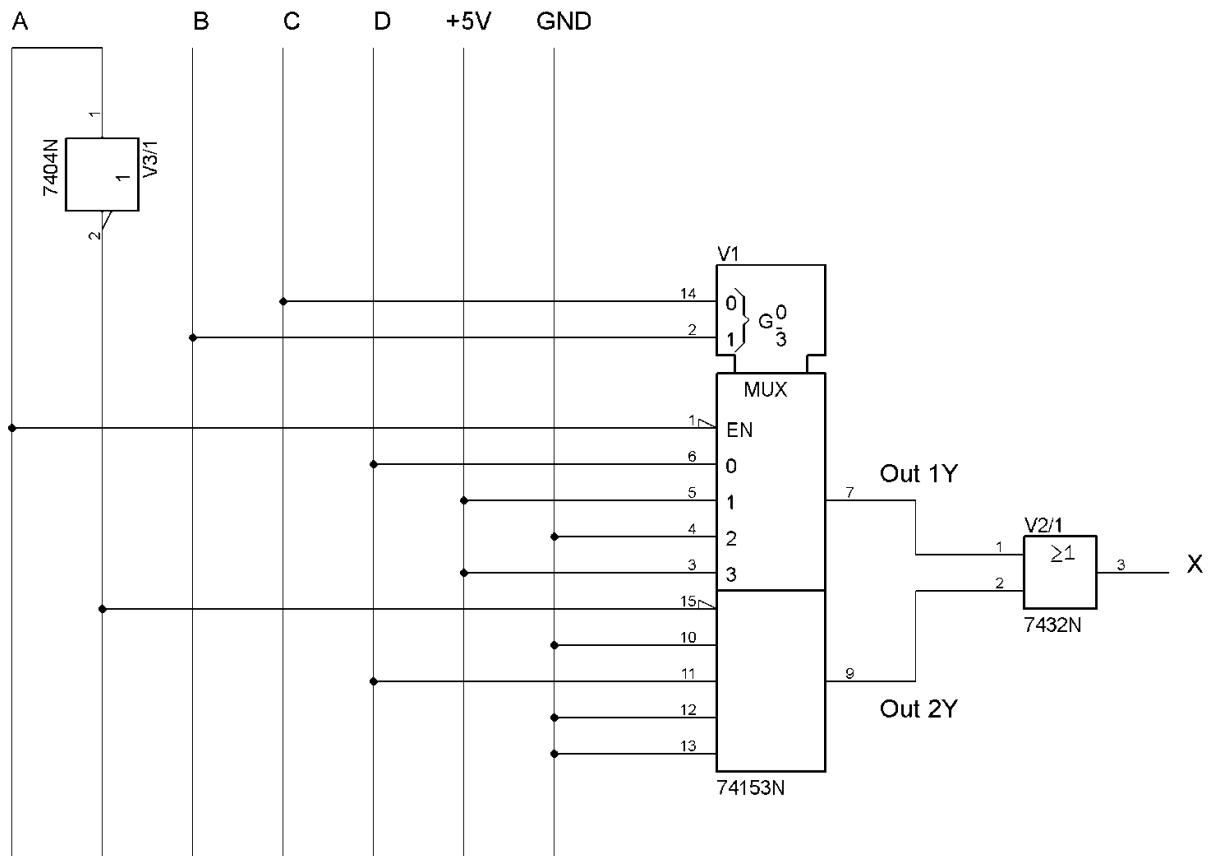


Abb. 1: Schaltnetz mit dem Multiplexer-Baustein 74LS153

Beschreiben Sie die Funktion der Schaltung in Abb. 1 mit der Funktionstabelle in Tab. 1.

A	B	C	D	Out 1Y	Out 2Y	X
0	0	0	0			
0	0	0	1			
0	0	1	0			
0	0	1	1			
0	1	0	0			
0	1	0	1			
0	1	1	0			
0	1	1	1			
1	0	0	0			
1	0	0	1			
1	0	1	0			
1	0	1	1			
1	1	0	0			
1	1	0	1			
1	1	1	0			
1	1	1	1			

Tab. 1: Funktionstabelle für das Schaltnetz in Abb. 1

Auszug aus dem Datenblatt

DM74LS153 Dual 1-of-4 Line Data Selectors/Multiplexers

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR™

August 1986
Revised March 2000

DM74LS153

Dual 1-of-4 Line Data Selectors/Multiplexers

General Description

Each of these data selectors/multiplexers contains inverters and drivers to supply fully complementary, on-chip, binary decoding data selection to the AND-OR-invert gates. Separate strobe inputs are provided for each of the two four-line sections.

Features

- Permits multiplexing from N lines to 1 line
- Performs at parallel-to-serial conversion
- Strobe (enable) line provided for cascading (N lines to n lines)
- High fan-out, low impedance, totem pole outputs
- Typical average propagation delay times
 - From data 14 ns
 - From strobe 19 ns
 - From select 22 ns
- Typical power dissipation 31 mW

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS153M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS153N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "A" to the ordering code.

Connection Diagram

Function Table

Select Inputs	Data Inputs				Strobe	Output	
	B	A	C0	C1			C2
X	X	X	X	X	X	H	L
L	L	L	X	X	X	L	L
L	L	H	X	X	X	L	H
L	H	X	L	X	X	L	L
L	H	X	H	X	X	L	H
H	L	X	X	L	X	L	L
H	L	X	X	H	X	L	H
H	H	X	X	X	L	L	L
H	H	X	X	X	H	L	H

Select inputs A and B are common to both sections.
 H = HIGH Level
 L = LOW Level
 X = Don't Care

Logic Diagram

B: Lösungsteil**Siehe folgende Tabelle (Tab. 2)**

A	B	C	D	Out 1Y	Out 2Y	X
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	1
0	0	1	0	1	0	1
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	1
0	1	1	1	1	0	1
1	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0

Tab. 2: Funktionstabelle für das Schaltnetz in Abb. 1

Beispiel 6: Experimentbezogene Aufgabe

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Messungen an einer Gleichrichterschaltung

Teilaufgabe 1: Versuchsplanung

Teilaufgabe 2: Messschritte

Am Ausgang der vorliegenden Gleichrichterschaltung (Abb. 1) soll bei einem Laststrom von 100mA (+/- 5%) und einer Eingangswechselspannung von $U_e = 12V$ die Brummspannung an der Last maximal $U_w = 1,2V$ betragen.

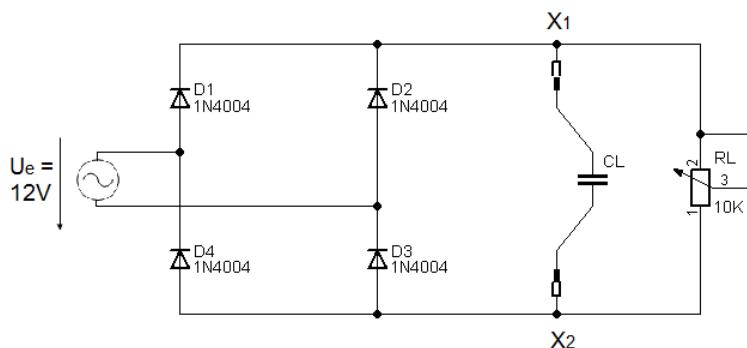


Abb. 1: Gleichrichterschaltung

Teilaufgabe 1: Versuchsplanung

Zur Einstellung der Brummspannung soll ein Ladekondensator CL mit möglichst geringer Kapazität aus Ihrem Standardlabor messtechnisch bestimmt und ausgewählt werden.

Entwickeln Sie einen Versuch zur experimentellen Ermittlung des geeigneten Ladekondensators CL.

Teilaufgabe 2: Messschritte

Zur Erstellung eines vollständigen Versuchsprotokolls sollen Sie die Vorgehensweise bei der Messung dokumentieren.

Beschreiben Sie die Arbeitsschritte zur Durchführung der Messung.

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Versuchsplanung**

Siehe folgende Abb. 2

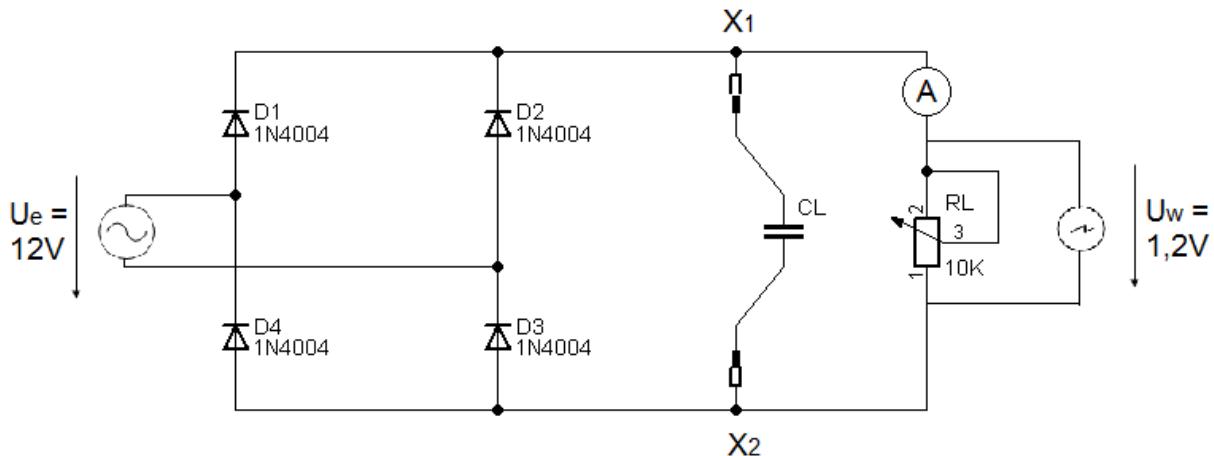


Abb. 2: Messaufbau

Teilaufgabe 2: Messschritte

- Aufbau der Schaltung mit größtem Ladekondensator C_x zwischen den Anschlussklemmen X_1 und X_2 , sowie den Messgeräten an den markierten Messpunkten.
- Einstellung des Lastwiderstandes auf den maximalen Widerstandswert $R = 10K$.
- Einstellen des Oszilloskops (AC-Ankopplung zur Messung des Wechselspannungsanteils des Ausgangssignals).
- Einstellung und Anschluss der Versorgungsspannung $U_e = 12V / 50Hz$ (messtechnisch überprüfen).
- Messen der Ausgangsgleichspannung mit dem Oszilloskop und Messen des Stroms durch die Last mit dem Multimeter.
- Verändern des Lastwiderstandes, bis ein Laststrom von 100mA fließt.
- Messen der Brummspannung mit dem Oszilloskop.
- Messungen wiederholen bei gleichem Lastwiderstand und verändertem Kondensator.

Beispiel 7: Aufgabe mit offenem Lösungsweg (lösungswegeffen)

A: Aufgabenteil

Aufgabe: Spannungsstabilisierung

Abb. 1 zeigt das Schaltbild einer Spannungsstabilisierung. Am Eingang liegt eine ungeregelte Gleichspannung U_e . Am Ausgang kann eine Ausgangsspannung U_a abgegriffen werden, die weitgehend unabhängig von Veränderungen des Lastwiderstandes R_L ist. Die Ausgangsspannung U_a kann durch das Potentiometer R_3 eingestellt werden.

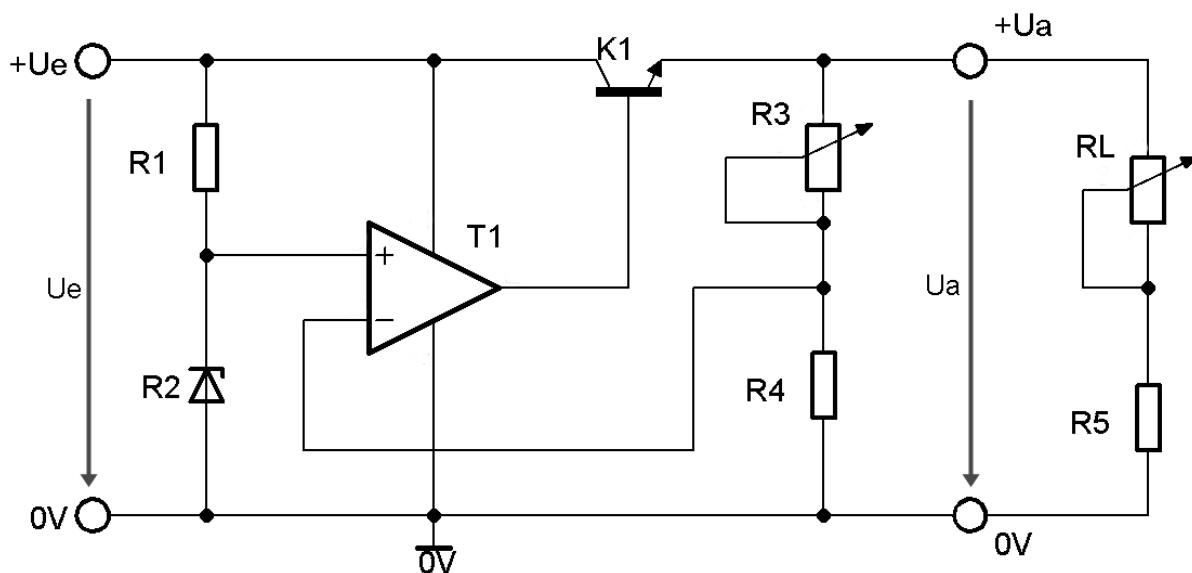


Abb. 1: Schaltung zur Spannungsstabilisierung

Weisen Sie nach, dass die Ausgangsspannung U_a in der Spannungsstabilisierungsschaltung (Abb. 1) gegenüber Veränderungen am Lastwiderstand R_L konstant ist.

B: Lösungsteil

Drei mögliche Musterlösungen

a) Mathematische Beschreibung

$$\text{I. } U_{R2} = U_{R4} \quad , \text{ da } U_{d,op} \approx 0V$$

$$\text{II. } I_{R3} = I_{R4} \quad , \text{ da } I_{e,op} \approx 0A$$

$$\text{III. } I_{R3} = \frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{U_a - U_{R4}}{R_3} \quad \text{mit Gleichung I. folgt}$$

$$I_{R3} = \frac{U_a - U_{R2}}{R_3}$$

$$\text{IV. } I_{R4} = \frac{U_{R4}}{R_4} \quad \text{mit Gleichung I. folgt}$$

$$I_{R4} = \frac{U_{R2}}{R_4}$$

Gleichung III. und IV. in Gleichung II. eingesetzt ergibt:

$$\frac{U_a - U_{R2}}{R_3} = \frac{U_{R2}}{R_4} \quad \leftrightarrow \quad U_a = U_{R2} \cdot \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$$

Das bedeutet:

$$U_a = f(U_{R2}, R_3, R_4) \neq f(U_e, R_L)$$

Die Ausgangsspannung ist nur abhängig von U_{R2} und den Widerständen R_3 und R_4 .

b) Beschreibung der Spannungsregelung mit zwei Kausaldiagrammen

Der Lastwiderstand wird kleiner:

$$\begin{aligned} R_L \downarrow & \rightarrow U_a \downarrow \rightarrow I_{R4} \downarrow \rightarrow U_{\text{Basis}} = V_{\text{op}} \cdot (U_{R2} - U_{R4}) \uparrow \rightarrow \\ U_{BE} \uparrow & \rightarrow I_C \uparrow \rightarrow U_a \uparrow \end{aligned}$$

Der Lastwiderstand wird größer:

$$\begin{aligned} R_L \uparrow & \rightarrow U_a \uparrow \rightarrow I_{R4} \uparrow \rightarrow U_{\text{Basis}} = V_{\text{op}} \cdot (U_{R2} - U_{R4}) \downarrow \rightarrow \\ U_{BE} \downarrow & \rightarrow I_C \downarrow \rightarrow U_a \downarrow \end{aligned}$$

Beide Kausaldiagramme zeigen, dass die Schaltung der Abb. 19 einer Ausgangsspannungsänderung entgegenwirkt. Somit ist nachgewiesen, dass $U_a \neq f(R_L)$.

c) Beschreibung der Spannungsstabilisierung mit dem Wirkplan einer Regelung

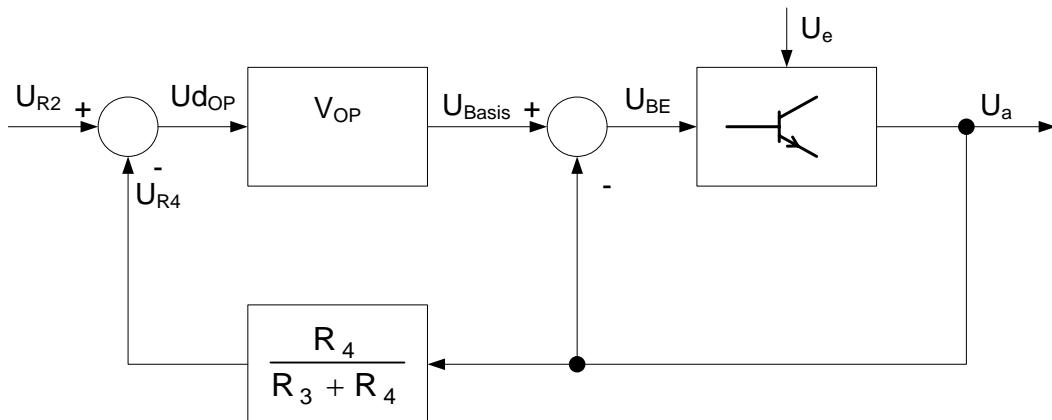


Abb. 2: Wirkplan der Spannungsstabilisierung

Der Wirkplan der Spannungsstabilisierung in Abb. 2 zeigt, dass die Ausgangsspannung geregelt wird.

Beispiel 8: Aufgabe mit offenem Ergebnis (ergebnisoffen)**A: Aufgabenteil****Aufgabe: Beschreibung einer Spannungsstabilisierung**

Aus einer nichtstabilisierten Gleichspannung, die zwischen 10 V und 14 V schwanken kann, soll mithilfe einer in dieser Aufgabe zu entwickelnden Schaltung eine stabilisierte Gleichspannung für ein Mikrocontrollerboard erzeugt werden (vgl. Abb. 1). Dabei sollen die aufgeführten Kriterien erfüllt werden:

- erforderliche Ausgangsspannung: 5 V (+/- 5%)
- maximale Strombelastung durch das Mikrocontrollerboard: 500 mA
- eingangsseitiger elektronischer Schutz der Schaltung gegen Verpolung
- ausgangsseitiger Kurzschlusschutz der Schaltung

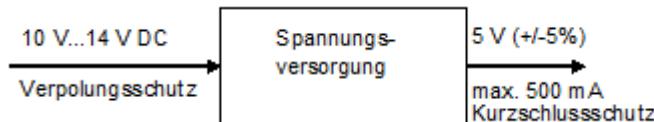
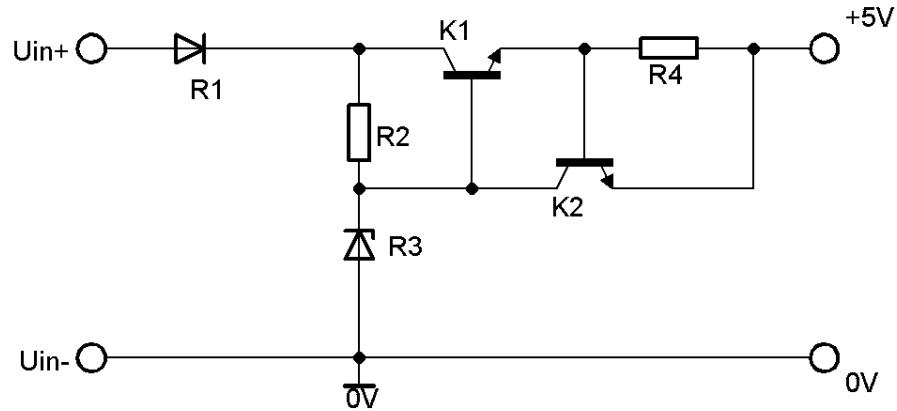


Abb. 1: Ein- und Ausgangsverhalten

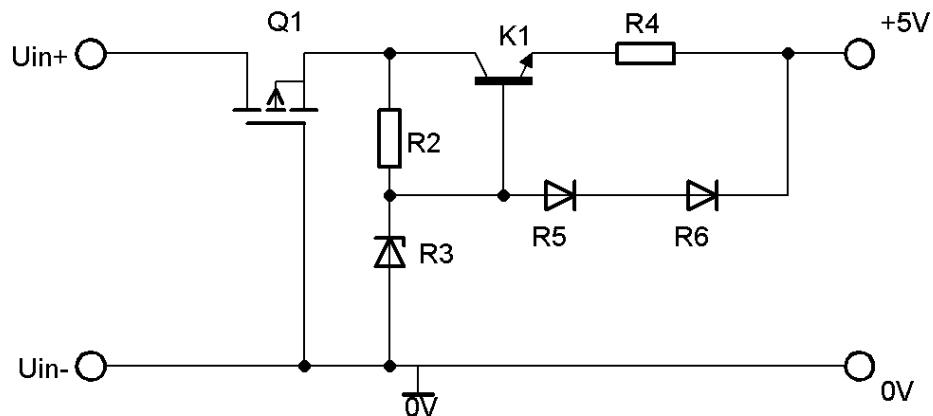
Zeichnen Sie die Schaltung.

B: Lösungsteil

Lösungsmöglichkeit 1: Stabilisierung mit Längstransistor, Verpolungsschutz mit Diode



Lösungsmöglichkeit 2: Stabilisierung mit Längstransistor, Verpolungsschutz mit MOSFET



Lösungsmöglichkeit 3: Stabilisierung mit Festspannungsregler, Verpolungsschutz mit Brückengleichrichter

KAPITEL 5

LEITFADEN AUFGABENGESTALTUNG

5.1 Der Prozess der Aufgabengestaltung

5.1.1 Umsetzung von Kompetenzen, Inhalten, Operatoren in Aufgaben

Die Aufgabengestaltung setzt Kompetenzen, Inhalte und Operatoren in Aufgaben der Abiturprüfung um (siehe Abb. 17). Die zu gestaltenden Prüfungsaufgaben beziehen sich auf die zu prüfenden Kompetenzen und die sie fundierenden Inhalte. Die Prüfungsaufgaben werden mit den vorgegebenen Operatoren formuliert.

5.1.2 Erfüllung von Anforderungen

Die Aufgabengestaltung hat die administrativen Vorgaben für die Abiturprüfung ebenso zu berücksichtigen wie die administrativen und curricularen Vorgaben.

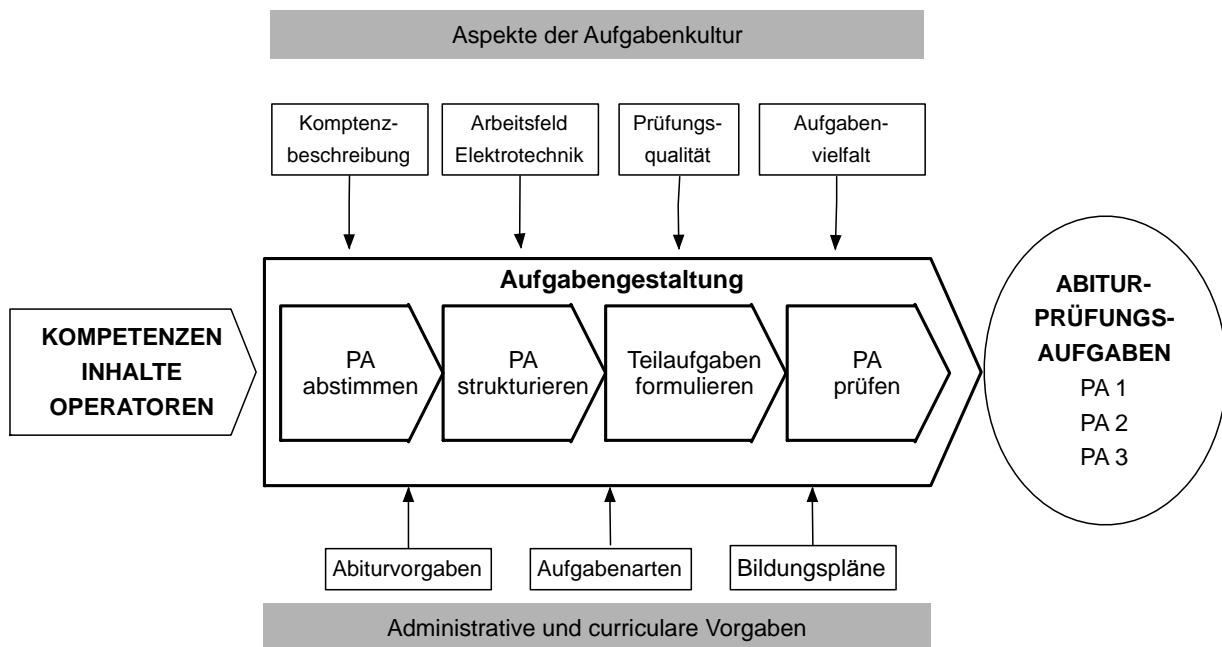


Abb. 17: Prozess der Aufgabengestaltung

Für die Aufgabengestaltung sind die Aspekte der Aufgabenkultur im Fach Elektrotechnik wichtig (vgl. KAPITEL 2: AUFGABENKULTUR). Die Aufgaben sind kompetenzorientiert zu formulieren, d.h. die Aufgabenstellungen sind auf problemhafte Ausgangssituationen des Arbeitsfeldes Elektrotechnik zu beziehen. Die Gestaltung der Prüfungsaufgaben hat die Gütekriterien

der Prüfungsqualität zu erfüllen: Gültigkeit, Zuverlässigkeit, Objektivität, Akzeptanz, Nützlichkeit und Zumutbarkeit sowie Ökonomie. Die Abiturprüfung sollte sich durch ein hohes Maß an Aufgabenvielfalt auszeichnen.

Zwei Anforderungen stehen bei der Aufgabengestaltung besonders im Fokus:

Die Prüfungsaufgaben sind so zu gestalten, dass sie von den Schülerinnen und Schülern zu 100% verstanden werden - die zu Prüfenden müssen formell klar erkennen können, was von ihnen erwartet wird. Ebenso sollen die Prüfungsaufgaben den korrigierenden Lehrkräften klar aufzeigen, wie die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zu erfassen und zu bewerten sind.

Eine Prüfungsaufgabe ist erst dann vollständig, wenn beide Anforderungen erfüllt werden.

5.1.3 Abiturprüfung = 3 Prüfungsaufgaben

Eine Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik besteht aus drei Prüfungsaufgaben (**PA**) (siehe Abb. 18 und Abb. 19).

Jede Prüfungsaufgabe umfasst eine Anzahl von Teilaufgaben. Zu einer Prüfungsaufgabe gehören nicht nur die Teilaufgaben, die die Schülerinnen und Schüler in der Prüfung bearbeiten, sondern auch die Lösungen zu den Teilaufgaben. Die Lösungen der Teilaufgaben sind eine Vorgabe für die korrigierenden Lehrkräfte.

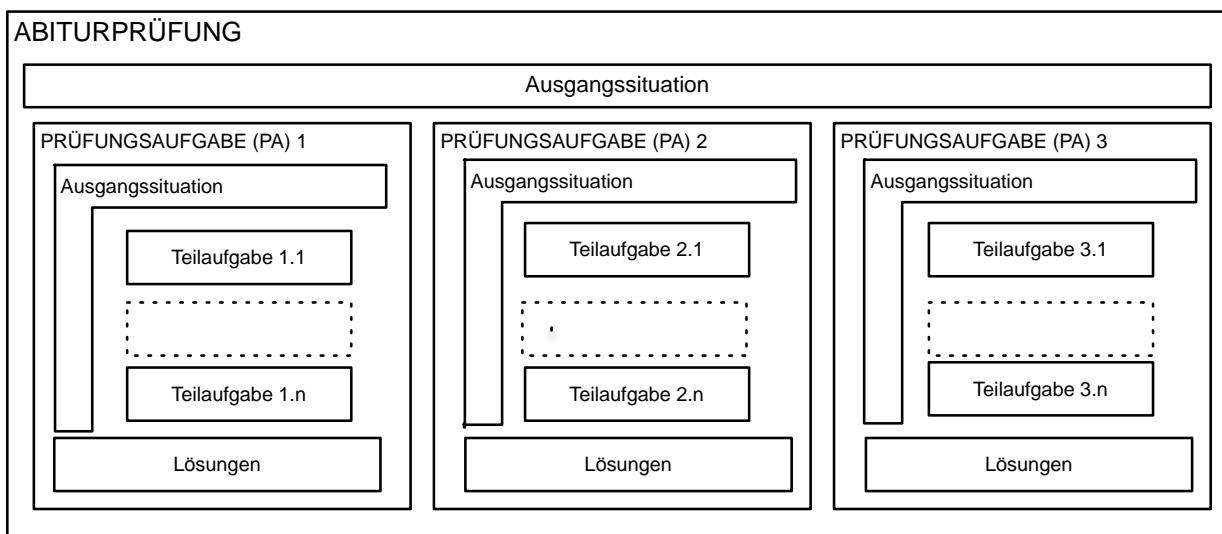


Abb. 18: Anlage der Abiturprüfung

Der Prozess der Aufgabengestaltung bezieht sich also auf die Erstellung der Teilaufgaben wie auch auf die Erstellung der Lösungen. Die drei Prüfungsaufgaben der Abiturprüfung im Fach Elektrotechnik bilden für sich jeweils eine thematische Einheit. Das Thema einer Prüfungsaufgabe wird insbesondere durch den Bezug zur jeweiligen Ausgangssituation deutlich gemacht.

5.1.4 Gleichwertigkeit der Prüfungsaufgaben

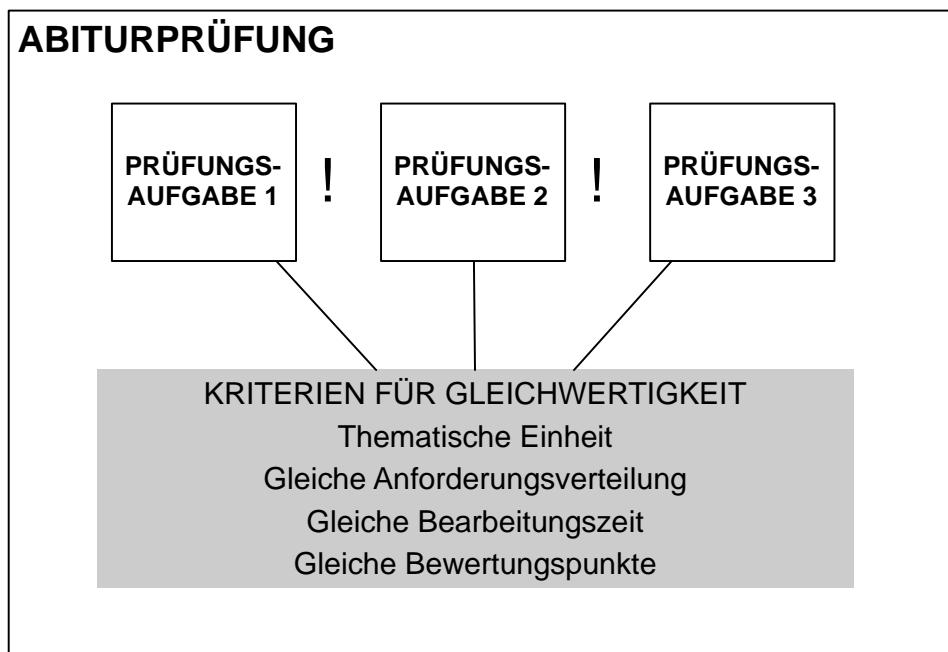


Abb. 19: Gleichwertigkeit der Aufgaben einer Abiturprüfung

Die Prüfungsaufgaben sind annähernd gleich bei der Bearbeitungszeit und den zu verteilenden Bewertungspunkten. Jede Aufgabe berücksichtigt in gleicher Weise die Verteilung der Anforderungsbereiche entsprechend den Vorgaben für die Abiturprüfung (siehe Abb. 19).

5.1.5 Teilprozesse der Aufgabengestaltung

Die Aufgabengestaltung besteht aus vier Teilprozessen (siehe Abb. 17):

- **Prüfungsaufgaben abstimmen:** Der erste Prozessschritt der Aufgabengestaltung besteht darin, dass die drei Aufgaben einer Abiturprüfung inhaltlich abgestimmt werden. Mit der Abstimmung soll erreicht werden, dass die Aufgabenstichprobe der Prüfung die möglichen Prüfungsanforderungen des Faches Elektrotechnik repräsentiert.

- **Prüfungsaufgaben strukturieren:** Ein klarer Aufbau und eine logische Struktur der Prüfungsaufgaben erleichtern deren Bearbeitung. Deshalb sind Prüfungsaufgaben eindeutig zu strukturieren. Der zweite Prozessschritt bezieht sich auf den Aufbau und die Struktur der Prüfungsaufgaben.
- **Teilaufgaben formulieren:** Nach der Abstimmung und Strukturierung der Prüfungsaufgaben können die Teilaufgaben formuliert werden. Hierfür können Regeln aufgestellt werden.
- **Prüfungsaufgaben prüfen:** Der Prozess der Aufgabengestaltung schließt ab mit der Prüfung der Prüfungsaufgaben anhand von Checklisten.

5.2 Prüfungsaufgaben abstimmen

5.2.1 Repräsentation des Faches durch Prüfungsaufgaben

Ziel der Abstimmung der Aufgaben ist eine konsistente Aufgabenstichprobe, die die möglichen Prüfungsaufgaben im Fach Elektrotechnik repräsentativ abbildet.

5.2.2 Verteilung von Kompetenzen und Inhalten auf drei gleichwertige Aufgaben

Die zu prüfenden Kompetenzen und Inhalte müssen auf die drei Prüfungsaufgaben verteilt werden. Im KAPITEL 3 KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN sind die möglichen Kompetenzen und Inhalte für das Fach Elektrotechnik dargestellt. Im Rahmen der Aufgabengestaltung gilt es also, aus den möglichen Kompetenzen und Inhalten eine geeignete Auswahl zu treffen.

5.2.3 Drei Abstimmungsaspekte

Die Abstimmung der drei Prüfungsaufgaben erfolgt hinsichtlich der (1) zu überprüfenden Kompetenzen, Inhalte und Anforderungen, (2) den technologischen Ausgangssituationen und den (3) Aufgabenarten (siehe Abb. 20).

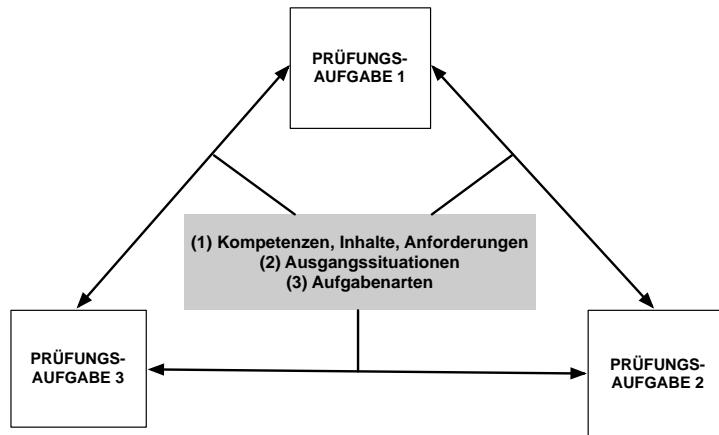


Abb. 20: Abstimmung der Prüfungsaufgaben

5.2.3.1 Abstimmung der Kompetenzen, Inhalten und Anforderungen

Grundlage für die Abstimmung der Prüfungsaufgaben ist das Modell für die Kompetenzbeschreibung im Fach Elektrotechnik (siehe Abb. 21). Im KAPITEL 3: KOMPETENZEN – INHALTE – OPERATOREN sind alle prüfungsrelevanten Inhalte der Abiturprüfung dargestellt.

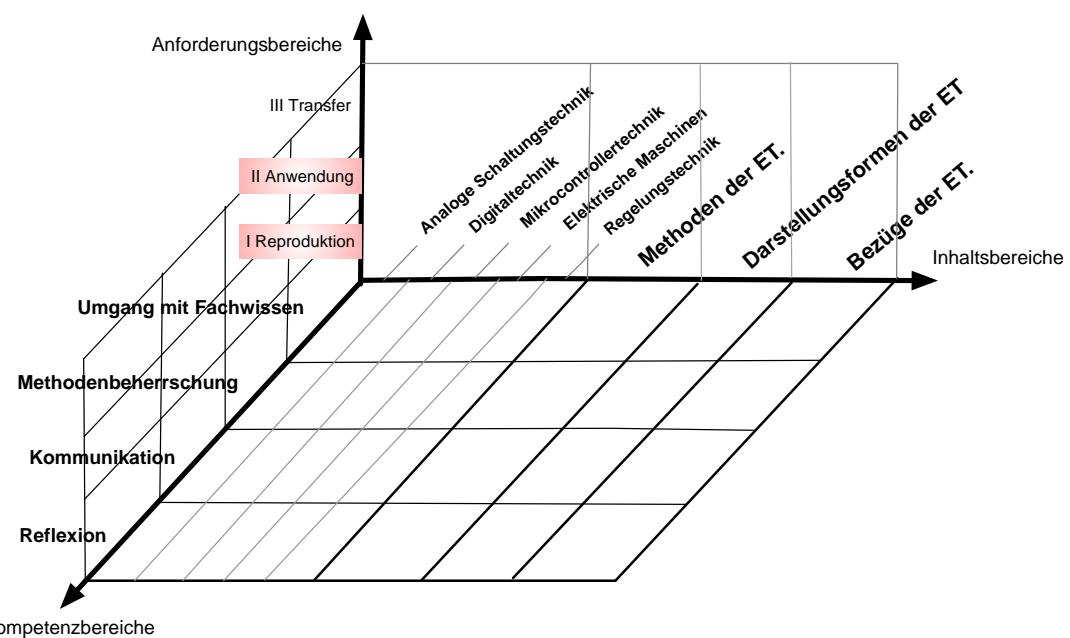


Abb. 21: Kompetenzmodell für das Fach Elektrotechnik

Jede Prüfungsaufgabe berücksichtigt Kompetenzen aus allen vier Kompetenzbereichen. Eine ausgewählte Kompetenz und der dazugehörige Inhalt werden in der Abiturprüfung nur einmal überprüft. Bei jeder Prüfungsaufgabe werden die Anforderungsbereiche entsprechend den Anforderungen der Abiturvorgaben verteilt.

Die Kompetenzbereiche werden in einem unterschiedlichen Umfang berücksichtigt. Der Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ besitzt den größten Anteil an der Abiturprüfung, gefolgt von dem Bereich „Methodenbeherrschung“ und den Bereichen „Kommunikation“ und „Reflexion“. Dabei hat der Inhaltsbereich „Analoge Schaltungstechnik“ im Vergleich zu den anderen Inhaltsbereichen deutlich den größten Anteil an der Prüfung.

5.2.3.2 *Abstimmung der Ausgangssituationen*

Die zu überprüfenden Kompetenzen einer Prüfungsaufgabe beziehen sich auf eine Ausgangssituation, die einen problemhaften technologischen Kontext repräsentiert. Bei den Ausgangssituationen handelt es sich in der Regel um Technologieschemata, die ein komplexes technisches System darstellen.

Bei der Erstellung der Abiturprüfung ist zu entscheiden, ob für jede Prüfungsaufgabe eine Ausgangssituation entwickelt wird oder ob sich alle Prüfungsaufgaben auf eine Ausgangssituation beziehen.

5.2.3.3 *Abstimmung der Aufgabenarten*

Bei der Gestaltung einer Prüfung sollten alle möglichen Aufgabenarten berücksichtigt werden. Da nicht durch jede Prüfungsaufgabe jede mögliche Aufgabenart (vgl. KAPITEL 4: AUFGABENARTEN) berücksichtigt werden kann, muss hinsichtlich der zu berücksichtigenden Aufgabenarten eine Abstimmung zwischen den Prüfungsaufgaben erfolgen.

Für jede Teilaufgabe ist eine Aufgabenart vorzusehen.

Unter Berücksichtigung des Konstruktionsaufwandes und der Bearbeitungszeit für die zu Prüfenden werden folgende Empfehlungen für die Verteilung der Aufgabenarten gegeben:

Aufgabenart	Häufigkeit
Materialgebundene Aufgabe	Maximal 2mal in der Abiturprüfung
Experimentbezogene Aufgabe	Maximal 1mal pro Prüfungsaufgabe
Lösungswegoffene Aufgabe	Maximal 2mal in der Abiturprüfung
Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug	Keine Begrenzung
Ergebnisoffene Aufgabe	Maximal 2mal in der Abiturprüfung
Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug	Keine Begrenzung

Tab. 3: Verteilung der Aufgabenarten

5.3 Prüfungsaufgaben strukturieren

Eine klare Struktur unterstützt die Verständlichkeit einer Aufgabe. Im Folgenden werden der Aufbau und die Struktur einer Prüfungsaufgabe beschrieben. Jede Prüfungsaufgabe sollte die beschriebene Struktur aufweisen.

Im Beispiel 1 wird die Struktur einer Aufgabe exemplarisch dargestellt. Das gezeigte Beispiel ist Teil des Aufgabenbeispiels „Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)“ (siehe KAPITEL 6: AUFGABENBEISPIELE).

5.3.1 Prüfungsaufgabe = Thema + Aufgabenteil + Lösungsteil + Anhänge

Abb. 22 zeigt den Aufbau einer Prüfungsaufgabe. Zunächst können drei Teile unterschieden werden: Aufgabenthema, Aufgabenteil und Lösungsteil.

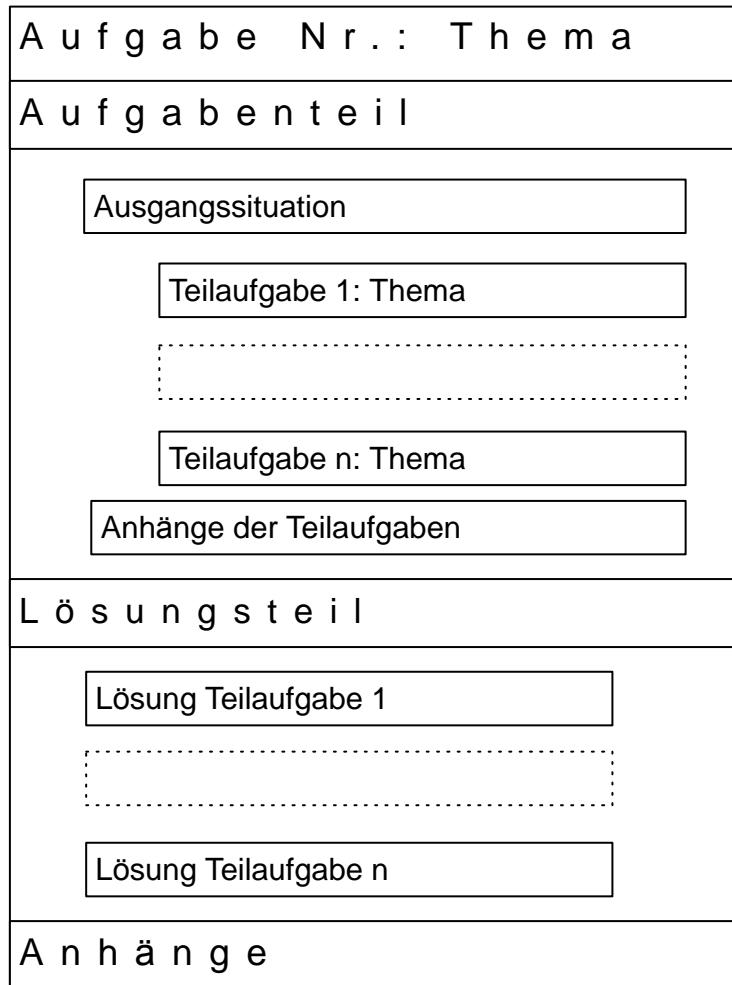


Abb. 22: Aufbau einer Prüfungsaufgabe

Den Aufgabenteil erhalten die Schülerinnen und Schüler in der Prüfung zur Bearbeitung. Er enthält die Ausgangssituation der Prüfungsaufgabe, die zu bearbeitenden Teilaufgaben und deren möglichen Anhänge.

Der Lösungsteil enthält die Lösungen für die Teilaufgaben. Der Lösungsteil dient den korrigierenden Lehrinnen und Lehrern als Vorgabe für die Erfassung und Bewertung der Prüfungsleistungen.

5.3.2 Aufgabenteil einer Teilaufgabe

Thema + Informationsteil + Auftragsteil + Bearbeitungsteil + Anhang

Die Teilaufgaben einer Prüfungsaufgabe haben eine einheitliche Struktur (siehe Abb. 23). Jede Teilaufgabe wird fortlaufend nummeriert und mit einem Thema versehen. Die Teilaufgaben bestehen aus dem Informationsteil, dem Auftragsteil, dem Bearbeitungsteil und dem Anhang. Der Bearbeitungsteil und der Anhang sind dabei optionale Bestandteile einer Teilaufgabe. Der Anhang einer Teilaufgabe ist i. d. R. Teil des Gesamtanhangs (Anhänge) der jeweiligen Prüfungsaufgabe (vgl. Abb. 22).

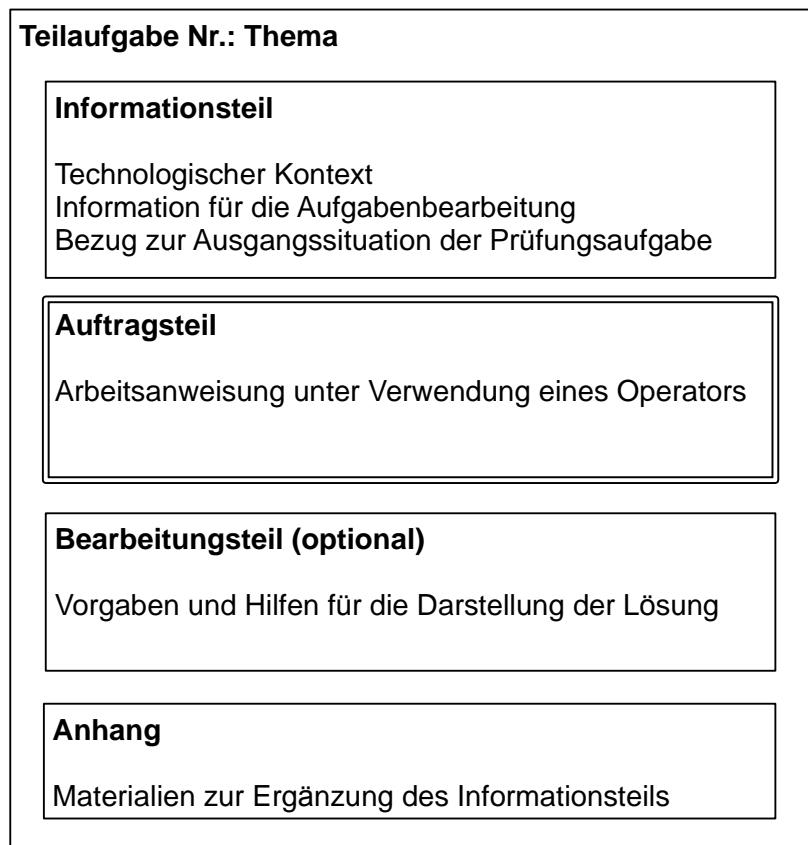


Abb. 23: Aufbau des Aufgabenteils einer Teilaufgabe

Teilaufgabe Nr.

Jede Teilaufgabe wird nummeriert.

Aufgabenthema

Jede Aufgabe hat ein Thema. Das Thema bezieht sich auf den inhaltlichen Schwerpunkt der Aufgabe. Das Thema wird verbfrei formuliert.

Informationsteil

Der Informationsteil enthält in übersichtlicher Darstellung alle Informationen, die die Schülerinnen und Schüler für die Lösung der Aufgabe benötigen. Dementsprechend gehört die Ausgangssituation einer Prüfungsaufgabe zum Informationsteil der Teilaufgaben. Über die reine Information hinaus wird mit dem Informationsteil auch in die jeweilige Teilaufgabe eingeführt, um den zu Prüfenden die Orientierung in der Prüfung zu erleichtern. Mit dem Informationsteil kann die Ausgangssituation für die entsprechende Teilaufgabe ergänzt werden. In einer Prüfungsaufgabe kann ein Informationsteil auch für mehrere Teilaufgaben ausgewiesen werden; dies bedarf jedoch einer deutlichen Kennzeichnung.

Auftragsteil

Im Auftragsteil wird das zu lösende Problem - die eigentliche Aufgabe - beschrieben. Hier erfahren die zu Prüfenden, was von ihnen erwartet wird. Nur im Auftragsteil werden Operatoren zur Formulierung der Aufgaben verwendet. Der Auftragsteil wird gegenüber den anderen Teilen der Teilaufgaben optisch hervorgehoben (siehe Beispiel 1). In der Abiturprüfung für das Fach Elektrotechnik wird jeder Auftragsteil einer Teilaufgabe mit einem Rahmen versehen.

Bearbeitungsteil

Der Bearbeitungsteil ist optionaler Bestandteil des Aufgabenteils. Er enthält Vorgaben bzw. Hilfen für die Darstellung der Lösung (vgl. Beispiel 1).

Anhang

Der Anhang gehört zum Informationsteil. Umfangreiche Materialien, die die Übersichtlichkeit des Informationsteils, der vor dem Auftragsteil liegt, beeinträchtigen würden, werden in dem Anhang aufgenommen. Umfangreiche Materialien sind z.B. Schaltpläne, Datenblätter, etc..

5.3.3 Lösungsteil einer Teilaufgabe

Thema + Auftragsteil + Lösungsaspekte + Musterlösung

Die Lösung einer Teilaufgabe besteht aus dem (Aufgaben-)Thema, dem Auftragsteil, den Lösungsaspekten und der Musterlösung (siehe Abb. 24).



Abb. 24: Aufbau des Lösungsteils einer Teilaufgabe

Teilaufgabe Nr.

Jeder Lösungsteil wird nummeriert.

Auftragsteil

Der Auftragsteil der jeweiligen Teilaufgabe wird an dieser Stelle wiederholt.

Lösungsaspekte

Mit den Lösungsaspekten werden die erwarteten Lösungen kleinschrittig – möglichst in 1-Punkteschritten – angegeben. Jeder Lösungsaspekt wird einem Anforderungsbereich (AFB) zugeordnet. Bei der Ausformulierung der (Teil-) Aufgaben sollte angestrebt werden, einen Lösungsschritt mit einem (1) Punkt zu versehen (siehe Beispiel 1).

Musterlösung

Die Musterlösung enthält die Ausführung einer Lösung. Wenn die Lösungsaspekte weitgehend eine Musterlösung beschreiben, kann auf die Musterlösung verzichtet werden.

5.3.4 Beispiel: Aufbau und Struktur einer Prüfungsaufgabe (Auszug)

Aufgabe: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)

(Informationsteil / Aufgabe gesamt)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben:

Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators (SRG)

In Abb. 1 wird durch Zusammenschalten eines nichtinvertierenden Schmitt-Triggers und eines Integrierers ein einfacher und selbstanlaufender Sägezahn-Rechteck-Generator realisiert. Der Generator erzeugt eine Rechteckspannung U_{A1} und eine Sägezahnspannung U_{A2} (siehe Abb. 2).

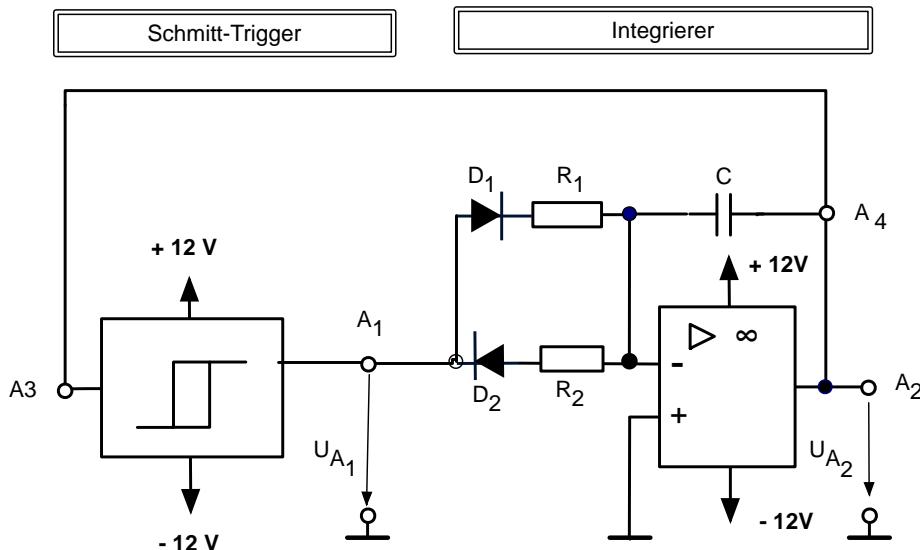


Abb. 1: Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators

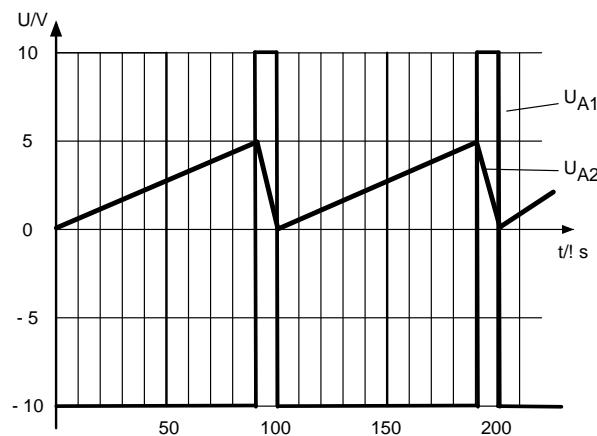


Abb. 2: Ausgangsspannungen U_{A1} und U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

(Informationsteil)

Das Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers bestimmt den Verlauf der Rechteckspannung und Sägezahnspannung des Funktionsgenerators (Abb. 1).

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

(Bearbeitungsteil)

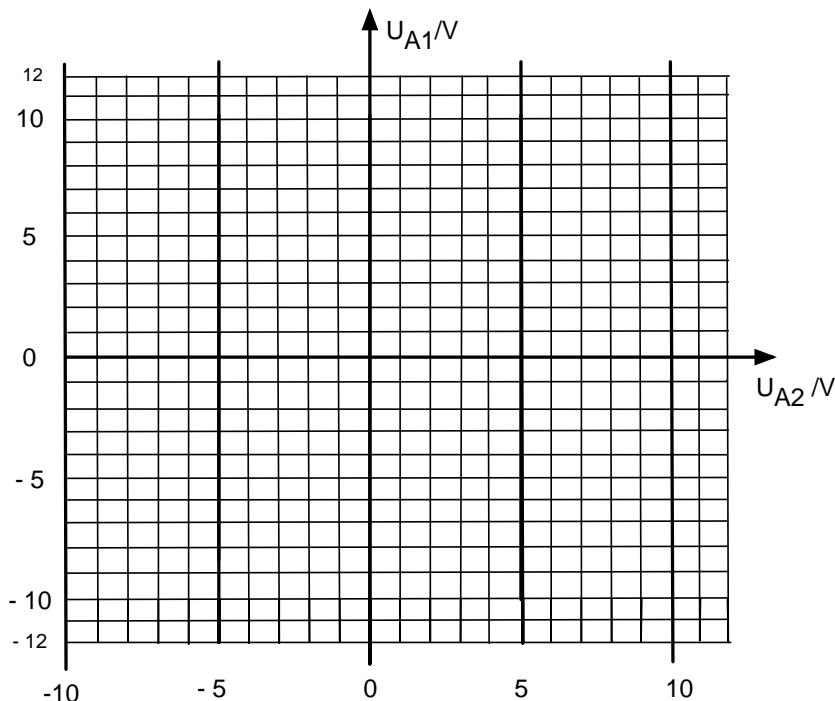


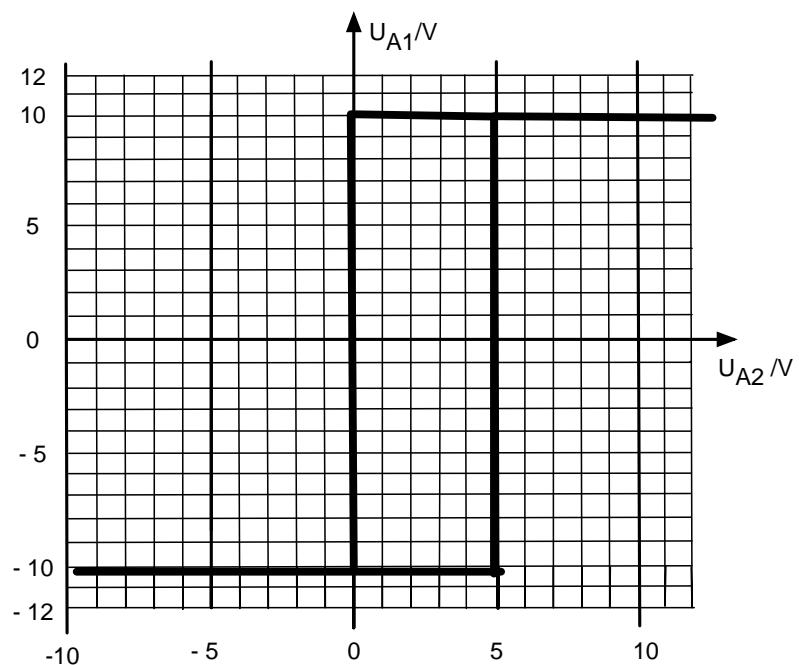
Abb. 3: Diagramm für die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

Lösungsteil**Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers**

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so, dass sich Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

Lösungsaspekte	AFB	Punkte
Oberer Triggerpunkt 5V	II	1
Unterer Triggerpunkt 0V	II	1
U_{A1} max: +10V	II	1
U_{A1} min: -10V	II	1
Gesamtverlauf	II	1

Musterlösung:



5.4 Teilaufgaben formulieren

Prüfungsaufgaben müssen verständlich formuliert werden, so dass Nachfragen und zusätzliche Erklärungen nicht erforderlich sind. Die Prüflinge sollen aus der Aufgabenstellung klar erkennen, was von ihnen erwartet wird.

Auch die Lösungsteile der Aufgaben sind klar und eindeutig zu formulieren. Die Lösungsaspekte und die Musterlösungen müssen den korrigierenden Lehrkräften klar zeigen, wie die Prüfungsleistungen zu erfassen und zu bewerten sind.

5.4.1 Vier Merkmale der Verständlichkeit

Vier Merkmale bestimmen die Verständlichkeit von Aufgabenformulierungen (siehe Abb. 25).

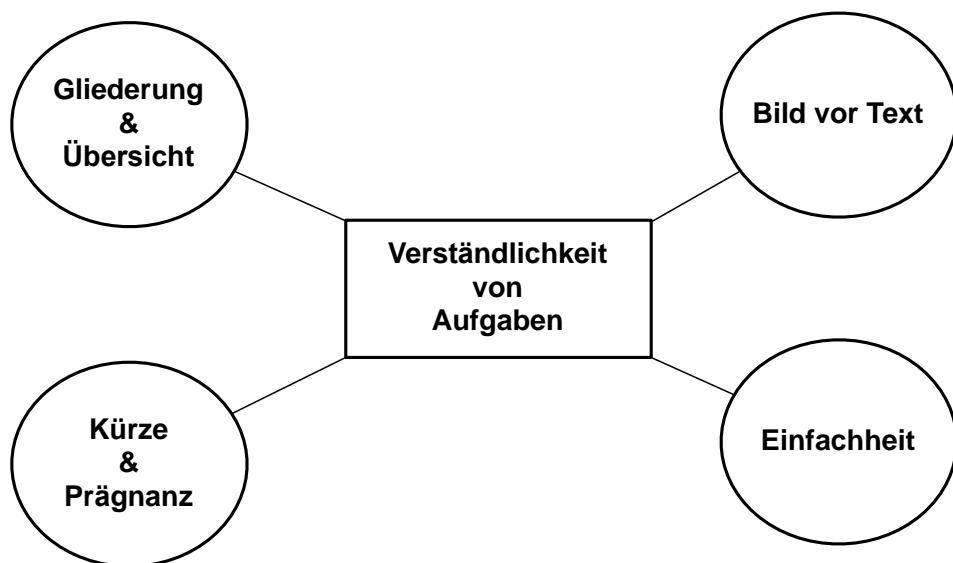


Abb. 25: Merkmale der Verständlichkeit

Merkmal „Einfachheit“

Dieses Merkmal bezieht sich auf die sprachliche Formulierung und Gestaltung aller Aufgaben-
teile, also um die Wortwahl und den Satzbau.

- a) Satzlänge: Kurze Sätze bzw. einfache Satzkonstruktionen erleichtern das Textverständnis. Ein Satz ist grammatisch einfach, wenn ein einfacher, häufig verwendeter Satzbauplan mit möglichst wenigen zusätzlichen Angaben, Attributen, Einschüben oder Nebensätzen realisiert wird.
- b) Sätze und Struktur: Satzgegenstand und Satzaussage sollten möglichst nah beieinander stehen. Damit der Arbeitsauftrag problemlos erschlossen werden kann, sollten Ergänzungen (z.B. in Form von Beobachtungsschwerpunkten, Einschränkungen, Aspektierungen etc.) nicht eingeschoben, sondern nachgeordnet aufgeführt werden.
- c) Substantive: Sätze mit vielen Substantiven sind weniger leicht verständlich. Der Hauptwortstil ist zu vermeiden. Im so genannten Hauptwortstil (germanistisch genau: „Nominalstil“) werden Verben zu Hauptwörtern. Dieser Stil bewirkt häufig einen vermeidbar komplexeren Satzbau und erschwert ggf. die Identifikation des Arbeitsauftrages. Wo möglich, sollten Verben verwendet werden - im Auftragsteil die einschlägigen Operatoren.

Beispiele:

So lieber nicht:

„Fertigen Sie eine Analyse....unter besonderer Berücksichtigung.....an, in der Sie
„Führen Sie eine Berechnung durch, indem Sie..“
„Von der Geschäftsführung wird der Beschluss gefasst, die Anschaffung modernerer Maschinen
vorzunehmen.“

Eher so:

„Analysieren Sie... Berücksichtigen Sie dabei vor allem...“
„Berechnen Sie...“
„Die Geschäftsführung beschließt, moderne Maschinen anzuschaffen.“

- d) Länge der Wörter: Lange, ungeläufige Wörter erschweren das Textverständnis. Lange, ungeläufige Wörter (z.B. Nominalkomposita) sind schwer zu verstehen. Wenn Nominalkomposita nicht zu vereinfachen sind, da es sich dabei z.B. um Fachtermini handelt, empfiehlt sich die Gliederung durch Bindestriche.

Beispiele:

So lieber nicht:

„Bei dem durchzuführenden Maschinenprüfverfahren hat sich herausgestellt,...“
„Sägezahngenerator“; „Spulenkapseloberteil“

Eher so:

„Die Prüfung der Maschine hat ergeben,...“
„Sägezahn-Generator“; „Spulenkapsel-Oberteil“

- e) **Konditionale Sätze:** Konditionale Sätze (Bedingungssätze) führen häufig zu Verständnisschwierigkeiten.
- f) **Fragesätze:** Fragestellungen sollten vermieden werden.
- g) **Negationen:** Sätze, die Negationen (nicht, keine, usw.) enthalten, sind weniger gut verständlich.
- h) **Vertrautheit mit den Wörtern:** Wörter, die aus der Erfahrung der Schülerinnen und Schüler und aus dem Unterricht vertraut sind, erhöhen die Verständlichkeit.
- i) **Abstrakte / konkrete Darstellung:** Informationen (Vorgaben, Sachverhaltsdarstellungen) sollten konkret angegeben werden. Auf abstrakte, vermeintlich wissenschaftlich gehaltene Aussagen sollte verzichtet werden.

Merkmal „Bild vor Text“

Symbole, Bilder, Diagramme sind schneller zu erfassen als Texte. Informationen, die grafisch illustriert aufbereitet sind, entlasten den Textanteil einer Aufgabe und erleichtern die Aufgabenerschließung.

Wichtig dabei ist: Grafiken müssen vollständig, gut lesbar sowie sachlich und fachlich richtig sein.

Folgende Kriterien müssen bei der Umsetzung des zweiten Merkmals der Verständlichkeit beachtet werden:

- a) **Symbole:** Symbole sind ein gutes visuelles Hilfsmittel, weil sie meist unmittelbar verständlich sind und die Aussagekraft der Information verstärken.

- b) Bilder: Gut gestaltete Bilder (Technologieschemata, Blockschaltbilder, Schaltbilder, Diagramme usw.) sind unmittelbar ansprechend. Sie stellen einen technischen Sachverhalt präzise dar. Der Einsatz von Bildern verlangt daher auch eine passgerechte Auswahl, um Missverständnissen und Fehldeutungen vorzubeugen.
- c) Diagramme: In Diagrammen lassen sich Informationen übersichtlich und strukturiert aufbereiten. Zu beachten ist dabei: Nicht jeder Diagrammtyp eignet sich für jede Informationsaufbereitung gleich gut!
- d) Stimmigkeit von Text und Bild: Die Stimmigkeit zwischen Text und grafischer Darstellung ist die Voraussetzung für eine korrekte Aufgabenerschließung. In Textpassagen sind die Bezüge auf grafische Elemente der Aufgaben nachvollziehbar zu gestalten, damit deren Relevanz im Kontext der Aufgabe korrekt und unmittelbar erkannt werden kann. Widersprüche und Unstimmigkeiten zwischen Text- und Bildanteilen sind unbedingt zu vermeiden. Es muss eine logische Zuordnung erkennbar sein. Technische Größen sind in Text und Bild einheitlich zu bezeichnen.

Merkmal „Gliederung und Übersicht“

Eine gute Gliederung der Aufgaben und eine übersichtliche Ordnung der Informationen ist eine wichtige Grundvoraussetzung für die Verständlichkeit einer Aufgabe. Folgende Kriterien müssen bei der Umsetzung des Merkmals beachtet werden:

- a) Sinnvolle Reihenfolge der Informationen
- b) Fachlich richtige und logisch aufgebaute Texte
- c) Sichtbare Trennung von Teilaufgaben: Abstand, Thema, Fettdruck
- d) Weniger anspruchsvolle Aufgaben zu Beginn einer Prüfungsaufgabe
- e) Klare Trennung zwischen Informationsteil und Auftragsteil

Merkmal „Kürze und Prägnanz“

Dieses Merkmal bezieht sich auf eine angemessene Länge des Aufgabentextes zum Informationsziels. Bei guten Aufgabenformulierungen kann nichts mehr weggelassen werden. Aller-

dings muss dabei beachtet werden, dass eine gewisse Redundanz zum Verständnis einer Aufgabe notwendig ist.

Folgende Regeln sollten bei der Umsetzung des Verständnismerkmals „Kürze und Prägnanz“ beachtet werden:

- a) Weitschweifige Formulierungen vermeiden
- b) Füllwörter weglassen (Rein, aber, nun, jetzt, an sich, quasi usw.)
- c) Pronomen vermeiden – Substantive und Bezeichnungen ruhig wiederholen

Nachdem die Merkmale der Verständlichkeit beschrieben und erläutert wurden, werden im Folgenden für die Formulierung der Aufgabenteile spezielle Hinweise gegeben. Für alle Aufgabenteile gelten natürlich die vier Merkmale für die Verständlichkeit von Prüfungsaufgaben.

5.4.2 Formulierung von Ausgangssituationen

Die Ausgangssituation steht zu Beginn einer Prüfungsaufgabe. Mit ihr wird in die Aufgabenthematik eingeführt. Gleichzeitig erhalten die Prüflinge notwendige Informationen für die Bearbeitung der Teilaufgaben. Folgende Aspekte sind bei der Formulierung zu beachten:

- Zentrales Element einer Ausgangssituation ist in der Regel ein Technologieschema. Das Technologieschema kann sich umfassend auf alle Teile eines technischen Systems beziehen (Energieteil, Informationsteil, Bearbeitungsteil, Optimierungsteil).
- Situative „Aufhänger“ ohne relevante Funktion für die zu bearbeitenden Aufgaben gelten als Pseudo-Situationen. Sie verwirren oftmals die Prüflinge unnötig, kosten Zeit und sind daher zu vermeiden.
- In der Ausgangssituation sollten primär die Informationen gegeben werden, die für alle folgenden Teilaufgaben relevant sind.

- Die Ausgangssituationen sollten keine Informationsflut bieten. So können technische Details in den Informationsteilen der folgenden Teilaufgaben aufgabennah dargestellt werden.

5.4.3 Formulierung von Informationsteilen

Der Informationsteil steht zu Beginn einer Teilaufgabe. Folgende Aspekte sind bei seiner Formulierung zu beachten:

- Die angegebenen Informationen beziehen sich ausschließlich auf die jeweilige Teilaufgabe.
- Soll ein Informationsteil für mehrere Teilaufgaben gelten, ist dies deutlich zu kennzeichnen.
- Der Informationsteil kann auch als Bearbeitungsteil genutzt werden, Die Darstellung im Informationsteil müssen dann Ergänzungen, Eintragungen und Erweiterungen ermöglichen bzw. unterstützen.
- Jede Abbildung und Tabelle im Informationsteil ist zu bezeichnen.

5.4.4 Formulierung von Auftragsteilen

Im Auftragsteil der Aufgabe erhalten die Prüflinge eine präzise und unmissverständliche Anweisung, was sie zu tun haben. Die zu Prüfenden sollen formell erkennen, was von ihnen erwartet wird.

Bei der Formulierung des Auftragsteils sind folgende Aspekte zu beachten:

- Der Auftragsteil ist optisch gegenüber den anderen Bestandteilen des Aufgabenteils hervorzuheben.
- Ein Auftragsteil verwendet nur einen Operator.
- Es sind für die Arbeitsanweisungen die einschlägigen Operatorverben zu verwenden.
- Der Arbeitsauftrag sollte auch als solcher formuliert sein – daher sind imperativisch formulierte Aufgaben (statt Fragen) zu verwenden.
- Der Arbeitsauftrag sollte die Bestandteile des Informationsteils, auf die er sich bezieht, benennen und ausweisen.

5.4.5 Bearbeitungsteil erstellen

Im Bearbeitungsteil werden Vorgaben für die Darstellung der Lösung gegeben.

Bei der Erstellung des Bearbeitungsteils sind folgende Aspekte zu beachten:

- Abbildungen und zeichnerische Darstellungen sind bezeichnet.
- Die Darstellungen im Bearbeitungsteil stimmen mit denen im Informations- und Auftragsteil überein (fachliche Stimmigkeit).
- Die Darstellung ist gut leserlich.
- Die Darstellung bietet genügend Platz für handschriftliche Eintragungen und Handzeichnungen.

5.4.6 Anhang erstellen

Mit dem Anhang kann der Informationsteil und der Bearbeitungsteil ergänzt werden. Er enthält Materialien wie Zeichnungen, Datenblätter, Herstellerunterlagen (➔ Teilaufgabe 8).

Bei der Erstellung des Anhangs ist insbesondere auf gute Lesbarkeit der Unterlagen zu achten.

5.4.7 Lösungsteil erstellen

Folgende Aspekte sind bei der Erstellung des Lösungsteils zu beachten:

- Die Lösungserwartungen sollen aus möglichst kleinen bzw. kleinsten logischen Lösungsschritten bestehen.
- Die Musterlösung sollte einer erwartete Schülerlösung entsprechen

5.5 Prüfungsaufgaben prüfen (Checklisten)

5.5.1 Checkliste - Prüfungsvorschlag Nr. ____ (gesamt)

Nr.	Prüfmerkmal	<input type="checkbox"/>
1	Die Prüfung unterscheidet sich von denen der Vorjahre.	<input type="checkbox"/>
2	Die drei Prüfungsaufgaben haben die gleiche Bearbeitungszeit.	<input type="checkbox"/>
3	Gleiche Bewertungspunkte der Prüfungsaufgaben.	<input type="checkbox"/>
4	Prüfungsaufgaben berücksichtigen alle vier Kompetenzbereiche.	<input type="checkbox"/>
5	Jede Prüfungsaufgabe besitzt ein Aufgabenthema.	<input type="checkbox"/>
6	Alle Aufgabenarten kommen zum Einsatz.	<input type="checkbox"/>
7	Die Prüfung besitzt max. 2 experimentbezogene Aufgaben.	<input type="checkbox"/>
8	Die Prüfung besitzt max. 2 materialgebundene Aufgaben.	<input type="checkbox"/>
9	Die Prüfung besitzt max. 2 ergebnisoffene Aufgaben.	<input type="checkbox"/>
10	Die Prüfung besitzt max. 2 lösungswegoffene Aufgaben.	<input type="checkbox"/>
11	Gleiche Verteilung der Anforderungsstufen (Reproduktion, Anwendung, Transfer).	<input type="checkbox"/>
12	Problemhafte Ausgangssituation für jede Prüfungsaufgabe ist gegeben.	<input type="checkbox"/>
13	Eine Kompetenz wird in der Prüfung nur einmal geprüft.	<input type="checkbox"/>
14	Alle Abbildungen sind nummeriert und bezeichnet.	<input type="checkbox"/>
15	Die Bearbeitungszeit ist angemessen.	<input type="checkbox"/>

5.5.2 Checkliste Aufgabenteil von Teilaufgabe Nr._____

Nr.	Prüfmerkmal	<input type="checkbox"/>
1	Eine Nummerierung liegt vor.	<input type="checkbox"/>
2	Das Aufgabenthema ist angegeben.	<input type="checkbox"/>
3	Der Informationsteil bezieht sich auf die Ausgangssituation der Prüfungsaufgabe.	<input type="checkbox"/>
4	Der Informationsteil liegt vor dem Auftragsteil.	<input type="checkbox"/>
5	Der Informationsteil ist verständlich formuliert (Einfachheit, Kürze & Prägnanz, Gliederung & Übersicht, Bild vor Text).	<input type="checkbox"/>
6	Der Auftragsteil ist gerahmt.	<input type="checkbox"/>
7	Der Auftragsteil wird nur mit einem Operator formuliert.	<input type="checkbox"/>
8	Der Auftragsteil enthält keine Fragen.	<input type="checkbox"/>
9	Der Auftragsteil ist einfach und kurz formuliert.	<input type="checkbox"/>
10	Der Bearbeitungsteil bietet Raum für die Darstellung der Lösung.	<input type="checkbox"/>
11	Die Teilaufgabe ist unabhängig von anderen Teilaufgaben bearbeitbar.	<input type="checkbox"/>
12	Die Teilaufgabe berücksichtigt eine Aufgabenart.	<input type="checkbox"/>

5.5.3 Checkliste – Lösungsteil - Teilaufgabe Nr._____

Nr.	Prüfmerkmal	<input type="checkbox"/>
1	Der Auftragsteil stimmt mit dem des Aufgabenteils überein.	<input type="checkbox"/>
2	Die Lösungsaspekte bestehen aus kleinsten Lösungsschritten (1-Punktschritte).	<input type="checkbox"/>
3	Die Musterlösung berücksichtigt alle Lösungsaspekte.	<input type="checkbox"/>
4	Die Musterlösung hat den Charakter einer Schülerlösung.	<input type="checkbox"/>

KAPITEL 6

AUFGABENBEISPIELE

Vorbemerkung

Dieses Kapitel enthält acht Aufgabenbeispiele.

Die Aufgabenbeispiele orientieren sich an dem Konzept einer kompetenzorientierten Aufgabenkultur für das Fach Elektrotechnik.

Die Aufgabenbeispiele bestehen jeweils aus drei Teilen:

A: Aufgabenteil

B: Lösungsteil

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

6.1 Aufgabenbeispiel 1⁴: Sägezahn-Rechteck-Generator (SRG)

A: Aufgabenteil

(Übersicht)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben:

Schaltung eines „Sägezahn-Rechteck-Generators“

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D_2

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator

Teilaufgabe 5: Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 6: Integrierers als Funktionsblock

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 8: Werte für R_1 , R_2 und C des Integrierers

Ergänzende Ausgangssituation für die Teilaufgaben 9 und 10:

Nichtinvertierende Operationsverstärker (OPV) – Schaltung

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

Teilaufgabe 10: Leerlauf-Verstärkung eines Operationsverstärkers (in Arbeit)

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung (Rechteck-Generator)

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Kenndaten eines Operationsverstärkers

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

Anhang: Datenblatt des Operationsverstärkers OV 741 – (Coverseite)

⁴ In diesem Beispiel werden die Bestandteile einer Aufgabe (Informationsteil, Auftragsteil, Bearbeitungsteil) explizit ausgewiesen und benannt. Hierdurch sollen die Ausführungen im KAPITEL 5 AUFGABENGESTALTUNG veranschaulicht werden.

(Informationsteil / Aufgabe gesamt)

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

In Abb. 1 wird durch Zusammenschalten eines nichtinvertierenden Schmitt-Triggers und eines Integrierers ein einfacher und selbstanlaufender Sägezahn-Rechteck-Generator realisiert. Der Generator erzeugt eine Rechteckspannung U_{A1} und eine Sägezahnspannung U_{A2} (siehe Abb. 2).

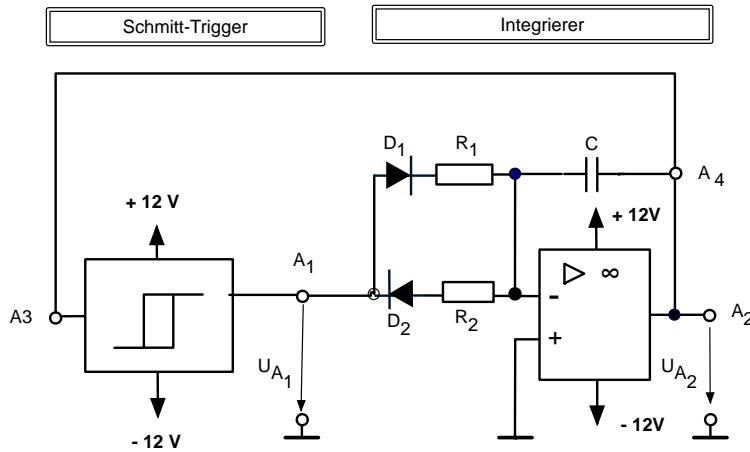


Abb. 1: Schaltung eines Sägezahn-Rechteck-Generators

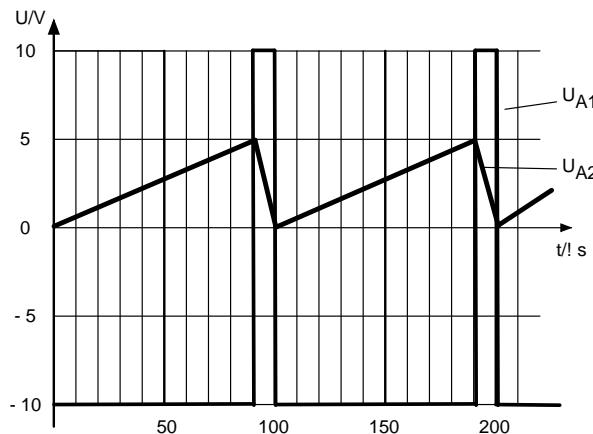


Abb. 2: Ausgangsspannungen U_{A1} und U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators

Funktionsbeschreibung:

Ist die Ausgangsspannung U_{A1} des Schmitt-Triggers positiv, so erzeugt der Integrierer eine abfallende Rampenspannung U_{A2} , die auf den Eingang des Schmitt-Triggers rückgekoppelt wird. Sobald diese Spannung die untere Schaltschwelle des Schmitt-Triggers erreicht, kippt dessen Ausgangsspannung auf einen negativen Wert. Der Integrierer erzeugt nun eine positive Rampenspannung. Wenn diese Spannung U_{A2} die obere Schaltschwelle des Schmitt-Triggers erreicht, kippt die Ausgangsspannung des Schmitt-Triggers U_{A1} auf einen positiven Wert.

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannungen U_{A2}

(Informationsteil)

siehe Informationsteil Aufgabe gesamt)

(Auftragsteil)

Berechnen Sie die Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1).

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop M1

(Informationsteil)

In Abb. 3 ist die Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators um ein Oszilloskop M1 erweitert. Mit dem Oszilloskop M1 sollen die Ausgangsspannungen des Rechteck-Generators U_{A1} und U_{A2} gemessen werden.

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 3 die Messleitungen für das Oszilloskop M1 so ein, dass auf Kanal 1 (Chn I) die Spannung U_{A1} und auf Kanal 2 (Chn II) die Spannung U_{A2} angezeigt wird.

(Bearbeitungsteil)

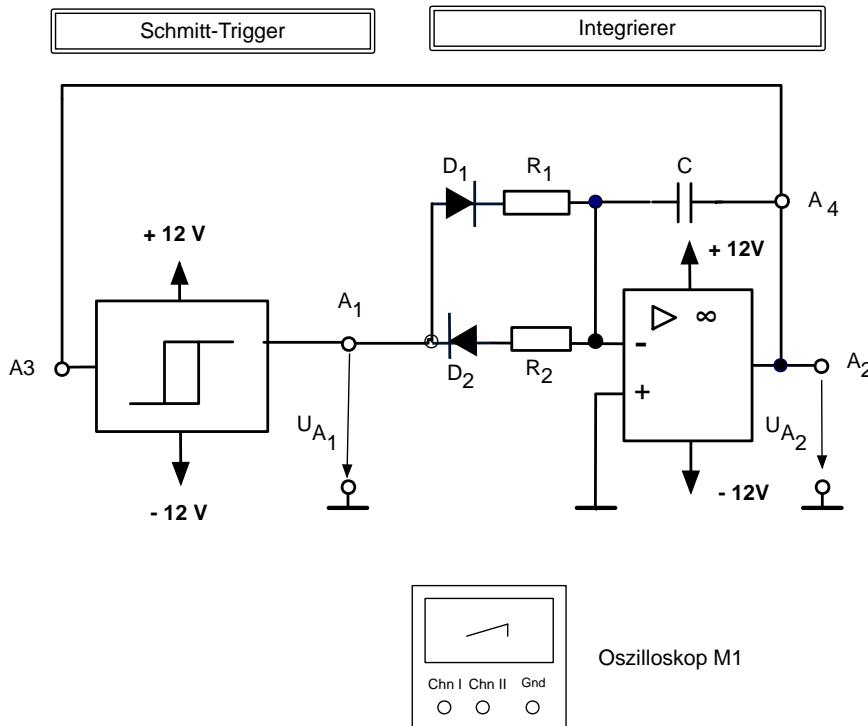


Abb. 3: Sägezahn-Rechteck-Generator mit Oszilloskop M1

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D₂

(Informationsteil)

In der Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1) sind die Dioden D₁ und D₂ in bestimmten Zeitabschnitten der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (vgl. Abb. 2) entweder leitend oder gesperrt.

(Auftragsteil)

Bestimmen Sie die Zeitabschnitte in Abb. 2, in denen die Diode D₂ leitend, und die Zeitabschnitte, in denen die Diode D₂ gesperrt ist.

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator

(Informationsteil)

Mit der Symbolik der Programmablaufpläne kann die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators aus Abb. 1 dargestellt werden.

(Auftragsteil)

Beschreiben Sie die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators aus Abb. 1 mit einem Programmablaufplan.

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

(Informationsteil)

Das Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers bestimmt den Verlauf der Rechteckspannung und Sägezahnspannung des Funktionsgenerators (Abb. 1).

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie in Abb. 4 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich die Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

(Bearbeitungsteil)

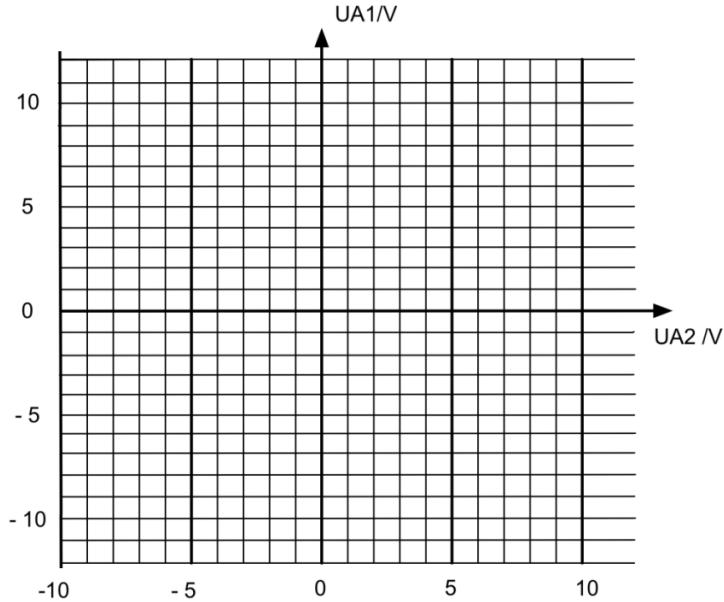


Abb. 4: Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

(Informationsteil)

Um für den Sägezahn-Rechteck-Generator aus Abb. 1 ein vollständiges Blockschaltbild zu erstellen, sind der Schmitt-Trigger und der Integrierer als Funktionsblöcke darzustellen. In der Abb. 1 ist der Schmitt-Trigger bereits als Funktionsblock (Eingang, Übertragungsverhalten, Ausgang) dargestellt. Der Integrierer wird als diskrete Schaltung dargestellt. Um das vollständige Blockschaltbild zu erstellen, ist es notwendig, den Funktionsblock des Integrierers aus Abb. 1 zu erstellen.

(Auftragssteil)

Zeichnen Sie für den Integrierer aus Abb. 1 den Funktionsblock.

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

(Informationsteil)

Um die Funktion des nichtinvertierenden Schmitt-Triggers in Abb. 1 zu realisieren, soll eine elektronische Schaltung entwickelt werden. Die Spannungsversorgung wird mit +/-12V angenommen. Der Mittelpunkt des Hysteresebereichs soll in der Schaltung mit einem Potentiometer verschoben werden können.

(Auftragsteil)

Entwerfen Sie eine elektronische Schaltung für den Schmitt-Trigger in Abb. 1, in der durch ein Potentiometer der Mittelpunkt des Hysteresebereichs verschoben werden kann.

Teilaufgabe 8: Werte von R_1 , R_2 und C des Integrierers

(Informationsteil)

Das Ausgangssignal U_{A2} des Sägezahn-Rechteck-Generators (Abb. 1) ist bekannt (vgl. Abb. 2). Noch unbestimmt sind die Kapazität des Kondensators C in Abb. 1 und die Widerstände R_1 und R_2 .

Die Dioden D_1 und D_2 weisen eine konstante Durchlassspannung von 0,6V und ein ideales Sperrverhalten auf. Bei der Dimensionierung des Integrators sind die Widerstände zwischen 10k Ω und 1M Ω zu wählen.

(Auftragsteil)

Dimensionieren Sie die Kapazität C und die Widerstände R_1 und R_2 des Integrierers in Abb. 1 so, dass sich der Verlauf der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) ergibt.

Ergänzende Ausgangssituation für die Teilaufgaben 9 und 10

Nichtinvertierende Operationsverstärker (OPV) - Schaltung

(Informationsteil)

Abb. 5 zeigt die Schaltung eines nichtinvertierenden Verstärkers mit dem Operationsverstärker (OPV) N1 und den Widerständen $R_2 = 90\text{k}\Omega$, $R_1 = 10\text{k}\Omega$. Der Operationsverstärker N1 hat eine endliche Leerlaufverstärkung V_0 (open loop gain).

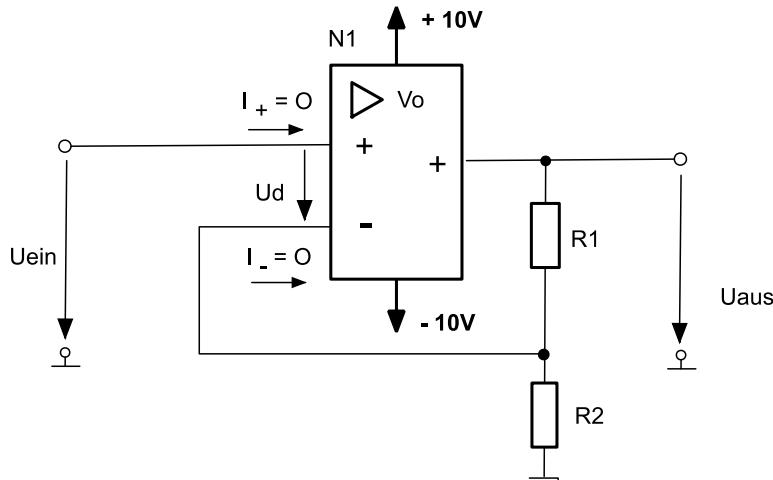


Abb. 5: Nichtinvertierende OPV-Schaltung

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

(Informationsteil)

Bei der Schaltung in Abb. 5 wird durch die Widerstände R_1 und R_2 ein Teil der Ausgangsspannung auf den invertierenden Eingang des OPV zurückgekoppelt. Durch die Widerstände R_1 und R_2 wird eine Gegenkopplung vorgenommen, da eine Änderung der Ausgangsspannung einer Änderung der Eingangsspannung entgegenwirkt. Die Ausgangsspannung eines gegengekoppelten OPV stellt sich immer so ein, dass die Eingangsspannungsdifferenz U_d Null wird. Man kann deshalb einen gegengekoppelten OPV als Regelkreis beschreiben.

(Auftragsteil)

Zeichnen Sie einen regelungstechnischen Wirkungsplan für die nichtinvertierende OPV-Schaltung in Abb. 5.

Teilaufgabe 10: Leerlaufverstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

(Informationsteil)

Der OPV in der Schaltung des nichtinvertierenden Verstärkers in Abb. 5 besitzt eine endliche Leerlaufverstärkung V_o ($V_o \neq \infty$). Die Gesamtverstärkung $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}}$ des Verstärkers soll $V = 10 \pm 0,1\%$ betragen. Bei einem bestimmten Wert von $V_o = V_{o,\min}$ kann diese Toleranz noch eingehalten werden. Es soll der minimale Wert von V_o ermittelt werden, der den angegebenen Fehler nicht überschreitet.

(Auftragsteil)

Berechnen Sie die minimale Leerlaufverstärkung $V_{o,\min}$, die der Operationsverstärker N1 besitzen muss, damit die Fehlertoleranz $\pm 0,1\%$ bei der Verstärkung $V = U_{\text{aus}} / U_{\text{ein}}$ der Schaltung eingehalten wird.

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung (Rechteckgenerator)

(Informationsteil)

Der Sägezahn-Rechteck-Generator (Abb. 1) erzeugt eine Sägezahnspannung (U_{A2}) und eine unsymmetrische Rechteckspannung U_{A1} . Für den Prüf- und Testbetrieb von elektronischen Schaltungen sind in der Regel symmetrische Rechteckspannungen erforderlich. In Abb. 6 ist eine astabile Kippschaltung mit einem Operationsverstärker dargestellt. Die Schaltung ist so dimensioniert, dass sie eine symmetrische Rechteckspannung U_{aus} mit $U_{\text{aus},\max} = \pm 14\text{V}$ und $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

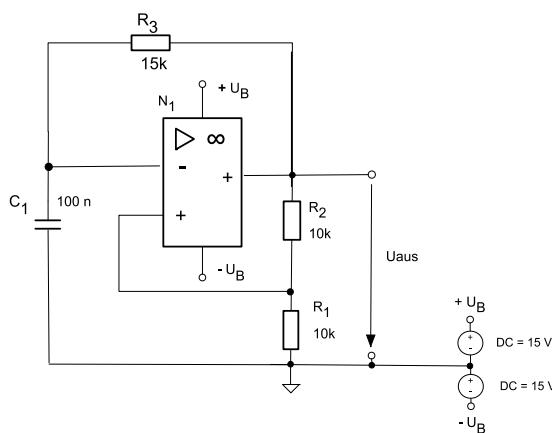


Abb. 6: Schaltung einer astabilen Kippschaltung mit OPV

(Auftragsteil)

Weisen Sie nach, dass die astabile Kippschaltung in Abb. 6 eine Rechteckspannung U_{aus} mit der Frequenz $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

(Informationsteil)

Eine Dimensionierung des Integrierers in Abb. 1 ergab folgende Werte für die Beschaltung des OPV: $R_1 = 180\Omega$, $R_2 = 1,5k\Omega$ und $C = 100nF$. Der OPV in der Integriererschaltung (Abb. 1) hat einen maximalen Ausgangsstrom von $I_{Amax} = +/- 6mA$. Die Dioden D_1 und D_2 in Abb. 1 weisen eine konstante Durchlassspannung von 0,6V und ein ideales Sperrverhalten auf.

(Auftragsteil)

Überprüfen Sie die Dimensionierung des Integrierers hinsichtlich der Strombelastbarkeit des OPV.

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Eigenschaften des OPV 741

(Informationsteil)

Bei der Beschreibung des Sägezahn-Rechteck-Generators (siehe Abb. 1) wurde angenommen, dass die Kenndaten der Operationsverstärker (OPV) ideale Werte besitzen. In praktischen Anwendungen müssen jedoch die realen Eigenschaften der OPV berücksichtigt werden. Der Anhang dieser Aufgabe enthält das vollständige Datenblatt des OPV 741. Hier sind die realen Kenndaten dieses Bausteins angegeben. Die realen Kenndaten unterscheiden sich von den idealen Kennwerten.

In Tabelle 1 sind beispielhaft für das Kenndatum „Gleichtaktunterdrückung“ CMRR der ideale und der reale Wert angegeben.

(Auftragsteil)

Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Kenndaten des OPV 741 die idealen und realen Werte.

(Bearbeitungsteil)

Kenndaten	ideal	real
Gleichtaktunterdrückung, Common-Mode-Rejection Ration (CMRR)	unendlich	90dB
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Tabelle 1: Ideale und reale Kenndaten des OPV 741

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators*(Informationsteil)*

Bei der in Abb. 1 dargestellten Schaltung des Sägezahn-Rechteck-Generators handelt es sich um eine Prinzipschaltung. Für den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten muss die Prinzipschaltung um Funktionen und Leistungsdaten erweitert werden.

(Auftragsstellung)

Beschreiben Sie fünf mögliche Funktions- und Leistungserweiterungen des Funktionsgenerators aus Abb. 1 im Hinblick auf den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten.

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik*(Informationsteil)*

Die Schaltung in Abb.1 erzeugt eine Sägezahn- und eine Rechteckspannung. In der Elektrotechnik gibt es weitere Systeme, die eine Spannung erzeugen (generieren).

(Auftragsstellung)

Benennen Sie drei Schaltungen und Geräte, die in der Elektrotechnik die Funktion eines Generators erfüllen.

Anhang: Datenblatt des Operationsverstärkers OPV 741 – (Coverseite)

Das vollständige Datenblatt (20 Seiten) ist zu finden unter: datasheet@sgs-thompson.uk



GENERAL PURPOSE SINGLE OPERATIONAL AMPLIFIER

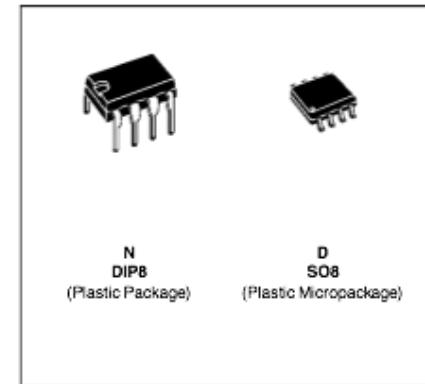
- LARGE INPUT VOLTAGE RANGE
- NO LATCH-UP
- HIGH GAIN
- SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SAME PIN CONFIGURATION AS THE UA709

DESCRIPTION

The UA741 is a high performance monolithic operational amplifier constructed on a single silicon chip. It is intended for a wide range of analog applications.

- Summing amplifier
- Voltage follower
- Integrator
- Active filter
- Function generator

The high gain and wide range of operating voltages provide superior performances in integrator, summing amplifier and general feedback applications. The internal compensation network (6dB/octave) insures stability in closed loop circuits.

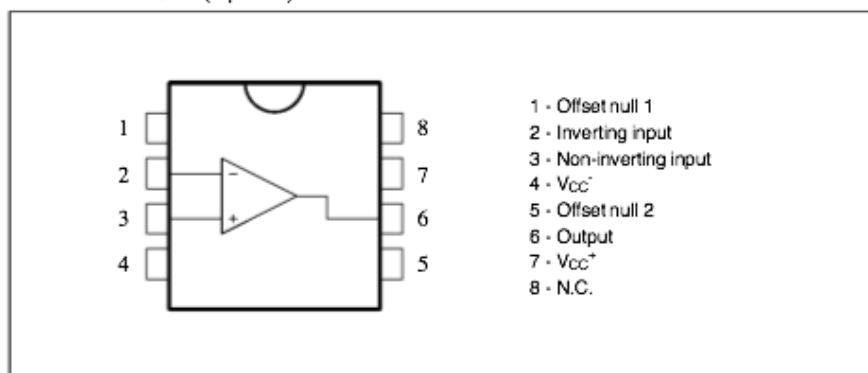


ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
UA741C	0°C, +70°C	*	*
UA741I	-40°C, +105°C	*	*
UA741M	-55°C, +125°C	*	*

Example : UA741CN

PIN CONNECTIONS (top view)



B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}**

Berechnen Sie die Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
$T = 100\mu s$		1
$f_{UA2} = 1/T = 1/100\mu s = 10\text{kHz}$		1

Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

Zeichnen Sie in Abb. 1 die Messleitungen für das Oszilloskop M1 so ein, dass auf Channel I die Spannung U_{A1} und auf Channel II die Spannung U_{A2} angezeigt wird.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verbindung Chn I - A1 zeichnen		1
Verbindung Chn II – A2 zeichnen		1
Verbindung Oszk.Gnd mit Schaltungs-Gnd. zeichnen		1

Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D2

Bestimmen Sie die Zeitabschnitte in Abb. 2, in denen die Diode D_2 leitend, und die Zeitabschnitte, in denen sie gesperrt ist.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
$0 < t < 90\mu s$: D_2 leitend		1
$90\mu s < t < 10\mu s$: D_2 gesperrt		1
$100\mu s < t < 190\mu s$: D_2 leitend		1
$190 \mu s < t < 200\mu s$: D_2 gesperrt		1

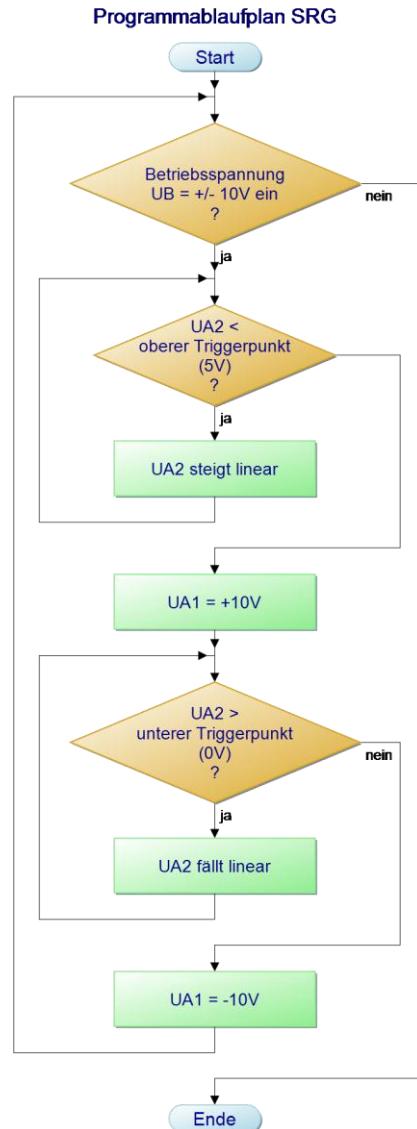
Musterlösung: identisch mit Lösungsaspekten

Teilaufgabe 4: Programmablaufplan für den Sägezahn-Rechteck-Generator

Beschreiben Sie die Funktionsweise des Sägezahn-Rechteck-Generators in Abb. 1 mit einem Programmablaufplan.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verzweigungssymbol: oberer Triggerpunkt ($U_{A2} = 5V$)?	II	1
Prozesssymbol: U_{A2} steigt linear an	II	1
Prozesssymbol: Ausgabe der max. Ausgangsspannung ($U_{A1} = 10V$)	II	1
Verzweigungssymbol: U_{A2} unterer Triggerpunkt (0V)?	II	1
Prozesssymbol: U_{A2} fällt linear	II	1
Prozesssymbol: Ausgabe der min. Ausgangsspannung ($U_{A1} = 0V$)	II	1

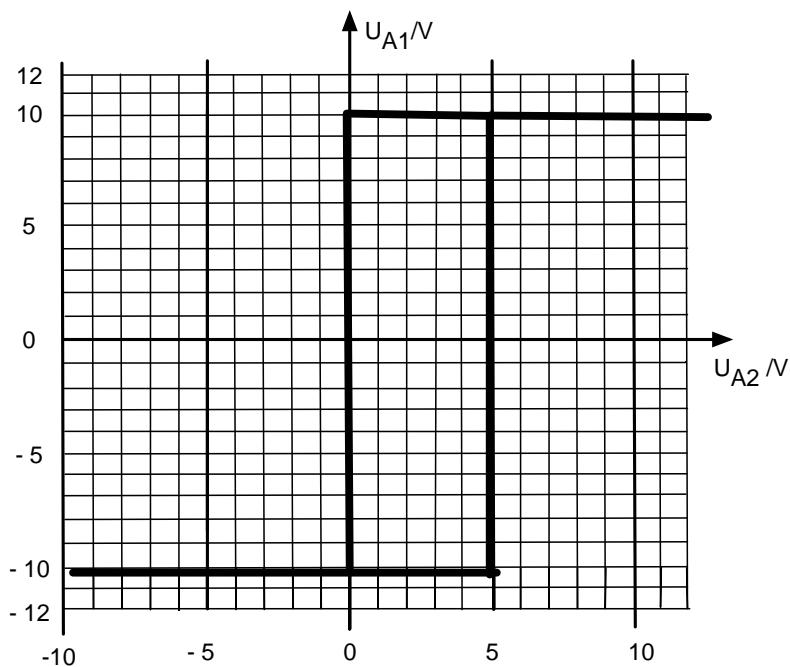
Musterlösung:



Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

Zeichnen Sie in Abb. 4 die Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers so ein, dass sich die Signalverläufe der Spannungen U_{A1} und U_{A2} (Abb. 2) ergeben.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Oberer Triggerpunkt 5V	II	1
Unterer Triggerpunkt 0V	II	1
U_{A1} max: +10V	II	1
U_{A1} min: -10V	II	1
Gesamtverlauf	II	1

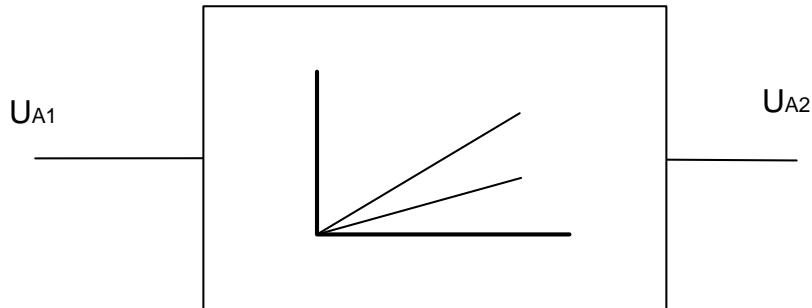
Musterlösung:

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

Zeichnen Sie für den Integrierer in Abb. 1 den Funktionsblock

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Eingangsgröße U_{A1}	I	1
Ausgangsgröße U_{A2}	I	1
Übertragungsverhalten 1: pos. Sprung $U_{A1} \gg$ linearer Abfall von U_{A2} mit T_1	I	1
Übertragungsverhalten 2: neg. Sprung $U_{A1} \gg$ linearer Anstieg von U_{A2} mit T_2	I	1
$T_1 > T_2$	I	1

Musterlösung:

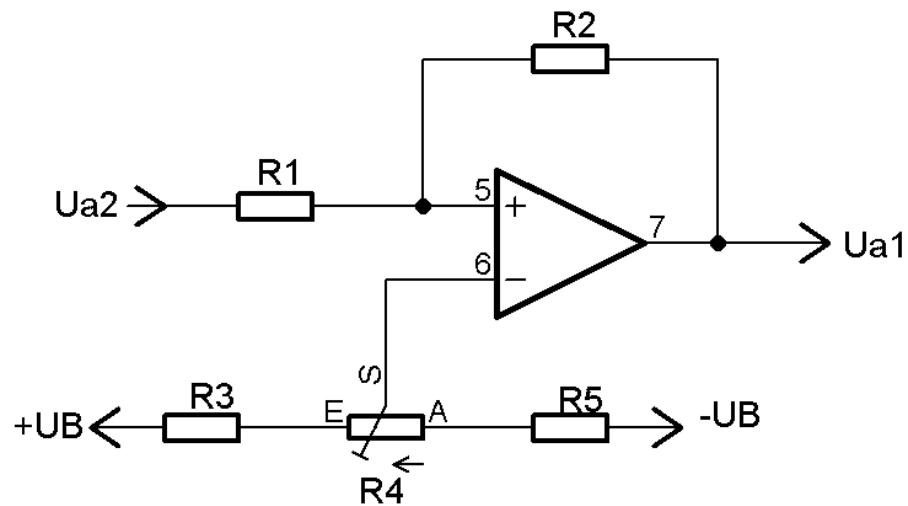
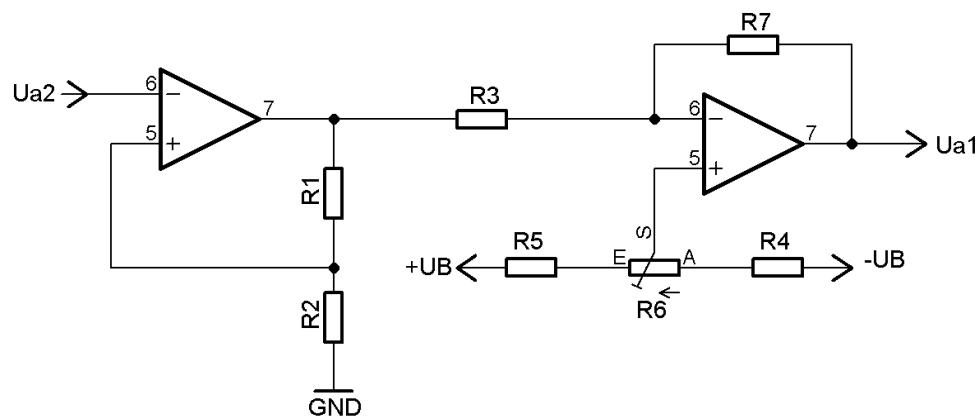
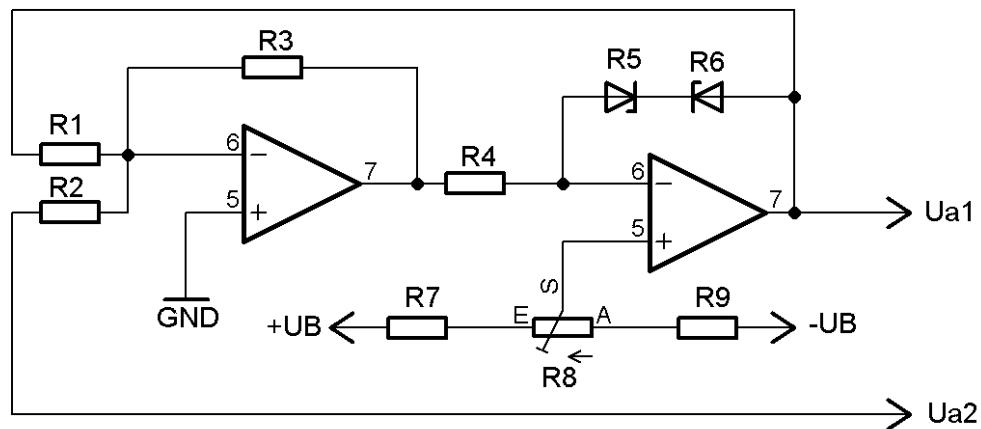


Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

Entwerfen Sie eine elektronische Schaltung für den Schmitt-Trigger, in der durch ein Potentiometer der Mittelpunkt des Hysteresebereichs verschoben werden kann.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Nichtinvertierender Schmitt-Trigger (Funktion)	III	1
Hysterese	III	2
Potentialverschiebung mit Poti am nichtinvertierenden Eingang	III	3
Gesamtzeichnung	III	1

Drei mögliche Musterlösungen für die ergebnisoffene Aufgabenstellung:

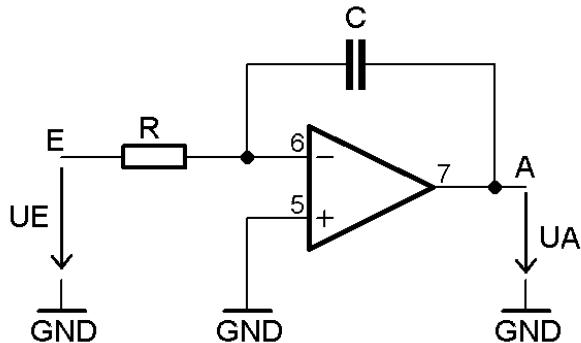
Lösungsmöglichkeit 1:**Lösungsmöglichkeit 2:****Lösungsmöglichkeit 3:**

Teilaufgabe 8: Werte für R₁, R₂ und C des Integrierers

Dimensionieren Sie die Kapazität C und die Widerstände R₁ und R₂ des Integrierers so, dass sich der Verlauf der Ausgangsspannung U_{A2} (Abb. 2) ergibt.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Ansatz	II	1
Ansatz auf Anwendungsfall übertragen		
U _{A2} steigend für t = 90µs , T = R ₂ ·C	II	2
U _{A2} fallend für t = 10µs, T = R ₁ ·C	II	2
Dimensionierungsformel	II	1
Wahl von C	II	1
Berechnung von R ₁	II	1
Berechnung von R ₂	II	1

Musterlösung:



Lösungsschritt 1: Ansatz

$$\Delta U_A = -U_E \cdot \Delta t \cdot \frac{1}{\tau}$$

$$\tau = R \cdot C$$

$$U_E = \Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D1,2}|$$

Lösungsschritt 2: Ansatz übertragen

$$U_{A2} \text{ steigend: } U_{A1} = -10V; \quad \Delta t = 90\mu s$$

D₂ leitend

$$\Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D2}| = 9,4V$$

$$\tau = R_2 \cdot C; \quad \Delta U_A = \Delta U_{A2} = 5V$$

U_{A2} fallend: $U_{A1} = +10V$; $\Delta t = 10\mu s$

D_1 leitend

$$\Delta U_E = |U_{A1}| - |U_{D1}| = 9,4V$$

$$\tau = R_1 \cdot C; \quad \Delta U_A = \Delta U_{A2} = 5V$$

Lösungsschritt 3: Formeln zur Dimensionierung

$$\frac{\Delta U_{A2}}{\Delta U_E} = - \Delta t \cdot \frac{1}{\tau_{1,2}}; \quad \tau_1 = R_1 \cdot C; \quad \tau_2 = R_2 \cdot C$$

Lösungsschritt 4:

Berechnung R_2, C

$$\frac{5V}{9,4V} = - 90\mu s \cdot \frac{1}{R_2 \cdot C}$$

$$R_2 \cdot C = \frac{9,4V}{5V} \cdot 90\mu s = 169,2\mu s$$

$$\text{gewählt: } C = 1nF \Rightarrow R_2 = 169,2k\Omega$$

$$10k\Omega < R_2 < 10M\Omega$$

Berechnen von R_1, C

$$\frac{5V}{9,4V} = - 10\mu s \cdot \frac{1}{R_1 \cdot C}$$

$$R_1 \cdot C = \frac{9,4V}{5V} \cdot 10\mu s = 18,8\mu s$$

$$\text{gewählt: } C = 1nF \Rightarrow R_1 = 18,8k\Omega$$

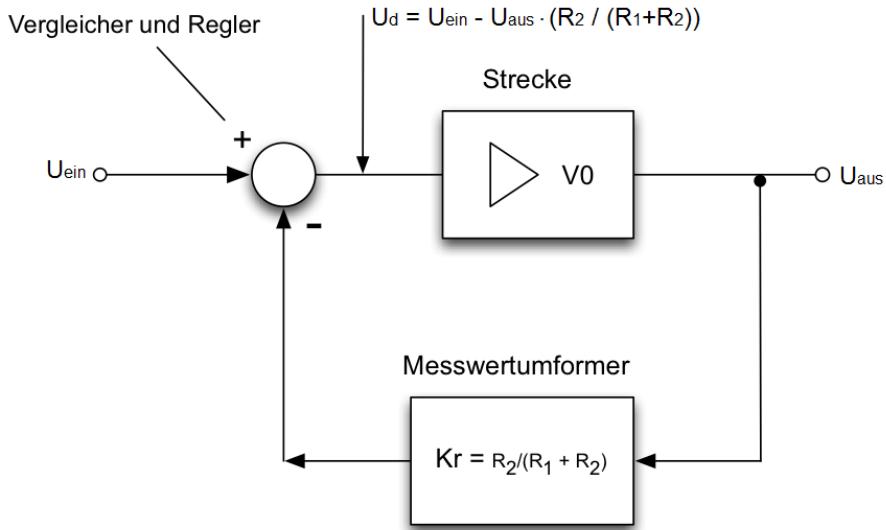
$$10k\Omega < R_1 < 10M\Omega$$

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

Zeichnen Sie einen regelungstechnischen Wirkungsplan für die nichtinvertierende OPV-Schaltung in Abb. 5.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Führungsgröße U_{Ein}	II	1
Regelgröße U_{aus}	II	1
Vergleicher: $e = w - r \Leftrightarrow U_d = U_{ein} - R_2 / (R_1 + R_2) \cdot U_{aus}$	II	1
Messwertumformer: $Kr = R_2 / (R_1 + R_2)$	II	1
Verstärker als Strecke: V_0	II	1
Geschlossener Wirkungsablauf	II	1

Musterlösung:



Teilaufgabe 10: Leerlaufverstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

Berechnen Sie die minimale Leerlaufverstärkung $V_{o,min}$, die der Operationsverstärker N1 besitzen muss, damit die Fehlergrenze $\pm 0,1\%$ bei der Verstärkung $V = U_{aus} / U_{ein}$ der Schaltung eingehalten wird.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Ansatz: $V = U_{aus} / U_{ein} = V_o \cdot (U_{ein} - (R_2 / (R_1+R_2) \cdot U_{aus}) / U_{ein};$ $Kr = R_2 / (R_1+R_2)$	III	2
$V = V_o / (1 + Kr \cdot V_o)$	III	2
$V_{min} = V - 0,1\% = 10 - 0,1\% = 9,99$	III	1
$V_{o,min} = V_{min} / (1 - Kr \cdot V_{min})$	III	1
$V_{o,min} = 9,99 / (1 - 0,1 \cdot 9,99) = 9990$	III	1

Musterlösung:

Siehe Lösungsaspekte!

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung

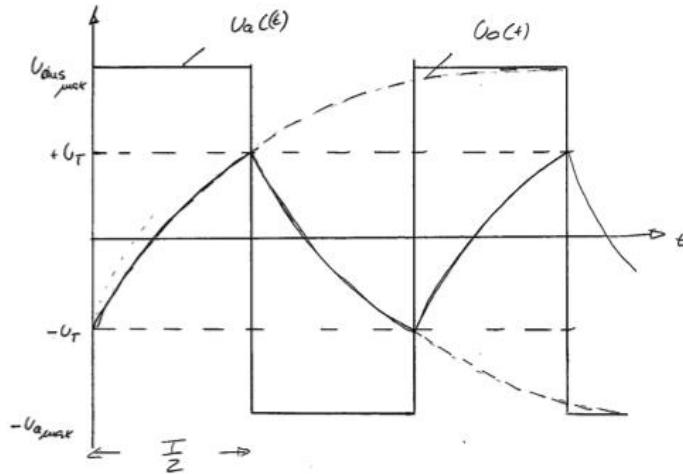
Weisen Sie nach, dass die astabile Kippschaltung in Abb. 6 eine Rechteckspannung U_{aus} mit der Frequenz $f \approx 300\text{Hz}$ erzeugt.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
a) Mathematische Lösung		
b) Zeichnerische Lösung		
c) Mischform aus a) und b)		
a1, b1: Zeitdiagramm für die astabile Kippstufe	III	2
a2, b2: Nachweisauftrag	II	1
a3, b3: Triggerspannung U_T	II	2
a4, b4: Zeitkonstante τ	II	1
a5: $U_C(t) = U \cdot (1 - e^{-t/\tau})$	III	1
a6: $U_C(t) = U_{\text{aus,max}} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-t/\tau})$	III	1
a7: Für $t = T/2$:		
$U_C\left(\frac{T}{2}\right) = U_{\text{aus,max}} \cdot (1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-T/2\tau})$...	III	2
$T = 2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{(1 + \alpha)}{(1 - \alpha)}\right) = 2 \cdot \tau \cdot \ln(3) = 2 \cdot 1,5\text{ms} \cdot \ln(3) = 3,31\text{ms}$		
a8: $f = 1/T = 303\text{Hz}$	II	1
a9: Mathematisch ist nachgewiesen, dass die Frequenz der astabilen Kippstufe ca. 300Hz beträgt.	I	1
b5: $U_C(t)$ – Werte für $t = 0,7\tau, \tau, 2\tau, 3\tau, 4\tau, 5\tau$ berechnen	III	3
b6: Zeitdiagramm erstellen: $U_{\text{aus}}(t), U_C(t)$, Zeitbereich: 0ms bis 8ms, Spannungsbereich: -15V bis +15V	III	2
b6: $U_C(t)$ – Werte in das Zeitdiagramm eintragen	II	2
b7: $U_C(t)$ - Verlauf zeichnen	II	2
b8: Zeichnerisch ist nachgewiesen, dass nach $T/2 = 1,62\text{ms}$ die Ausgangsspannung U_{aus} kippt. Demzufolge hat die Ausgangsspannung $U_{\text{aus}}(t)$ die Frequenz von $f = 2/T = 300\text{Hz}$.	III	1

Musterlösungen a und b:

a) Mathematische Lösung

a1: Zeitdiagramm für die astabile Kippstufe



a2: Es ist nachzuweisen, dass die Umladezeit des Kondensators von $-U_T$ auf $+U_T$ bzw. von $+U_T$ auf $-U_T$ die Hälfte der Periodendauer beträgt. D.h. nach jeder Periodenhälfte hat die Kondensatorspannung U_C den Wert von U_T : $U_C(0) = -U_T, U_C(T/2) = +U_T$

$$a3: U_T = \frac{R_1}{R_1+R_2} \cdot U_{aus,max} = \alpha \cdot U_{aus,max} = 0,5 \cdot 14V = 7V$$

$$a4: \tau = C_1 \cdot R_3 = 100nF \cdot 15k\Omega = 1,5ms$$

$$a5: U_C(t) = U \cdot (1 - e^{t/\tau})$$

$$a6: U_C(t) = U_{aus,max} \cdot \left(1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-t/\tau}\right)$$

$$a7: \text{Für } t = T/2: \quad \alpha \cdot U_{aus,max} = U_{aus,max} \cdot \left(1 - (1 + \alpha) \cdot e^{-T/2\tau}\right)$$

$$\text{daraus folgt: } T = 2 \cdot \tau \cdot \ln\left(\frac{(1+\alpha)}{(1-\alpha)}\right) = 2 \cdot \tau \cdot \ln(3) = 2 \cdot 1,5ms \cdot \ln(3) = 3,31ms$$

$$a8: f = 1/T = 303Hz$$

a9: Mathematisch ist nachgewiesen, dass die Frequenz der astabilen Kippstufe ca. 300Hz beträgt.

b) Zeichnerische Lösung

b1: wie a1

b2: wie a2

b3: wie a3 (ohne Festlegung von α)

b4: wie a4

b5: Der Verlauf der Spannung am Kondensator C_1 wird in das Liniendiagramm für die Ausgangsspannung U_{aus} eingetragen.

Zeichnerische Fixpunkte:

$$U_C(0s) = -7V$$

$$U_C(0,7\tau) = U_C(1,05ms) = -7V + (14V + 7V) \cdot 0,5 = 3,5V$$

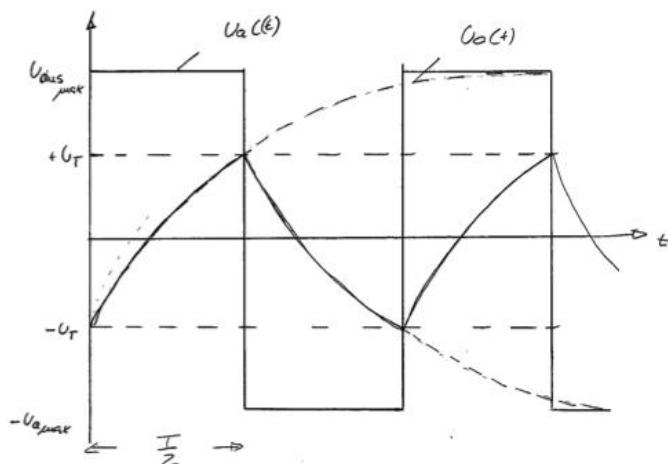
$$U_C(\tau) = U_C(1,5ms) = -7V + 0,63 \cdot 21V = 5V$$

$$U_C(2\tau) = U_C(3ms) = -7V + 0,86 \cdot 21V = 12V$$

$$U_C(3\tau) = U_C(4,5ms) = -7V + 0,95 \cdot 21V = 13,02V$$

$$U_C(4\tau) = U_C(6ms) = -7V + 0,98 \cdot 21V = 13,96V$$

$$U_C(5\tau) = U_C(7,5ms) = U_{\text{aus,max}} = 14V$$

b6: U_C - Fixpunkte eintragenb7: U_C - Verlauf zeichnen

b8: $U_C(T/2) = U_C(1,62ms) = 7V = +U_T$: Zeichnerisch konnte nachgewiesen werden, dass die Spannung $U_C(t)$ bei $t = T/2 = 1,62ms$ kippt. Demzufolge ist die Frequenz $f = 1/T = 300\text{Hz}$.

c) Lösung aus a) und b)

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

Überprüfen Sie die Dimensionierung des Integrierers hinsichtlich der Strombelastbarkeit des OPV.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
$U_{A1} = -10V: I_A = I_C = I_{R1} = (U_{A1} - 0,6V) / R_2 = 4,8mA$	II	1
$U_{A1} = -10V: I_A = I_C = I_{R2} = (U_{A1} - 0,6V) / R_1 = 4,8mA$	II	1
$I_{R1} > I_{Amax}, I_{R2} < I_{Amax} = 5mA$	II	1
Die Strombelastung des OV liegt über dem zulässigen Wert $I_{Amax} = 5mA$.	II	1

Musterlösung:

Siehe Lösungsaspekte!

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Eigenschaften des OPV 741

Benennen Sie in Tabelle 1 für fünf Kenndaten des OPV 741 die idealen und realen Werte.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Je Kenndatum 1 Punkt	I	5

Musterlösung:

Kenndaten	ideal	real
Gleichaktunterdrückung, Common-Mode-Rejection Ration (CMRR)	>>>> unendlich	90dB
Eingangsoffsetspannung	0 Volt	einige μ V ---- mV
Eingangswiderstand	unendlich	100k Ω - 20M Ω
Leerlaufverstärkung	unendlich	90dB - 120dB
Ausgangstrom	unendlich	$\leq 25mA$
Bandbreite	unendlich	< 100MHz

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

Beschreiben Sie fünf mögliche Funktions- und Leistungserweiterungen des Funktionsgenerators aus Abb. 1 im Hinblick auf den Einsatz als Spannungsquelle bei Experimenten.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Je Erweiterungsaspekt: 1 Punkt	II	5

Musterlösung:

Um den Funktionsgenerator flexibel einsetzen zu können, müsste(n)

- die Amplituden der Ausgangsspannungen einstellbar sein,
- die Frequenz der Ausgangsspannungen einstellbar sein,
- das Impuls-Pausen-Verhältnis der Ausgangsspannung U_{A1} einstellbar sein,
- die Flankensteilheit der Sägezahnspannung einstellbar sein,
- der Funktionsgenerator einen erhöhten Ausgangsstrom ermöglichen,
- der Funktionsgenerator kurzschlussfest gemacht werden,
- der Offset der Ausgangsspannung einstellbar sein.

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

Benennen Sie drei Schaltungen und Geräte, die in der Elektrotechnik die Funktion eines Generators erfüllen.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Generatorart 1	I	1
Generatorart 2	I	1
Generatorart 3	I	1

Musterlösung:

Gleichspannungsgenerator (Lichtmaschine)

Drehstromgeneratoren in Kraftwerken

Gleichspannungsnetzteil

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Übersicht

C 1: Inhaltsbereich:

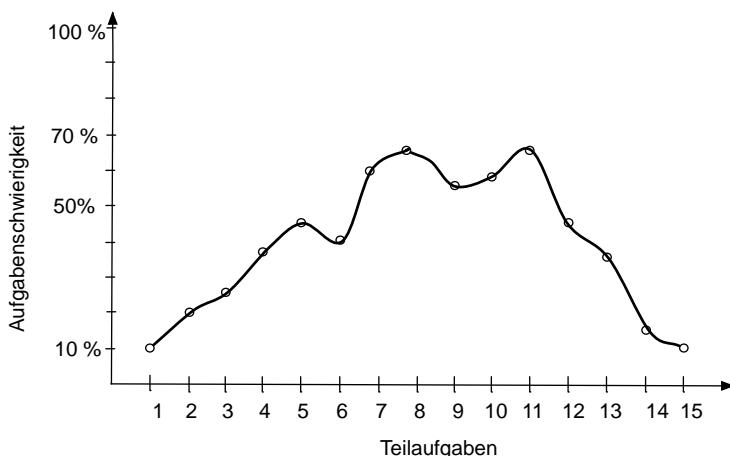
Analoge Schaltungstechnik (+ Regelungstechnik in Teilaufgabe 9)

C 2: Geprüfte Kompetenzen

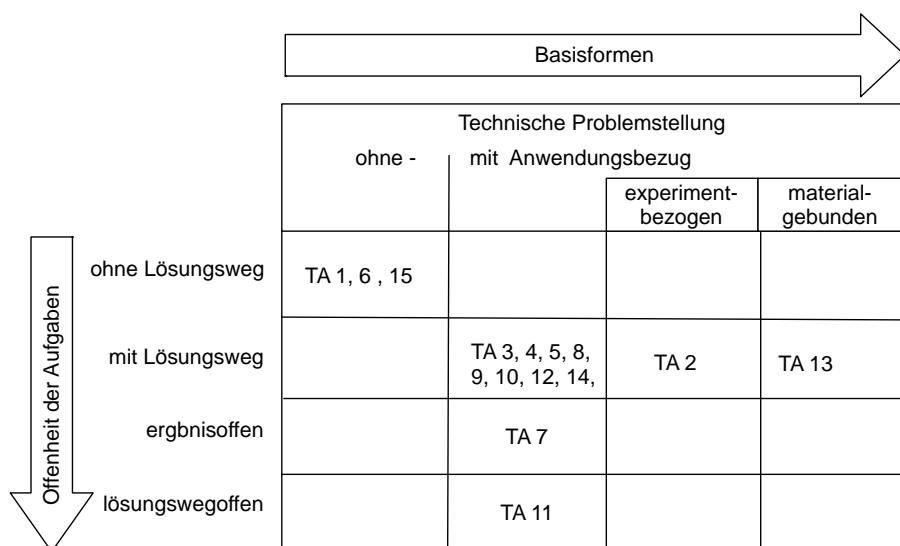
		Kompetenzbereiche			
		Fachwissen A	Methoden- beherrschung B	Kommuni- kation C	Reflexion D
Teilaufgaben					
1	Frequenz der Ausgangsspannung U_{A2}	A1, I (3)			
	Messung mit dem Oszilloskop		B, I (1)		
3	Schaltzustände der Diode D_2	A1, II (1)			
4	Ablaufdiagramm für den Sägezahn-Rechteck-Generator			C, II (1)	
5	Übertragungskennlinie des Schmitt-Triggers	A1, II (5)	B, II (2)		
6	Integrierer als Funktionsblock	A1, II (2)	B, II (1)		
7	Schaltung des Schmitt-Triggers	A1, III(1)	B, II (1)		
8	Werte für R_1 , R_2 und C des Integrierers	A1, II (4)	B, II (4)		
9	Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis	A1, I (4) A4, III (1)			
10	Leerlauf-Verstärkung eines OPV	A1, II (3)			
11	Frequenz einer astabilen Kippschaltung (Rechteckgenerator)	A1, III (6)	B, III (1)		

12	Strombelastung des Integrierers	A1, II (2)			
13	Ideale und reale Eigen-schaften eines Operati-onsverstärkers	A1, I (1)		C, II (7)	
14	Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators			C, II (6)	D, III (1)
15	Generatoren in der Elektrotechnik				D, I (1)

C 3: Verteilung der Teilaufgaben nach Aufgabenschwierigkeit



C 4: Eingesetzte Aufgabenarten



C 5: Kommentare zu den Teilaufgaben

Teilaufgabe 1: Frequenz der Ausgangsspannungen

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 I (3): Kennwerte von Grundbauelementen und Signalen berechnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST3: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	2 Minuten

Teilaufgabe 2: Messung mit dem Oszilloskop

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> B I (2): Teilschritte der Fachmethode in einfachen Ausgangssituationen ausführen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen
Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe
Bearbeitungszeit	2 Minuten

Teilaufgabe 3: Schaltzustände der Diode D2

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundschatungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	2 Minuten

Teilaufgabe 4: Ablaufdiagramm für den Sägezahn-Rechteck-Generator

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 5: Übertragungsverhalten des Schmitt-Triggers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (2): Verhalten von Grundschaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschaltungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 6: Funktionsblock des Integrierers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (2): Verhalten von Grundschaltungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen, B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschaltungen Methodenbeherrschung (B) - B1: Schaltungsanalyse

Aufgabenart	Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug, ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	3 Minuten

Teilaufgabe 7: Schaltung des Schmitt-Triggers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 III (1): Elektronische Schaltungen anwendungsbezogen mit der Fachmethode Schaltungsentwurf entwickeln • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Ergebnisoffene Aufgabe: 3 Musterlösungen
Bearbeitungszeit	8 Minuten

Teilaufgabe 8: Werte von R_1 , R_2 und C des Integrators

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A II (4), Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundschatungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren • B III (1), Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 9: Nichtinvertierende OPV-Schaltung als Regelkreis

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (2): Verhalten von Grundschatungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen, • A4 I (4): Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Fachwissen - Regelungstechnik (RT) - RT1: Grundbegriffe
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	4 Minuten

Teilaufgabe 10: Leerlauf-Verstärkung eines Operationsverstärkers (OPV)

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (3): Größen für Anwendungsschaltungen berechnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 11: Frequenz einer astabilen Kippschaltung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 III (6): Funktionale Zusammenhänge von Schaltungen nachweisen • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden

Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Lösungsweg-offene Aufgaben
Bearbeitungszeit	12 Minuten

Teilaufgabe 12: Strombelastung des Integrierers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (3): Größen für Anwendungsschaltungen berechnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug, Lösungsweg-offene Aufgaben
Bearbeitungszeit	4 Minuten

Teilaufgabe 13: Ideale und reale Parameter des OPV 741

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST), • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 I (1): Den Unterschied zwischen idealen und realen Bau-elementen beschreiben, • C I (3): Einfache Datenblätter auswerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung ohne Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	6 Minuten

Teilaufgabe 14: Funktionserweiterung des Sägezahn-Rechteck-Generators

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation • D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • C II (4): Aussagen von technischen Darstellungen beschreiben • D III (1): Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K1: Grundbegriffe der Technikwissenschaften • Reflexion (D) - RB2: Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	8 Minuten

Teilaufgabe 15: Generatoren in der Elektrotechnik

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • D I (1): Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexion (D) - RB3: Durch Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	3 Minuten

6.2 Aufgabenbeispiel 2: Bedienfeldfreischaltung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Schaltungsschutz mit Dioden
- Teilaufgabe 2:** Spannungsspeicher bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen
- Teilaufgabe 3:** Analoger Schlüssel
- Teilaufgabe 4:** Fehlersuche
- Teilaufgabe 5:** Bauelemente messtechnisch überprüfen
- Teilaufgabe 6:** Schaltungsänderung

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Bedien- und Anzeigeeinheit in einer Steuerung kann nur durch das Einsticken eines Klinkensteckers in die zugehörige Buchse X der Auswerteschaltung freigeschaltet werden (Abb. 1). Der Klinkenstecker mit den eingelöteten Widerständen R4 und R8 dient als elektronischer analoger Schlüssel.

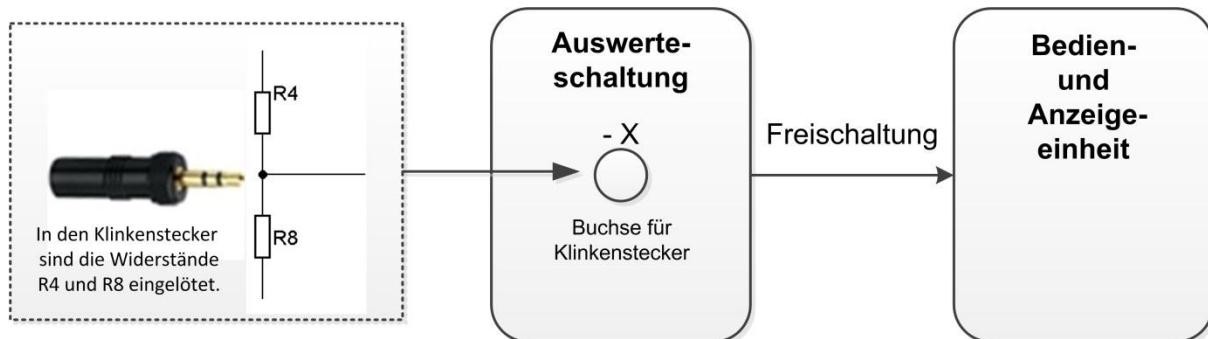


Abb. 1: Freischaltung der Bedien- und Anzeigeeinheit einer Steuerung

Abb. 2 zeigt die Auswerteschaltung für den analogen Schlüssel (Klinkenstecker)

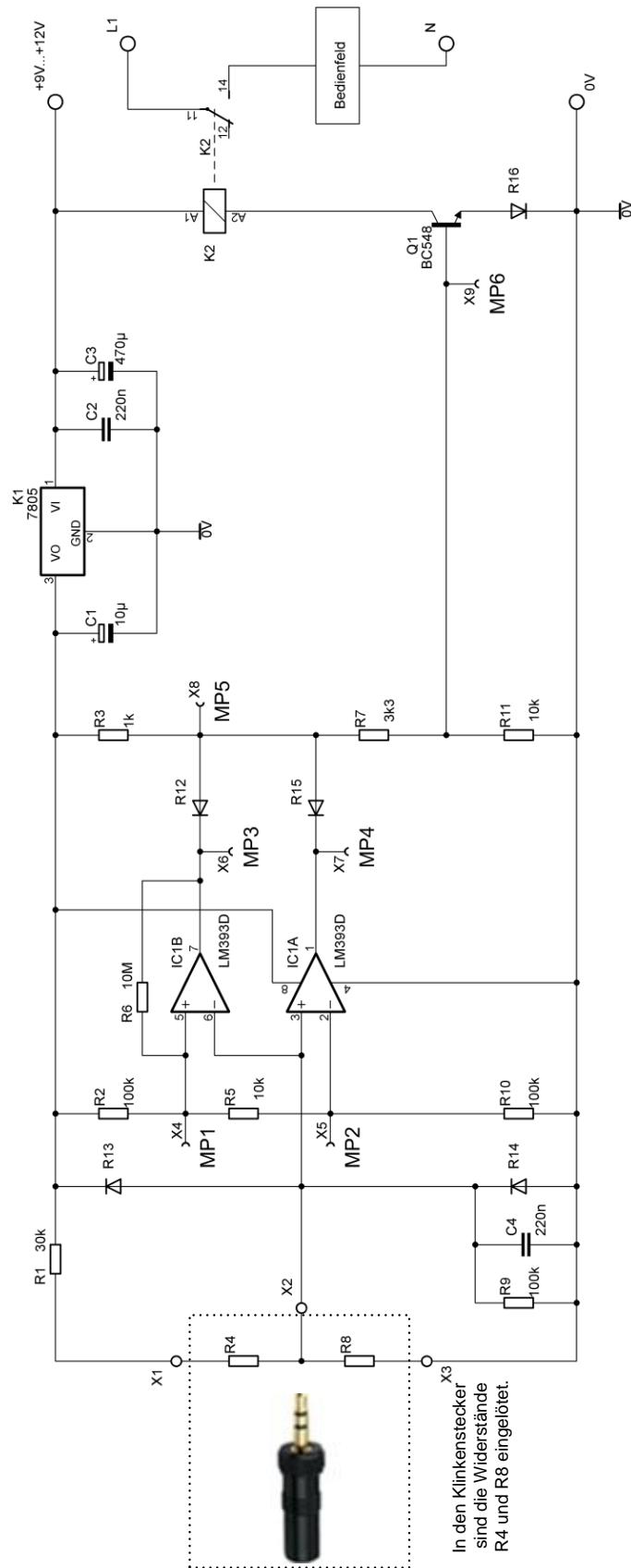


Abb. 2: Auswerteschaltung für den analogen elektronischen Schlüssel

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Die Schaltung in Abb. 2 soll vor Verpolung der Betriebsspannung und vor zu hohen Induktionsspannungen durch das Abschalten des Relais K2 geschützt werden. Dies soll durch Dioden geschehen.

Zeichnen Sie die Dioden so in die Schaltung (Abb. 2) ein, dass die geforderten Schutzfunktionen erfüllt werden.

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Durch das Einsticken des Klinkensteckers in die vorgesehene Buchse des Bedienfeldes wird eine Verbindung zwischen den Klemmen X1, X2 und X3 hergestellt (siehe Abb. 2).

Bei einer stimmigen Widerstandskombination von R4 und R8 zieht das Relais K2 an und schaltet das Bedienfeld frei. In einem Test wurden drei verschiedene Widerstandskombinationen ausprobiert. Es ergaben sich die in Tabelle 1 aufgeführten Spannungspegel an der Klemme X2. Es zeigte sich in diesem Test, dass das Relais bei einer Spannung von 2,5V an Klemme X2 anzieht und somit das Bedienfeld freischaltet.

Die Dioden besitzen eine Durchlassspannung von 0,7V.

Ermitteln Sie die in der Tabelle 1 fehlenden zu erwartenden Spannungspegel gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6.

U_{X2}/V	U_{MP1}/V	U_{MP2}/V	U_{MP3}/V	U_{MP4}/V	U_{MP5}/V	U_{MP6}/V	Schaltzustand Relais
1,5							Nicht angezogen
2,5	2,62	2,38	5	5	4,2	1,4	Angezogen
3,5							Nicht angezogen

Tabelle 1: Spannungspegel und Schaltzustand des Relais

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Die Widerstände R4 und R8 müssen so gewählt werden, dass eine Spannung von 2,5V an Klemme X2 liegt, um das Bedienfeld freizuschalten.

Hinweis: Die Dioden R13 und R14 haben ideale Eigenschaften.

Dimensionieren Sie die Widerstände R4 und R8 (E-24-Reihe), um das Bedienfeld freizuschalten.

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Nach Lötarbeiten an der Platine der Schaltung zieht das Relais nicht mehr an, auch wenn der Schlüssel mit der richtigen Widerstandskombination eingesetzt wird. Somit liegt eine Fehlfunktion vor. Der Schlüssel wurde durchgemessen und ist in Ordnung.

Eine erste Messung an der Schaltung mit eingestecktem Schlüssel ergab an der Klemme X2 eine Spannung von 0V statt der zur Freischaltung benötigten 2,5V.

Beschreiben Sie zwei mögliche Fehlerursachen.

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch überprüfen

Bei der anschließenden Inbetriebnahme soll die Funktionsfähigkeit der beiden Operationsverstärker IC1A und IC1B durch Messung der Ausgangssignale der Operationsverstärker in der Schaltung nachgewiesen werden, ohne diese auszulöten. An Stelle verschiedener Schlüssel steht eine einstellbare Gleichspannungsquelle zur Verfügung.

Zeichnen Sie die Verbindungen zu den benötigten Messgeräten P1 und P2 und der einstellbaren Gleichspannungsquelle G1 in Abb. 3 ein.

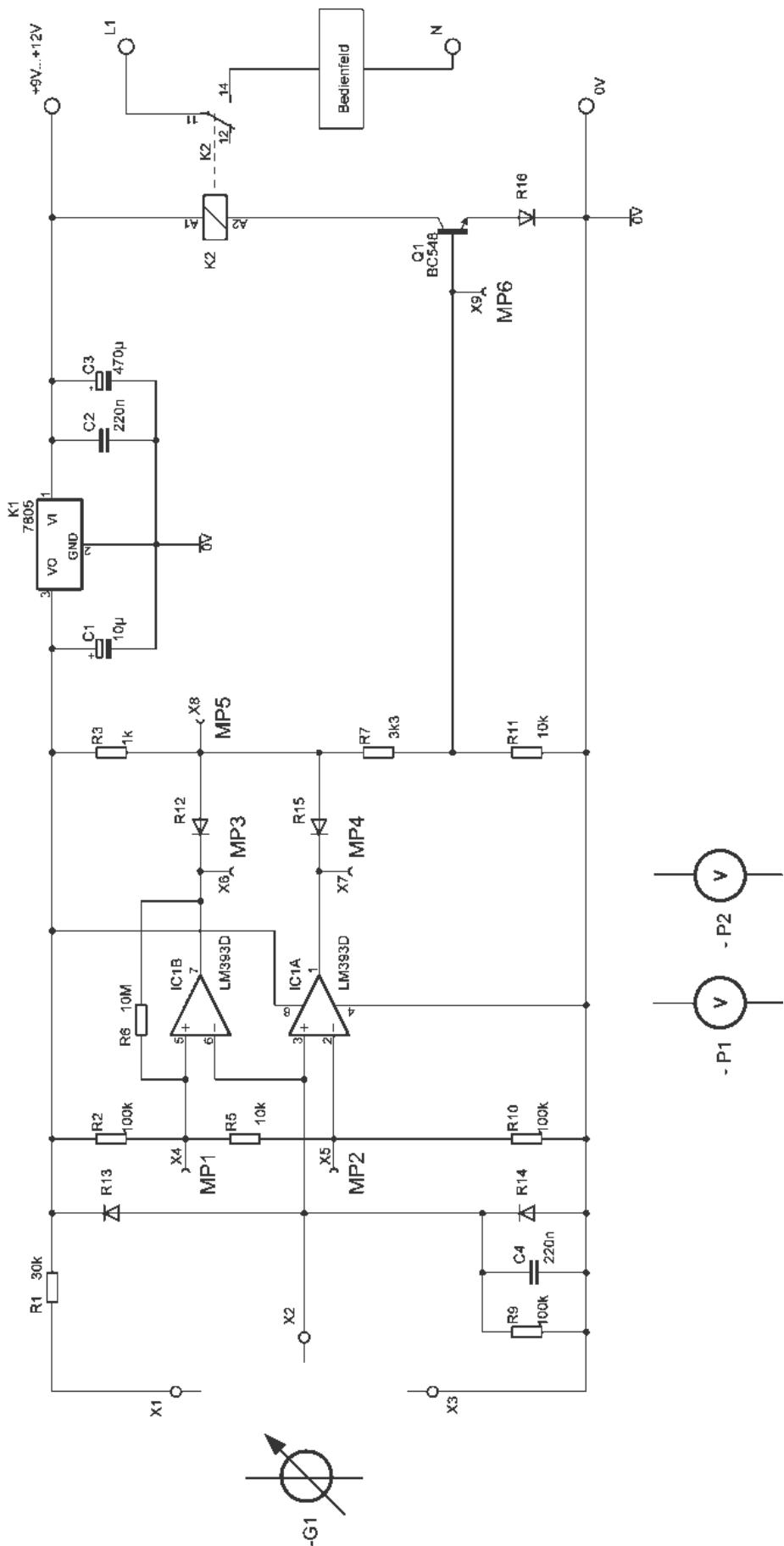


Abb. 3: Messschaltung

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

Der Schaltungsteil in Abb. 2, bestehend aus R3, R7, R11, R12 und R15, bildet eine UND-Verknüpfung und soll durch den TTL-Logikbaustein 7400 (Abb. 4) ersetzt werden. Zusätzlich benötigte Standardbauelemente wie z. B. Widerstände und Kondensatoren stehen zur Verfügung.

Hinweis: Die Ausgangsspannung des TTL-Logikbausteins 7400 beträgt bei High-Signal 3,5V.

Entwickeln Sie eine Schaltung für die geforderte Änderung in Abb. 4.

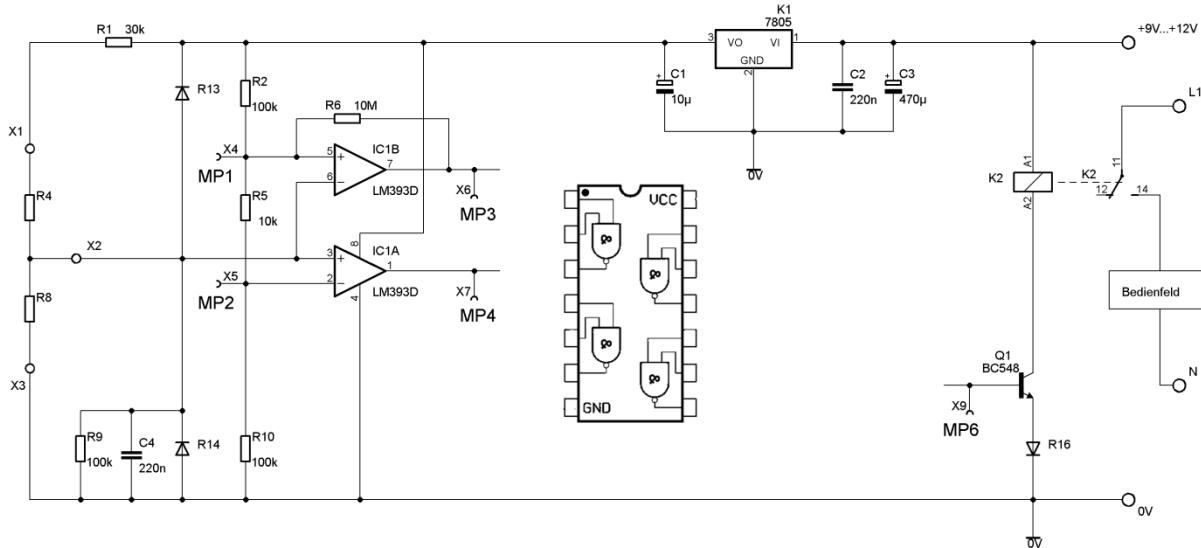


Abb. 4: Schaltung mit Logikbaustein 7400

B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Zeichnen Sie die Dioden so in die Schaltung (Abb. 2) ein, dass die geforderten Schutzfunktionen erfüllt werden.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Freilaufdiode parallel zu K2 zeichnen	II	1
Polung der Freilaufdiode richtig	II	1
Diode Verpolungsschutz zeichnen	II	1
Polung der Diode Verpolungsschutz richtig	II	1

Musterlösung:

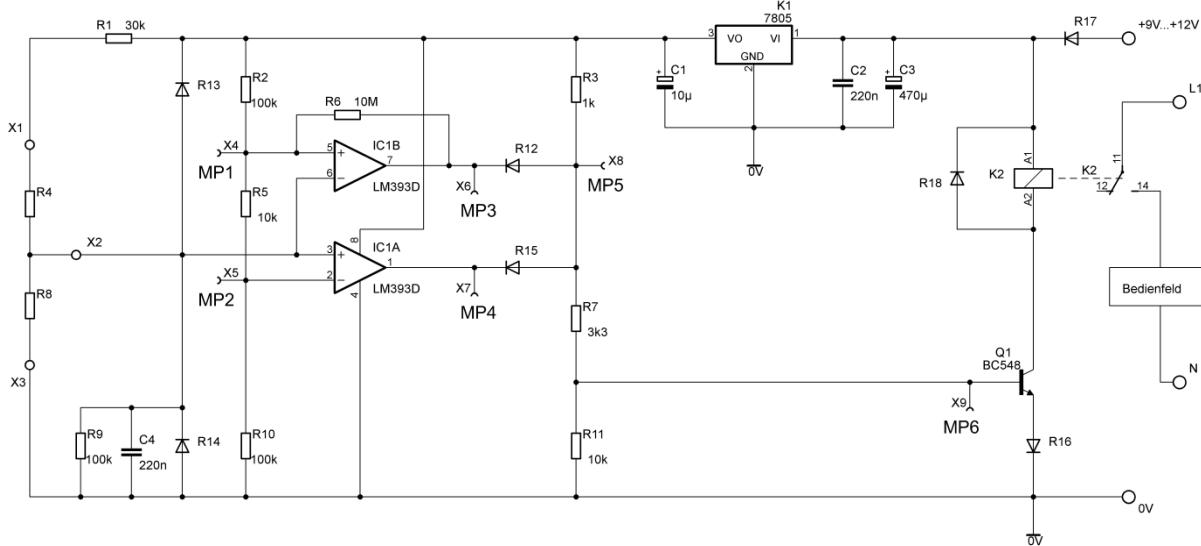


Abb. 5: Schaltung mit Schutzdioden

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Ermitteln Sie die in der Tabelle 1 fehlenden zu erwartenden Spannungspegel gegen Masse an den ausgewählten Messpunkten MP1 bis MP6.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Spannungspegel U_{MP1} ermittelt	II	2
Spannungspegel U_{MP2} ermittelt	II	2
Spannungspegel U_{MP3} ermittelt	II	2
Spannungspegel U_{MP4} ermittelt	II	2
Spannungspegel U_{MP5} ermittelt	II	2
Spannungspegel U_{MP6} ermittelt	II	2

Musterlösung:

U_{x2}/V	U_{MP1}/V	U_{MP2}/V	U_{MP3}/V	U_{MP4}/V	U_{MP5}/V	U_{MP6}/V	Zustand Relais
1,5	2,62	2,38	5	0	0,7	0,53	Nicht angezogen
2,5	2,62	2,38	5	5	4,2	1,4	Angezogen
3,5	2,62	2,38	0	5	0,7	0,53	Nicht angezogen

Tabelle 2: Spannungspegel und Schaltzustand des Relais

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Dimensionieren Sie die Widerstände R4 und R8 (E-24-Reihe), um das Bedienfeld freizuschalten.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Reihenschaltung R1 und R4: $R_r = R_1 + R_4$	I	1
Parallelschaltung R8 und R9: $R_P = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$	II	1
Spannung von jeweils 2,5V an Rr und Rp	II	1
$R_r = R_P$	II	1
Sinnvolle Wahl von R8 (alternativ R4)	II	1
Umstellen der Formel nach R4 (alternativ nach R8)	II	1
R4 ermitteln (alternativ R8)	II	1

Musterlösung:

1. Lösungsschritt:

- Gesamtwiderstand der Reihenschaltung mit R1 und R4: $R_r = R_1 + R_4$
- Gesamtwiderstand der Parallelschaltung mit R8 und R9: $R_P = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$

2. Lösungsschritt:

Die an Klemme X2 liegenden 2,5V sind genau die Hälfte der Ausgangsspannung des Festspannungsreglers K1 (5V):

$$R_r = R_P \quad \text{bzw.} \quad R_1 + R_4 = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9}$$

3. Lösungsschritt:

Sinnvolle Wahl von R8 (z. B. $R_8 = 100\text{k}\Omega$)

(Anmerkung: Es muss $R_8 \geq 42,857\text{k}\Omega$ gelten, da ansonsten der Gesamtwiderstand der Parallelschaltung von R8 und R9 kleiner als der kleinstmögliche Widerstand der Reihenschaltung aus R1 und R4 wird.)

Alternativ: Sinnvolle Wahl von R4 (z. B. $R_4 = 20\text{k}\Omega$)

(Anmerkung: Es muss $R_4 \leq 70\text{k}\Omega$ gelten, da ansonsten der Gesamtwiderstand der Reihenschaltung von R_1 und R_4 größer als der größtmögliche Widerstand der Parallelschaltung aus R_8 und R_9 wird.)

4. Lösungsschritt:

Ermitteln von R_4 ($R_8 = 100\text{k}\Omega$ gewählt):

$$R_4 = \frac{R_8 \cdot R_9}{R_8 + R_9} - R_1 = \frac{100\text{k}\Omega \cdot 100\text{k}\Omega}{100\text{k}\Omega + 100\text{k}\Omega} - 30\text{k}\Omega = 20\text{k}\Omega$$

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Beschreiben Sie zwei mögliche Fehlerursachen.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Mögliche Fehlerursache 1 beschrieben.	II	3
Mögliche Fehlerursache 2 beschrieben.	II	3

Musterlösung:

Fehlerursache 1: Spannungsversorgung fehlt

Die Schaltung wird nicht mit Spannung versorgt, da z. B.

- die Betriebsspannung nicht anliegt,
- die als Verpolungsschutz eingefügte Diode defekt ist,
- der Festspannungsregler 7805 defekt ist
- oder der Widerstand R_1 nicht bestückt wurde.

Fehlerursache 2: Potential an Klemme X2 wird auf Masse gezogen

Das Potential an Klemme X2 wird auf Masse gezogen, da z. B.

- durch einen Lötspritzer eine leitende Verbindung zwischen Pin 3 und 4 des OPs entstanden ist,
- durch einen Lötspritzer eine leitende Verbindung zwischen Klemme X2 und X3 entstanden ist
- oder eines der Bauteile R9, C4 oder D6 mit einem Kurzschluss ausgefallen ist.

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch prüfen

Zeichnen Sie die Verbindungen zu den benötigten Messgeräten und der einstellbaren Gleichspannungsquelle in Abb. 3 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Voltmeter zwischen X6 und GND geschaltet	II	2
Voltmeter zwischen X7 und GND geschaltet	II	2
Gleichspannungsquelle zwischen X2 und X3 geschaltet	II	2

Musterlösung:

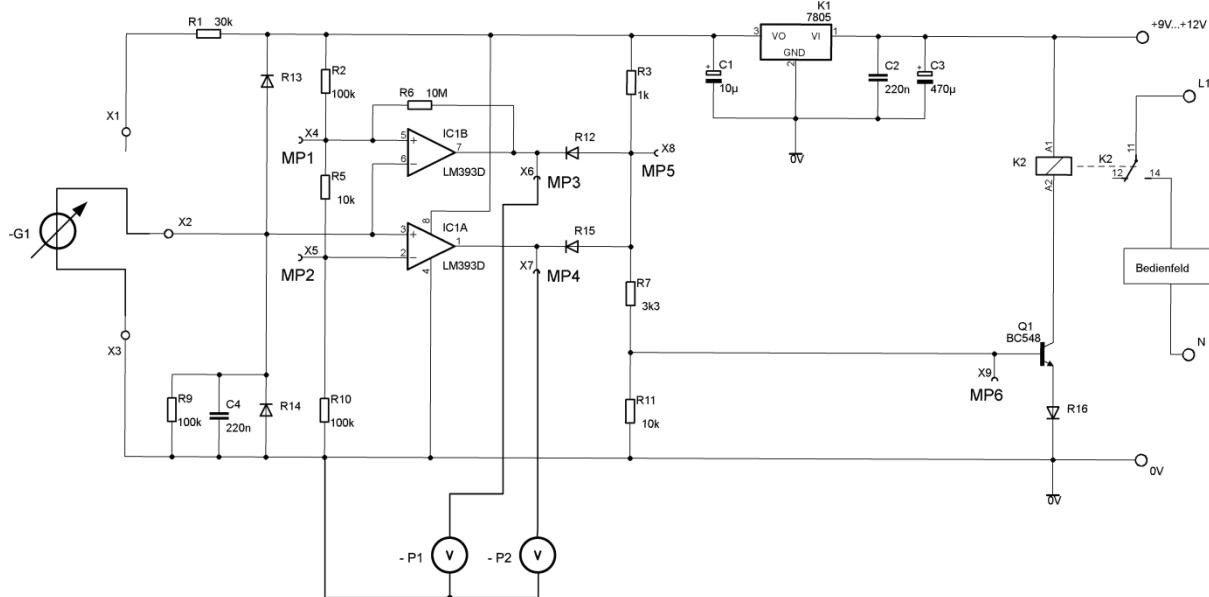


Abb. 6: Messschaltung

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

Entwickeln Sie eine Schaltung für die geforderte Änderung in Abb. 4.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
VCC auf + 5V verbunden	II	1
GND auf 0V verbunden	II	1
X6 und X7 mit Eingängen eines NAND Gatters verbunden	III	2
Ausgang des ersten NAND-Gatters auf Eingang eines zweiten NAND-Gatters verbunden	III	1
Offenen Eingang des zweiten NAND-Gatters auf definiertes Potential verbunden	III	1
Ausgang des zweiten NAND als Ansteuerleitung für die Basis gezeichnet	III	1
Basisvorwiderstand eingefügt	III	1

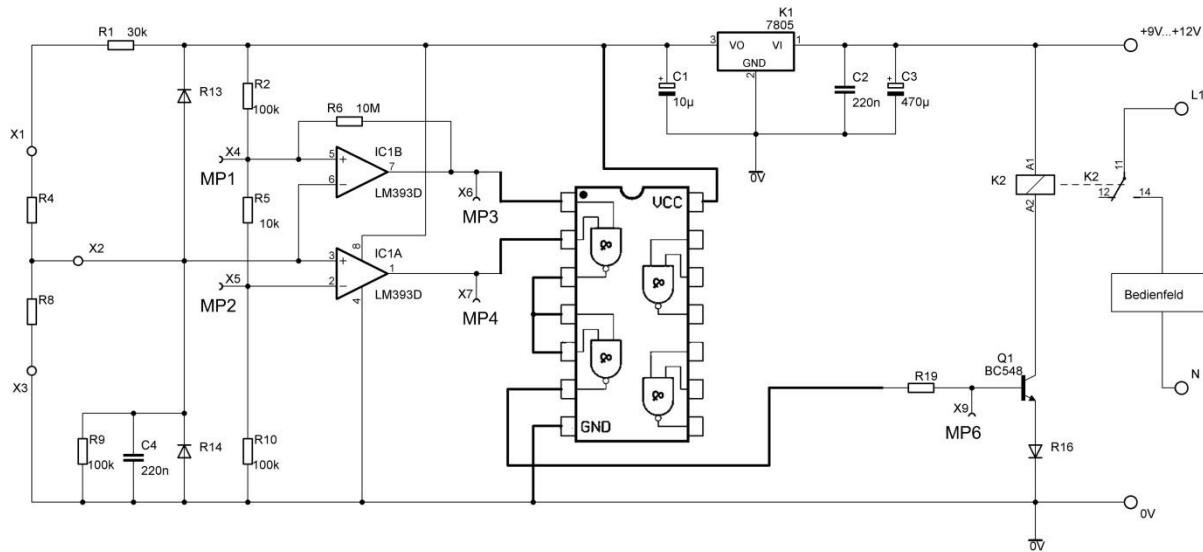


Abb. 7: Schaltung mit 7400

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Schaltungsschutz mit Dioden

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundschatungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 2: Spannungspegel bei unterschiedlichen Widerstandskombinationen

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (2): Verhalten von Grundschatungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen. A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundschatungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren.
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 3: Analoger Schlüssel

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (1): Elektronische Grundschatungen dimensionieren • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 4: Fehlersuche

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundschatungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren. • BII (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden. (BII (2))
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B5: Fehlersuche
Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug ergebnisoffen
Bearbeitungszeit	12 Minuten

Teilaufgabe 5: Bauelemente messtechnisch prüfen

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (5): Die Funktion von Schaltungen, die aus einer Verknüpfung von Grundschatungen und Grundbauelementen bestehen, analysieren • BII (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden • CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen der Elektrotechnik
Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	6 Minuten

Teilaufgabe 6: Schaltungsänderung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen • CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	12 Minuten

6.3 Aufgabenbeispiel 3: Frequenzumrichter

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Funktion des Kondensators
- Teilaufgabe 2:** Brummspannung
- Teilaufgabe 3:** Gesteuerter Gleichrichter
- Teilaufgabe 4:** Ausgangsspannungen des Wechselrichters
- Teilaufgabe 5:** Typenschild eines Frequenzumrichters
- Teilaufgabe 6:** Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Anhang: Erläuterungen zum Typenschild von Frequenzumrichtern

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Ein Frequenzumrichter ist ein Stromrichter, der aus einer in Frequenz und Spannungshöhe konstanten Eingangswechselspannung eine sowohl in der Spannungshöhe als auch in der Frequenz steuerbare Ausgangswechselspannung generiert. Bei dieser Aufgabe werden nur dreiphasige Frequenzumrichter betrachtet (siehe Abb. 1).

Durch die Veränderung der Frequenz und der Spannungshöhe der dreiphasigen Ausgangswechselspannung des Frequenzumrichters können die Drehzahl und das Drehmoment von Drehstromasynchronmotoren gezielt beeinflusst werden.

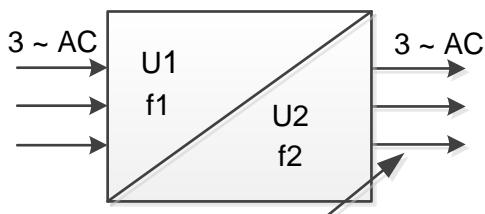


Abb.1: vereinfachtes Blockschaltbild eines Frequenzumrichters

Abb. 2 zeigt das vereinfachte Funktionsprinzip eines Frequenzumrichters. Die Netzspannung mit der Frequenz 50Hz wird zunächst gleichgerichtet. Diese gleichgerichtete Spannung wird mit Kondensatoren geglättet und anschließend mithilfe eines Wechselrichters in die gewünschte Spannung mit der gewünschten Frequenz umgeformt. Dieser Prozess kann durch eine Steuerung beeinflusst werden.

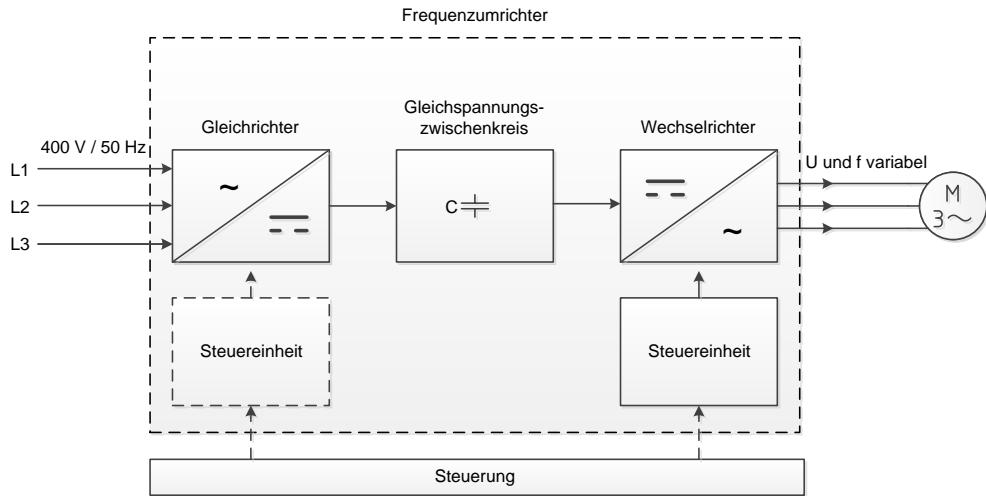


Abb. 2: Blockschaltbild eines Frequenzumrichters mit Motor

Ausgangssituation für die Teilaufgaben 1 und 2:

Abb. 3 zeigt die Eingangsschaltung eines Frequenzumrichters, bestehend aus dem Gleichrichter und dem Kondensator C1.

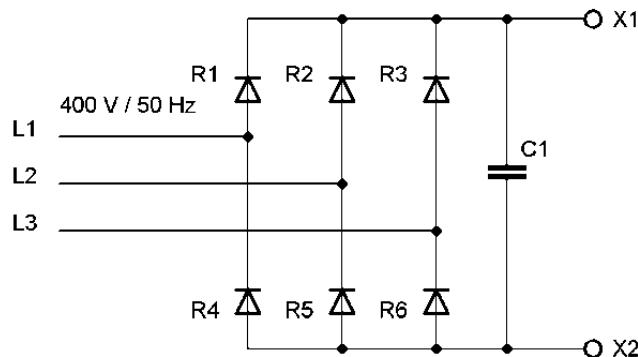


Abb. 3: Eingangsschaltung des Frequenzumrichters

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

Begründen Sie die Notwendigkeit für den Einsatz des Kondensators C1.

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Berechnen Sie die Brummspannung der Ausgangsspannung $U_{X_1 X_2}$, falls C1 in Abb. 3 nicht vorhanden ist.

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

In Abb. 4 ist eine gesteuerte Gleichrichterschaltung gezeigt.

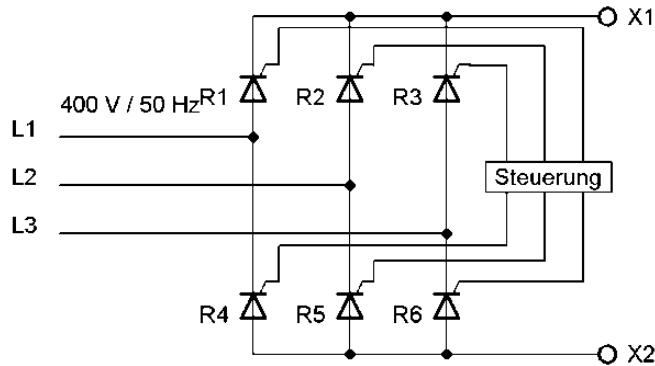


Abb. 4: Gesteuerte Gleichrichterschaltung

Den Zusammenhang zwischen dem Zündverzögerungswinkel α und dem Verhältnis U_{dia}/U_{dio} gibt die in Abb. 5 gezeigte Steuerkennlinie an.

Hinweis: U_{dia} ist die ideelle Ausgangsgleichspannung zwischen den Klemmen X1 und X2 beim Zündverzögerungswinkel α . Beim Zündverzögerungswinkel $\alpha=0^\circ$ beträgt die ideelle Gleichspannung $U_{dio} = 540V$.

Die Ausgangsspannung der steuerbaren Gleichrichterschaltung soll zwischen $U_{dia1} = 400V$ und $U_{dia2} = 500V$ für eine Widerstandslast einstellbar sein.

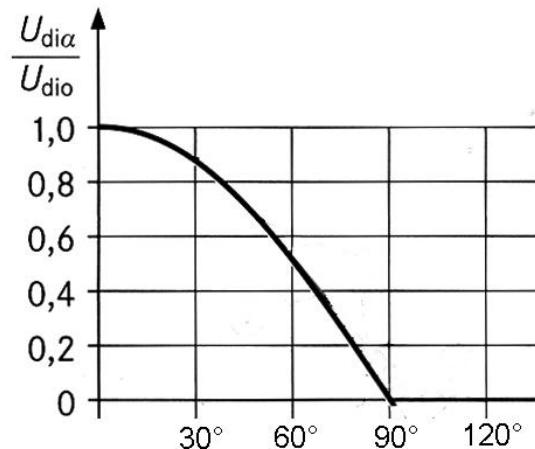


Abb. 5: Steuerkennlinie der Gleichrichterschaltung

Ermitteln Sie aus der Kennlinie den notwendigen Einstellbereich für den Zündverzögerungswinkel α .

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Die Abb. 6 zeigt die Prinzipschaltung der Hauptstromkreise eines Wechselrichters. Zu Testzwecken wird der Wechselrichter zunächst mit einer ohmschen Last (bestehend aus R1, R2 und R3) betrieben. Die Schaltung zur Steuerung der Thyristoren und die Hilfsstromkreise zum Löschen der Thyristoren werden aus Vereinfachungsgründen nicht dargestellt. Die angelegte Gleichspannung beträgt 600V.

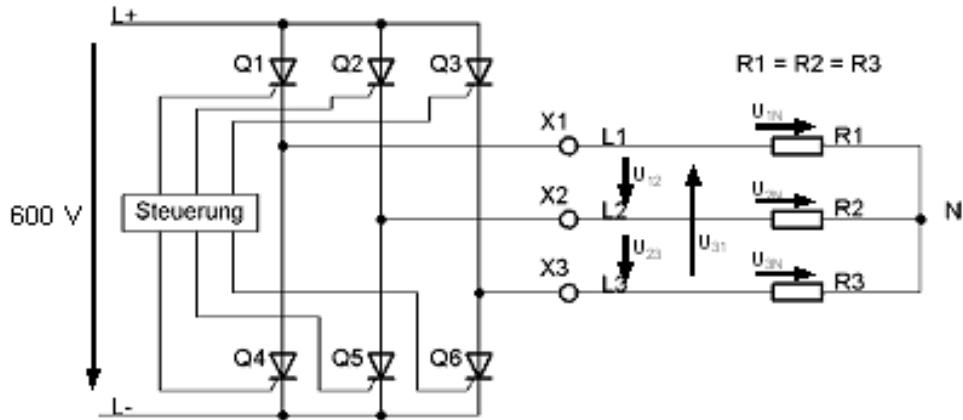


Abb. 6: Wechselrichter mit Thyristoren und externer Widerstandslast

Mit Hilfe des Zündfolgediagramms der Abb. 7 soll für eine Frequenz der Ausgangsspannung von $16\frac{2}{3} \text{ Hz}$ (Periodendauer $T = 60\text{ms}$) exemplarisch der Spannungsverlauf U_{23} zwischen den Außenleitern L2 und L3 und der Spannungsverlauf U_{2N} zwischen dem Außenleiter L2 und dem Neutralleiter N ermittelt werden.

In Abb. 8a und 8b sind die pulsförmigen Verläufe der Ausgangsspannungen U_{12} und U_{1N} dargestellt. Die angenommenen Spannungsrichtungen sind in Abb. 6 eingezeichnet.

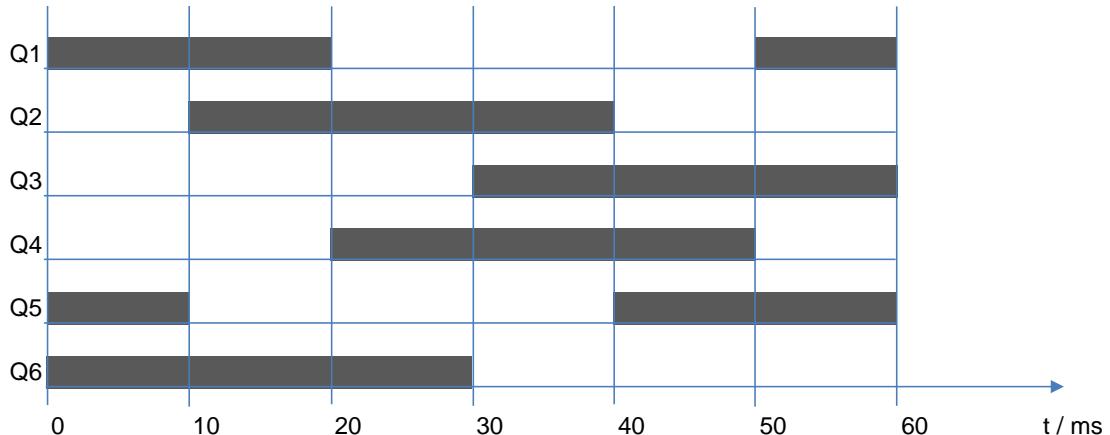


Abb. 7: Zündfolgediagramm

(Während der grau unterlegten Abschnitte sind die jeweiligen Thyristoren leitend).

Zeichnen Sie die Spannungsverläufe der Außenleiterspannung U_{23} und der Spannung zum Neutralleiter U_{2N} in die vorbereiteten Diagramme in Abb. 8a und 8b.

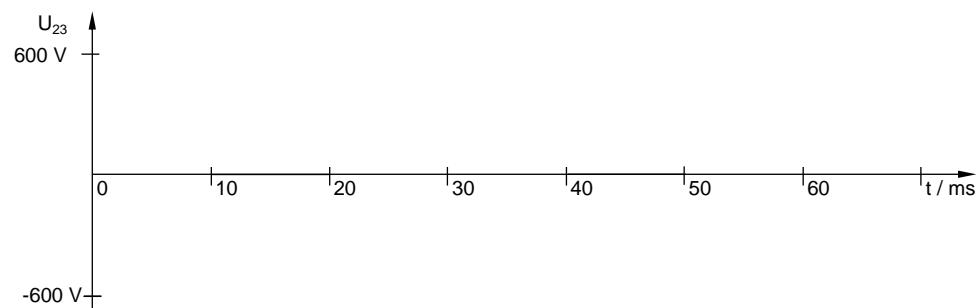
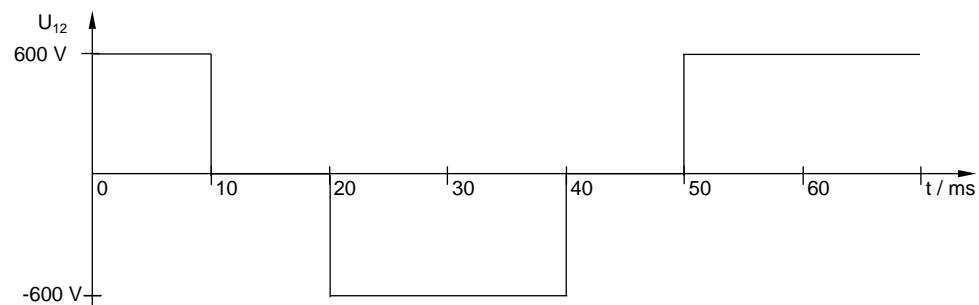


Abb. 8a: Spannungsverläufe zwischen den Außenleitern U_{12} und U_{23}

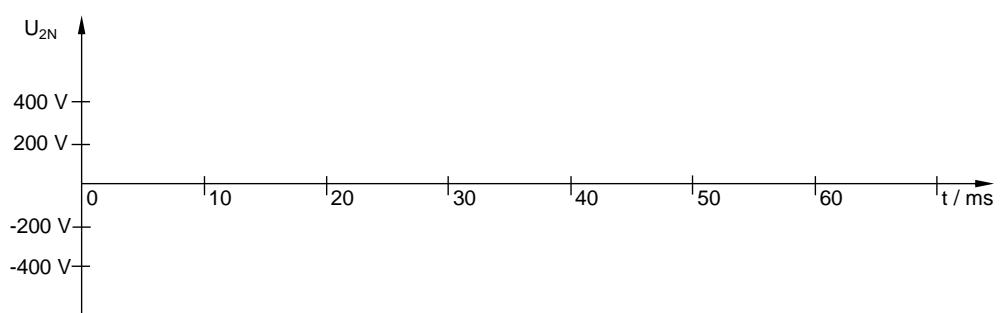
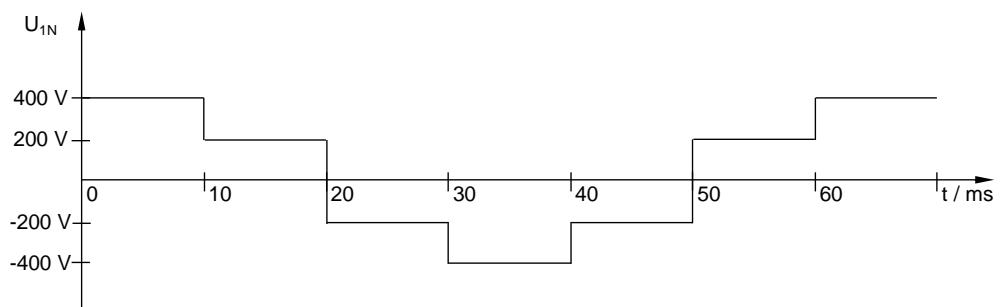


Abb. 8b: Spannungsverläufe der Spannungen zum Neutralleiter U_{1N} und U_{2N}

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

Abb. 9 zeigt das Typenschild eines Frequenzumrichters. Für eine Kundenpräsentation sollen die elektrisch relevanten Angaben des Typenschildes in Form eines aussagekräftigen Blockschaltbildes visualisiert werden. Erläuterungen zu den Typenschildangaben eines Frequenzumrichters befinden sich im Anhang.

MMX34AA9D0F0-0	
Input:	Ue: 3~ AC, 380 – 480V, 50/60Hz, 11,5A
Output:	3~ AC, 0 – Ue, 0 – 320Hz, 9,0A
Motor:	4,0kW (400V)

Abb. 9: Typenschild Frequenzumrichter MMX34AA9D0F0-0

Zeichnen Sie zu den Angaben des Typenschildes ein Blockschaltbild mit zugeordneten Werten.

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Ein Hersteller wirbt mithilfe der in Abb. 10 gezeigten Kennlinien für den Einsatz von Frequenzumrichtern.

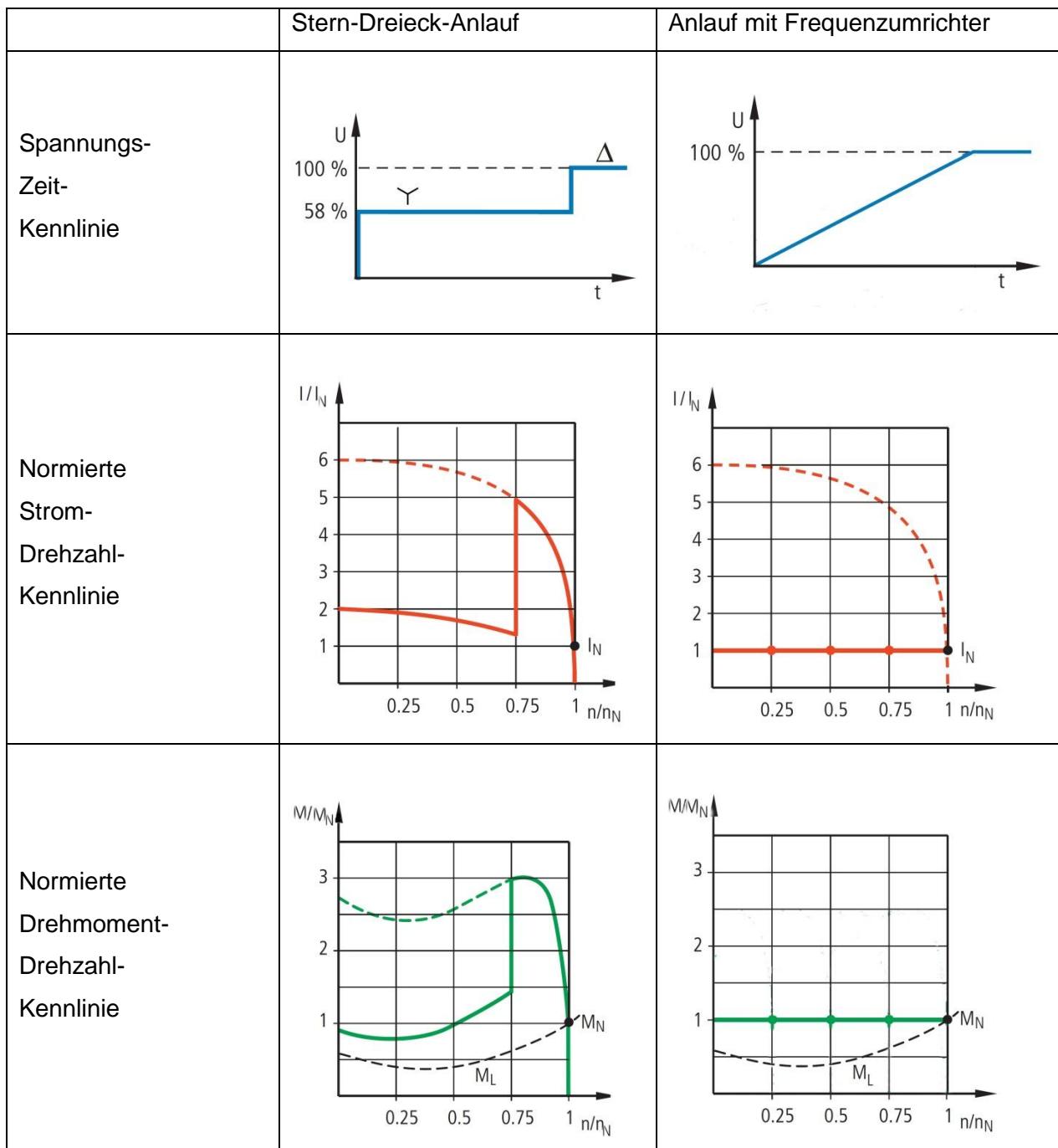


Abb. 10: Gegenüberstellung der Kennlinien für den Stern-Dreieck-Anlauf und den Anlauf mit Frequenzumrichter

Erläutern Sie die Vorteile des Motoranlaufes mit einem Frequenzumrichter in einem Antriebsystem gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlassverfahren.

Anhang: Erläuterungen zum Typenschild von Frequenzumrichtern

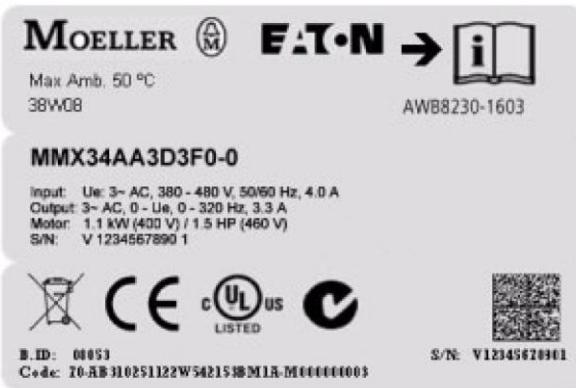


Abb. 11: Typenschild des Frequenzumrichters MMX34AA3D3F0-0

Beschriftung	Bedeutung
MMX34AA3D3F0-0	Typenbezeichnung: MMX = Frequenzumrichter der Gerätreihe M-Max 3 = Dreiphasen-Netzanschluss 4 = Spannungsklasse 400 V AA = Ausprägung (Software-Version A und alphanumerische Anzeige) 3D3 = 3,3 A Bemessungsstrom (3-dezimal-3) F = Funk-Entstörfilter integriert 0 = Schutzart IP20 -0 = keine integrierte Optionsbaugruppe
Input	Bemessungsdaten des Netzanschlusses: Dreiphasen-Wechselspannung (U_e 3~ AC), Spannung 380 – 480 V, Frequenz 50/60 Hz, Eingangsphasenstrom (4,0 A)
Output	Bemessungsdaten der Lastseite (Motor): Dreiphasen-Wechselspannung (0 - U_e), Ausgangsphasenstrom (3,3 A), Ausgangsfrequenz (0 - 320 Hz)
Motor	zugeordnete Motorleistung 1,1 kW bei 400 V/1,5 HP bei 460 V für einen vierpoligen, innen- oder oberflächengekühlten Drehstrom-Asynchronmotor (1500 min ⁻¹ bei 50 Hz/1800 rpm bei 60 Hz)
S/N	Seriennummer
	Der Frequenzumrichter ist ein elektrisches Betriebsmittel. Lesen Sie das Handbuch (hier AWB8230-1603) vor dem elektrischen Anschluss und der Inbetriebnahme.
Max Amb. 50 °C	Die maximal zulässige Umgebungstemperatur im Betrieb darf +50 °C nicht überschreiten.

Abb. 12: Bedeutung der Typenschildbeschriftungen

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators**

Begründen Sie die Notwendigkeit für den Einsatz des Kondensators C1.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Ausgangsspannung pulsierend	II	1
Funktion Glättung genannt	II	1

Musterlösung:

Bei der Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung handelt es sich um eine pulsierende Gleichspannung. Der Kondensator C1 dient zur Glättung dieser pulsierenden Spannung.

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Berechnen Sie die Brummspannung der Ausgangsspannung U_{X1X2} , falls C1 in Abb. 3 nicht vorhanden ist.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Formel für die ideelle Gleichspannung angegeben	II	1
Ideelle Gleichspannung berechnet	II	1
Formel für die Brummspannung angegeben	II	1
Brummspannung berechnet	II	1

Musterlösung:

Es handelt sich um eine B6U Gleichrichterschaltung:

$$\text{Ideelle Gleichspannung: } U_{di_X1X2} = U_{V0} \cdot 1,35 = U_{L1L2} \cdot 1,35 = 400V \cdot 1,35 = 540V$$

$$\text{Brummspannung: } U_{W_X1X2} = w_U \cdot U_{di_{X1X2}} = 0,04 \cdot 400V = 21,6V$$

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

Ermitteln Sie aus der Kennlinie den notwendigen Einstellbereich für den Zündverzögerungswinkel α .

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verhältnis $\frac{U_{dia}}{U_{dio}}$ für beide Fälle ermittelt	I	2
Zugehöriger Steuerwinkel für beide Fälle abgelesen	I	2
Angabe des Einstellbereichs	I	1

Musterlösung:

Rechnerische Ermittlung des Verhältnisses $\frac{U_{dia}}{U_{dio}}$ für beide Fälle und Ablesen der zugehörigen Winkel aus der Steuerkennlinie.

$$\text{Für } U_{dia} = 400V: \quad \frac{U_{dia}}{U_{dio}} = \frac{400V}{500V} = 0,74 \quad \rightarrow \quad \alpha \approx 42^\circ$$

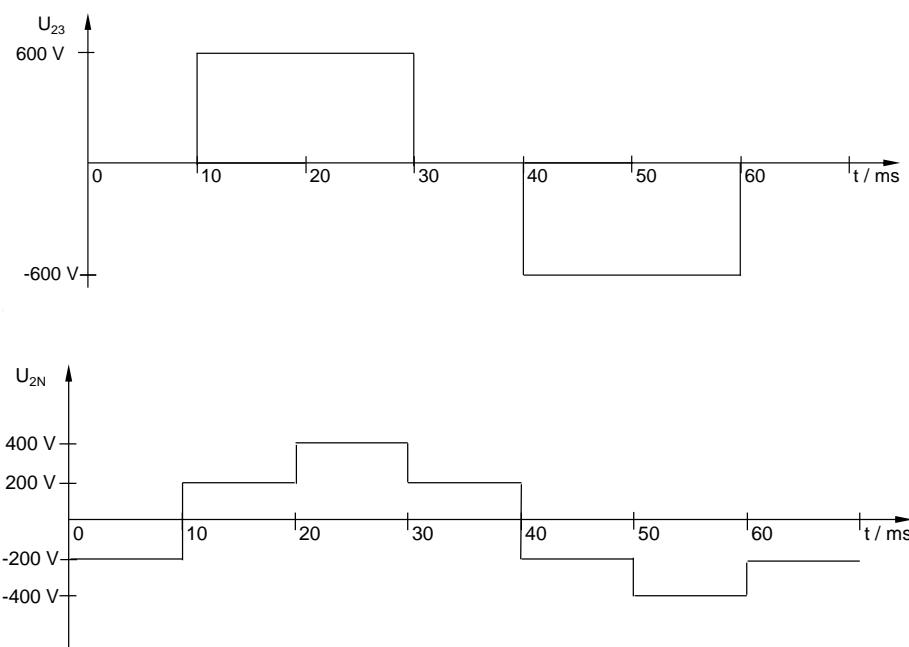
$$\text{Für } U_{dia} = 500V: \quad \frac{U_{dia}}{U_{dio}} = \frac{500V}{540V} = 0,92 \quad \rightarrow \quad \alpha \approx 22^\circ$$

Der notwendige Einstellbereich des Zündverzögerungswinkels α liegt zwischen 22° und 42° .

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

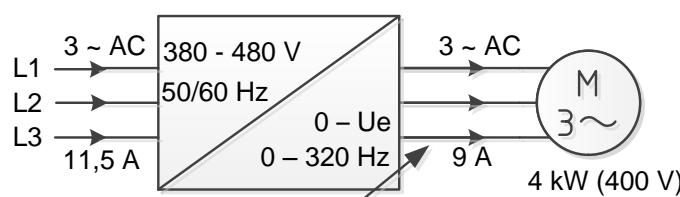
Zeichnen Sie die Spannungsverläufe der Außenleiterspannung U_{23} und der Spannung zum Neutralleiter U_{2N} in die vorbereiteten Diagramme in Abb. 8a und 8b.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Je richtig eingezeichnetem Spannungswert der Spannung U_{23} für ein 10ms Intervall 1 Punkt.	II	7
Je richtig eingezeichnetem Spannungswert der Spannung U_{2N} für ein 10ms Intervall 1 Punkt.	II	7

Musterlösung:**Abb. 13: Ausgangsspannungen des Wechselrichters****Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters**

Zeichnen Sie zu den Angaben des Typenschildes ein Blockschaltbild mit zugeordneten Werten.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Blocksymbol Umrichter	II	1
Blocksymbol Motor	II	1
Jeweils 3 Eingangs- und Ausgangsleiter	II	2
Angaben 380 – 480V, 50/60Hz und 11,5A auf Eingangsseite	II	3
Angaben 0 – U_e , 0 – 320Hz und 9A auf Ausgangsseite	II	3
Motorleistung 4kW	II	1

Musterlösung:**Abb. 14: Blockschaltbild zum Typenschild**

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Erläutern Sie die Vorteile des Motoranlaufes mit einem Frequenzumrichter in einem Antriebsystem gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlassverfahren.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Kontinuierliche (lineare) Spannungssteigerung bzw. Entfallen des schlagartigen Umschaltens	III	1
Vermeidung des sprunghaften Stromanstiegs	III	1
Vermeidung des sprunghaften Drehmomentanstiegs	III	1
Reduzierung der mechanischen Belastung des Antriebs	III	1
Konstanter Stromfluss	III	1
Vermeidung hoher Anlaufströme	III	1
Reduzierung der Netzbelaistung	III	1
Konstantes Drehmoment über dem gesamten Drehzahlbereich	III	1

Musterlösung:

Die Spannung lässt sich kontinuierlich linear steigern. Dadurch entfällt das schlagartige Umschalten wie bei der Stern-Dreieck-Schaltung. Hierdurch wird der sprunghafte Anstieg des Stromes und des Drehmomentes vermieden, so dass die mechanische Belastung des gesamten Antriebs auf ein Minimum reduziert wird.

Durch den konstanten Stromfluss über dem gesamten Drehzahlbereich werden hohe Anlaufströme vermieden und das Netz deutlich weniger belastet.

Auch bei gegenüber dem Stern-Dreieck-Anlauf deutlich geringeren Strömen ist schon im Anlauf ein hohes Drehmoment vorhanden. Dieses Drehmoment ist konstant über dem gesamten Drehzahlbereich.

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Funktion des Kondensators

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (7): Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	2 Minuten

Teilaufgabe 2: Brummspannung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (3): Größen für Anwendungsschaltungen berechnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 3: Gesteuerter Gleichrichter

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> B II (1): Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen

	<ul style="list-style-type: none"> • Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeit mit Diagrammen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 4: Ausgangsspannungen des Wechselrichters

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (2): Verhalten von Grundschatungen und Anwendungsschaltungen durch Wirkpläne, Signal-Zeit-Diagramme, Potentialangaben, Kennlinien und mathematische Formeln darstellen • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug mit Lösungsweg
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 5: Typenschild eines Frequenzumrichters

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • C II (2): Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Materialgebundene Aufgabe mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 6: Vorteile beim Einsatz von Frequenzumrichtern

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation • D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A3 III (1): Die Funktion von Schaltungen zur Ansteuerung von Motoren mithilfe von Impuls- / Zeitdiagrammen erläutern • B II (7): Statische und dynamische Kennwerte aus Diagrammen grafisch ermitteln • C III (2): Technische Prozesse unter Verwendung von Darstellungsformen erläutern • D III (1): Funktionalität von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen bewerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten • Fachwissen - Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen • Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeit mit Diagrammen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik • Reflexion (D) - RB2: Elektrotechnische Funktionseinheiten, Geräte, Schaltungen und Programme in den Teilsystemen eines technischen Systems
Aufgabenart	Materialgebundene Aufgabe mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	20 Minuten

6.4 Aufgabenbeispiel 4: Digitaler Kalender

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Funktionsblöcke des digitalen Kalenders
- Teilaufgabe 2:** Zähler für die Tage
- Teilaufgabe 3:** Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“
- Teilaufgabe 4:** Einsatz des Multiplexer 74153N
- Teilaufgabe 5:** Taktsignal mit NE555
- Teilaufgabe 6:** 7-Segment Ansteuerung mit FET
- Teilaufgabe 7:** Kalender mit Mikrocontroller
- Teilaufgabe 8:** RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle
- Teilaufgabe 9:** Ablauf Tage-Zähler
- Teilaufgabe 10:** Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

- Anhang 1:** Blockschaltbild des Digitalkalenders
- Anhang 2:** Schaltplan des Digitalkalenders
- Anhang 3:** Datenblattauszug des Zählers 74190N
- Anhang 4:** Datenblattauszug des Multiplexers 74153N

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Abb. 1 zeigt einen digitalen Kalender.

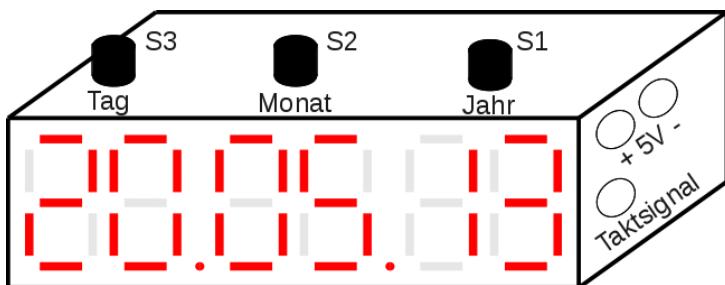


Abb. 1: Digitalkalender

Mit Taster S3 kann der Tag, mit Taster S2 der Monat und mit Taster S1 das Jahr eingestellt werden. Der Schaltung wird ein Taktsignal(Clock)-Signal zugeführt. Der digitale Kalender benötigt eine externe 5V Spannungsversorgung.

Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des digitalen Kalenders

Die Schaltung des digitalen Kalenders ist in Anhang 2 abgebildet. Die Funktionsweise der Schaltung zeigt das Blockschaltbild in Anhang 1. Jede Schaltungskomponente in der Schaltung kann eindeutig einem Funktionsblock aus dem Blockschaltbild zugeordnet werden. In der Tabelle 1 ist beispielhaft eine Zeile ausgefüllt.

Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Funktionsblöcke und Bauelemente einander zu.

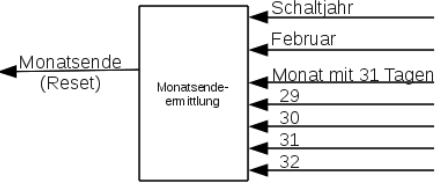
Funktionsblock	Name des ICs	Bezeichnung des ICs
	V7	74190N
		
		7420N
	V8/1	

Tabelle 1: Zuordnung von Funktionsblock zu Schaltungskomponenten

Teilaufgabe 2: Zähler für die Tage

In Abb. 3 ist ein Ausschnitt aus der Schaltung aus Anhang 2 mit den Zählern für die Tage zu sehen. In Abb. 4 ist das Signal-Zeit-Diagramm der beiden Zähler V4 und V7 dargestellt.

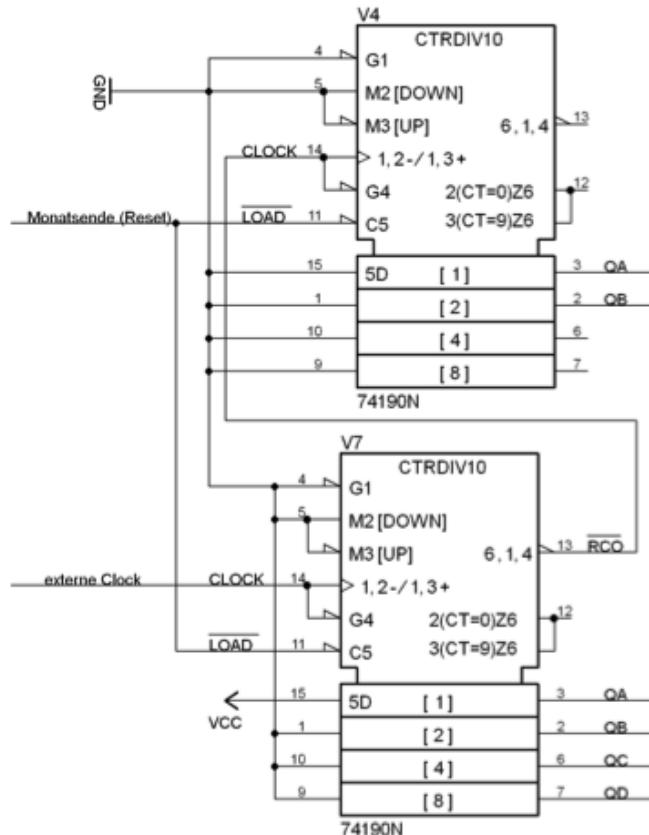


Abb. 3: Schaltungsausschnitt Zähler für die Tage

Der Zähler V4 zählt die Zehnerstelle und Zähler V7 die Einerstelle. Beide Zähler erhalten in dem Fall, der im Signal-Zeit-Diagramm in Abb. 4 dargestellt ist, einen Reset ($\overline{Load} = 0$) nach dem 31. Tag. Nach dem Reset beginnt der Zähler V7 wieder bei 1 zu zählen, da der nächste Monat mit dem 1. beginnt.

Am Anfang des Diagrammes zeigen Q_A und Q_B von V4 die Zehnerstelle „2“ und Q_A bis Q_D von V7 die Einerstelle „0“ (Zählerwert = 20). Es folgen die Zählerwerte 21 und 22, die noch vollständig eingezeichnet sind.

Im Anhang 3 ist ein Ausschnitt aus dem Datenblatt des IC 74190 gegeben, der zeigt, wie sich \overline{RCO} (Übertrag) in Abhängigkeit vom Zählerwert und dem Takt(Clock)-signal verhält.

Zeichnen Sie die Signalverläufe von Q_A , Q_B und CLOCK des Zählers V4 und \overline{RCO} (Übertrag) von V7 in das untenstehende Signal-Zeit-Diagramm Abb. 4.

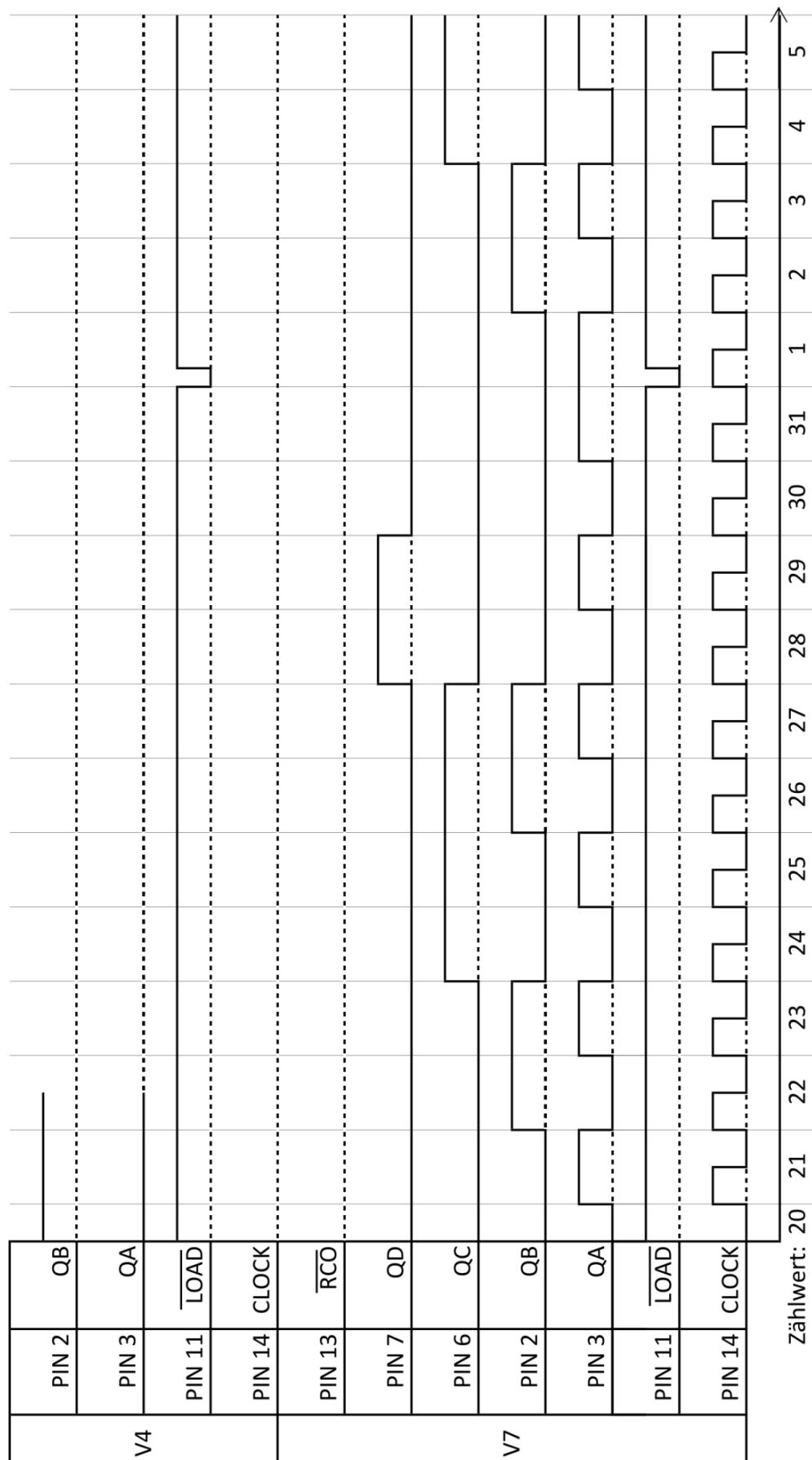


Abb. 4: Signal-Zeit-Diagramm V4, V7

Teilaufgabe 3: Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“

Im Schaltplan des Digitalkalenders im Anhang 2 befindet sich der Funktionsblock „Digitalschaltung 1“. Die folgende Abb. 5 zeigt einen vereinfachten Schaltungsausschnitt.

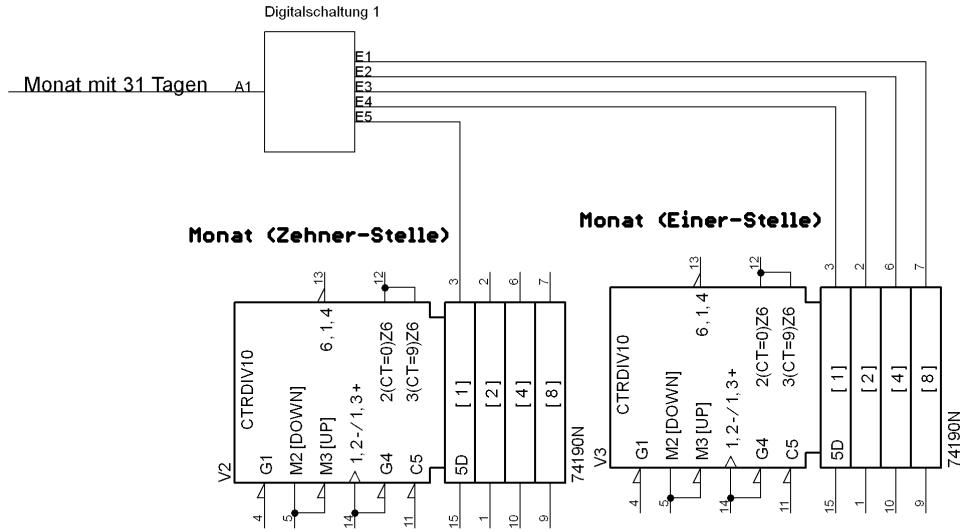


Abb. 5: Vereinfachter Schaltungsausschnitt „Digitalschaltung 1“

Zu dem Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ gehört die Funktionstabelle, die in Abb. 6 gezeigt ist. Eingangssignale sind PIN 3, 2, 6, 7 des Monatszählers für die Einer-Stelle V3 und PIN 3 des Monatszählers für die Zehnerstelle V2. Die Schaltung liefert nur dann eine ‚1‘ als Logikpegel am Ausgang, wenn ein Monat mit 31 Tagen vorliegt.

Zeichnen Sie das zugehörige Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ aus Anhang 1.

Funktionsstabelle “Digitalschaltung 1”							
Monat	Nr.	E5	E4	E3	E2	E1	A1
		(V2/PIN 3)	(V3/PIN7)	(V3/PIN6)	(V3/PIN2)	(V3/PIN3)	(Monat mit 31 Tagen)
/	0	0	0	0	0	0	0
Januar	1	0	0	0	0	1	1
Februar	2	0	0	0	1	0	0
März	3	0	0	0	1	1	1
April	4	0	0	1	0	0	0
Mai	5	0	0	1	0	1	1
Juni	6	0	0	1	1	0	0
Juli	7	0	0	1	1	1	1
August	8	0	1	0	0	0	1
September	9	0	1	0	0	1	0
/	10	0	1	0	1	0	0
/	11	0	1	0	1	1	0
/	12	0	1	1	0	0	0
/	13	0	1	1	0	1	0
/	14	0	1	1	1	0	0
/	15	0	1	1	1	1	0
Oktober	16	1	0	0	0	0	1
November	17	1	0	0	0	1	0
Dezember	18	1	0	0	1	0	1
/	...						0
/	31	1	1	1	1	1	0

Abb. 6: Funktionstabelle Reset Tages-Zähler

Teilaufgabe 4: Einsatz des Multiplexers 74153

In Abb. 7 ist der Multiplexer aus der Schaltung „Digitalkalender“ (Anhang 2) dargestellt.

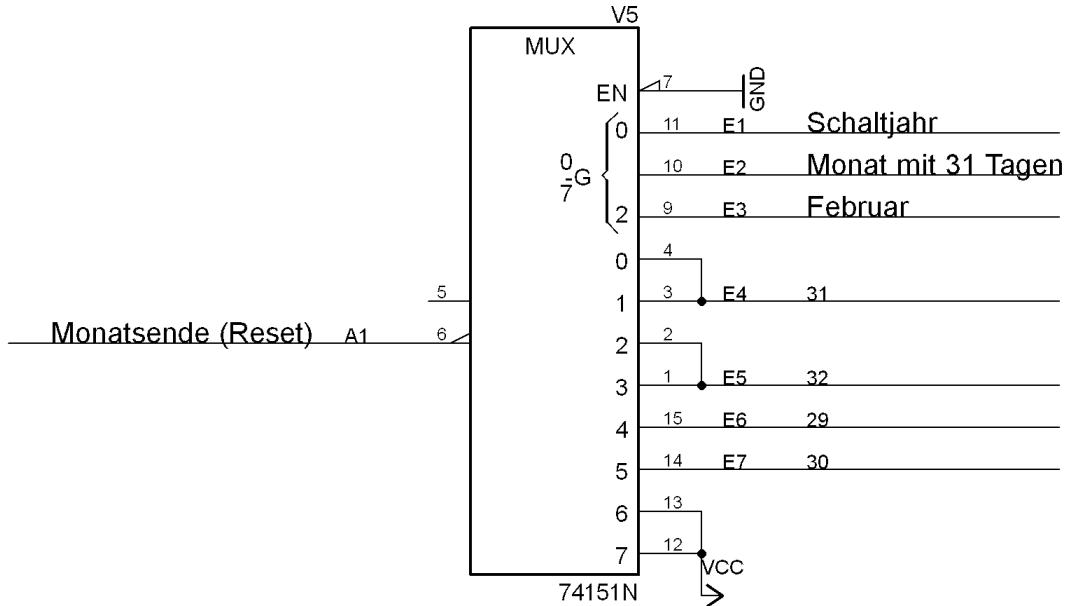


Abb. 7: Multiplexer aus dem Digitalkalender

Er bekommt folgende Eingangssignale: „Februar“, „Monat mit 31 Tagen“, „Schaltjahr“, „29“, „30“, „31“, „32“ und produziert das Signal „Monatsende (Reset)“.

Aus den Eingangssignalen berechnet der Multiplexer das Reset Signal „Monatsende (Reset)“ für die Tageszähler. Wenn zum Beispiel kein Schaltjahr vorliegt und der aktuelle Monat Februar ist, dann wird beim Zählerstand 29 ein Reset erzeugt. Der Reset wird unmittelbar erzeugt, sodass der 29. nicht als Tag angezeigt wird. Nach dem 28. (Februar) kommt der 1. (März). Dieses Signal wird auch dazu verwendet, die Monate hochzuzählen.

Im Fehlerfall, wenn „Monat mit 31 Tagen“ und Februar ,1‘ sind, soll sofort ein Reset erfolgen.

Die Funktionstabelle in Abb. 8 stellt diesen Zusammenhang übersichtlich dar.

Schaltjahr	Monat mit 31 Tagen	Februar	31	32	29	30	Monatsende (Reset)
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	A1
0	0	0	1	0	0	0	1
1	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0	1
0	0	1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1
0	1	1	X	X	X	X	1
1	1	1	X	X	X	X	1

Abb. 8: Funktionstabelle Multiplexer

Der Multiplexer V5 (74151N) soll durch zwei Multiplexer des Typs 74153N ersetzt werden.

Im Anhang 4 ist ein Auszug aus dem Datenblatt des Multiplexers ICs 74153N gegeben.

Entwickeln Sie auf der folgenden Seite in Abb. 9 eine Multiplexerschaltung mit der Funktion des in der Kalenderschaltung verwendeten Multiplexers aus zwei 74153N.

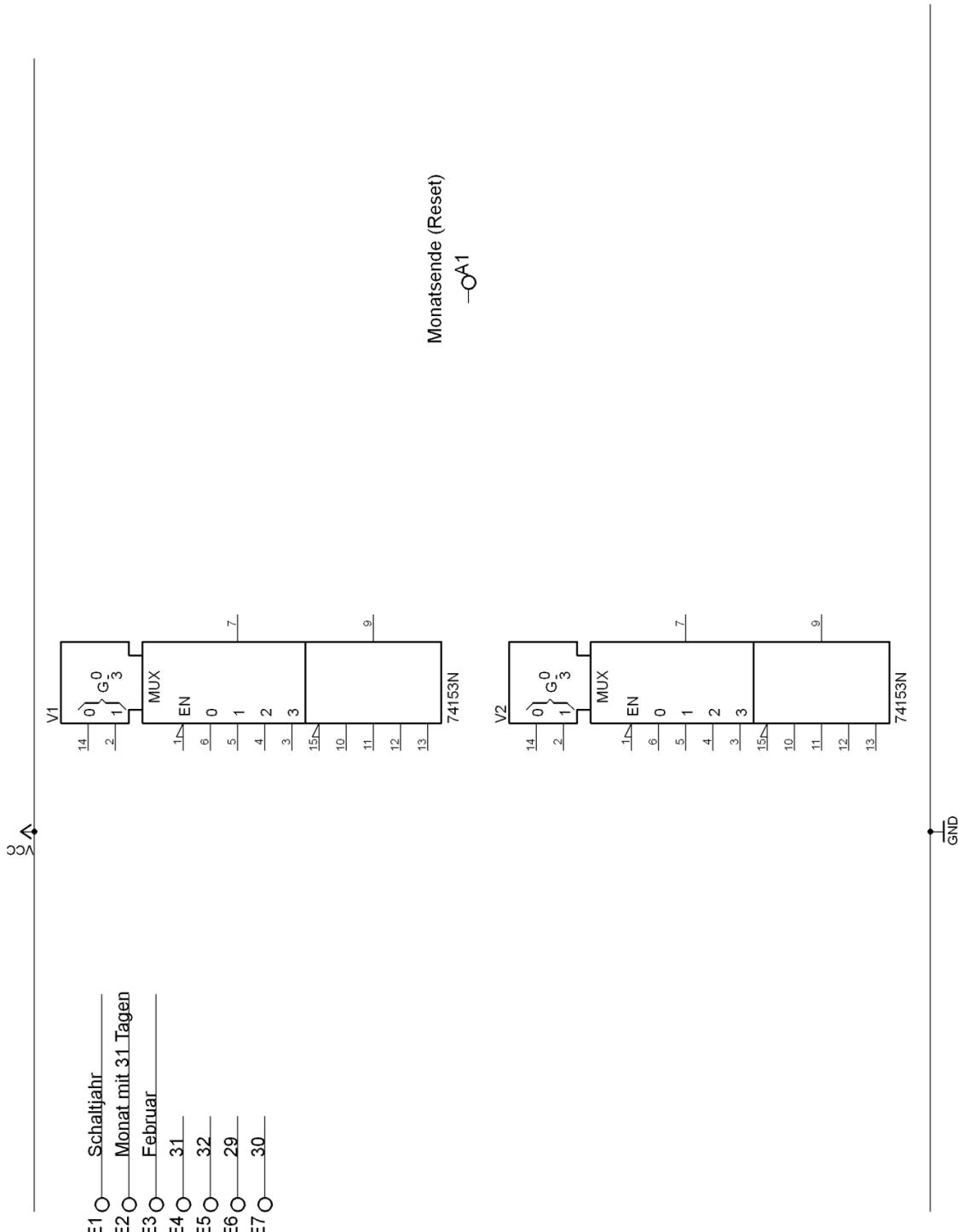


Abb. 9: Schaltung mit zwei 74153

Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

Die Schaltung Digitalkalender benötigt ein externes Taktsignal mit der Periodendauer $T = 24\text{h}$ bzw. $f = 1,16\mu\text{Hz}$. Bei jedem Takt wird ein Tag hochgezählt. Das Signal wird erzeugt, wie in Abb. 10 dargestellt.

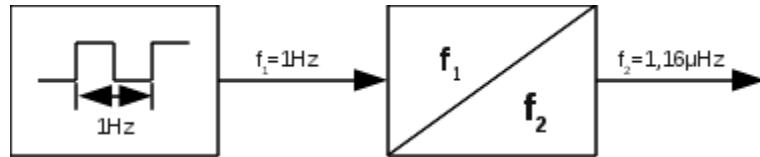


Abb. 10: Blockschaltbild Taktgenerator

Zunächst wird mit Hilfe eines NE555 ein 1Hz-Signal erzeugt, das mit Frequenzteilen auf $1,16\mu\text{Hz}$ heruntergeteilt wird. Die Schaltung in Abb. 11 soll das 1Hz-Signal erzeugen.

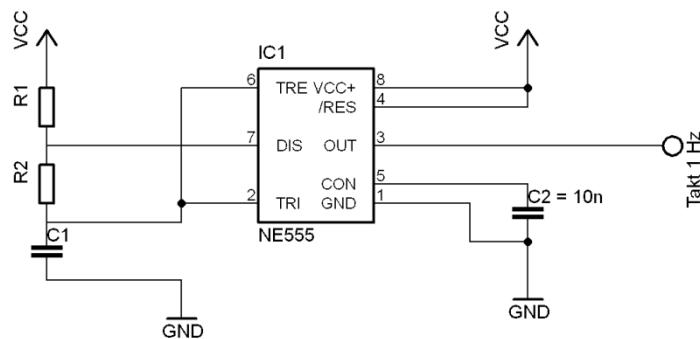


Abb. 11: Schaltung NE555

Die Frequenz des Signals an OUT des NE555 in Abb. 11 berechnet sich wie folgt:

$$t_{ein} = (R_1 + R_2) \cdot C \cdot 0,693$$

$$t_{aus} = R_2 \cdot C \cdot 0,693$$

Für die Schaltung stehen Widerstände der E24 Normreihe von $1\text{k}\Omega$ bis $100\text{k}\Omega$ zur Verfügung.

Der Kondensator kann im Bereich von $1\mu\text{F}$ bis $1000\mu\text{F}$ gewählt werden.

Dimensionieren Sie die Widerstände R1, R2 und den Kondensator C1.

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

Die Siebensegmentanzeige für die Zehnerstelle der Monatsanzeige zeigt entweder eine 0 oder eine 1 an. Daher ist der Codeumsetzer 74LS48N (IC6) nicht nötig und kann durch einen Feldeffekttransistor (FET) ersetzt werden. Es steht ein PMOS-FET zur Verfügung. Dieser soll dafür sorgen, dass die benötigten Widerstände vor LED2 entsprechend der anzulegenden Ziffer mit Spannung versorgt werden. Einige der Widerstände vor LED2 können permanent mit Spannung versorgt werden. Das Signal zur Ansteuerung des FET kommt von PIN3 des ICs V2.

Die Segmente sind, wie in Abb. 12 gezeigt, angeschlossen.

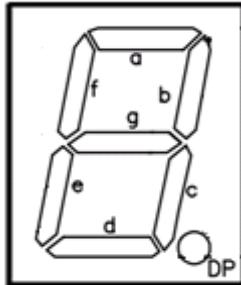


Abb. 12: 7-Segment-Anzeige

Zeichnen Sie die Schaltung des FET in Abb. 13 ein.



Abb. 13: Ansteuerung LED2

Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

Der Digitalkalender soll durch eine Mikrocontrollerschaltung ersetzt werden.

Erörtern Sie Vor- und Nachteile der Realisierung als Mikrocontrollerschaltung gegenüber der Digitalschaltung aus Anhang 2.

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

In der Schaltung in Abb. 14 ist der Zähler 74190N (V2) für die Zehnerstelle der Monatsanzeige aus Anhang 2 durch ein RS-FlipFlop ersetzt worden.

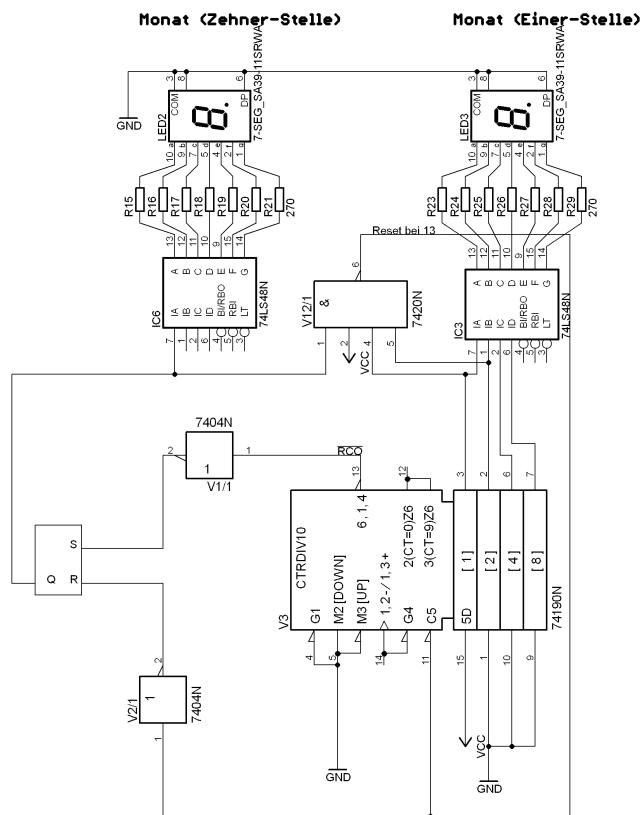


Abb. 14: Monatzähler mit RS-FF

Beschreiben Sie die Funktion des RS-Flipflops im Zusammenhang mit den abgebildeten Komponenten.

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

In Anhang 1 ist der digitale Kalender mit Hilfe eines Blockschaltbildes dargestellt. Die Beziehung zwischen den Blöcken ist durch Flüsse beschrieben. Ausgehend von dem Blockschaltbild kann die Funktion einer Schaltung oder eines Teiles der Schaltung beschrieben werden.

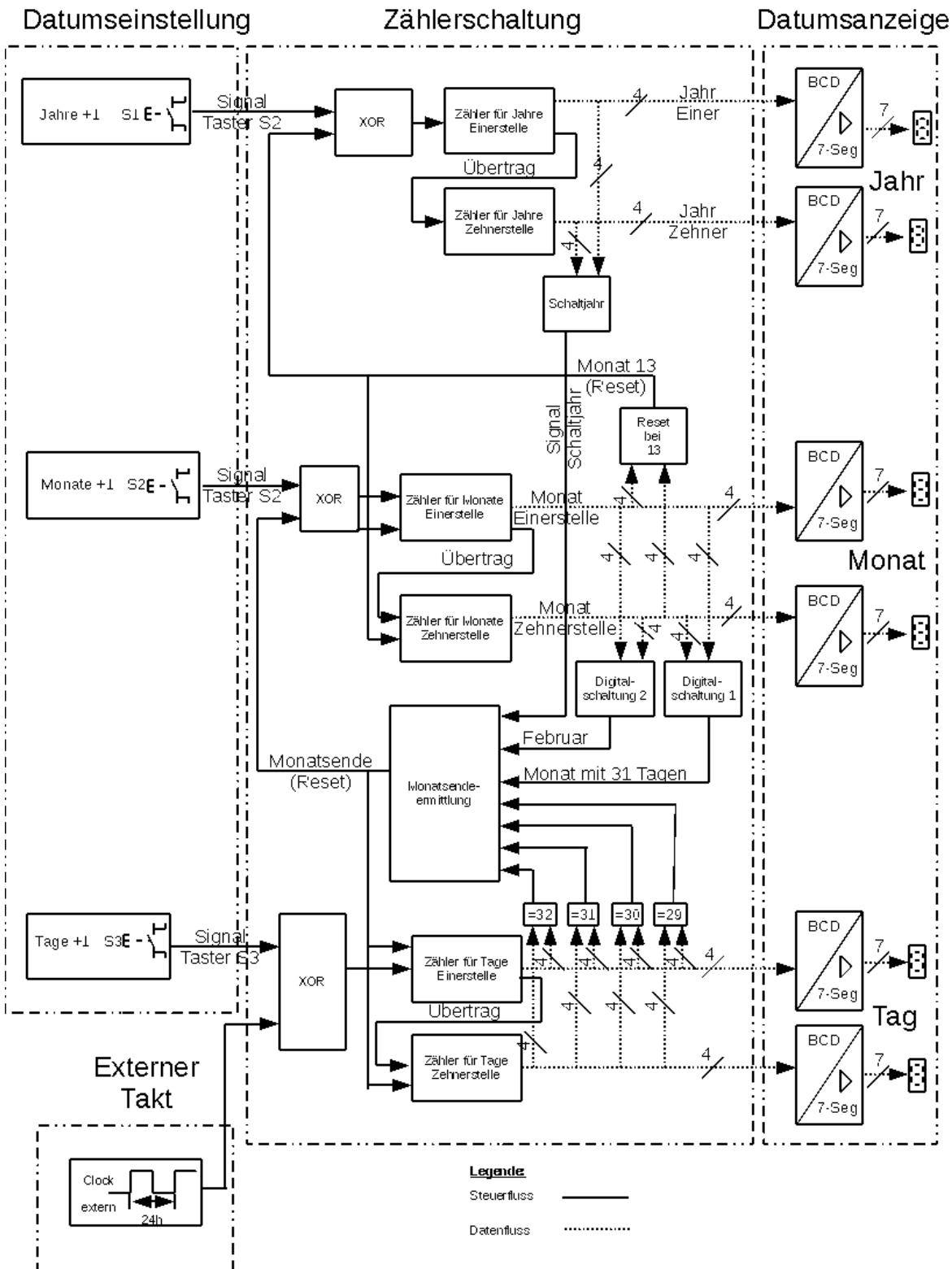
Beschreiben Sie den Ablauf des Zählens der Tage mit einem Programmablaufplan.

Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

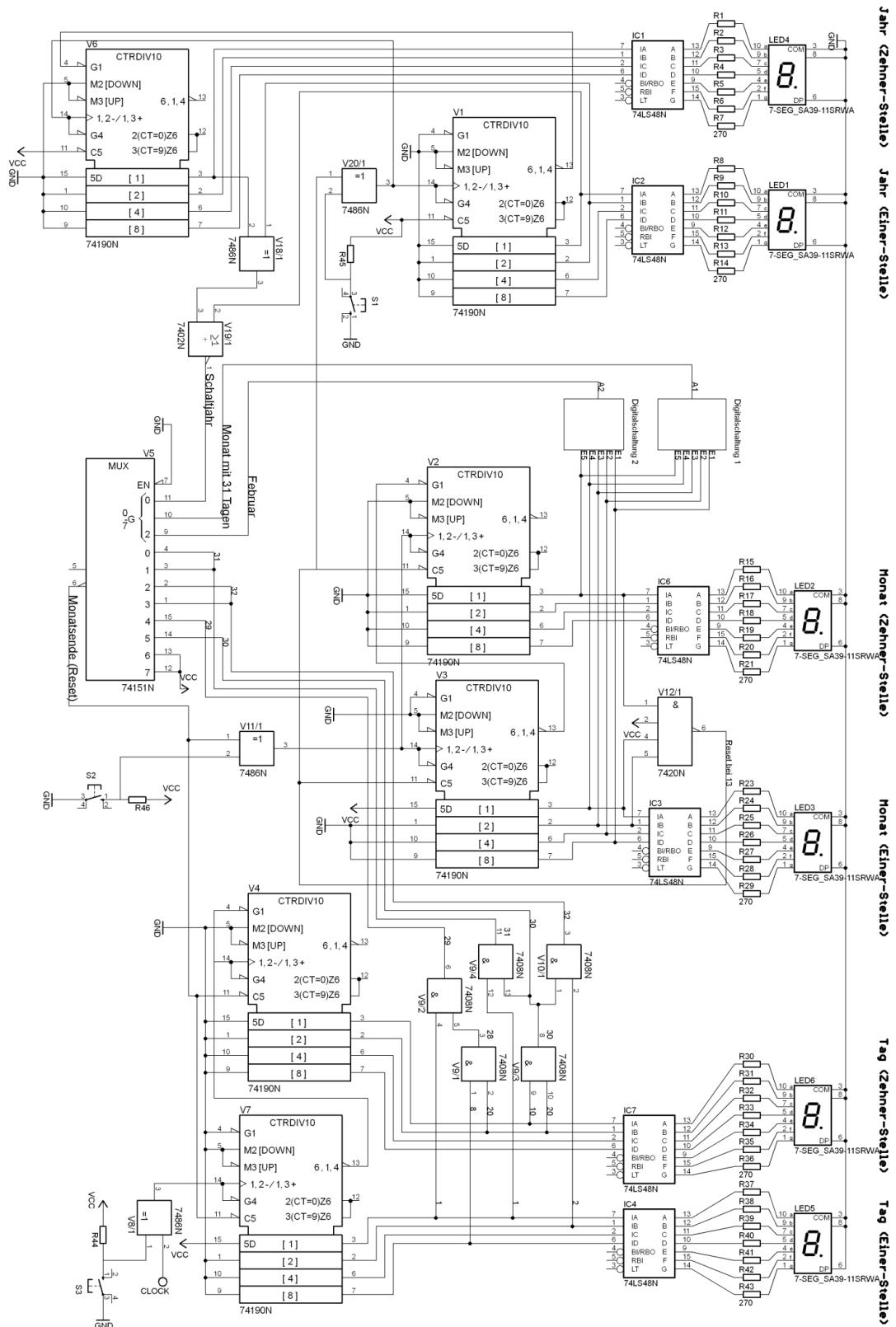
Der digitale Kalender ist eine in sich abgeschlossene Funktionseinheit. Er kann aber auch als Teil in anderen Schaltungen oder einem Gerät genutzt werden. So können einmal entwickelte Schaltungen effizient verwertet werden.

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten und Voraussetzungen für die Nutzung des digitalen Kalenders in anderen Schaltungen.

Anhang 1: Blockschaltbild des Digitalkalenders



Anhang 2: Schaltplan des Digitalkalenders



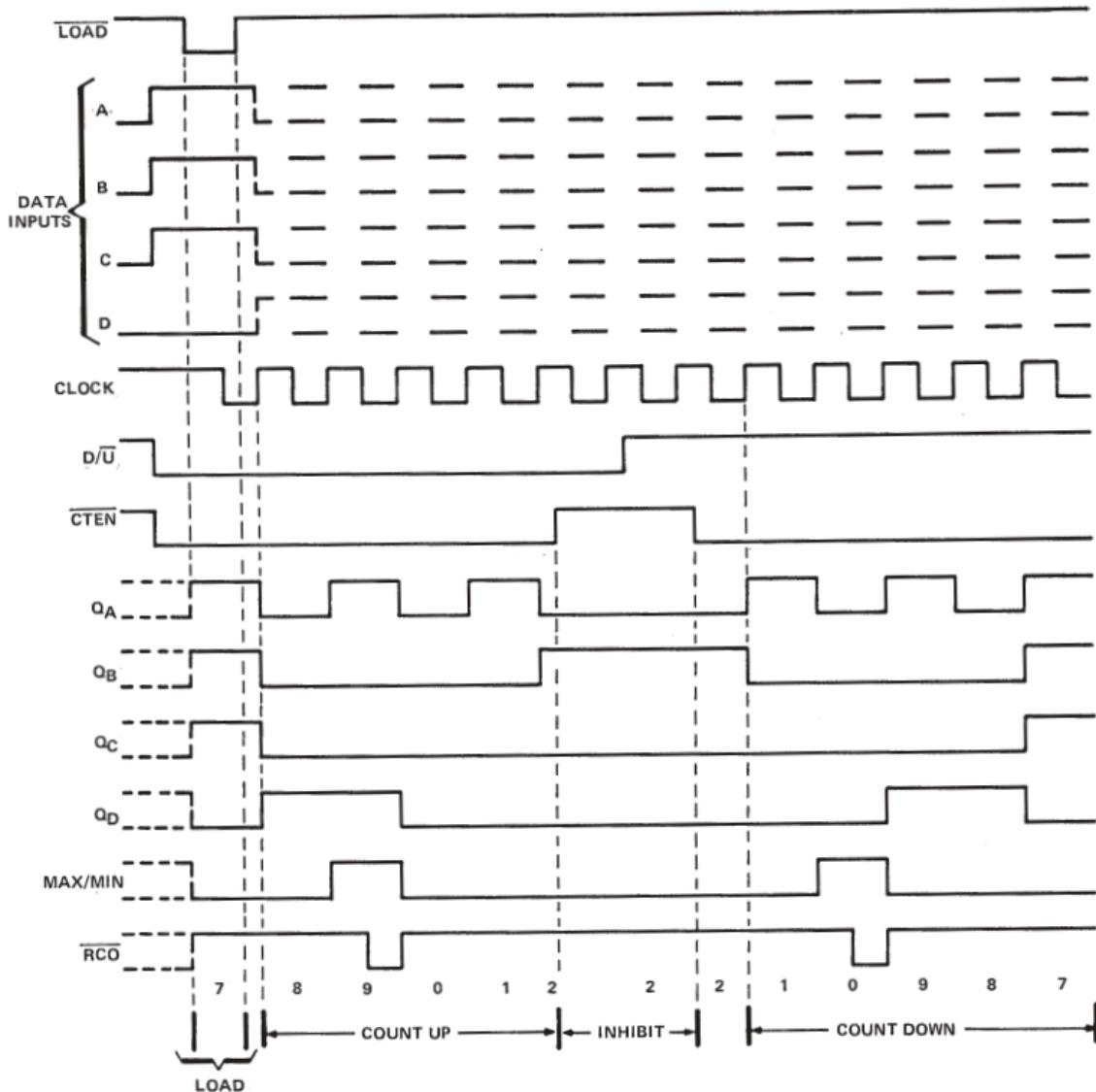
Anhang 3: Datenblattauszug des Zählers 74190N

'190, 'LS190 DECADE COUNTERS

typical load, count, and inhibit sequences

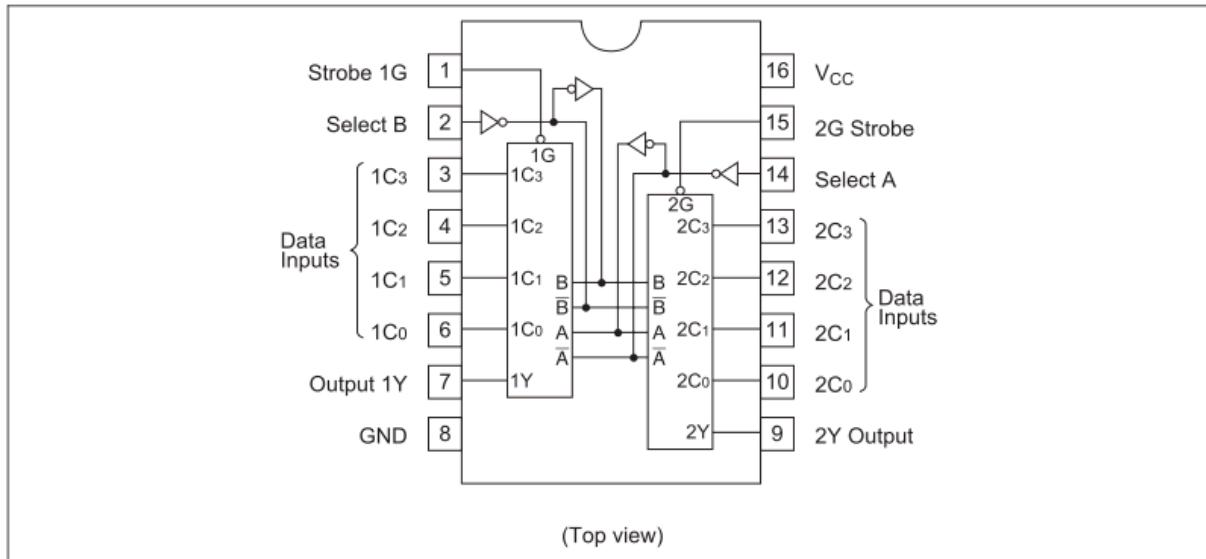
Illustrated below is the following sequence:

1. Load (preset) to BCD seven.
2. Count up to eight, nine (maximum), zero, one, and two.
3. Inhibit.
4. Count down to one, zero (minimum), nine, eight, and seven.



Anhang 4: Datenblattauszug des Multiplexers 74153N

Pin Arrangement



Function Table

Select		Inputs						Strobe G	Outputs Y
B	A	C0	C1	C2	C3				
X	X	X	X	X	X			H	L
L	L	L	X	X	X			L	L
L	L	H	X	X	X			L	H
L	H	X	L	X	X			L	L
L	H	X	H	X	X			L	H
H	L	X	X	L	X			L	L
H	L	X	X	H	X			L	H
H	H	X	X	X	L			L	L
H	H	X	X	X	H			L	H

H ; high level, L ; low level, X ; irrelevant

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des Kalenders**

Ordnen Sie in der Tabelle 1 die Funktionsblöcke und Bauelemente einander zu.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Name des ICs nennen (V5)		1
Funktionsblock zeichnen für "Reset bei 13"		1
Ein- und Ausgangssignale von Reset bezeichnen		2
Bezeichnung des ICs nennen (7488N)		1
Funktionsblock zeichnen für „Schaltjahr“		1
Ein- und Ausgangssignale von „Schaltjahr“ bezeichnen		2

Musterlösung:

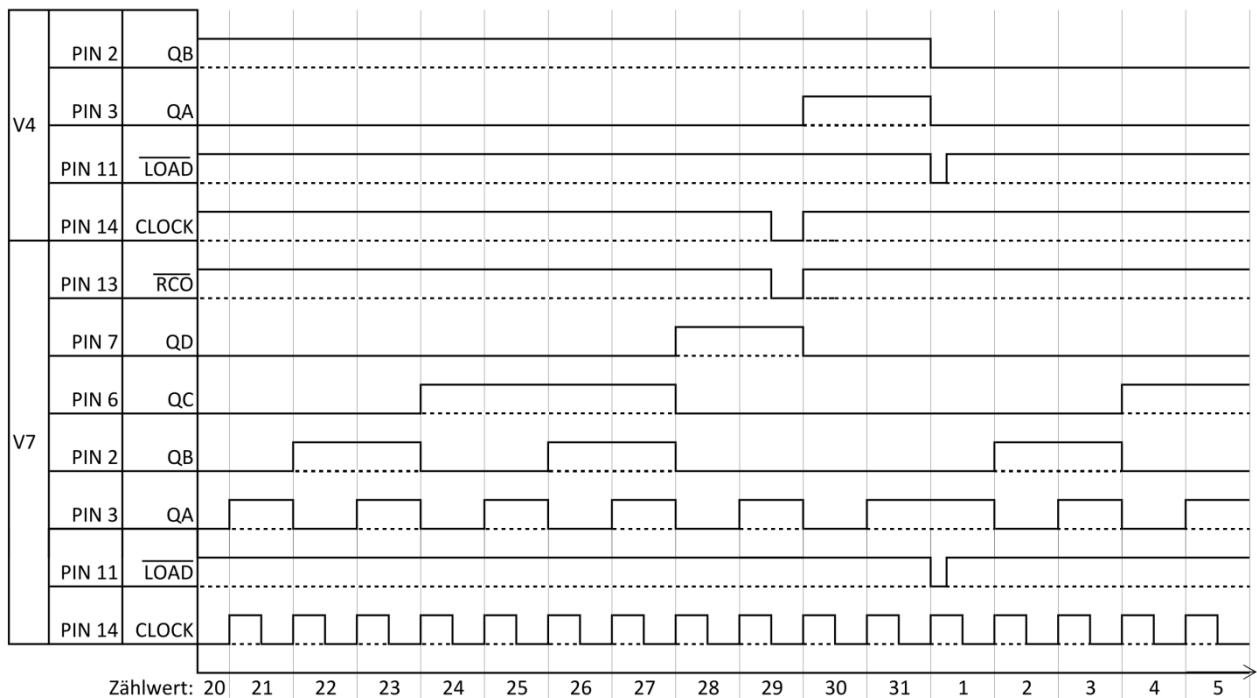
Funktionsblock	Name des ICs	Bezeichnung des ICs
	V7	74190N
	V5	74151N
	V12/1	7420N
	V8/1	7488N

Teilaufgabe 2: Zähler

Zeichnen Sie die Signalverläufe von Q_A , Q_B und CLOCK des Zählers V4 und \overline{RCO} (Übertrag) von V7 in das untenstehende Signal-Zeit-Diagramm Abb. 4.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Zehnerstelle korrekt hochzählen (Q_A , Q_B von V4)	II	1
Zehnerstelle bei \overline{LOAD} auf 00 gesetzt (Q_A , Q_B von V4)	II	1
\overline{RCO} zeigt eine neg. Flanke beim Zahlenwert 9, wenn am Clock-Eingang des Zählers eine negative Flanke ist (bei V7)	II	1
\overline{RCO} zeigt eine pos. Flanke mit der nächsten positiven Flanke am Clock-Eingang (bei V7)	II	1
Clock an V4 zeigt denselben Verlauf wie \overline{RCO} an V7	II	1

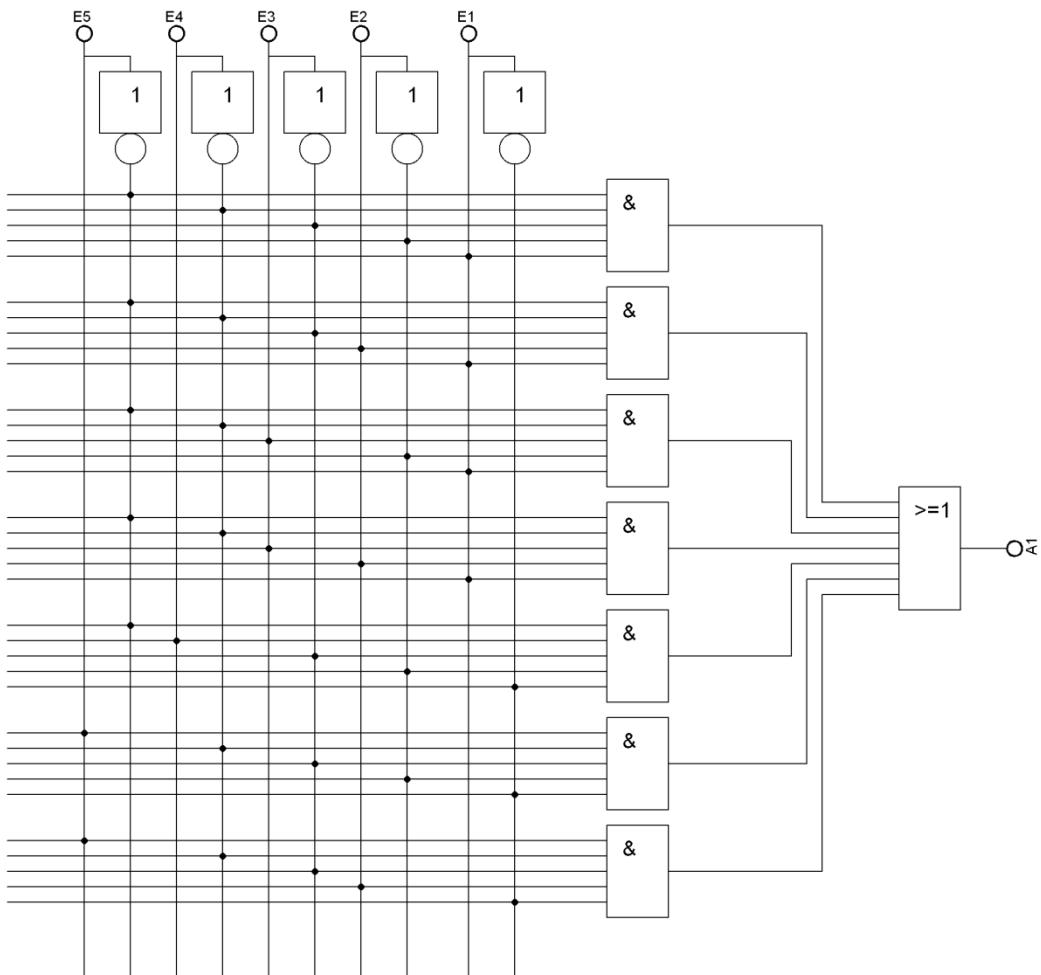
Musterlösung:



Teilaufgabe 3: Reset Tages-Zähler

Zeichnen Sie das zugehörige Schaltnetz für den Funktionsblock „Digitalschaltung 1“ aus Anhang 1.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Logiksymbol NOT für jeden Eingang	II	5
Je Minterm, der in eine UND Verknüpfung entsprechend der Funktionstabelle umgewandelt wurde, 1P	II	7
Oder Verknüpfung der Ausgänge der UND-Bausteine	II	1

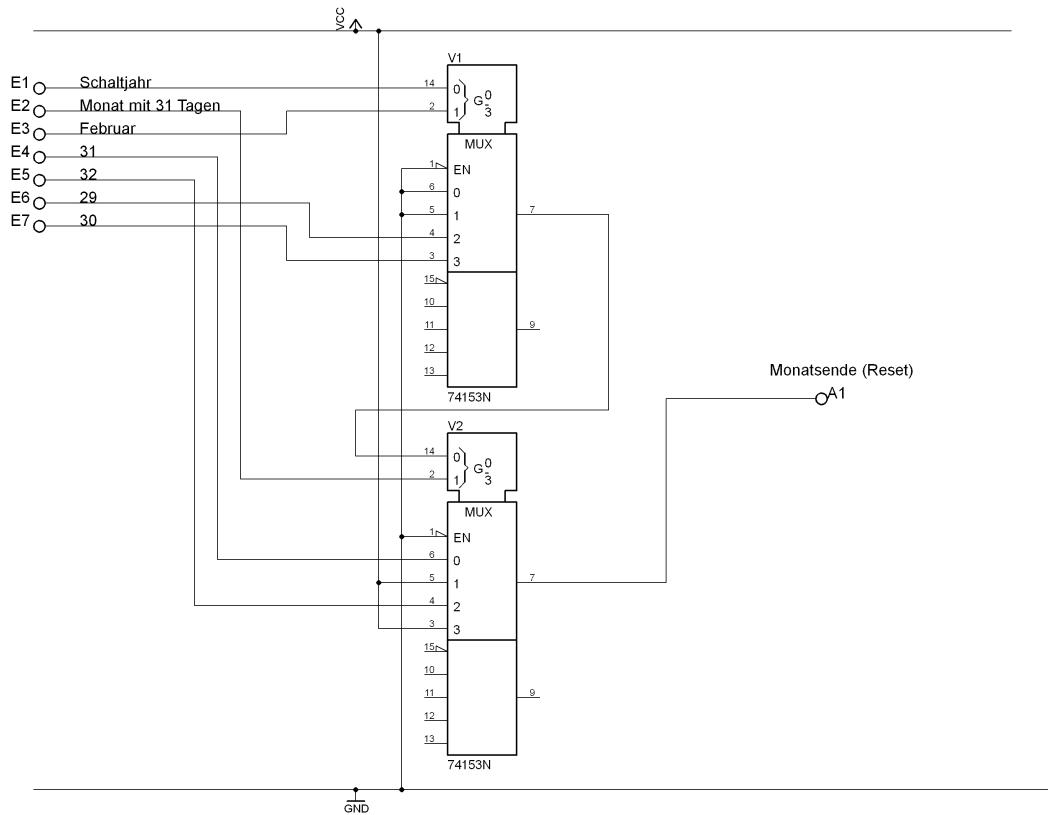
Musterlösung:

Teilaufgabe 4: Multiplexer durch zwei 74298N ersetzen

Entwickeln Sie auf der folgenden Seite in Abb. 9 eine Multiplexerschaltung mit der Funktion des in der Kalenderschaltung verwendeten Multiplexers aus zwei 74153N.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Eingangsvariablen E1-E3 auf Steuereingänge gesetzt je 1P	III	3
Signalgebende Leitungen E4-E7 auf Multiplexereingänge je 1P	III	4
Nichtbenötigte Eingänge auf GND	II	1
Auswahl für Signal von erstem MUX auf VCC (V2 PIN1)	III	1
Kaskadierung	III	1
Enable auf GND	II	1
Wahl eines Signals für den unmöglichen Fall, dass die PINs 14 und 2 an V2 beide 1 sind	III	1

Musterlösung:



Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

Dimensionieren Sie die Widerstände R1, R2 und den Kondensator C1.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Festlegung des Kondensators	II	1
Festlegung Verhältnis $f_{\text{ein}}/f_{\text{aus}}$	III	1
Formel und Umformung	II	10
Normreihengerechte Auswahl	II	1

Musterlösung:

1. Festlegung: $C=10\mu F$
2. Das Verhältnis von t_{ein} zu t_{aus} kann nicht 1/1 sein, da $R1$ sonst 0Ω hätte. Daher wird das Verhältnis auf 2/1 festgelegt.

$$T = t_{\text{ein}} + t_{\text{aus}}$$

$$T = 2 \cdot t_{\text{aus}} + t_{\text{aus}}$$

$$T = 3 \cdot t_{\text{aus}}$$

$$t_{\text{aus}} = \frac{T}{3}$$

$$R_2 \cdot C \cdot 0,693 = \frac{T}{3}$$

$$R_2 = \frac{T}{3 \cdot C \cdot 0,693}$$

$$R_2 = \frac{1s}{3 \cdot 10\mu F \cdot 0,693}$$

$$R_2 = 48,10k\Omega$$

$$R_1 = R_2$$

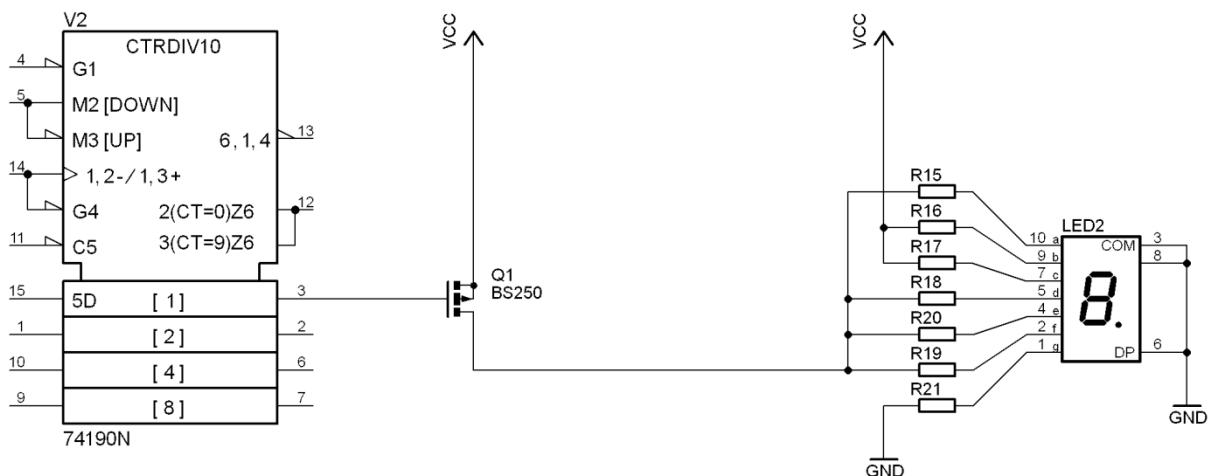
$$R_{1,E12} = R R_{2,E12} = 47k\Omega$$

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

Zeichnen Sie die Schaltung des FET in Abb. 13 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Segmente b und c an Vcc angeschlossen	II	1
Segment g an GND angeschlossen	II	1
Restliche Segmente an Drain vom FET angeschlossen	II	1
Source vom FET an Vcc angeschlossen	II	1
Gate an PIN3 von V2 angeschlossen	II	1

Musterlösung:



Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

Erörtern Sie Vor- und Nachteile der Realisierung als Mikrocontrollerschaltung gegenüber der Digitalschaltung aus Anhang 2.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Nennt wenigstens einen Vorteil	I	1
Nennt wenigstens einen Nachteil	I	1
Schlussfolgerung	III	1

Musterlösung:Vorteile

- weniger Bauteile
 - weniger Planung
 - weniger Einkauf
 - weniger Platzierung
 - weniger Verdrahtung
- Fertigungsaufwand sinkt
- Preis sinkt
- Schaltung ist durch Umprogrammierung flexibel in der Funktion

Nachteile

- andere Arbeitsumgebung als zur Schaltungsentwicklung
- PC mit Software zur Programmierung nötig
- zusätzliche Hardware (Verbindungskabel/Programmiergerät/-adapter) nötig.
- Besondere zusätzliche Qualifizierung der Entwickler nötig

Insgesamt scheint aus den genannten Gründen die Umsetzung des digitalen Kalenders mit einem Mikrocontroller attraktiver.

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

Beschreiben Sie die Funktion des RS-Flipflops im Zusammenhang mit den abgebildeten Komponenten.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Je richtig zugeordnetem Signal 1Punkt des RS-Flipflop	II	3
Je richtig zugeordnetem Signal der Inverter 1 Punkt	II	2
Interpretation der Signale je 1 Punkt	III	5
Benennung der Inverter	I	2

Musterlösung:

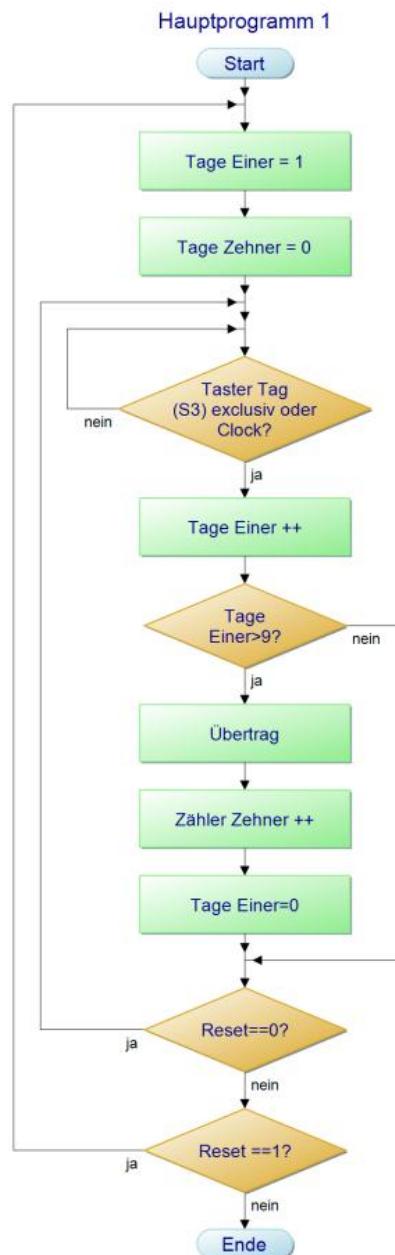
Das FlipFlop hat zwei Eingänge. Der Setzen-Eingang ist verbunden mit dem Ausgang von V1/1. Bei V1/1 handelt es sich um einen Inverter. Der Inverter bekommt sein Signal vom Ausgang PIN 13 von V3. Es handelt sich dabei um \overline{RCO} des Zählers. Dieser Ausgang wird Null bei einem Übertrag. Diese Null wandelt der Inverter in eine Eins um. Somit wird das FlipFlop bei einem Übertrag gesetzt.

Der Rücksetz-Eingang ist an den Ausgang von V2/1 angeschlossen. V2/1 ist ein Inverter. Der Eingang des Inverters ist an V12/1 angeschlossen. V12/1 ist ein NAND-Gatter. Das Ausgangssignal des Gatters trägt den Namen „Reset bei 13“. Der IC gibt nur dann eine Null am Ausgang aus, wenn der Zählerwert 13 ist. Die Zehnerstelle muss somit vom Ausgang des RS-FlipFlop abgelesen werden. Somit erfüllen die beiden Inverter zusammen mit dem RS-Flipflop die Funktion des ersetzen Zählers V2.

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

Beschreiben Sie den Ablauf des Zählens der Tage mit einem Programmablaufplan.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Startzustand Tage 01	II	1
Hochzählen	II	1
Übertrag bei 9	II	1
Zehner hochzählen	II	1
Reset	II	2

Musterlösung:

Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

Nennen Sie Anwendungsmöglichkeiten und Voraussetzungen für die Nutzung des digitalen Kalenders in anderen Schaltungen.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Nennt mindestens 3 Einsatzmöglichkeiten	1	3

Musterlösung:

- Radiowecker
- Videorecorder
- Kaffeemaschine
- Waschmaschine

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Funktionsblöcke des Kalenders

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A2 I (4): Schaltnetze, Schaltwerke und Blocksymboldarstellung einander zuordnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 2: Zähler

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A2 II (1): Das Verhalten von Schaltnetzen oder Schaltwerken durch verbale Erklärungen, Signal-Zeit-Verläufe, Wertetabellen, Funktionsgleichungen, Ausgangszustände oder Bitfolgen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine / Umgang mit Datenblättern Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart	Materialgebundene Aufgabe
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 3: Reset Tages-Zähler

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke aus Grundbausteinen erstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug

Bearbeitungszeit	10 Minuten
------------------	------------

Teilaufgabe 4: Multiplexer durch zwei 74298N ersetzen

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A2 III (2): Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbausteine / Umgang mit Datenblättern Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 5: Taktsignal mit NE555

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Methodenbeherrschung (B) - B3: Dimensionieren
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 6: 7-Segment Ansteuerung mit FET

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundschatungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 7: Kalender mit Mikrocontroller

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> D III (2): Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder Programm diskutieren
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Reflexion (D) - RB1: Determinanten der Technik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 8: RS-FlipFlop als Speicher für die Monats-Zehnerstelle

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A2 II (4): Schaltnetze oder Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 9: Ablauf Tage-Zähler

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 10: Einsatzmöglichkeiten des Digitalkalenders

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> D I (1): Einsatzmöglichkeiten von elektrotechnischen Schaltungen, Geräten oder Programmen in technischen Teilsystemen beschreiben DI (2): Die Verwendung von elektrotechnischen Schaltun-

	gen, Geräten oder Programmen der Alltagswelt (Haushalt) darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none">• Reflexion (D) - RB1: Determinanten der Technik• Reflexion (D) - RB3: Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

6.5 Aufgabenbeispiel 5: Rolltorsteuerung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Anhang 1: Schaltplan des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung

Anhang 2: Daten von Zeitrelais

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Die Abb. 1 zeigt das Technologieschema des Rolltores einer Industriehalle. Innerhalb der Halle wird das Tor über ein Bedienfeld und von außen über Schlüsseltaster betrieben. Mit dem Taster S0 kann das Rolltor gestoppt werden.

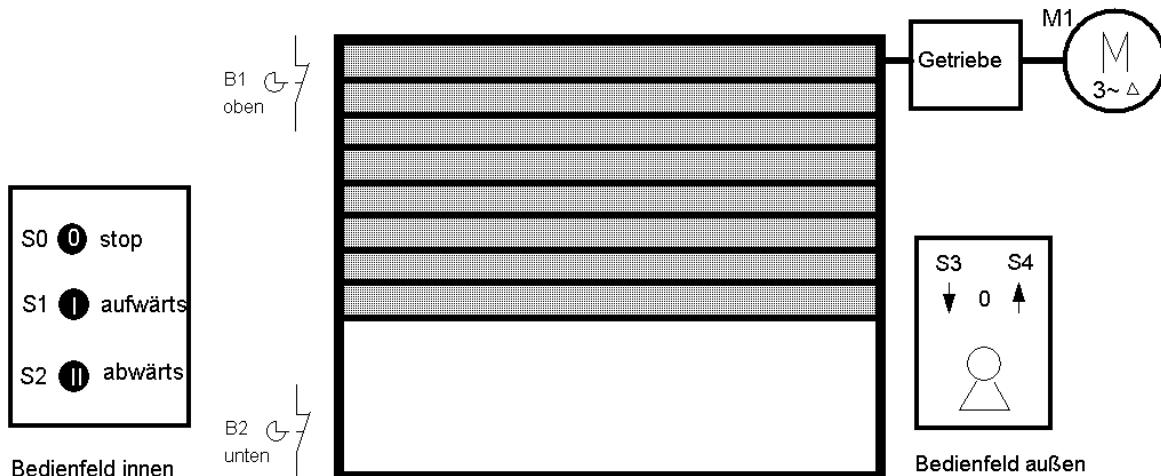


Abb. 1: Technologieschema der Rolltorsteuerung

Funktion bei Bedienung von außen:

Beim Betätigen des Schlüsselschalters S4 fährt das Tor nach oben, mit S3 nach unten. Der Schlüssel muss nur kurzzeitig nach rechts oder nach links gedreht werden und nicht für die Dauer des gesamten Vorgangs eingesteckt bleiben.

Funktion bei Bedienung von innen:

Betätigung des Tasters S1: Tor fährt aufwärts

Betätigung des Tasters S2: Tor fährt abwärts

Funktion von B1 und B2

Der Torantrieb schaltet bei Erreichen der beiden Endpositionen durch die Sensoren B1 und B2 ab.

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Die technischen Daten des Drehstromasynchronmotors befinden sich auf dem Leistungsschild in der Abb. 2.

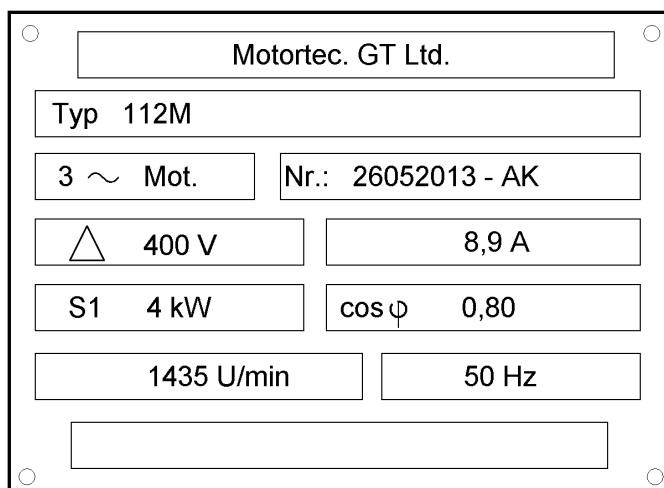


Abb. 2: Leistungsschild des Motors

Bestimmen Sie die Polpaarzahl und den Schlupf in Prozent des im Rolltor eingesetzten Motors.

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Der Antriebsmotor M1 des Rolltores soll sowohl im Linkslauf (Tor aufwärts) als auch im Rechtslauf (Tor abwärts) mit einer Wendeschützschaltung betrieben werden. Der Steuerstromkreis ist in Anhang 1 dargestellt.

Zeichnen Sie den vollständigen Laststromkreis in Abb. 3 ein.

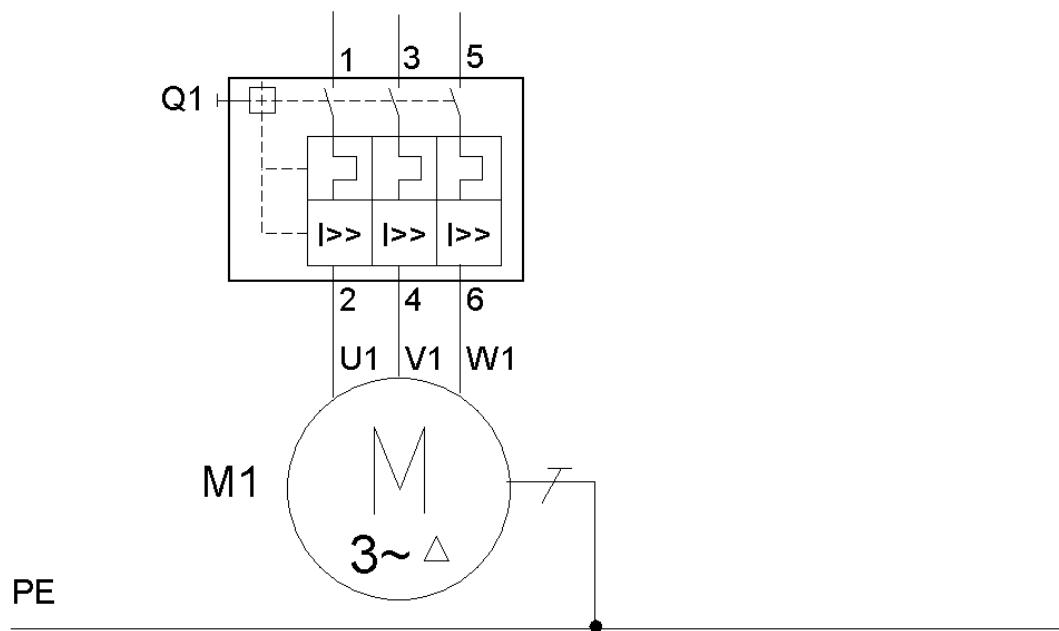
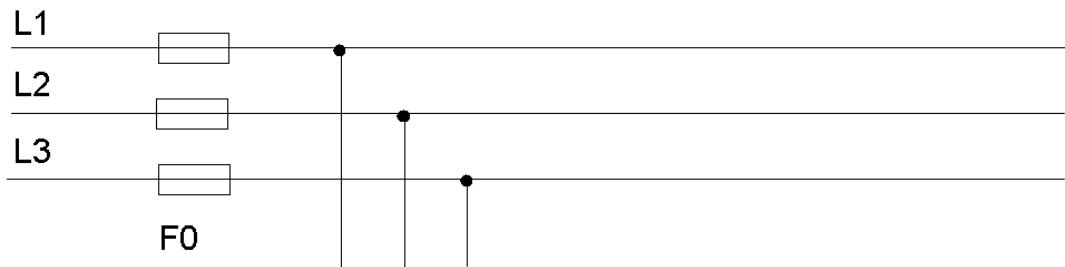


Abb. 3: Laststromkreis der Rolltorsteuerung

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Nach einer Beschädigung soll das Rolltor durch ein neues ersetzt werden. Zur Auswahl stehen drei verschiedene Rolltore in unterschiedlichen Ausführungen. Das Rolltor ist für Dauerbetrieb ausgelegt. Es wird weiterhin der Antriebsmotor aus Teilaufgabe 2 verwendet. Die Drehmomentkennlinien des Motors und der 3 Rolltore sind in der Abb. 4 dargestellt.

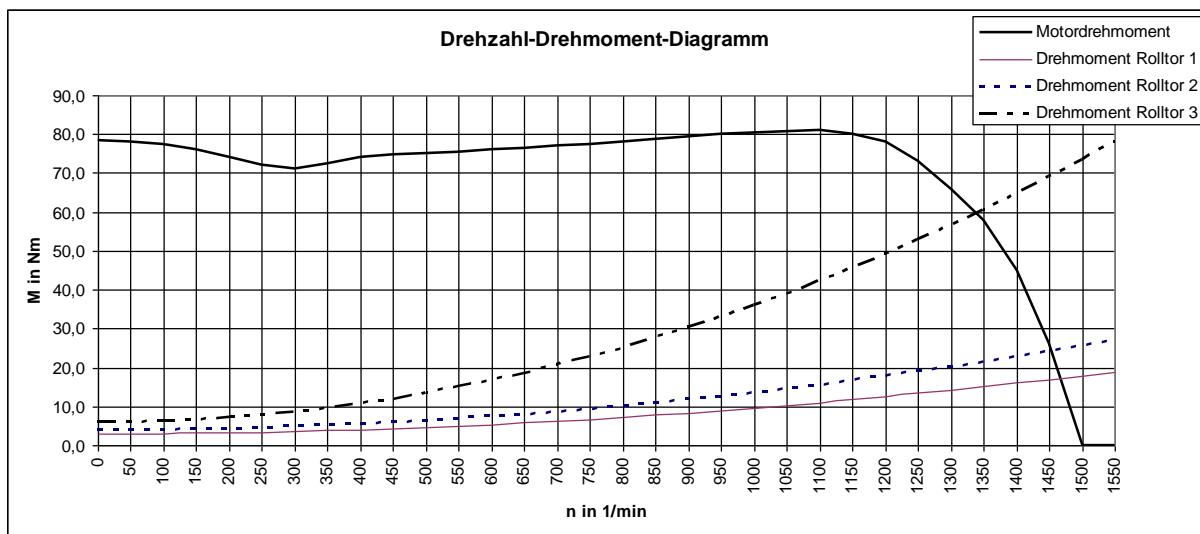


Abb. 4: Drehzahl-Drehmoment-Diagramm

Bewerten Sie die Eignung der drei Rolltore anhand des Drehmomentverlaufs für den Betrieb mit dem Motor.

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Die Arbeitsweise des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung soll mit Hilfe eines Impulsdia-gramms beschrieben werden.

Zeichnen Sie in Abb. 5 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2 ein.

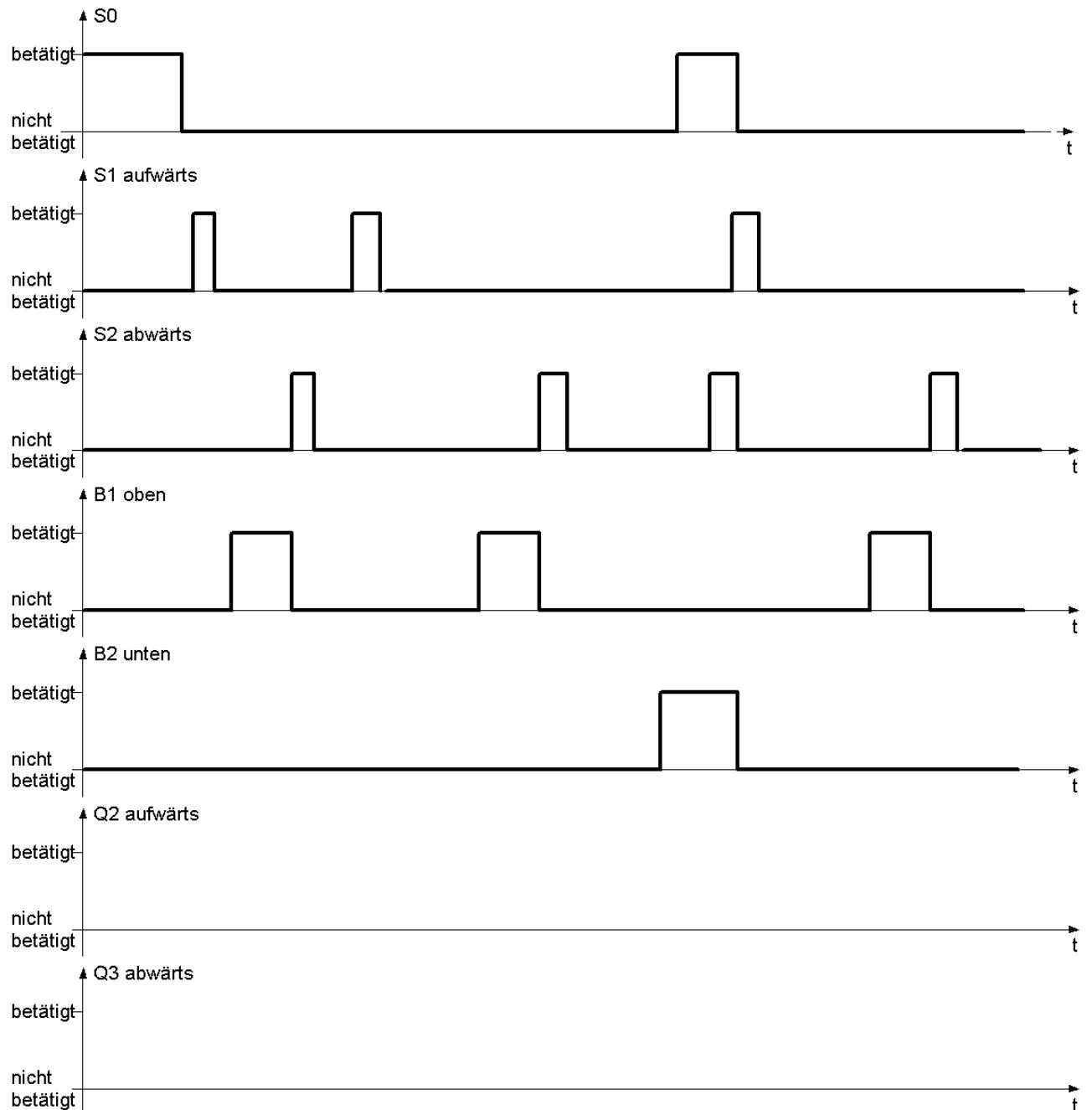


Abb. 5: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Der Steuerstromkreis aus dem Anhang 1 soll als Digitalschaltung dargestellt werden.

Die Lastschütze Q2 und Q3 sowie deren kontaktgesteuerte Schützverriegelungen müssen bestehen bleiben. Die Schalter und Taster werden ebenfalls nicht verändert. Alle Bauelemente, außer Q2 und Q3, werden an eine Spannung von 5V gelegt. Ein Verstärker gibt bei einer Eingangsspannung von 5V die benötigten 24V für die Schütze aus.

Entwickeln Sie in Abb. 6 eine Digitalschaltung, die die Funktionen des Steuerstromkreises erfüllt.

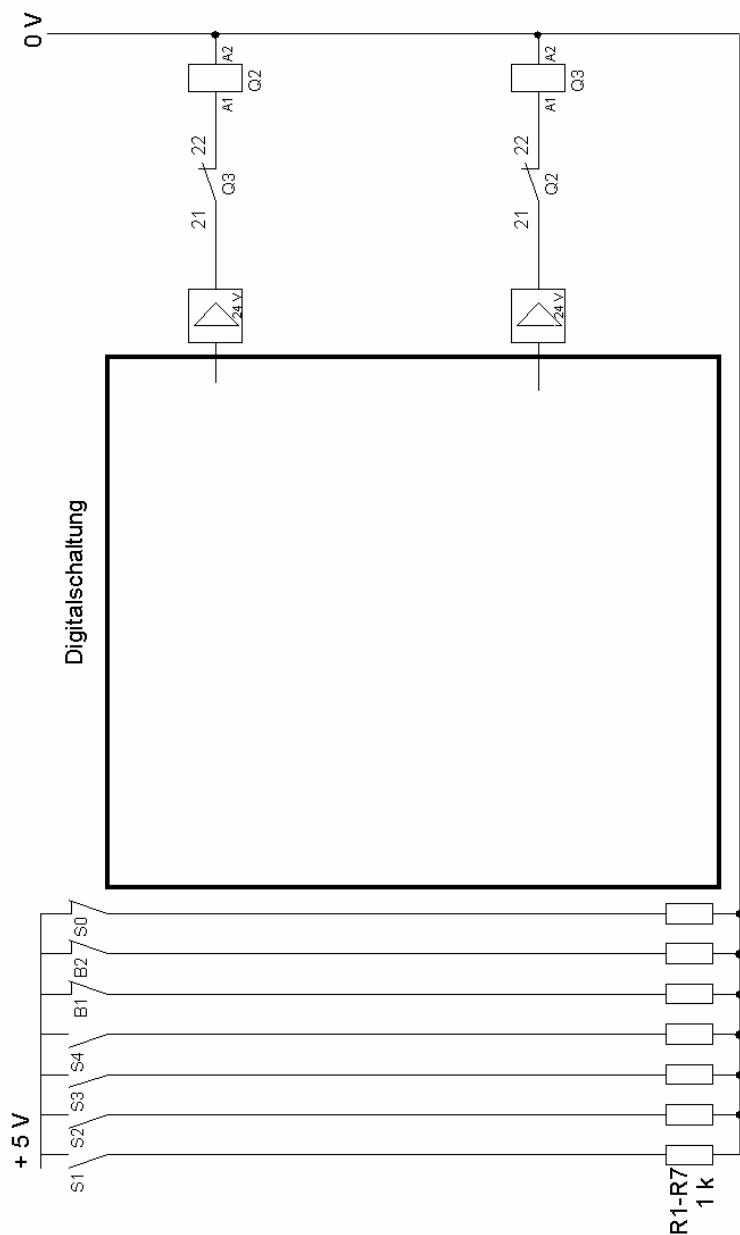


Abb. 6: Steuerung mit Digitalbausteinen

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Nach jahrelanger, häufiger Benutzung des Rolltors mit der angegebenen Steuerung tritt eine Störung auf. Das Rolltor wurde von innen mit dem Taster S1 geöffnet und fuhr bis in seine obere Endstellung. Es lässt sich aber weder mit dem Taster S2 noch mit dem Schlüsselschalter S3 wieder herunterfahren.

Nach dem manuellen Herablassen des Rolltores durch den vorhandenen Handantrieb ohne Motorunterstützung wird die erneute Aufwärtsbewegung durch den Schlüsselschalter S4 gestartet. Das Tor bewegt sich wieder aufwärts. Ungefähr in der Mitte der Aufwärtsbewegung wird der Schlüsselschalter S3 betätigt, das Tor fährt trotzdem weiter nach oben. Wird dagegen während der Aufwärtsbewegung der Taster S2 betätigt, bleibt das Tor stehen, fährt aber nicht abwärts. Beim erneuten Betätigen von S4 fährt es in die obere Endposition und lässt sich nicht mehr abwärts fahren. Die Störung soll behoben werden. Bei der Sichtkontrolle wird kein Fehler festgestellt. Es liegt also ein Defekt in einem Bauelement vor.

Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerursachen für das nicht mehr mögliche Abwärtssteuern des Rolltors.

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Bei einer Reparatur des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung wird überlegt, den Steuerstromkreis durch eine Mikrocontrollerschaltung zu ersetzen. Im Laststromkreis sollen weiterhin Schütze zum Einsatz kommen.

Bewerten Sie den angedachten Mikrocontrollereinsatz unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten.

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Um die Halle im Winter nicht zu stark durch das versehentlich offen gelassene Tor auskühlen zu lassen, soll das Rolltor eine Minute nach Erreichen der oberen Endlage (Betätigung B1) automatisch geschlossen werden. Daher soll der Steuerstromkreis um eine Zeitfunktion zum automatischen Schließen des Rolltores erweitert werden.

Wird das Tor beim Herunterfahren durch das Öffnen von S0 angehalten, so darf es beim Wiedereinschalten von S0 nicht sofort ohne weitere Tasterbetätigung nach oben oder unten fahren. Zur Erweiterung der Schaltung stehen im Anhang 2 Daten von Zeitrelais zur Verfügung.

Entwickeln Sie die Erweiterungsschaltung in Abb. 7 „Steuerstromkreis mit automatischer Schließung“.

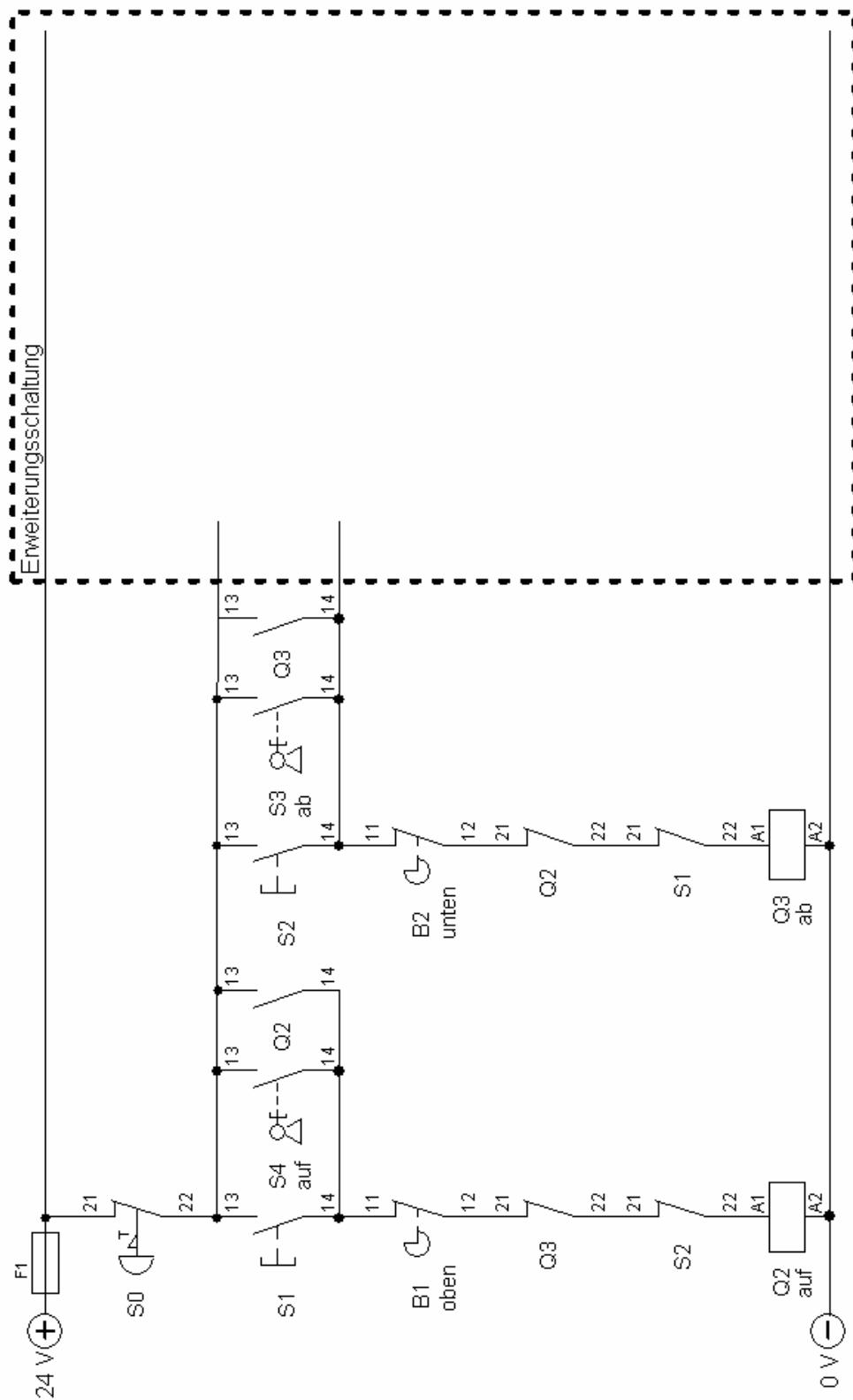
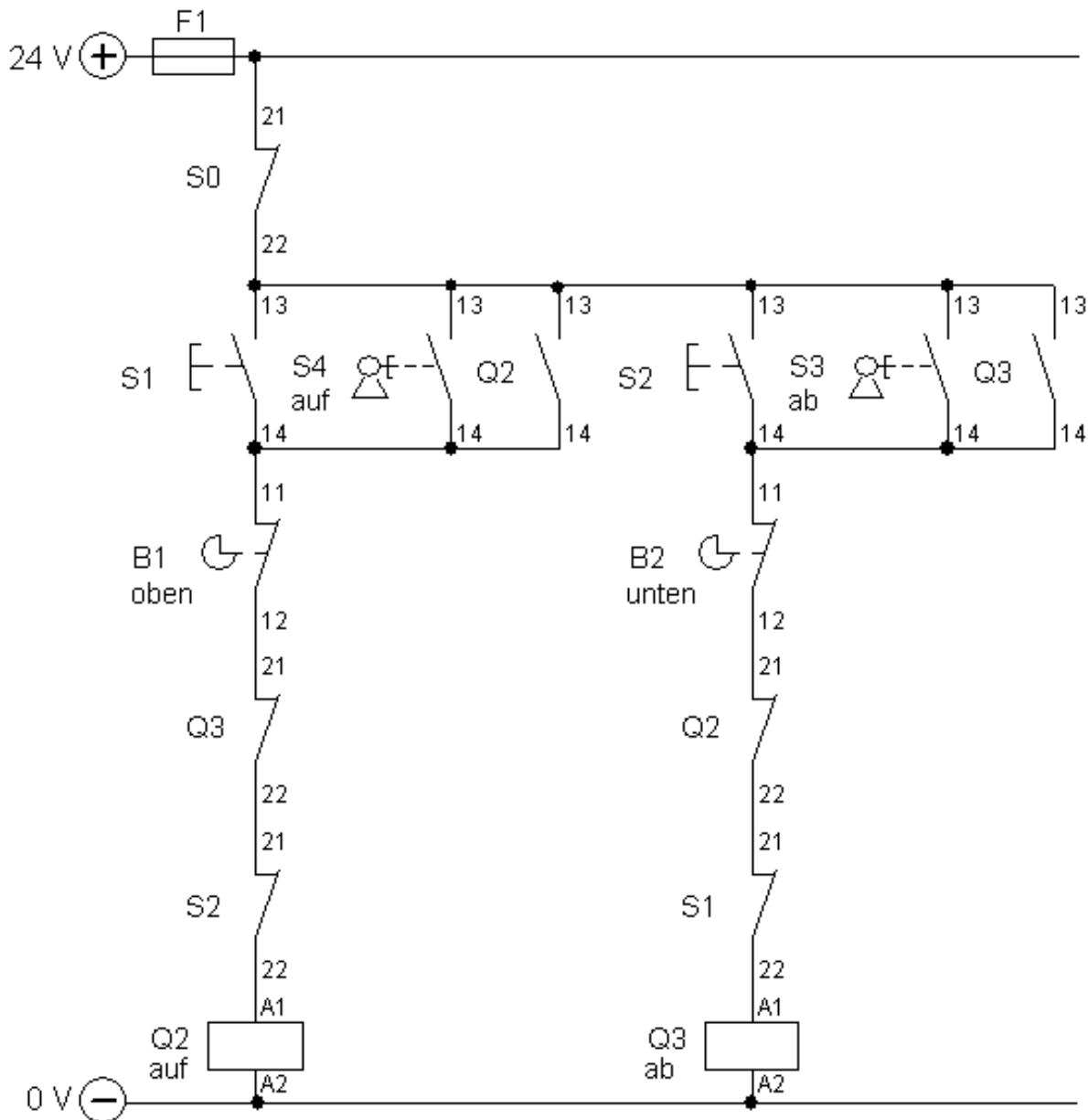
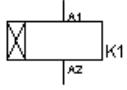
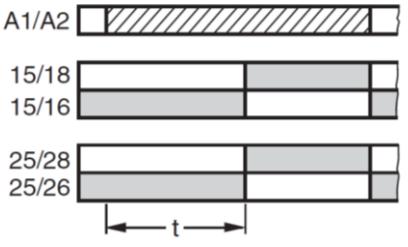
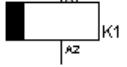
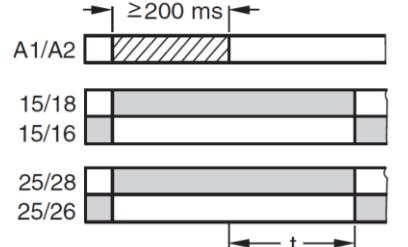


Abb. 7: Steuerstromkreis mit automatischer Schließung

Anhang 1: Schaltplan des Steuerstromkreises der Rolltorsteuerung

Abb. 8: Steuerstromkreis der Rolltorsteuerung

Anhang 2: Zur Verfügung stehenden Bauelemente / Daten von Zeitrelais

Die Schalter und Taster S0 – S4 und Endlagenschalter B1 - B2 haben jeweils folgende Kontakte: 3 NC / 3 NO

Anzahl	Bezeichnung/Name/Symbol	Kontakte/Funktion	Funktionsdiagramm
1	Q2	3 x NC / 3 x NO 3 x Lastkontakte NO	
1	Q3	3 x NC / 3 x NO 3 x Lastkontakte NO	
2	K1, K2 ansprechverzögertes Zeitrelais	Jedes Zeitrelais hat 2 Wechslerkontakte (der Bereich von t kann von 10 – 300 s eingestellt werden)	 <p>A1/A2 15/18 15/16 25/28 25/26</p> 
2	K3, K4 Rückfall- bzw. abfallverzögertes Zeitrelais	Jedes Zeitrelais hat 2 Wechslerkontakte (der Bereich von t kann von 10 – 300 s eingestellt werden)	 <p>A1/A2 15/18 15/16 25/28 25/26</p> 
2	K5, K6 Hilfsrelais	3 x NC / 3 x NO	

Legende zu den Funktionsdiagrammen:

-  Zeitrelais erregt
-  Schaltglied geschlossen
-  Schaltglied geöffnet

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors**

Bestimmen Sie die Polpaarzahl und den Schlupf in Prozent des im Rolltor eingesetzten Motors.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Stellt Formeln auf	II	2
Setzt Werte ein	II	2
Gibt Lösungen an	II	2

Musterlösung:

Formeln:

$$p = \frac{f}{n_f} = \frac{50\text{Hz}}{25\text{s}^{-1}} = 2$$

$$s\% = \frac{n_f - n}{n_f} \cdot 100\% = \frac{1500\text{min}^{-1} - 1435\text{min}^{-1}}{1500\text{min}^{-1}} \cdot 100\% = 4,33\%$$

Bei einer Drehzahl von $1500 \text{ min}^{-1} = 25 \text{ s}^{-1}$ und einer Frequenz von 50 Hz ergeben sich zwei Polpaare.

Der prozentuale Schlupf beträgt 4,33 Prozent.

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Zeichnen Sie den vollständigen Laststromkreis in Abb. 3 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Zeichnen von Q2 und Q3	II	2
Zeichnen aller Verbindungen	II	2
Bezeichnen der Schütze Q3 und Q2	II	4

Musterlösung:

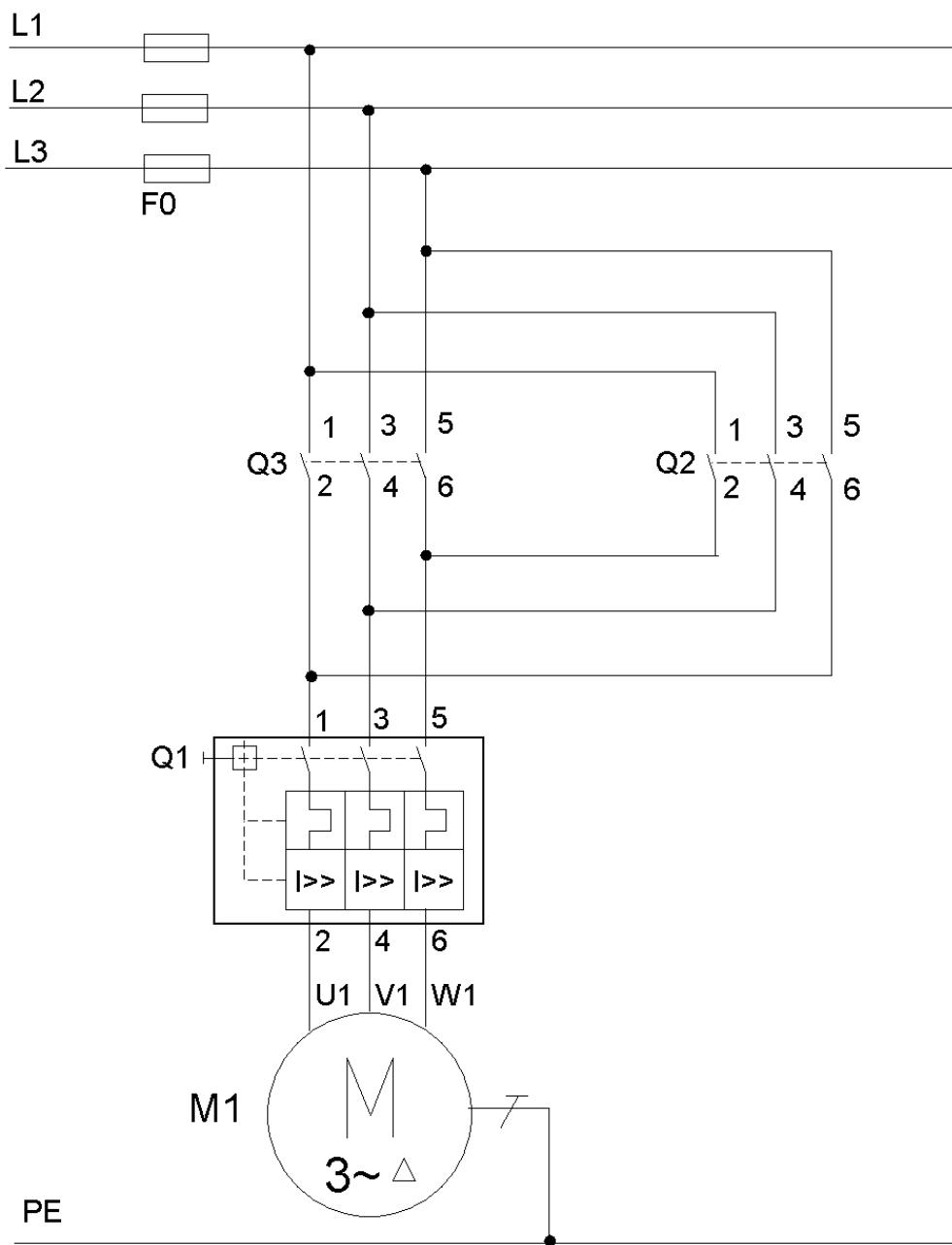


Abb. 3_L: Laststromkreis der Rolltorsteuerung -Lösung

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Bewerten Sie die Eignung der drei Rolltore anhand des Drehmomentverlaufs für den Betrieb mit dem Motor.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Bestimmen der Schnittpunkte (3x)	II	3
Aufstellen der Formel für M	II	1
Einsetzen der Werte	II	1
Ausgabe des Nenndrehmoments	II	1
Beurteilung Rolltor 1	III	1
Beurteilung Rolltor 2	III	1
Beurteilung Rolltor 3	III	1

Musterlösung:

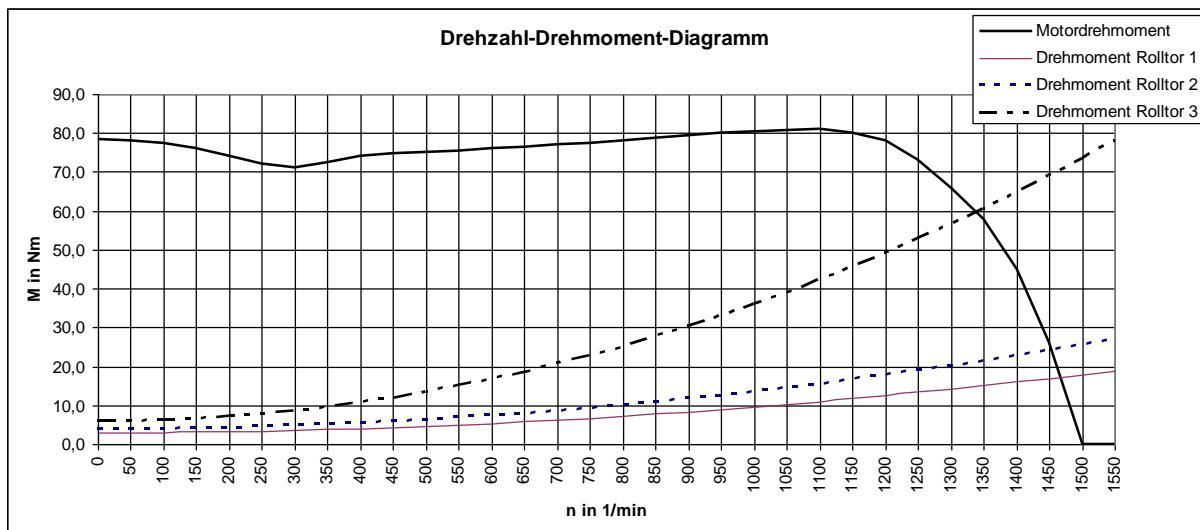


Abb. 4: Drehzahl-Drehmoment-Diagramm

Ermittlung der Schnittpunkte:

Schnittpunkt 1: Drehmoment Rolltor 1 – Motordrehmoment; 22 Nm

Schnittpunkt 2: Drehmoment Rolltor 2 – Motordrehmoment; 25 Nm

Schnittpunkt 3: Drehmoment Rolltor 3 – Motordrehmoment; 61 Nm

Nenndrehmoment des Motors:

$$M_N = \frac{P \cdot 9549}{n} = \frac{4kW \cdot 9549}{1435min^{-1}} = 26,62Nm$$

Folgende Bedingung gilt für den Zusammenhang zwischen Lastdrehmoment des Rolltors und Nenndrehmoment des Motors:

Bedingung: $M_{NRolltor} < M_{NMotor}$

Rolltor 1: $22 \text{ Nm} < M_N \rightarrow$ Bedingung erfüllt

Rolltor 2: $25 \text{ Nm} < M_N \rightarrow$ Bedingung erfüllt

Rolltor 1: $61 \text{ Nm} > M_N \rightarrow$ Bedingung nicht erfüllt

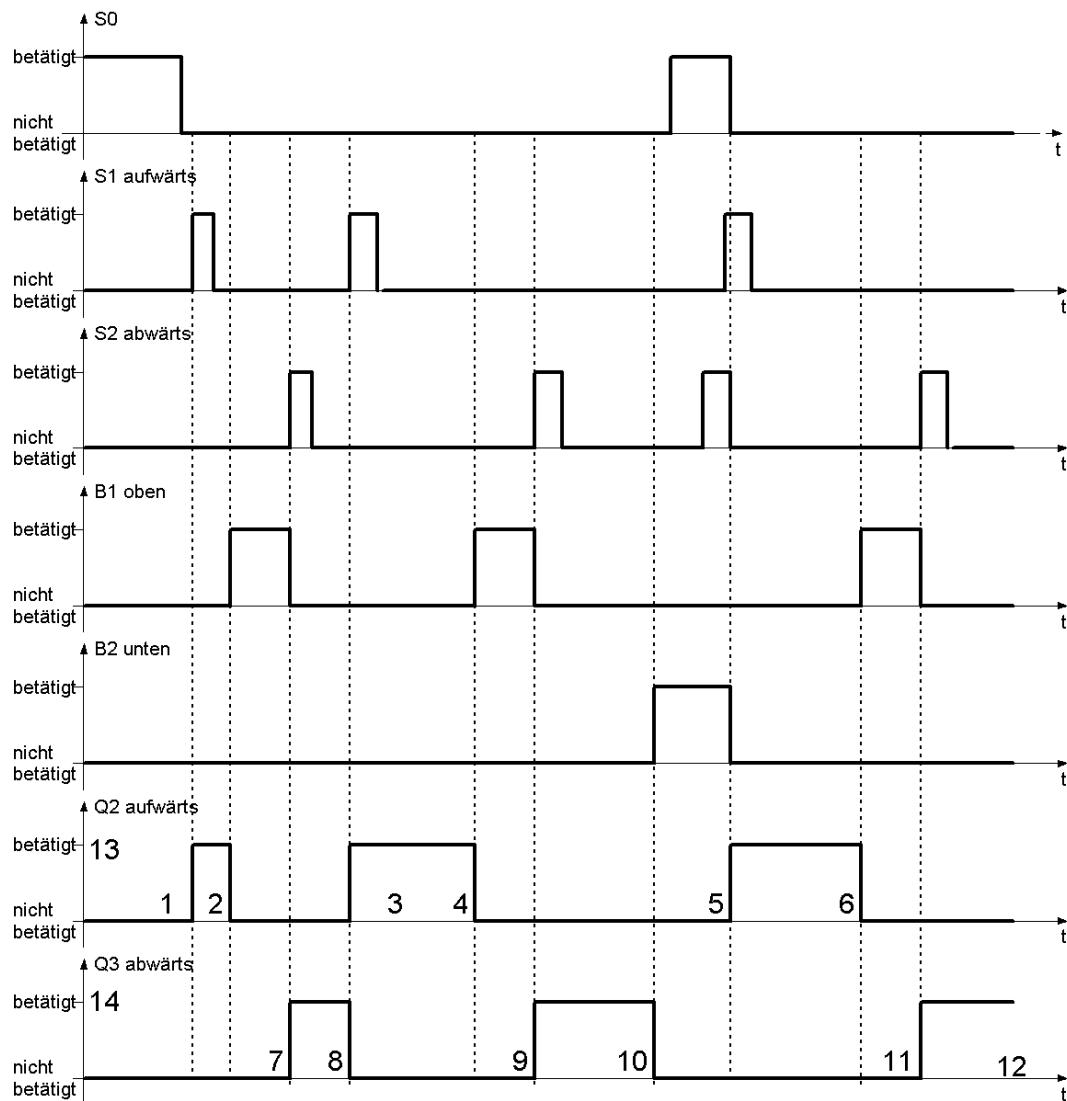
Die Rolltore 1 und 2 sind einsetzbar, da die benötigten Nenndrehmomente der Rolltore kleiner sind als das vom Motor zur Verfügung gestellte.

Bei dem 3. Rolltor ist das benötigte Nenndrehmoment von 61 Nm größer als das Nenndrehmoment des Antriebsmotors, er kann daher nicht eingesetzt werden.

Teilaufgabe 4: Funktionsdiagramm der Rolltorsteuerung

Zeichnen Sie in Abb. 5 die Verläufe für Q2 und Q3 passend zu den Signalverläufen von S0 – S4 und B1 – B2 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Jeder Einschalt- und Abschaltpunkt der Schütze Q2 und Q3 gibt einen Punkt. Die Punkte sind in der Musterlösung von 1 – 12 eingezeichnet.	II	12
Richtige Höhe der Rechteckimpulse von Q2 - Punkt 13	II	1
Richtige Höhe der Rechteckimpulse von Q3 – Punkt 14	II	1

Musterlösung:**Abb. 5_L: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises - Lösung**

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Entwickeln Sie in Abb. 6 eine Digitalschaltung, die die Funktionen des Steuerstromkreises erfüllt.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Speicherfunktion aufwärts	III	2
Speicherfunktion abwärts	III	2
Rücksetzen Speicher aufwärts	III	3
Rücksetzen Speicher abwärts	III	3
Setzen aufwärts (S1 oder S4)	II	2
Setzen abwärts (S2 oder S3)	II	2
Verriegelung Q2 und Q3	II	2

Hinweis: Sollte keine Verriegelung in Digitaltechnik erstellt werden, erfolgt kein Punktabzug.

Musterlösung 1:

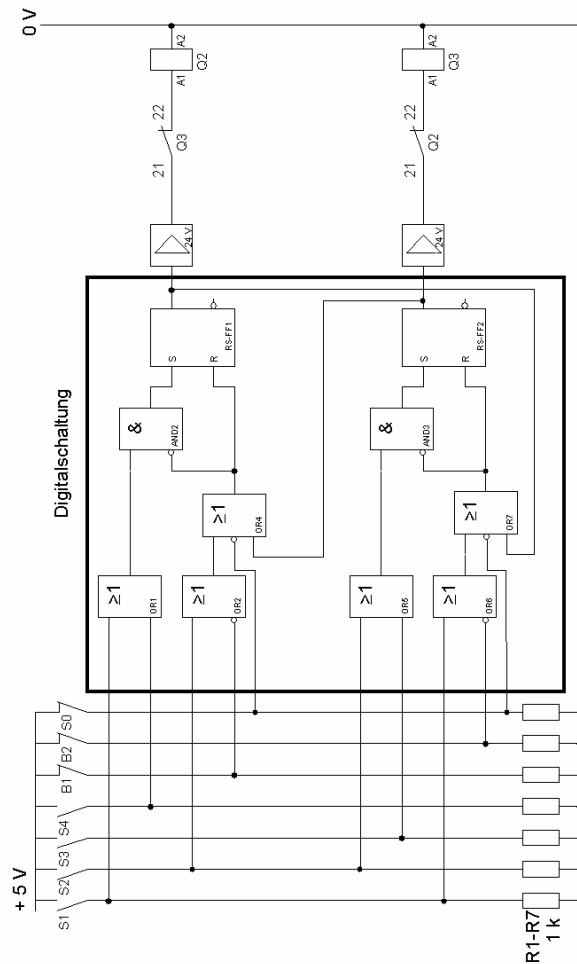
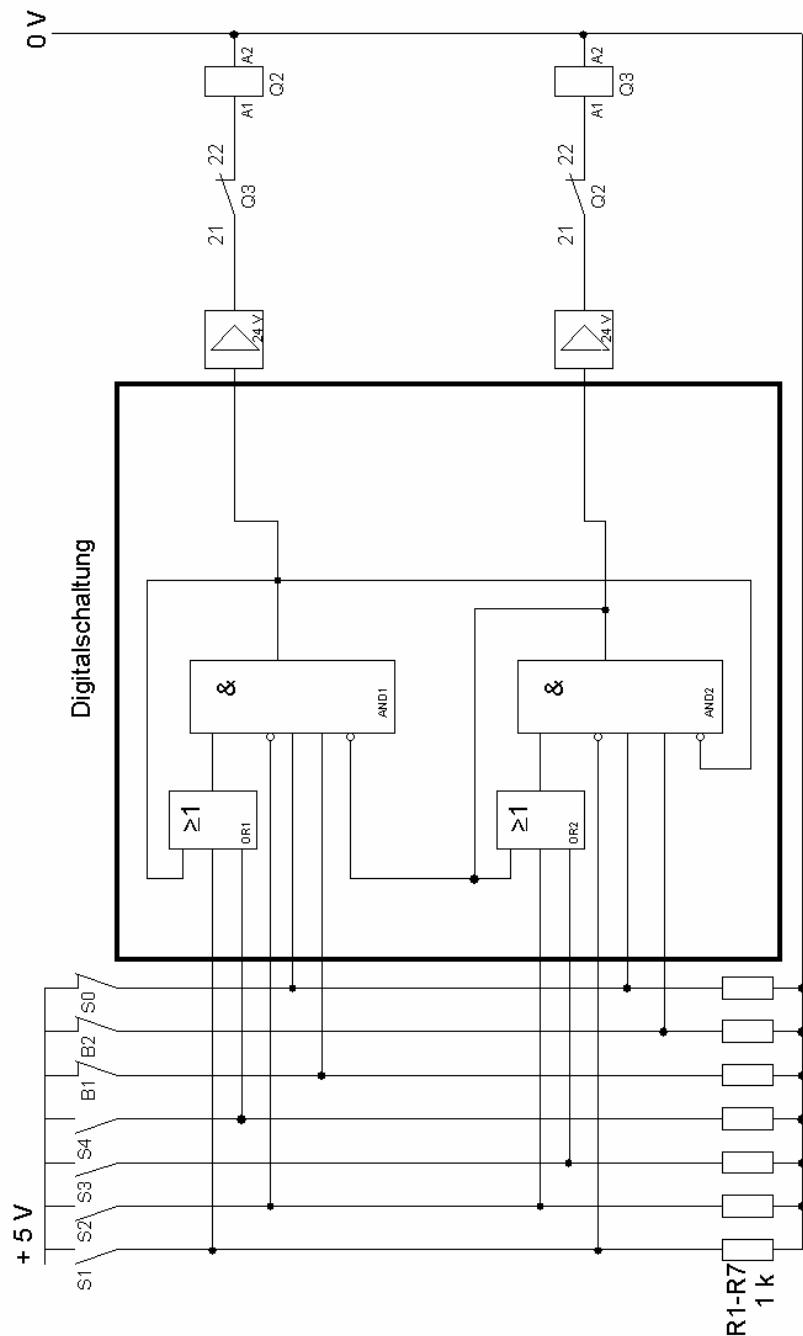


Abb. 6_L1: Steuerung mit Digitalbausteinen – Lösung 1

Musterlösung 2:**Abb. 6_L2: Steuerung mit Digitalbausteinen – Lösung 2**

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerursachen für das nicht mehr mögliche Abwärtssteuern des Rolltors.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Fehlersuche im linken Teil des Steuerstromkreises	I	1
Ausschluss Schütz Q2 als Fehlerursache	II	1
Ausschluss: Fehlerursache liegt nicht im linken Steuerstromkreis	II	1
Fehlersuche im rechten Teil des Steuerstromkreises	II	1
Eingrenzen des Fehlers im rechten Teil	II	1
Ausschluss von Bauelementen	II	1
Nennt 1. mögliche Fehlerursache	II	1
Nennt 2. mögliche Fehlerursache	II	1

Musterlösung:

Allgemeine Fehlersuche:

Beim Betätigen von S1 zieht das Schütz Q2 an. Damit ist die Aufwärtsbewegung möglich. Der linke Zweig der Steuerung ist somit in Ordnung. Das Festsitzen (Kleben) von Q2 kann als Fehlerursache ausgeschlossen werden. Laut Fehlerbeschreibung wird während des Hochfahrens der Taster S2 betätigt. Q2 fällt ab, damit ist das Schütz Q2 nicht dauerhaft angezogen und blockiert auch nicht über die Kontakte 21 und 22 den rechten Zweig (abwärts) des Steuerstromkreises. Das Schütz Q3 zieht aber nicht an. Die Fehlerursache muss sich im rechten Zweig des Steuerstromkreises befinden. Folgende relevante Bauelemente befinden sich im rechten Zweig: S2; B2; Q2 K21_22; S1 K21_22 und Q3.

S2 scheidet als Fehlerquelle aus, da mit den Kontakten S2 K21_22 der Stromfluss zu Q2 unterbrochen werden kann.

Q2 K21_22 scheidet ebenfalls als Fehlerquelle aus, da das Schütz sowohl anzieht als auch abfällt.

S1 funktioniert, sonst würde bei der Stellung Tor_unten und keinem gedrückten Taster das Tor sofort hochfahren.

Mögliche Fehlerursache Nr.1:

Das Schütz Q3 zieht nicht an, weil es einen elektrischen oder mechanischen Defekt hat.

Mögliche Fehlerursache Nr.2:

Der Nockenschalter B2 hat einen elektrischen oder mechanischen Defekt und befindet sich dauerhaft in geöffneter Position.

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Bewerten Sie den angedachten Mikrocontrollereinsatz unter ökonomischen und technischen Gesichtspunkten.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Richtige Bewertung bzw. Einschätzung von:		
- Schnelle Programmänderung	II	1
- Miniaturisierung	II	1
- Verschleiß	II	1
- benötigte zusätzliche Bauteile	II	1
- Installationsaufwand	II	1
- Programmieraufwand	II	1
- Hardwareausstattung für die Programmierung	II	1
- erweitertes Fachwissen für MC	II	1
- Kostenvergleich beider Systeme	II	1
- Anlagengröße in Bezug zum Aufwand	II	1

Musterlösung:

Die **Vorteile** eines Steuerstromkreises, realisiert mit einer Mikrocontrollerschaltung gegenüber einer Kontaktsteuerung, liegen in:

- der Minimierung des Verschleißes
- der Miniaturisierung
- der schnellen Veränderung der Programmierung

Die **Nachteile** eines Steuerstromkreises, realisiert mit einer Mikrocontrollerschaltung gegenüber einer Kontaktsteuerung, liegen in:

- einer extra notwendigen Gleichspannungsversorgung
- Koppelschaltungen für die weiter benutzten Lastschütze Q2 und Q3
- der Hardwareausstattung für die Programmierung (Laptop, Schnittstellen, usw.)
- benötigtem erweitertem Fachwissen der installierenden Person

Bewertung:

Die Möglichkeit der schnellen Programmänderung spielt in diesem Fall eine untergeordnete Rolle, da Veränderungen an dieser Anlage selten sein dürften.

Die Miniaturisierung der Steuerung ist in dieser Werkshalle kein Vorteil, da kein Hinweis auf räumliche Enge vorliegt.

Die Kosten für die Installation der Steuerung mit dem Mikrocontroller werden um ein Vielfaches über den Installationskosten der kontaktbehafteten Steuerung liegen, da, wie schon in den Nachteilen beschrieben, eine Gleichspannungsversorgung, eine Koppelschaltung und weitere Hard- und Software benötigt wird. Weiterhin wird eine Programmierereinheit für den Mikrocontroller benötigt sowie eine Fachkraft, die den Mikrocontroller programmieren kann. Im Vergleich der Installationszeiten beider Systeme dürfte das konventionelle System im Vorteil liegen, da sehr wenige Bauteile verdrahtet werden müssen.

Der einzige Vorteil der Steuerung mit einem Mikrocontroller liegt im minimierten Verschleiß. Da die Lastschütze aber weiterhin konventionell betrieben werden, spricht kein Vorteil für die Realisierung der Steuerung mit einem Mikrocontroller.

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Entwickeln Sie die Erweiterungsschaltung in Abb. 7 „Steuerstromkreis mit automatischer Schließung“.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Funktionsrichtiges Zeitrelais eingebaut	II	1
S0 schaltet alle Anlagenteile des Steuerstromkreises jederzeit ab.	II	1
Nach dem Wiedereinschalten der Anlage durch S0 startet das Tor nicht automatisch.	II	1
Immer eine Minute nach Erreichen der oberen Endlage beginnt der automatische Schließvorgang.	II	1
Der automatische Schließvorgang kann durch Betätigen von S1 unterbrochen werden.	II	1
Das Tor fährt bis in seine untere Endlage.	II	1
Das Zeitrelais wird bei Nichtbenutzung abgeschaltet.	II	1

Musterlösungen 1:

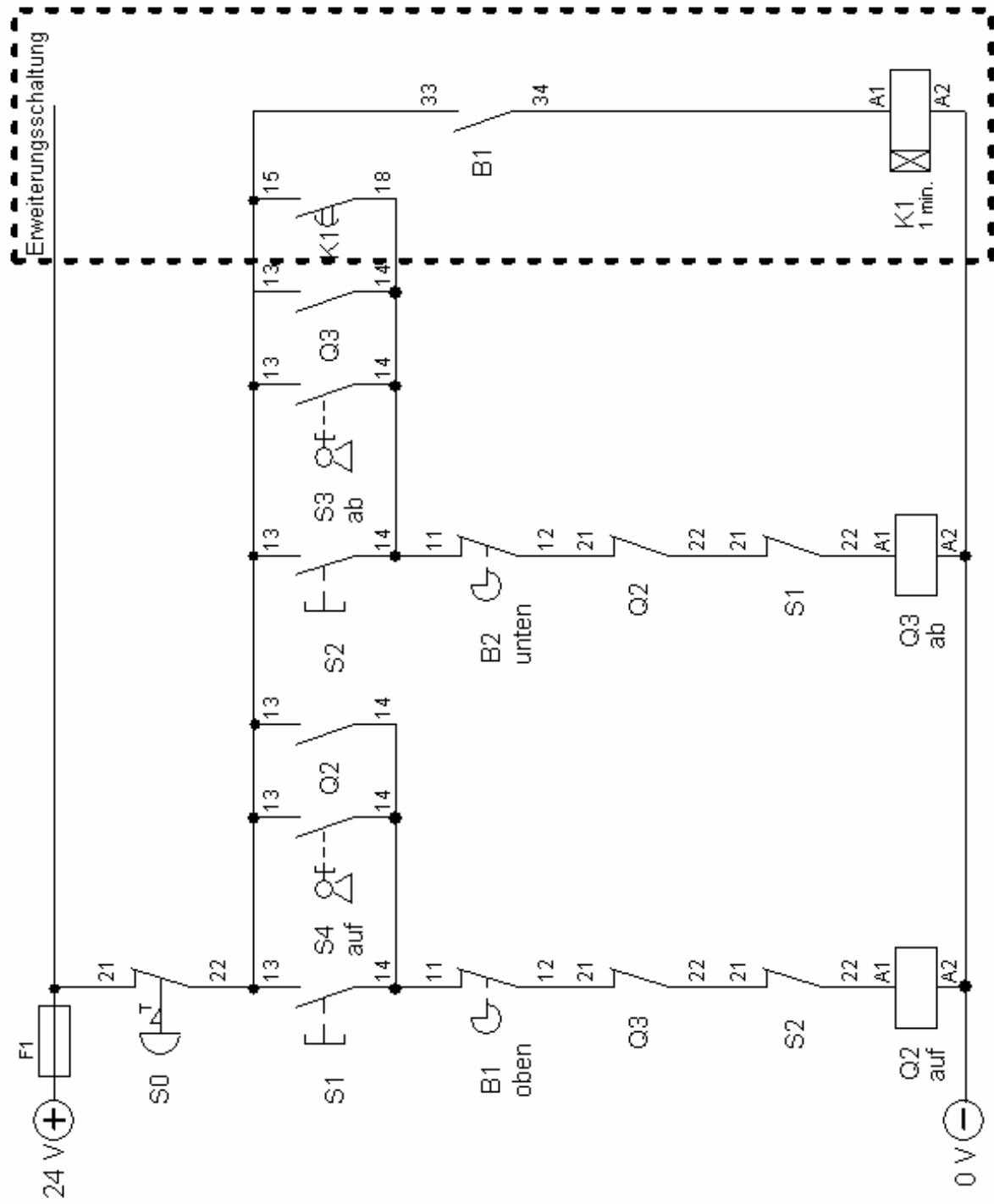


Abb. 7_L1: Steuerstromkreis mit Zeitrelais - Lösung 1

Musterlösungen 2:

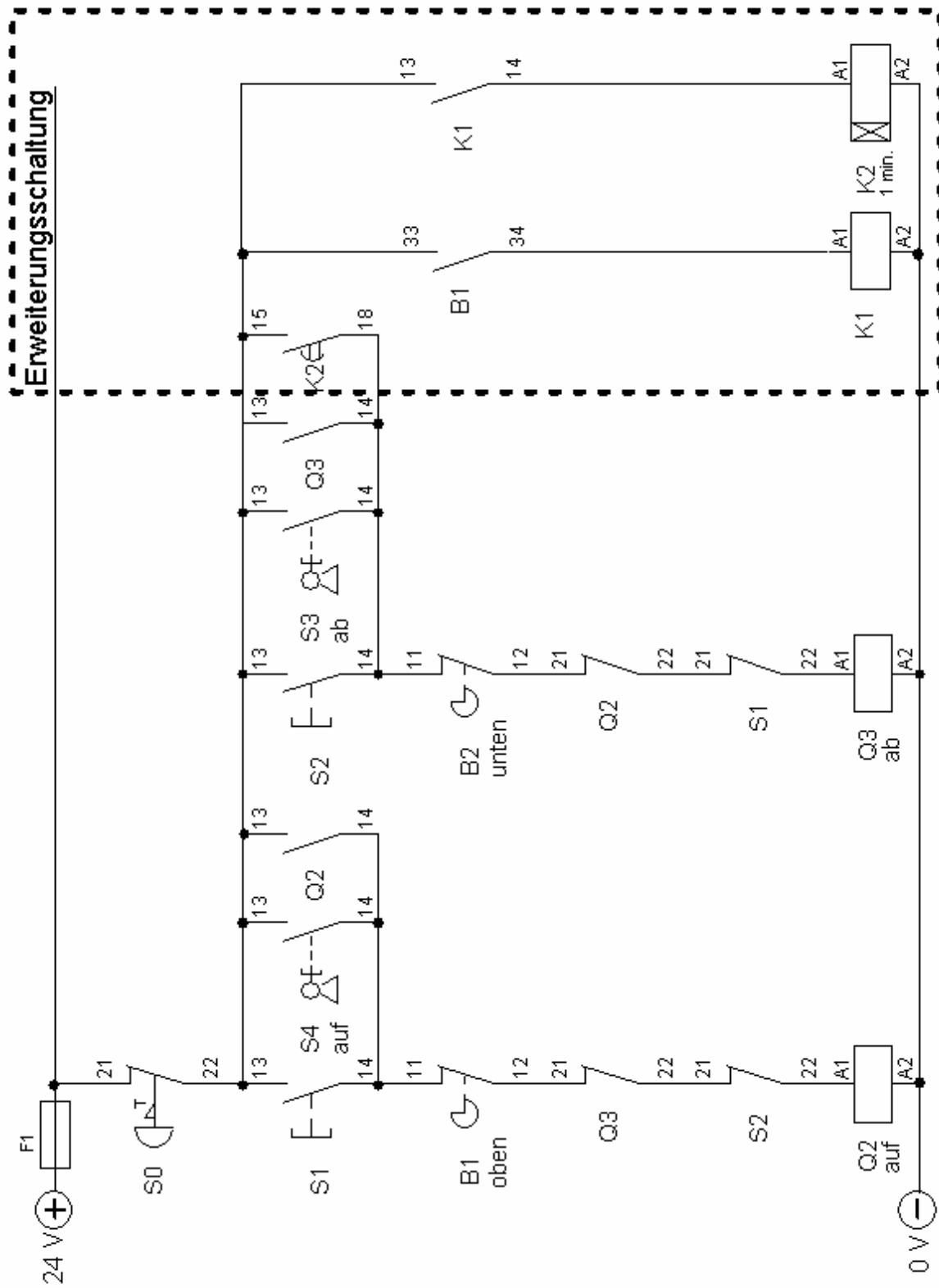


Abb. 7_L2: Steuerstromkreis mit Zeitrelais - Lösung 2

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Betriebsdaten des Motors

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A3 II (1): Kenngrößen berechnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 2: Schaltplan des Laststromkreises

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A3 I (1): Last- und Steuerstromkreise für elektrische Motoren zeichnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	8 Minuten

Teilaufgabe 3: Rolltorauswahl

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> A3 III (3): Auswahl von Maschinen auf der Basis von Datenblattangaben begründen B III (2): Den Einsatz von Bauelementen, Schaltungen und Maschinen auf der Basis ihrer Beschreibung durch Diagramme / Kennlinien bewerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM2: Betriebsverhalten Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 4: Impuls-Zeit-Diagramme des Steuerstromkreises

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	8 Minuten

Teilaufgabe 5: Steuerstromkreis als Digitalschaltung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A2 III (1): Anwendungsbezogen eine digitaltechnische Steuerung unter Verwendung von Schaltnetzen und Schaltwarten entwickeln • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Digitaltechnik (DT) - DT2: Grundbausteine • Fachwissen – Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen • Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	18 Minuten

Teilaufgabe 6: Störung in der Rolltorsteuerung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Methodenbeherrschung (B) - B5: Fehlersuche

Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe mit Anwendungsbezug - ergebnisoffen
Bearbeitungszeit	12 Minuten

Teilaufgabe 7: Mikrocontrollersteuerung als Alternative zur Kontaktsteuerung

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • D - Reflexion
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • D III (2): Alternativen zu einer Schaltung, einem Gerät oder einem Programm diskutieren
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexion (D) - RB3: Durch die Elektrotechnik beeinflusste Technisierungsprozesse in Industrie und Gesellschaft
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 8: Zeitgesteuertes Schließen des Rolltors

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A3 - Umgang mit Fachwissen, Elektrische Maschinen (EM) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A3 I (1): Last- und Steuerstromkreise für elektrische Motoren zeichnen • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden • C I (3): Einfache Datenblätter auswerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Elektrische Maschinen (EM) - EM3: Ansteuerung elektrischer Maschinen • Methodenbeherrschung (B) - B2: Schaltungsentwurf • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart	Materialgebundene Aufgabe
Bearbeitungszeit	12 Minuten

6.6 Aufgabenbeispiel 6: Brennofentemperaturregelung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Anhang: Führungssprungantworten 1 - 4

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Abb. 1 zeigt eine geregelte Brennofenanlage.

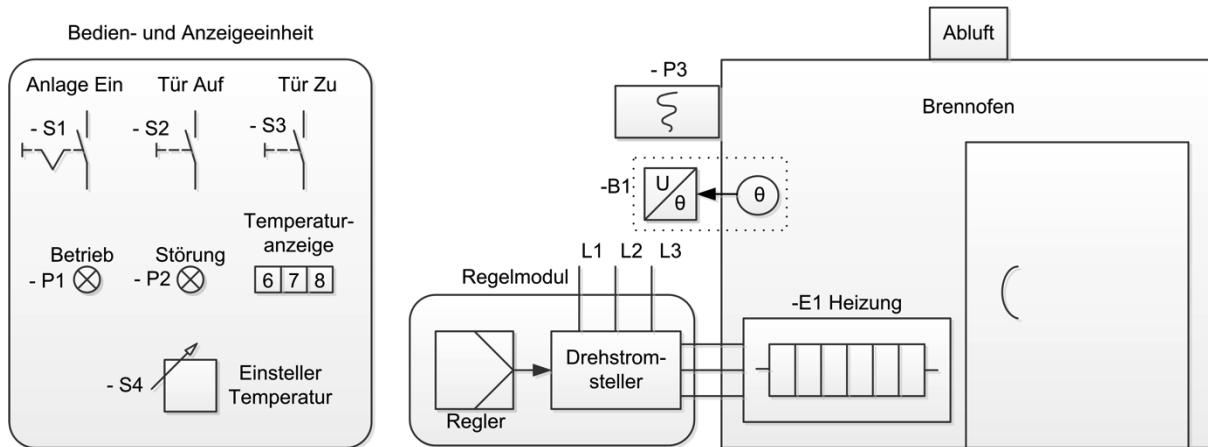


Abb. 1: Technologieschema der Brennofenanlage mit Bedienfeld und Regelmodul

In dem Ofen können Materialien gebrannt werden.

Die Anlage wird über die gezeigten Betriebsmittel in der Bedien- und Anzeigeeinheit bedient (S1 bis S4) und überwacht (P1 und P2). Mit S4 kann die gewünschte Temperatur eingestellt werden. Die aktuelle Ofentemperatur wird auf der Temperaturanzeige ausgegeben.

Der Sensor B1 erfasst die Temperatur und setzt sie in eine Spannung um. Der Temperaturverlauf wird mit einem Kennlinienschreiber P3 aufgezeichnet.

Die Heizung der Brennofenanlage wird über ein Regelmodul, bestehend aus dem Regler und dem Drehstromsteller, angesteuert.

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Um einen Überblick über die regelungstechnisch relevanten Größen und Betriebsmittel zu bekommen, sollen zunächst anhand des Technologieschemas wichtige Elemente des Regelkreises benannt werden.

Ordnen Sie die technologischen Größen bzw. Betriebsmittel des Technologieschemas den normierten Regelkreisgrößen in der Tabelle 1 zu.

Normierte Regelkreiselemente und -größen	Größen und Betriebsmittel des Technologieschemas
Führungsgrößengeber (Bildung der Führungsgröße)	
Stelleinrichtung	
Regelstrecke	
Messeinrichtung	
Regelgröße	
Störgröße	

Tabelle 1: Zuordnung Normbezeichnungen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

An das Verhalten der Brennofentemperatur nach einem Führungssprung werden folgende Anforderungen gestellt:

- maximale Anregelzeit 120min
- Abweichung des Beharrungswertes der Temperatur maximal +/- 2% vom eingestellten Temperatursollwert
- maximale Ausregelzeit 240min
- höchster Überschwingwert +10% vom Beharrungswert

Für verschiedene Reglereinstellungen wurden mit dem Kennlinienschreiber P3 vier Führungssprungantworten des geschlossenen Regelkreises aufgenommen (Abb. 3 - 6 im Anhang). Dabei wurde immer die gleiche Ausgangstemperatur 25°C und der gleiche Temperatursollwert 800°C gewählt.

Werten Sie die Sprungantworten in einer tabellarischen Darstellung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus.

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zur Regelung wird der in Abb. 2 gezeigte elektronische PID-Regler mit Operationsverstärkern eingesetzt. Mit einem einstellbaren Signalgenerator und einem 4-Kanal-Oszilloskop soll das Sprungantwortverhalten des gezeigten Reglers untersucht werden.

Hierbei werden folgende Festlegungen getroffen:

- Kanal 1 misst das Eingangssignal (den Sprung).
- Kanal 2 misst das Sprungantwortverhalten des P-Reglers.
- Kanal 3 misst das Sprungantwortverhalten des I-Reglers.
- Kanal 4 misst das gesamte Ausgangssignal des Reglers.

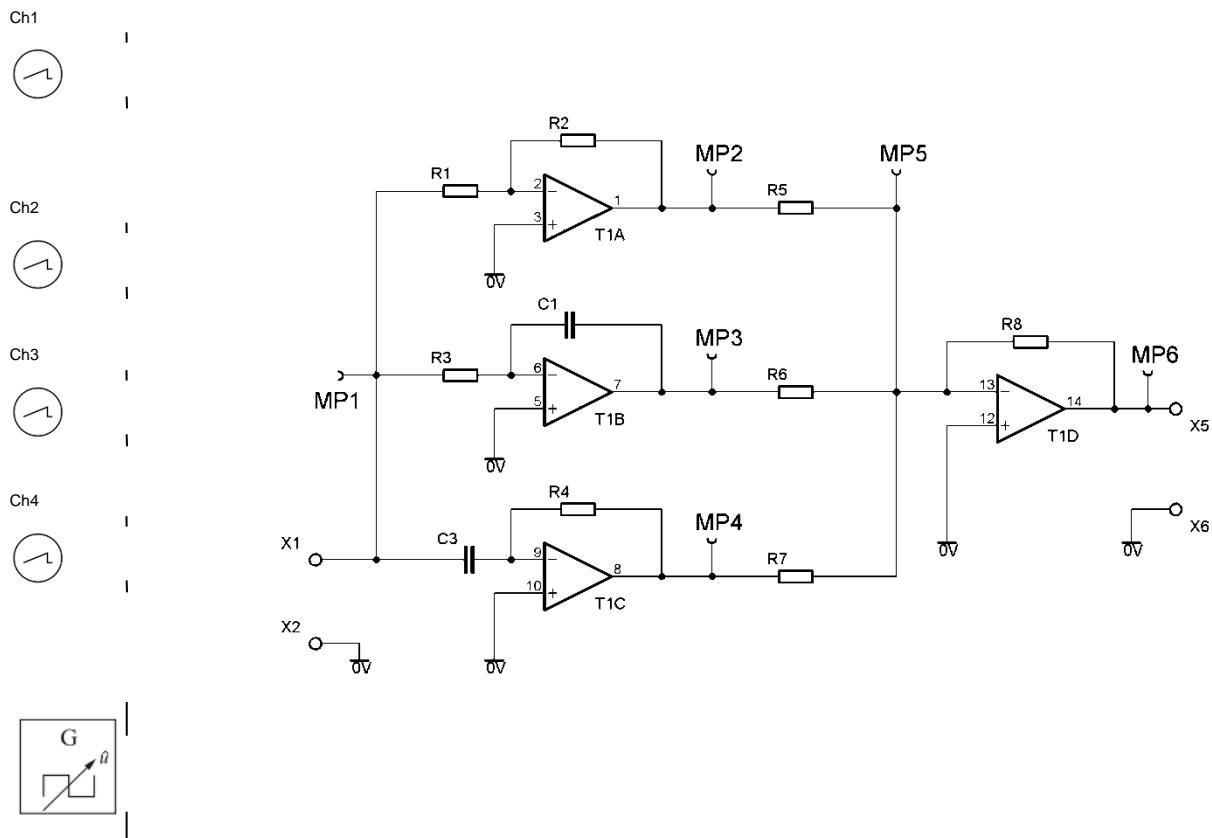


Abb. 2: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zeichnen Sie für die geforderte Messschaltung die Verbindungen in Abb. 2 ein.

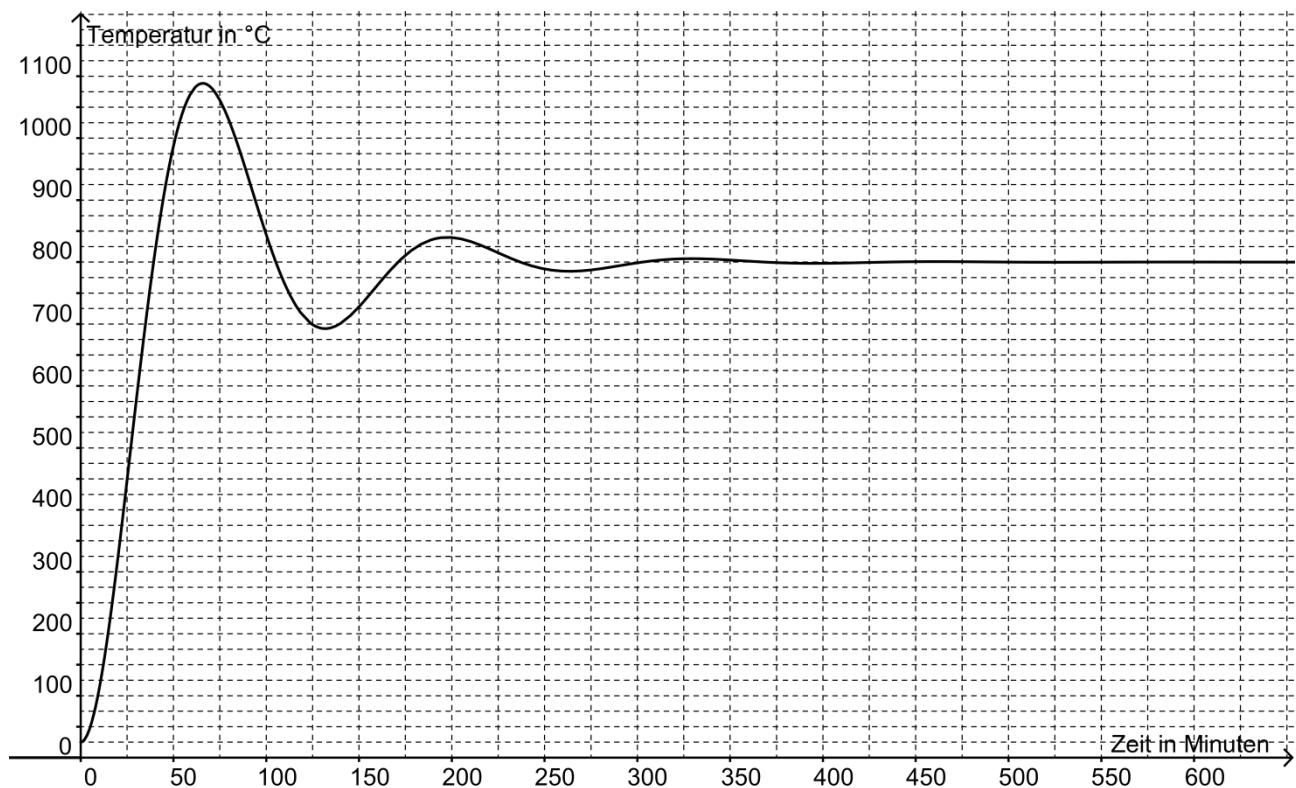
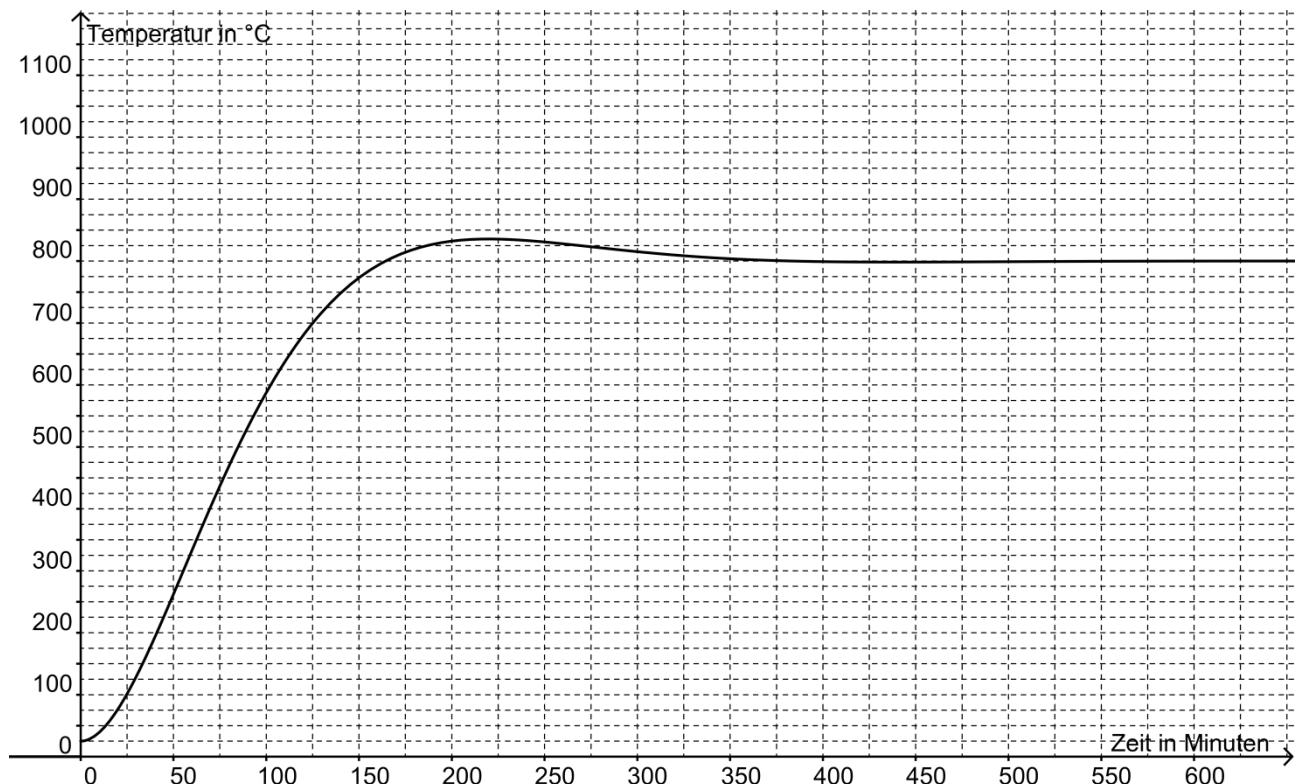
Anhang: Führungssprungantworten 1 - 4**Abb. 3: Führungssprungantwort 1****Abb. 4: Führungssprungantwort 2**



Abb. 5: Führungssprungantwort 3

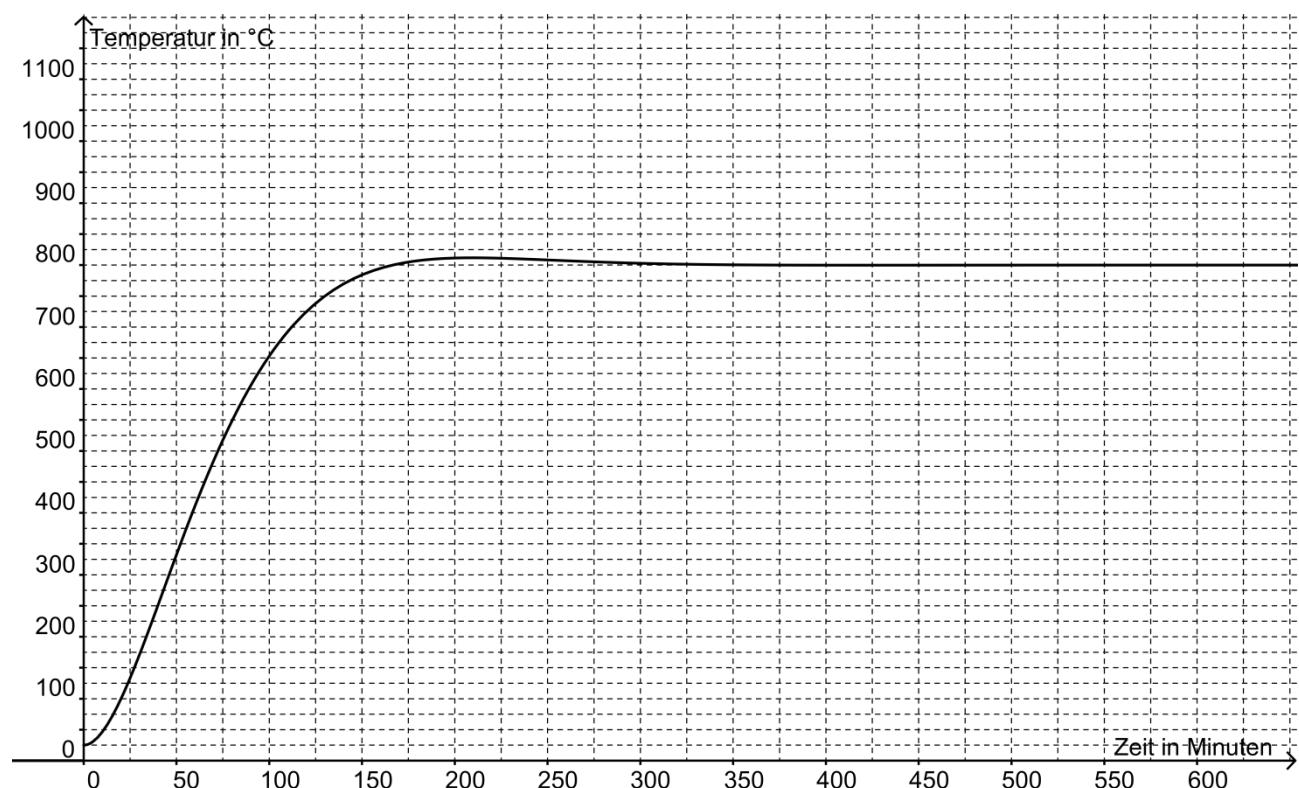


Abb. 6: Führungssprungantwort 4

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen**

Ordnen Sie die technologischen Größen bzw. Betriebsmittel des Technologieschemas den normierten Regelkreisgrößen in der Tabelle 1 zu.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Zuordnung des Sollwerteinstellers Temperatur S4 zum Führungsgrößegeber	II	1
Zuordnung des Drehstromstellers zur Stelleinrichtung	II	1
Zuordnung von Heizung und Raum zur Regelstrecke	II	1
Zuordnung des Temperatursensors und des Spannungsumsetzers B1 zur Messeinrichtung	II	1
Zuordnung der Brenntemperatur zur Regelgröße	II	1
Zuordnung der Abluft zur Störgröße	II	1

Musterlösung:

Normierte Regelkreiselemente und -größen	Größen und Betriebsmittel des Technologieschemas
Führungsgrößegeber (Bildung der Führungsgröße)	Sollwertesteller Temperatur S4
Stelleinrichtung	Drehstromsteller
Regelstrecke	Heizung und Raum
Messeinrichtung	Temperatursensor und Spannungsumsetzer B1
Regelgröße	Brenntemperatur
Störgröße	Abluft

Tabelle 2: Zuordnung Normbezeichnungen

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

Werten Sie die Sprungantworten in einer tabellarischen Darstellung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Absolute Toleranzobergrenze und -untergrenze berechnet	II	1
Toleranzobergrenze und -untergrenze in Abbildungen eingezeichnet	II	1
Anregelzeit bestimmt	II	4
Ausregelzeit bestimmt	II	4
Überschwingwert bestimmt	II	4
Reglereinstellung 3 als geeignet herausgestellt	II	1

Musterlösung:

$$\text{Toleranzobergrenze: } 800^\circ + 0,02 \cdot 800^\circ \text{C} = 816^\circ\text{C}$$

$$\text{Toleranzuntergrenze: } 800^\circ - 0,02 \cdot 800^\circ \text{C} = 784^\circ\text{C}$$

Regler-einstel-lung	Anregel-zeit in min	Ausregel-zeit in min	Überschwingwert absolut ; in %
1	40 min	230 min	285°C ; 35,6%
2	160 min	300 min	35°C ; 4,4%
3	65 min	145 min	76°C ; 9,5%
4	150 min	150 min	15°C ; 1,9%

Tabelle 3: Auswertung der Führungssprungantworten

Die Reglereinstellung der Führungssprungantwort 3 ist geeignet, da bei dieser alle Anforderungen erfüllt werden.

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Zeichnen Sie für die geforderte Messschaltung die Verbindungen in Abb. 2 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verbindung Ch1 zu MP1 eingezeichnet	II	1
Verbindung Ch2 zu MP2 eingezeichnet	II	1
Verbindung Ch3 zu MP3 eingezeichnet	II	1
Verbindung Ch4 zu MP6 eingezeichnet	II	1
Verbindung des Signalgenerators zu X1 eingezeichnet	II	1
Verbindung der GND-Anschlüsse des Oszilloskops zum GND-Anschluss des Reglers eingezeichnet	II	1
Verbindung des GND-Anschlusses des Signalgenerators zum GND-Anschluss des Reglers eingezeichnet	II	1

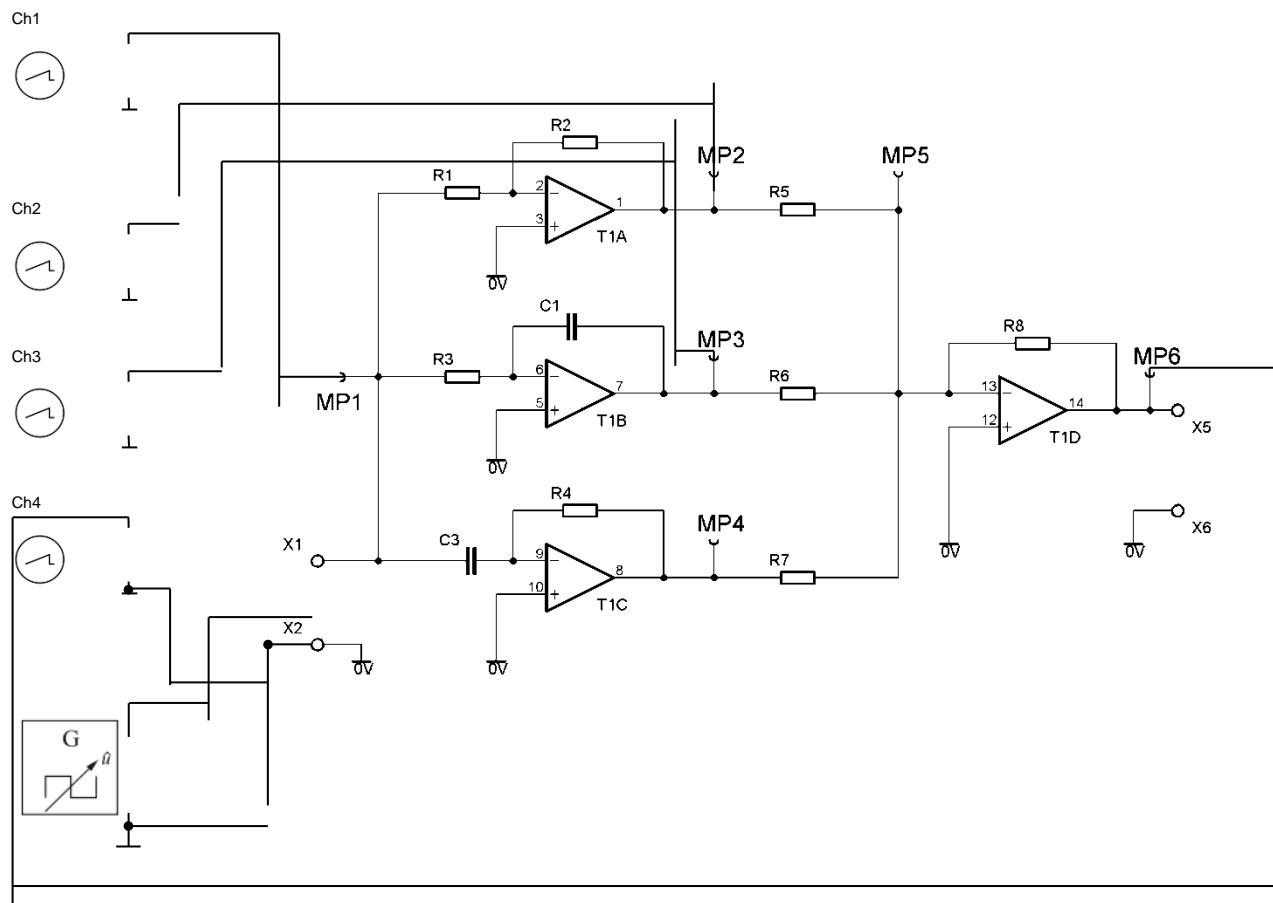
Musterlösung:

Abb. 7: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Regelkreisgrößen

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A4 II (1): Regelkreisstrukturen im realen Technologieschema ermitteln und Wirkpläne zeichnen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT1: Grundbegriffe
Aufgabenart	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug ohne Lösungsweg
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 2: Führungssprungantworten

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A4 III (2): Die Güte einer Regelung bewerten • B II (1): Statische und dynamische Kenngrößen aus Diagrammen grafisch ermitteln
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT4: Einstellen von Reglern • Methodenbeherrschung (B) - B8: Arbeiten mit Diagrammen
Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 3: Messschaltung für die Sprungantwort des PID-Reglers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A4 - Umgang mit Fachwissen, Regelungstechnik (RT) • B - Methodenbeherrschung
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A4 I (4): Regeleinrichtungen und Operationsverstärkerschaltungen einander zuordnen • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden

Inhalte	<ul style="list-style-type: none">• Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT2: Regelstrecken• Fachwissen – Regelungstechnik (RT) - RT3: Regler• Methodenbeherrschung (B) - B4:Messen
Aufgabenart	Experimentbezogene Aufgabe
Bearbeitungszeit	10 Minuten

6.7 Aufgabenbeispiel 7: Fahrtregler

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Einsatz des Treiberbausteins 74245N
- Teilaufgabe 2:** Programmablaufplan für Teilfunktion
- Teilaufgabe 3:** Entprellen des Tasters „Schneller“
- Teilaufgabe 4:** Frequenz des PWM-Signals
- Teilaufgabe 5:** Kontrolle des PWM-Signals
- Teilaufgabe 6:** Anzeige der Fahrgeschwindigkeit
- Teilaufgabe 7:** Einsatz der Optokoppler

- Anhang 1:** Schaltplan der Interfaceplatine
- Anhang 2:** Datenblatt des Treiberbausteins 74245N
- Anhang 3:** C-Programm für den PWM-Fahrtregler
- Anhang 4:** Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Abb. 1 zeigt das Blockschaltbild eines PWM – Fahrtreglers mit Mikrocontroller für einen Gleichstrommotor von einer Modelleisenbahn.

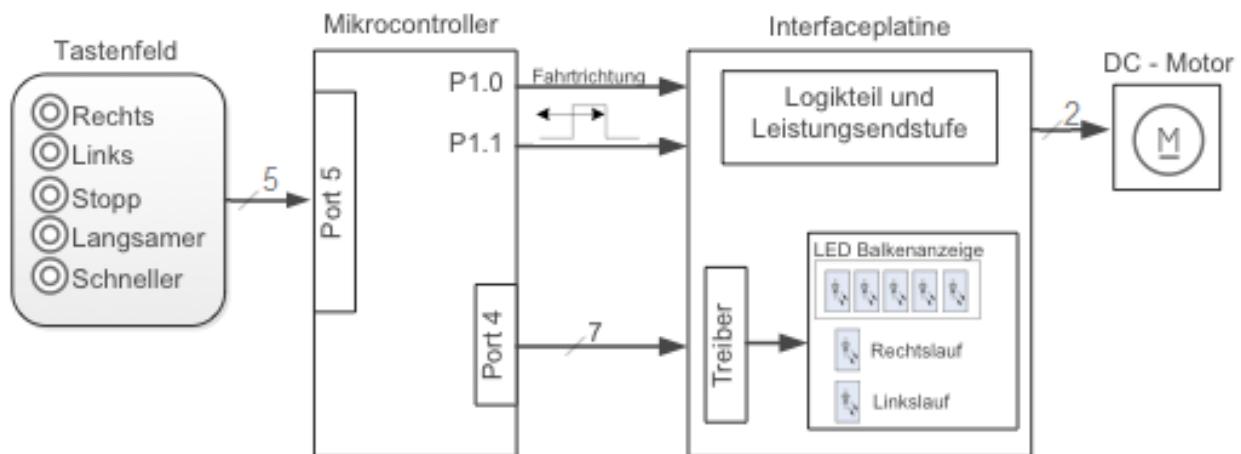


Abb. 1: Blockschaltbild eines PWM-Fahrtreglers

Zur Steuerung des DC-Motors dienen 5 Drucktaster (siehe Tastenfeld). Sie werden an Port P5 des Mikrocontrollers angeschlossen. Mit den Tastern „Rechts“ / „Links“ kann die Drehrichtung des Motors bestimmt werden. Durch Betätigen der Taster "Langsamer" bzw. „Schneller“ wird

die Motordrehzahl verringert bzw. erhöht. Einmaliges Betätigen des „Stopp“-Tasters senkt die Fahrgeschwindigkeit linear bis auf „Null“ ab.

Auf einer Interfaceplatine werden über einen Treiberbaustein sieben LEDs angesteuert. Fünf LEDs dienen als Balkenanzeige für die erzeugte Motordrehzahl und zwei LEDs zeigen die Drehrichtung des Motors an.

Zusätzlich befinden sich auf der Interfaceplatine ein Logikteil und eine Leistungsendstufe, die an Port 1 des Mikrocontrollers angeschlossen sind. Diese werten die Signale des Mikrocontrollers (Rechts- / Linkslauf und das PWM-Signal) aus und übertragen sie an den Motor.

Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N

Anhang 1 zeigt den Schaltplan der Interfaceplatine. Da der Mikrocontroller an Port 4 einen maximalen Strom von $80\mu\text{A}$ liefert, wird auf der Zusatzplatine für den Betrieb der LEDs ein Treiberbaustein vom Typ 74245N (Datenblatt in Anhang 2) eingesetzt.

Zeichnen Sie in Anhang 1 die Verbindungen zur Beschaltung der Dateneingänge, der Datenausgänge und der Steuereingänge des Bausteins 74245N.

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“

Das C-Programm für den PWM-Fahrtregler steht in Anhang 3 zur Verfügung.

Die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ dienen zur Verringerung der Motordrehzahl und werden im C-Programm in den Zeilen 80 bis 90 realisiert.

Erstellen Sie für die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ (Programmzeilen 80 – 90) den Programmablaufplan.

Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

In Abb. 2 ist der Anschluss des Tasters S1 („Schneller“) an den Mikrocontroller gezeigt.

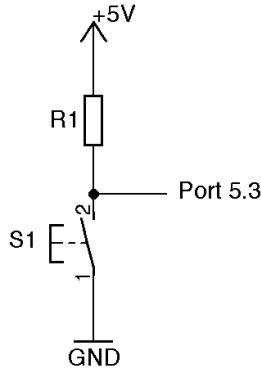


Abb. 2: Taster S1 „Schneller“

Bei der Signalauswertung des Tasters durch den Mikrocontroller kommt es zu Fehlfunktionen, die durch ein Prellen des Tasters verursacht werden. Statt des sofortigen elektrischen Kontaktes ruft die Betätigung des Tasters kurzzeitig ein mehrfaches Schließen und Öffnen des Kontakts hervor. Abb. 3 zeigt das Prell-Signal des Tasters, das mit einem Oszilloskop aufgezeichnet wurde.

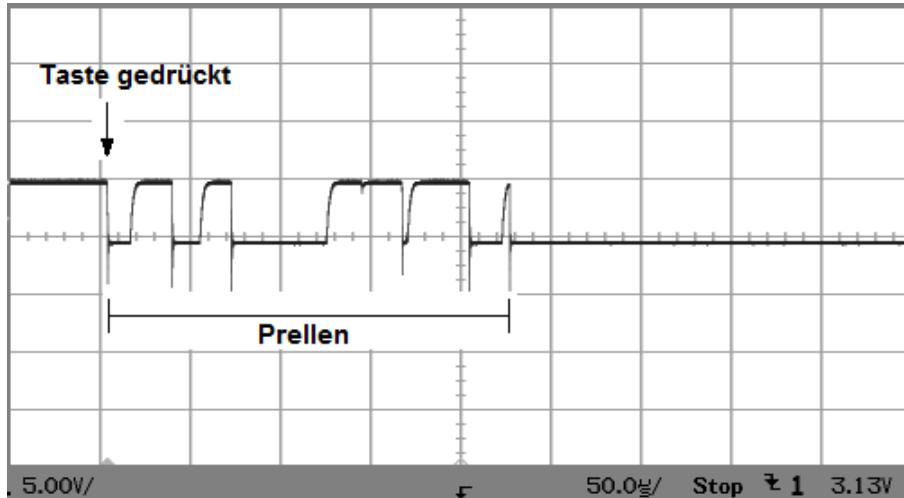


Abb. 3: Zeitlicher Signalverlauf eines ca. 250μs prellenden Tasters

Um das Prellen des Tasters zu vermeiden, muss sichergestellt werden, dass der Zustand „Taster gedrückt“ während einer bestimmten Zeitdauer (ca. 300μs) ansteht, bevor er als Tastendruck registriert wird. Diese Zeitverzögerung zum Ausblenden der Impulse zwischen der ersten und letzten fallenden Flanke kann hardware- oder softwareseitig erfolgen.

Entwickeln Sie eine Hardware- oder Softwarelösung zum Entprellen des Tasters.

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Die Fahrgeschwindigkeit wird beim Fahrtregler durch ein PWM-Signal bestimmt. Zur Erzeugung des PWM-Signals dient die Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers, die in Anhang 4 beschrieben ist.

Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen im C-Programm (Anhang 3).

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Der Mikrocontroller erzeugt an Port-Pin P1.1 ein PWM-Signal, das einer bestimmten Geschwindigkeit, die über die Taster „Langsamer“ bzw. „Schneller“ eingestellt wird, entspricht. Im Rahmen einer Funktionskontrolle soll durch eine Messung überprüft werden, ob der Mikrocontroller das der eingestellten Geschwindigkeit entsprechende PWM-Signal ausgibt.

Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Überprüfung des PWM-Signals.

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

In dem C-Programm (Anhang 3) erfolgt in der Funktion „vLEDs“ die Abfrage des „Low-Byte“ des Capture- Compare-Registers (CCL1). Der Registerinhalt bestimmt die Fahrgeschwindigkeit. Die LEDs an den Port-Pins P4.0 bis P4.4 sollen die Fahrgeschwindigkeit proportional abbilden. Bei einer zu geringen Geschwindigkeit ($CCL1 < 16$) soll jedoch noch keine LED leuchten.

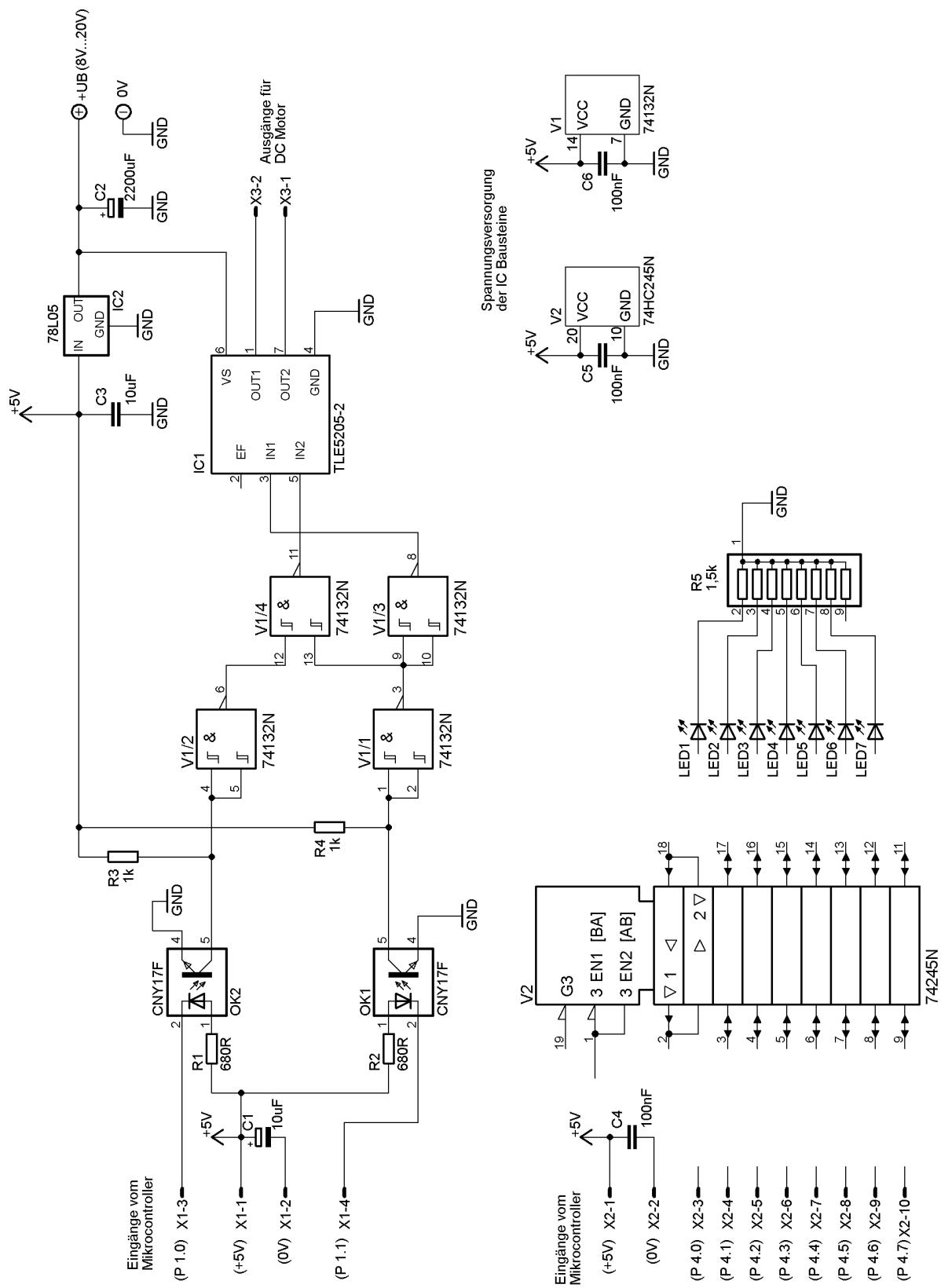
Geben Sie in den Programmzeilen 177 bis 181 des C-Programms in Anhang 3 die entsprechenden Zahlenwerte (Wert 1 bis Wert 5) für die Abfragen des CCL1-Registers hexadezimal an.

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

In der Schaltung in Anlage 1 wurde Wert auf den Schutz des Mikrocontrollers vor Fremdeinflüssen gelegt. Dabei wurden auch die ausgangsseitigen Grenzwerte von IC1 (40V / 5A) berücksichtigt.

Begründen Sie den Einsatz der Optokoppler in dieser Schaltung.

Anhang 1: Schaltplan der Interfaceplatine

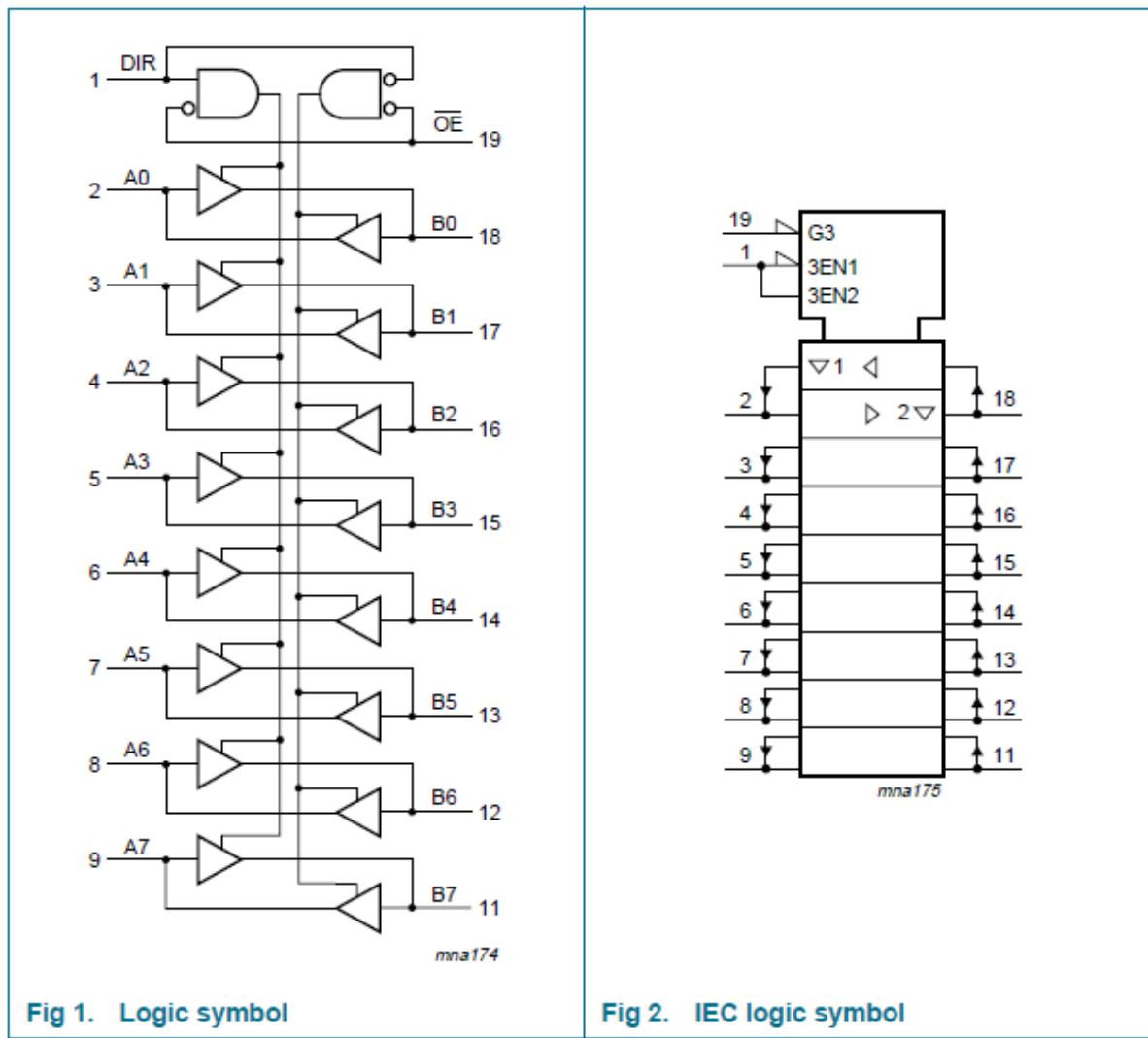


Anhang 2: Datenblatt des Treiberbausteins 74245N**General Description**

The 74HC245; 74HCT245 is a high-speed Si-gate CMOS device and is pin compatible with Low-Power Schottky TTL (LSTTL).

The 74HC245; 74HCT245 is an octal transceiver featuring non-inverting 3-state bus compatible outputs in both send and receive directions. The 74HC245; 74HCT245 features an output enable input (\overline{OE}) for easy cascading and a send/receive input (DIR) for direction control. \overline{OE} controls the outputs so that the buses are effectively isolated.

The 74HC245; 74HCT245 is similar to the 74HC640; 74HCT640 but has true (non-inverting) outputs.

Functional Diagram

Pin Description

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1	DIR	direction control
2 to 9	A ₀ to A ₇	data inputs/outputs
10	GND	ground (0 V)
11 to 18	B ₇ to B ₀	data inputs/outputs
19	OE	output enable input (active LOW)
20	V _{cc}	DC supply voltage

Functional Description

Input		Input/output	
OE	DIR	An	Bn
L	L	A = B	input
L	H	input	B = A
H	X	Z	Z

- [1] H = HIGH voltage level;
 L = LOW voltage level;
 X = don't care;
 Z = high-impedance OFF-state.

Anhang 3: C-Programm für den PWM-Fahrtregler

```
001 /*-----  
002 Programmbeschreibung  
003  
004 PWM Fahrtregler für DC Motor  
005 -----  
006  
007 -----  
008 Deklarationen und Konstanten  
009 -----*/  
010  
011 #include <reg552.h>  
012 #include <stdio.h>  
013  
014 sbit rechts = 0xF8; //P5.0 = Rechtslauf  
015 sbit links = 0xF9; //P5.1 = Linkslauf  
016 sbit stopp = 0xFA; //P5.2 = Stopptaste  
017 sbit langsamer = 0xFB; //P5.3 = langsamer fahren  
018 sbit schneller = 0xFC; //P5.4 = schneller fahren  
019 sbit LEDre = 0xC7; //Richtungs-LED an P4.7: rechts / HIGH-aktiv  
020 sbit LEDli = 0xC6; //Richtungs-LED an P4.6: links /HIGH-aktiv  
021 sbit L4 = 0xC4; //Betriebsspannungsanzeige mit fünf LEDs  
022 sbit L3 = 0xC3; //an den Pins P4.0 bis P4.4  
023 sbit L2 = 0xC2;  
024 sbit L1 = 0xC1;  
025 sbit L0 = 0xC0;  
026 sbit DIR = 0x90; //Input 2 (= Drehrichtung. LOW=Rechtslauf)  
027 sbit PWM = 0x91; //PWM-Ausgang des Controllers für CC1  
028  
029 //Prototypen  
030 void zeit_ms(unsigned char z);  
031 void changeleft(void);  
032 void changeright(void);  
033 void STOP(void);  
034 void vLEDs(void);  
035  
036 /*-----  
037 Hauptprogramm  
038 -----*/  
039  
040 void main(void)  
041 {  
042     P5=0xFF; //Port P5 auf "Lesen" schalten  
043     CCEN=0x08; //CC1-Register auf "10" setzen. Ergibt  
// "Compare CC1"  
044
```

```

045 //Nun folgen die einzelnen Bits im T2CON-Register!
046 T2I0=0;                                //Modus "01" bedeutet "Timer 2 ein" und
047 T2I1=0;                                //Taktsignal = Oszillatortakt"
048 T2CM=0;                                //Modus "0" (High an P1.1 bei Gleichstand)
049                                         //von CC1 und Timer 2. Low kommt wieder
                                         //bei Timer 2 - Überlauf
050 T2R0=0;                                //Timer 2 im Auto-Reload-Modus "0"
051 T2R1=1;                                //Flanke für Interrupt INT3
052 I2FR=0;                                //bzw INT2 (ist hier unwichtig)
053 I3FR=0;                                //1 MHz - Takt für Timer 2 (kein Prescaler)
054 T2PS=0;
055
056 CCH1=0xFF;                            //Steuerung nur durch Low-Byte von CC1
057
058 P4=0x00;                                //Alle LEDs ausschalten
059
060 TH2=0xFF;                            //Timer 2 in Startposition:
061 TL2=0x00;                            //Startwert = 0xFF00
062 DIR=0;                                //Richtungsübergabe an TL5205: Rechts
063 CCL1=0x00;                            //und Stillstand beim Einschalten
064 LEDRe=1;                            //Rechts-LED ein
065 CRCH=0xFF;                            //Timer 2 - Reloadwert ist 0xFF00;
066 CRCL=0x00;
067 T2I0=1;                                //Timer 2 starten
068
069 while(1)
070 {
071     while(DIR==0)                      //Rechtslauf
072     {
073         while((schneller==0)&&(CCL1<0xFF)) //schneller fahren
074         {
075             CCL1++;
076             zeit_ms(10);
077             vLEDs();                         //LED-Fahrspannungs-Anzeige
078         }
079
080         while((langsamer==0)&&(CCL1>0x00)) //langsamer fahren
081         {
082             CCL1--;
083             zeit_ms(7);
084             vLEDs();                         //LED-Fahrspannungs-Anzeige
085         }
086
087         if(stopp==0)                      //sanft anhalten
088         {
089             STOP();
090         }

```

```
091
092     if(links==0)                                //Fahrtrichtung umkehren (auf links)
093     {
094         changeleft();
095     }
096 }
097
098     while(DIR==1)                            //Linkslauf
099     {
100         while((schneller==0)&&(CCL1<0xFF))    //schneller fahren
101         {
102             CCL1++;
103             zeit_ms(10);
104             vLEDs();                                //LED-Fahrspannungs-Anzeige
105         }
106
107         while((langsamer==0)&&(CCL1>0x00))    //langsamer fahren
108         {
109             CCL1--;
110             zeit_ms(7);
111             vLEDs();                                //LED-Fahrspannungs-Anzeige
112         }
113
114         if(stopp==0)                            //sanft anhalten
115         {
116             STOP();
117         }
118
119         if(rechts==0)                                //Fahrtrichtung umkehren (auf rechts)
120         {
121             changeright();
122         }
123     }
124 }
125 }
126
127 /* Zusatzfunktionen -----
128 void zeit_ms(unsigned char z)                //Verzögerungszeit = z * 1 Millisekunde
129 {
130     int x;
131     char y;
132
133     for(y=0;y<z;y++)
134     {
135         for(x=0;x<=250;x++);
136     }
137 }
```

```

138
139 void STOP(void)                                //Stopp-Funktion
140 {
141   while(CCL1>0x00)                             //Solange Pulsbreite noch nicht Null:
142   {
143     CCL1--;
144     zeit_ms(7);                               //Dekrementiere CCH1-Register
145     vLEDs();                                  //Warte 7 Millisekunden
146   }                                         //LED-Anzeige aktualisieren
147 }
148
149 void changeleft(void)
150 {
151   STOP();                                     //Timer 2 stoppen
152   T2I0=0;                                    //und in Startstellung
153   TH2=0xFF;
154   TL2=0x00;
155   CCL1=0x00;                                //Null Volt Fahrspannung vorsehen
156   LEDre=0;                                   //Rechts-LED aus
157   LEDli=1;                                   //Links-LED an
158   DIR=1;                                    //Richtungsbit auf "Links" setzen
159   T2I0=1;                                   //Timer 2 läuft wieder
160 }
161
162 void changeright(void)
163 {
164   STOP();                                    //Timer 2 stoppen
165   T2I0=0;                                   //und in Startstellung
166   TH2=0xFF;
167   TL2=0x0;
168   CCL1=0x00;                                //Null Volt Fahrspannung vorsehen
169   LEDre=1;                                   //Rechts-LED an
170   LEDli=0;                                   //Links-LED aus
171   DIR=0;                                    //Richtungsbit auf "Rechts" setzen
172   T2I0=1;                                   //Timer 2 läuft wieder
173 }
174
175 void vLEDs(void)
176 {
177   char Wert1 = [REDACTED];                   //Grenzwerte für Geschwindigkeitsanzeige
178   char Wert2 = [REDACTED];
179   char Wert3 = [REDACTED];
180   char Wert4 = [REDACTED];
181   char Wert5 = [REDACTED];
182
183   if(CCL1>= Wert1)
184   {

```

```
185 L4=1;                                //alle fünf LED für die
186 L3=1;                                //Geschwindigkeit leuchten
187 L2=1;
188 L1=1;
189 L0=1;
190 }
191 if((CCL1>= Wert2)&&(CCL1< Wert1))
192 {
193 L4=0;                                //die unteren vier LED
194 L3=1;                                //für die Geschwindigkeit
195 L2=1;                                //leuchten
196 L1=1;
197 L0=1;
198 }
199 if((CCL1>= Wert3)&&(CCL1< Wert2))
200 {
201 L4=0;                                //die unteren drei LED
202 L3=0;                                //für die Geschwindigkeit
203 L2=1;                                //leuchten
204 L1=1;
205 L0=1;
206 }
207 if((CCL1>=Wert4)&&(CCL1< Wert3))
208 {
209 L4=0;                                //Beide unteren LED leuchten
210 L3=0;
211 L2=0;
212 L1=1;
213 L0=1;
214 }
215 if((CCL1>=Wert5)&&(CCL1<Wert4))
216 {
217 L4=0;                                //Unterste Geschwindigkeits-LED
218 L3=0;                                //leuchtet
219 L2=0;
220 L1=0;
221 L0=1;
222 }
223 if(CCL1<Wert5)
224 {
225 L4=0;                                //Alle Geschwindigkeits-LEDs
226 L3=0;                                //dunkel
227 L2=0;
228 L1=0;
229 L0=0;
230 }
231 }
```

Anhang 4: Capture-Compare-Einheit des Mikrocontrollers

Die Capture-Compare-Einheit (vgl. Abb. 4) besteht aus einem 16-Bit-Zählregister (Timer 2-Register), einem 16-Bit-Vergleichsregistern (CC1) und einem 16-Bit-Register (CRC) für einen Reload-Wert (Startwert). Alle Register sind unterteilt in ein High-Byte und ein Low-Byte.

Das Timer 2-Register wird durch den internen Takt (1 MHz) von einem Startwert (Reload-Wert) aus, der aus dem CRC-Register geladen wird, hochgezählt.

In das Vergleichsregister (CC1) wird eine 16-Bit-Hex-Zahl geschrieben, die mit dem Zählerstand des Timer 2-Registers im 16-Bit-Komparator verglichen wird. Der zugehörige Port-Pin P1.1 (PWM-Ausgang) hat in dieser Zeit „LOW-Pegel“. Sobald das Timer 2-Register und das Vergleichsregister (CC1) den gleichen Inhalt aufweisen, wird von der Kontrolleinheit der Ausgabe-Port-Pin P1.1 auf „HIGH-Pegel“ gesetzt. Das Timer 2-Register zählt weiter bis zu seinem Überlauf. Beim Überlauf werden der Ausgabe-Port-Pin P1.1 wieder auf „LOW-Pegel“ und das Timerflag (TF2) auf „1“ gesetzt. Gleichzeitig wird der Startwert erneut in das Timer 2-Register kopiert und der gesamte Vorgang wiederholt sich.

Mit dem Reload-Wert im CRC-Register legt man also die Frequenz des PWM-Signals fest, während durch den Inhalt des CC1-Registers die Pulsweite geändert werden kann.

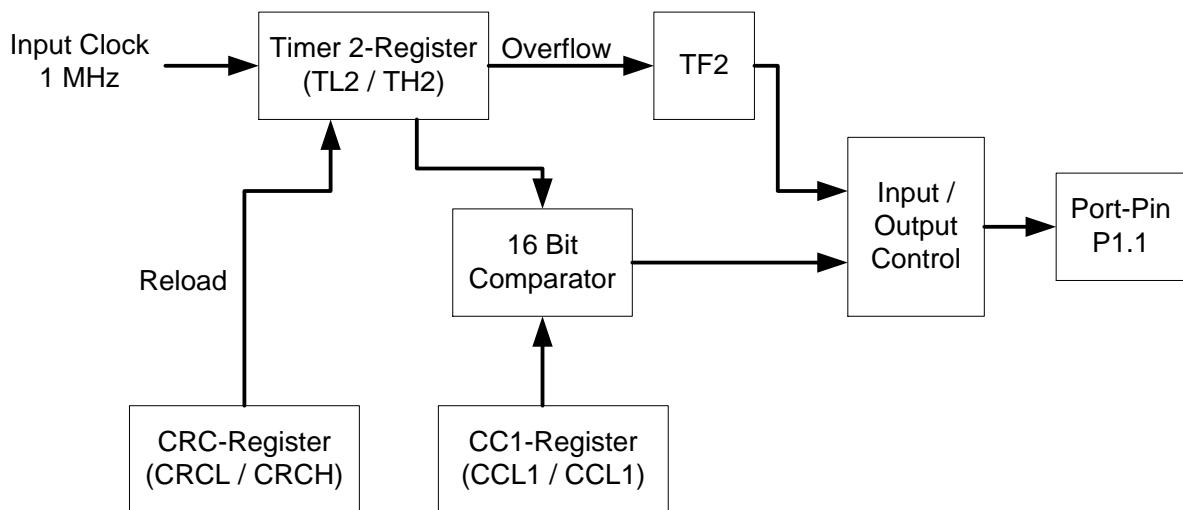
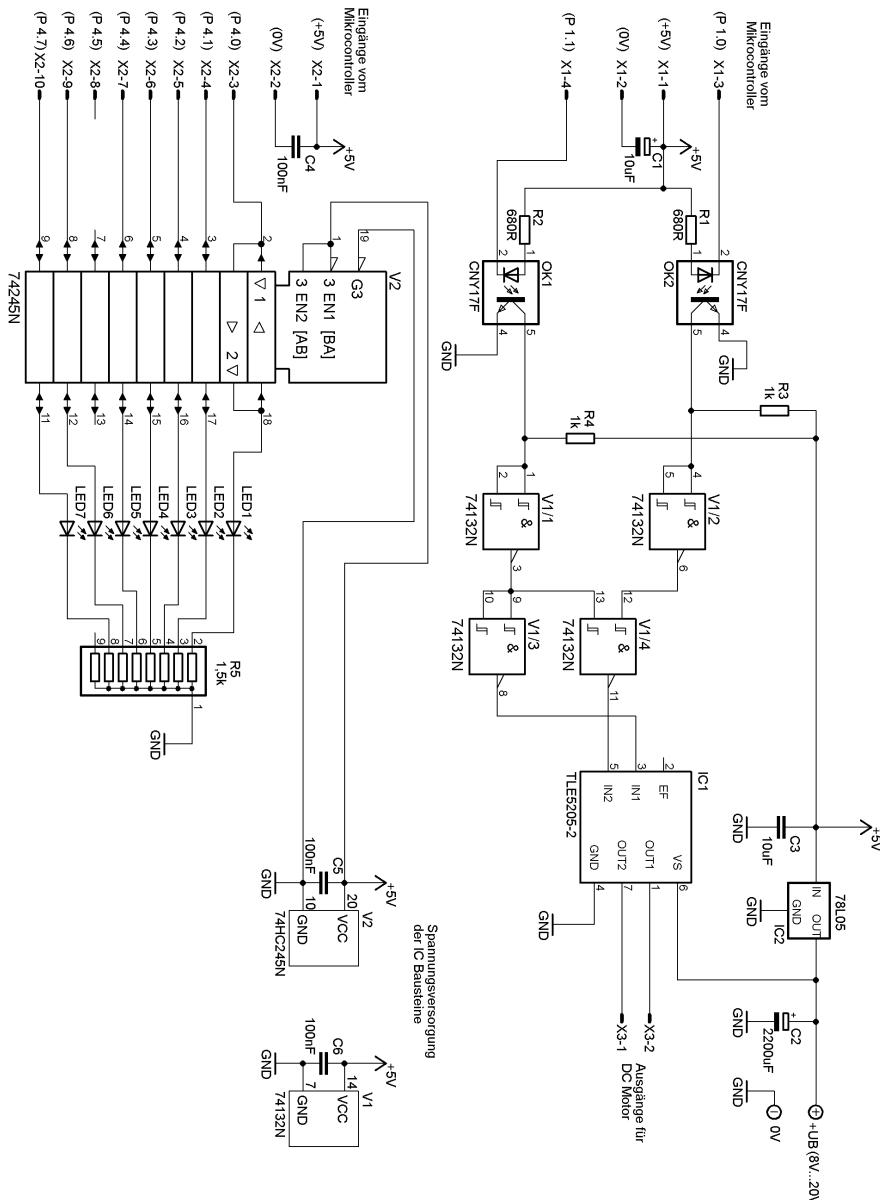


Abb. 4: Capture-Compare-Einheit (vereinfacht)

B: Lösungsteil**Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N**

Zeichnen Sie in die Anhang 1 die Verbindungen zur Beschaltung der Dateneingänge, Datenausgänge und der Steuereingänge des Bausteins 74245N.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verbindungen Dateneingänge mit Klemme X2	II	1
Verbindungen Datenausgänge mit LEDs	II	1
Richtige Wahl der Anschluss-Pins des uC	II	1
Verbindung Steuereingang G3 mit Vcc	II	1
Verbindung Steuereingang EN1 mit GND	II	1

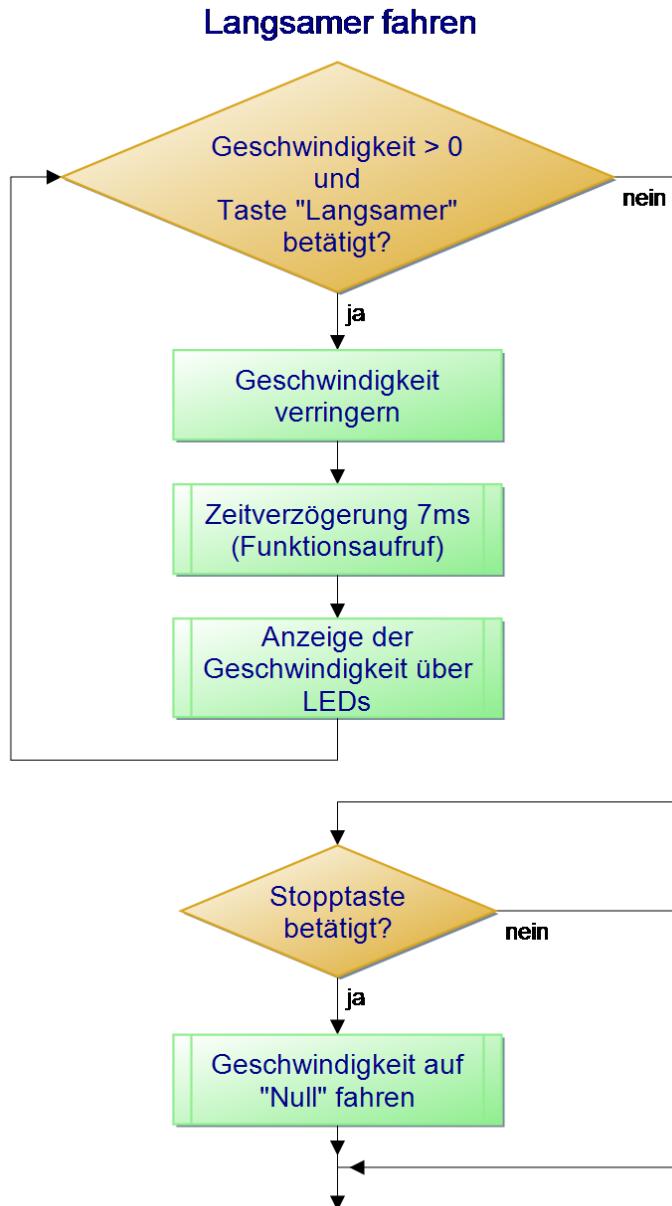
Musterlösung:

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktion

Erstellen Sie für die Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“ (Programmzeilen 80 – 90) den Programmablaufplan.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Abfrage Taste „Langsamer“		1
Abfrage, ob Geschwindigkeit > 0“		1
Aufruf der Funktion „Zeitverzögerung“		1
Aufruf der Funktion „Geschwindigkeitsanzeige“		1
Abfrage der „Stopptaste“		1
Aufruf der Funktion, die die Geschwindigkeit auf 0 reduziert		1

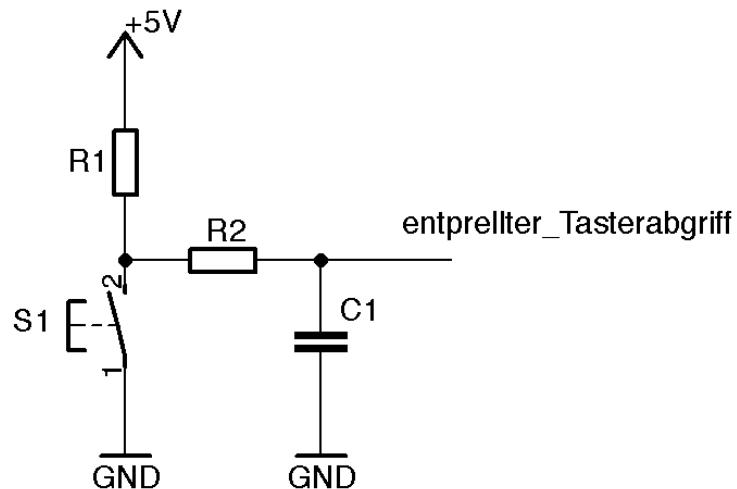
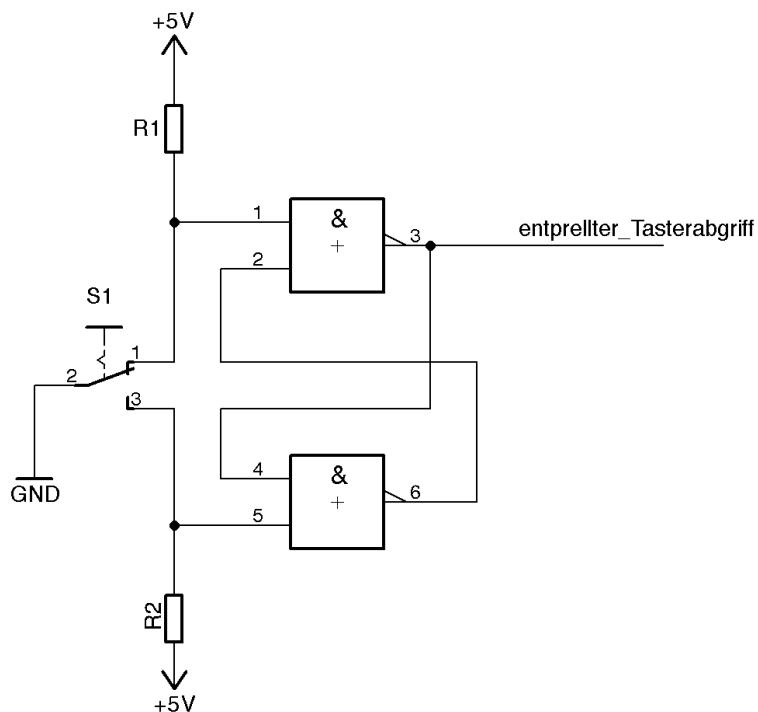
Musterlösung:



Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

Entwickeln Sie eine Hardware- oder Softwarelösung zum Entprellen des Tasters.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Berücksichtigt wird, dass der Taster „low-aktive“ arbeitet.	III	1
Realisiert wird eine Zeitverzögerung.	III	5

Musterlösung:**Möglichkeit 1: Hardwarelösung über RC-Tiefpass****Möglichkeit 2: Hardwarelösung mit RS-FlipFlop**

Möglichkeit 3: Software (Funktion mit if-Schleifen)

```

...
int zeit;

if (schneller == 0)           //Taster wird gedrückt (fallende Flanke)
{
    for (zeit = 0; zeit < 1000; zeit++);
    if (schneller == 0)         //Zeitschleife zum entprellen
        {
            ...
        }
}
...

```

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Bestimmen Sie die Frequenz des PWM-Signals anhand der Einstellungen im C-Programm (Anhang 3).

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Zählbereich von Timer-Register 2 wird angegeben.		1
Der „Reload“-Wert wird aus dem C-Programm entnommen.		1
Zählschritte bis zum Überlauf werden errechnet.		1
Zähldauer wird bestimmt.		1
Frequenz wird berechnet.		1

Musterlösung:

- Timer 2-Register (16-Bit) zählt von 0x0000 bis 0xFFFF (0 bis 65535).
- „Reload“-Wert = „0xFF00“ (65280) in Programmzeilen 65 u. 66.
- 255 Zählschritte bis Überlauf.
- Zähltakt von 1 MHz => Zähldauer = 255 µs => Frequenz \geq 3920 Hz.

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Beschreiben Sie Ihr Vorgehen zur Überprüfung des PWM-Signals.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Auswahl des Oszilloskops als Messgerät		1
Angabe der Anschlusspunkte des Messgerätes		1
Angabe von Einstellungen des Oszilloskops		1
Einstellung von mindestens zwei Geschwindigkeiten		1
Vergleich von eingestellter Geschwindigkeit mit Messwert		1

Musterlösung:

Vorgehensweise zur Kontrolle des ausgegebenen PWM-Signals:

1. Anschließen eines Oszilloskops an den PWM-Ausgang (Port-Pin 1.1) und „0V“.
2. Einstellen des Oszilloskops (Amplitude von 5V, Zeitintervall von ca. 300µs).
3. Starten des Programms.
4. Messen des PWM-Signals für Stillstand (dauerhaft U = 0V) und Prüfen des Registerinhalts CC1 = 0x0000.
5. Schrittweises Verändern der Fahrgeschwindigkeit über den Taster „Schneller“, Messen des PWM-Signals (Vergleich mit dem Registerinhalt CC1).

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

Geben Sie in den Programmzeilen 177 bis 181 des C-Programms in Anhang 3 die entsprechenden Zahlenwerte (Wert 1 bis Wert 5) für die Abfragen des CCL1-Registers hexadezimal an.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Zählbereich des Registers CCL1 wird bestimmt.		1
Untere Grenze des Zählbereichs wird berücksichtigt.		1
Abfragewerte werden bestimmt (dezimal, hexadezimal) jeweils 1Pkt.		5

Musterlösung:

Zählbereich: 0 – 255

untere Grenze (Vorgabe): Wert5 = 16

Werte in den entsprechenden Programmzeilen:

Zeile 177: Wert1 = 0xD0 (= 208_{dez})

Zeile 178: Wert2 = 0xA0 (= 160_{dez})

Zeile 179: Wert3 = 0x70 (= 112_{dez})

Zeile 180: Wert4 = 0x40 (= 64_{dez})

Zeile 181: Wert5 = 0x10 (= 16_{dez})

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

Begründen Sie den Einsatz der Optokoppler in dieser Schaltung.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Optokoppler zur galvanischen Trennung (allgemein)		1
Erkennt die Gefahr des Schaltens von Motoren (Induktivitäten)		1
Nennt die Induktionsspannung als Gefahrenpotential		1

Musterlösung:

Der Einsatz von Optokopplern dient zur galvanischen Trennung der Mikrocontrollerausgänge von den Signaleingängen des IC1. Diese Trennung ist insbesondere dann wichtig, wenn stärkere Motoren mit höheren Strömen geschaltet werden, da große Induktivitäten gefährliche Spannungsspitzen auf den Mikrocontroller zurückführen könnten.

C: Prüfungsdidaktischer Kommentar**Teilaufgabe 1: Einsatz des Treiberbausteins 74245N**

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A2 III (2): Mit unbekannten Bausteinen datenblattgestützt Schaltungen entwerfen • A5 III (3): Schaltungen von unbekannter externer Peripherie datenblattgestützt an den Mikrocontroller skizzieren und dazu Programme entwickeln • C I (3): Einfache Datenblätter auswerten
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT2: Einfache Grundschaltungen mit µC • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart(en)	Materialgebundene Aufgabe
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 2: Programmablaufplan für Teilfunktionen „Langsamer fahren“ und „Sanft anhalten“

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 3: Entprellen des Tasters „Schneller“

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT) • B - Methodenbeherrschung • C Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 III (1): Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • A1 II (4): Schaltungen unter Verwendung von Grundbauelementen und Grundschatungen funktions- und anwendungsorientiert skizzieren <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • A2 II (4): Schaltnetze und Schaltwerke mit Grundbausteinen erstellen • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext verwenden • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente • Fachwissen - Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST2: Grundschatungen <p>oder</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT1: Grundbauelemente • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT2: Grundschatungen • Methodenbeherrschung (B) - B6: Programmentwurf oder

	<p>B2: Schaltungsentwurf</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - <p>K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik</p>
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 4: Frequenz des PWM-Signals

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 II (3): Einstellungen von Spezial-Funktions-Registern des vorgegebenen 8051-Mikrocontrollers anwendungsbezogen im C-Programm ermitteln • A5 III (2): Unbekannte On-Chip-Peripherie Datenblatt gestützt analysieren und für diese Peripherie Programme entwerfen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT1: Hardware des Mikrocontrollers • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“
Aufgabenart(en)	Materialgebundene Aufgabe
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 5: Kontrolle des PWM-Signals

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • B II (2): Teilschritte von Fachmethoden anwenden • C II (2): Für die Darstellung einfacher Sachverhalte eine Darstellungsform erstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Methodenbeherrschung (B) - B4: Messen • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart(en)	Experimentbezogene Aufgabe
Bearbeitungszeit	15 Minuten

Teilaufgabe 6: Anzeige der Fahrgeschwindigkeit

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • A2 - Umgang mit Fachwissen, Digitaltechnik (DT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontrollersysteme beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ • Fachwissen - Digitaltechnik (DT) - DT3: Darstellungsformen
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 7: Einsatz der Optokoppler

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A1 - Umgang mit Fachwissen, Analoge Schaltungstechnik (AST) • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A1 II (7): Die Verwendung von Grundbauelementen in Schaltungen begründen • A5 I (1): Die Bestandteile des vorgegebenen 8051- Mikrocontrollersystems beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT1: Hardware des Mikrocontrollers • Fachwissen – Analoge Schaltungstechnik (AST) - AST1: Grundbauelemente
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

6.8 Aufgabenbeispiel 8: Brennofensteuerung

A: Aufgabenteil

Übersicht:

- Teilaufgabe 1:** Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage
- Teilaufgabe 2:** Auswahl eines Mikrocontrollers
- Teilaufgabe 3:** Peripherie am Mikrocontroller
- Teilaufgabe 4:** Fehler im C-Programm
- Teilaufgabe 5:** Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm
- Teilaufgabe 6:** Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

Anhang 1: Programmablaufplan für Funktionsabläufe in der Brennofenanlage

Anhang 2: Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung

Anhang 3: Pin-Beschreibung des Mikrocontroller 80C552

Ausgangssituation für alle Teilaufgaben

Das Technologieschema (Abb. 1) zeigt eine Brennofenanlage.

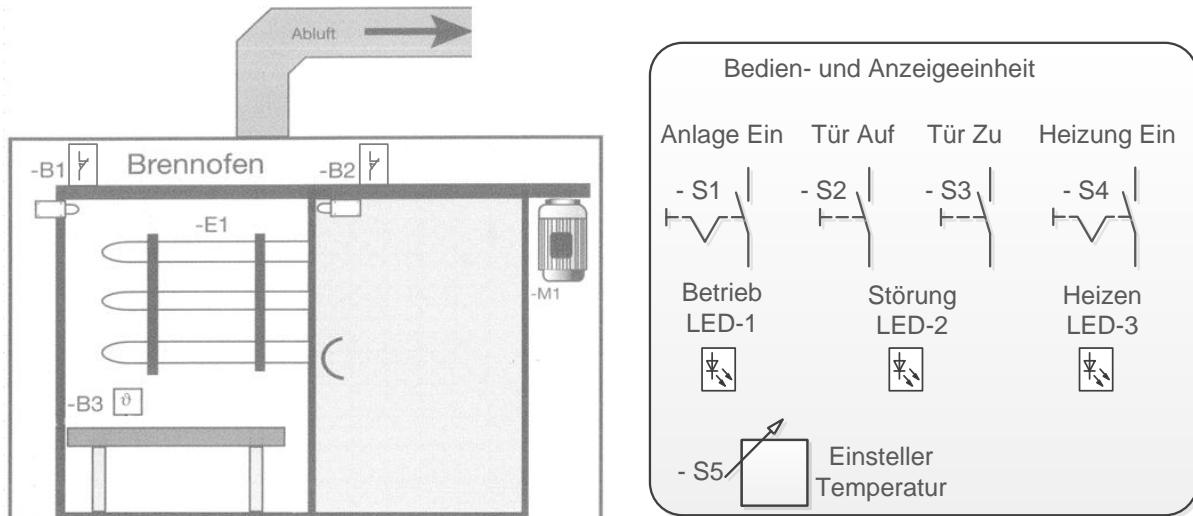


Abb. 1: Technologieschema der Brennofenanlage bei geöffneter Tür

Funktionsbeschreibung:

Die Brennofenanlage wird über die Bedien- und Anzeigeeinheit gesteuert. Mit S1 wird die Anlage eingeschaltet, was durch LED-1 angezeigt wird. Ist die Anlage betriebsbereit, kann die Tür über den Taster S2 mithilfe des Motors M1 aufgefahren werden. Der Brennofen muss dann von Hand beschickt und anschließend muss die Tür über S3 geschlossen werden. Jetzt wird die Ofentemperatur mit S5 eingestellt und der Heizvorgang durch Schalter S4 gestartet. Nur bei betriebsbereiter Anlage und geschlossener Tür wird geheizt. LED-3 signalisiert den Heiz- / Brennvorgang. Die Endlagenschalter B1 und B2 überwachen die Türfunktion. Eine geöffnete Tür (vor und/oder während des Heizens) stoppt den Brennvorgang und führt zu einer Störmeldung, die mit LED-2 gemeldet wird. Sensor B3 erfasst die Ofentemperatur und gibt ein entsprechendes Analogsignal zur Auswertung an den Mikrocontroller.

Zur Steuerung der Anlage werden bisher Schütze eingesetzt, die jetzt durch einen Mikrocontroller abgelöst werden sollen.

In Abb. 2 wird der Anschluss der einzelnen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller dargestellt.

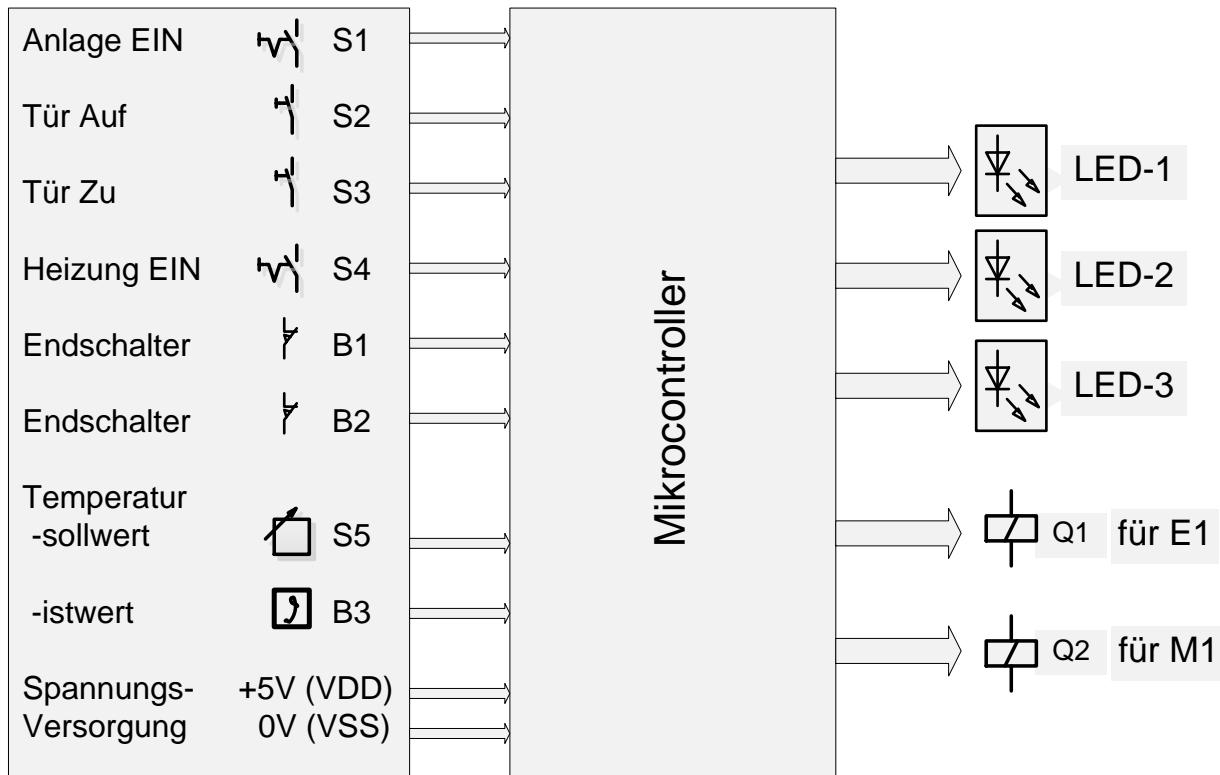


Abb. 2: Blockschaltbild der Mikrocontrollerschaltung für Brennofensteuerung

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

Anhang 1 zeigt einen Programmablaufplan, der die Funktionsabläufe in der Brennofenanlage beschreibt. Der Programmablaufplan enthält Symbole, in denen die jeweiligen Schritte des Funktionsablaufs in der Brennofenanlage nicht dokumentiert sind.

Stellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1 dar.

Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

Für den Einsatz in dieser Brennofenanlage soll ein geeigneter Mikrocontroller ausgewählt werden. Dabei soll berücksichtigt werden, dass der Motor M1 später über eine Interfaceplatine angeschlossen und dessen Drehzahl dann vom Mikrocontroller gesteuert werden kann. Außerdem soll eine NOT-AUS Funktion eingeplant werden.

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Eigenschaften der zur Verfügung stehenden Mikrocontroller dargestellt.

Device	Max. Operating Frequency (MHz)	Max I/O Pins	Operating Voltage (Vcc)	Temp. Range (°C)	Timer	ADC	UART	TWI /I2C	PWM	Ext. Interrupt
AT89LP214	20	12	2.4 to 5.0	-	2	-	1	-	-	-
AT32UC3A3128	66	110	3.0 to 3.6	-40 to 85	6	8	4	2	12	110
AT89S51	24	32	4.0 to 5.5	-	2	-	1	-	-	-
AT89C5115	40	20	3.0 to 5.5	-	4	8	1	-	-	-
AT89C5132	20	44	2.7 to 5.5	-	2	2	1	1	-	6
P83C552EFx	16	48	4.5 to 5.5	-40 to 85	2	8	1	1	2	2

Tabelle 1: Eigenschaften der Mikrocontroller

Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.

Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

In Anhang 2 ist der Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung mit der zu verschaltenden Peripherie (vgl. Abb. 2) angegeben. Eingesetzt wird der Mikrocontroller 80C552, dessen Pin-Beschreibung in dem Anhang 3 zur Verfügung steht.

Zeichnen Sie in den Schaltplan in Anhang 2 die Verbindungen zum Anschluss der Peripherie an den Mikrocontroller.

Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

Abb. 3 zeigt den Testprogramm im C-Code zum Einlesen und Auswerten der Ofentemperatur.

Nach dem Programmdurchlauf des Compilers ergaben sich folgende Fehlermeldungen:

```
ofen.c*
01 #include <reg552.h>
02 |
03 void adc (void);
04
05 #define ADEX 0x00          // ADU Start nur via Software möglich
06 #define ADCI 0x10           // Namenszuweisung der Bitposition des ADCI
07 #define ADCS 0x08           // Namenszuweisung der Bitposition des ADCS
08
09
10 float istwert, solltemp, maxtemp;
11
12
13 void main (void)
14 {
15
16     adc(5);               //Aufruf der Funktion adc
17
18
19 }
20
21 void adc (void)
22 {
23     maxtemp = 300;         // Maximaltemperatur in °C entspricht 5V
24     solltemp = 260;         // Temperatursollwert in °C
25     ADCON = 0x00;          // Löschen von ADCI und ADCS
26     ADCON |= 0x01;         // Bitweise ODER, Analog-Eingang ADC1 (P5.1) und Startmodus via software
27     ADCON |= ADCS;         // Bitweise ODER, Start ADC
28
29     while { (ADCON & ADCI)==0}; // Warten auf Ende der AD-Wandlung.
30     // ADCI=1 wird vom Controller bei Wandlungsende gesetzt,
31     // dann gilt 0001 0000 & 0001 0000 != 0!
32
33     istwert = ADCH * 0.0192 // Umrechnung ADC-Ergebnis in Spannungswert
34     isttemp = istwert * maxtemp / 5; // Berechnung der Isttemperatur
35
36
Build Output
Rebuild target 'Target 1'
compiling offen.c...
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(17): error C207: 'adc': declared with 'void' parameter list
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(30): error C141: syntax error near '{', expected '('
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(30): error C141: syntax error near ')'
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(34): error C141: syntax error near 'isttemp'
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(34): error C202: 'isttemp': undefined identifier
..\07\AD_Wandler\C-Codes\ADC_Simulation\offen.c(35): error C141: syntax error near ''
Target not created
```

Abb. 3: Testprogramm mit Fehlermeldung

In Tabelle 2 ist beispielhaft ein Fehler beschrieben und korrigiert.

Stellen Sie die weiteren, vom Compiler ausgeworfenen Fehler, in Tabelle 2 entsprechend dar.

Fehler-zeile	Fehlerbeschreibung	Korrekter C-Programmcode
30	Bedingung der while-Schleife steht in geschweiften Klammern.	while ((ADCON&ADCI)==0);

Tabelle 2: Dokumentation der Fehlerbehebung

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

Zur Überwachung der fehlerfreien Funktion der Endlagenschalter soll ein Mikrocontrollerprogramm im C-Code erstellt werden.

Das Mikrocontrollerprogramm soll, damit es getestet werden kann, folgende Funktionen erfüllen:

- Mit dem Schalter S1 wird die Anlage eingeschaltet.
- Die Betriebsbereitschaft wird durch die LED-1 (siehe Abb. 1) angezeigt.
- Die Endlagenschalter B1 und B2 (beides Öffner) signalisieren, wenn die Tür geöffnet bzw. geschlossen ist. Sind die Endlagenschalter betätigt, liefern sie ein Low-Signal.
- Eine Störung der Endlagenschalter liegt vor, wenn B1 meldet „Tür geschlossen“ und gleichzeitig B2 meldet „Tür geöffnet“. Die Störung wird durch LED-2 angezeigt.

Entwerfen Sie ein C - Programm zur Überwachung der Endlagenschalter mit folgenden Bestandteilen:

- Portzuweisung
- Variablen Deklaration
- Hauptprogramm

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

In dem vorliegenden Programmauszug (Abb. 5) ist u.a. die Funktion eines 2-Punkt-Reglers zur Regelung der Ofentemperatur realisiert. Der Regler ist auf eine Solltemperatur von 260°C eingestellt. Abb. 6 zeigt das Übertragungsverhalten eines 2-Punkt-Reglers.

```

Ofenregelung.c*
01 /* MikroController 80C552, Programm zur Regelung der Ofentemperatur, WAKE 2012 */
02 -----
03 #include <REG552.h>
04
05 #define ADEX 0x00
06 #define ADCI 0x10
07 #define ADCS 0x08
08 void delay50ms();
09 sbit S1 = 0xC0;
10 sbit Signal_B1 = 0xC1;
11 sbit Signal_B2 = 0xC2;
12 sbit Betrieb_LED_1 = 0x90;
13 sbit Heizung = 0x92;
14
15 void main()
16 {
17     float ofentemperatur_ist, ofentemperatur_soll;
18     float ofentemperatur_max, ist_hilfe;
19     Betrieb_LED_1 = 1;
20     ofentemperatur_max = 300; //Max. Ofentemp 300°C entspricht 5V!!
21     ofentemperatur_soll = 260;
22
23     while(1)
24     {
25         while (S1 == 1)
26         {
27             delay50ms();
28             Betrieb_LED_1 = 0;
29
30             ADCON = 0;
31             ADCON |= 0x01;
32             ADCON |= ADCS;
33             while((ADCON & ADCI)==0);
34
35             ist_hilfe = ADCH * 0.0192;
36             ofentemperatur_ist = ist_hilfe * ofentemperatur_max / 5;
37
38             if ((Signal_B1 = 0) & (Signal_B2 = 1))
39             {
40                 if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 - 0.0385)))
41                 {
42                     Heizung = 1;
43                 }
44
45                 if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 + 0.0385)))
46                 {
47                     Heizung = 0;
48                 }
49             }
50
51             Betrieb_LED_1 = 1;
52         }
53     }
54
55     void delay50ms()
56     {
57         TH0 = 0x3C;
58         TL0 = 0xAF;
59         TF0 = 0;
60         TMOD = 0x09;
61         TR0 = 1;
62         while (TF0 == 0);
63     }
64 }
```

Abb. 5: Programmauszug

Tragen Sie die Werte für die programmierte obere und untere Schaltschwelle des 2-Punkt-Reglers in das Diagramm in Abb. 6 ein.

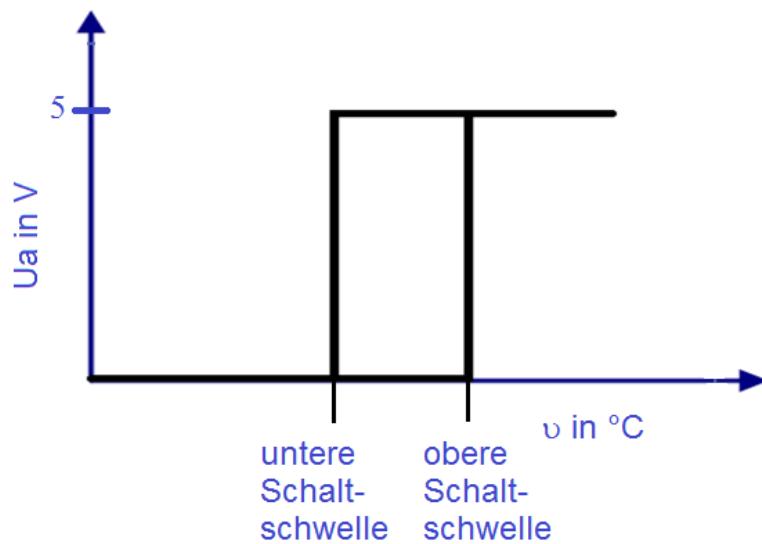
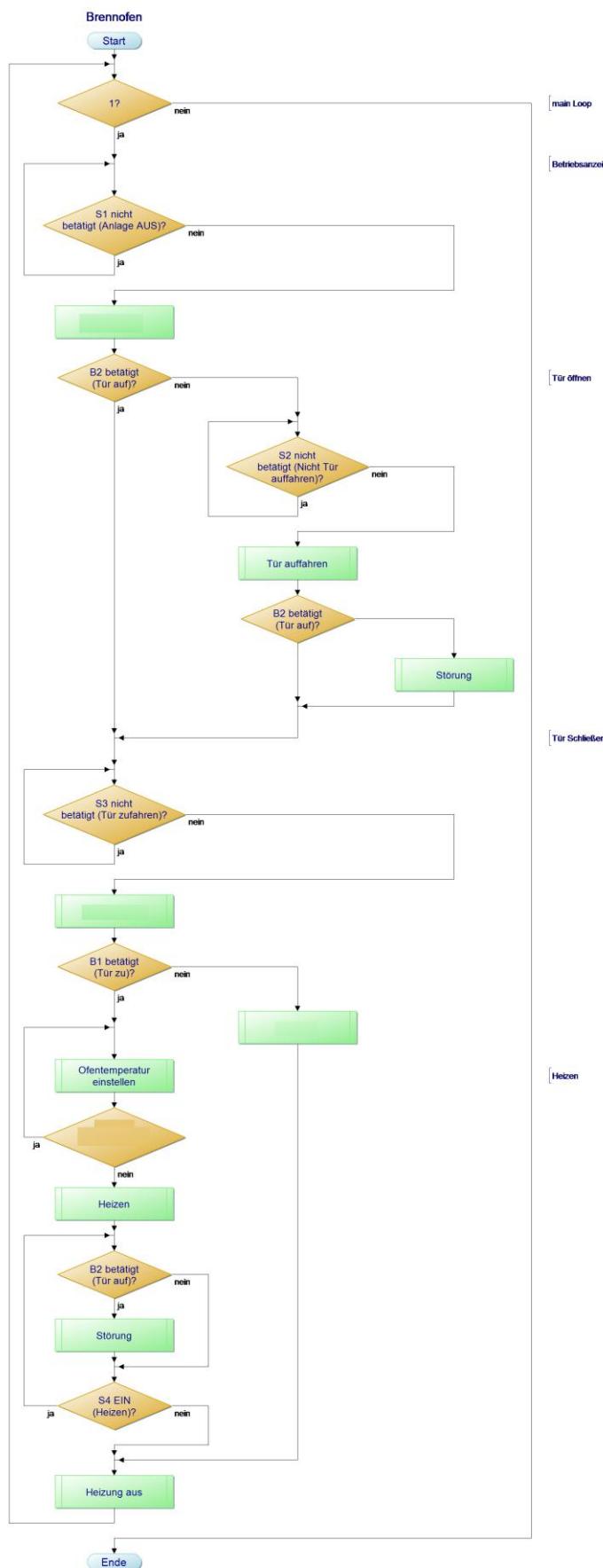
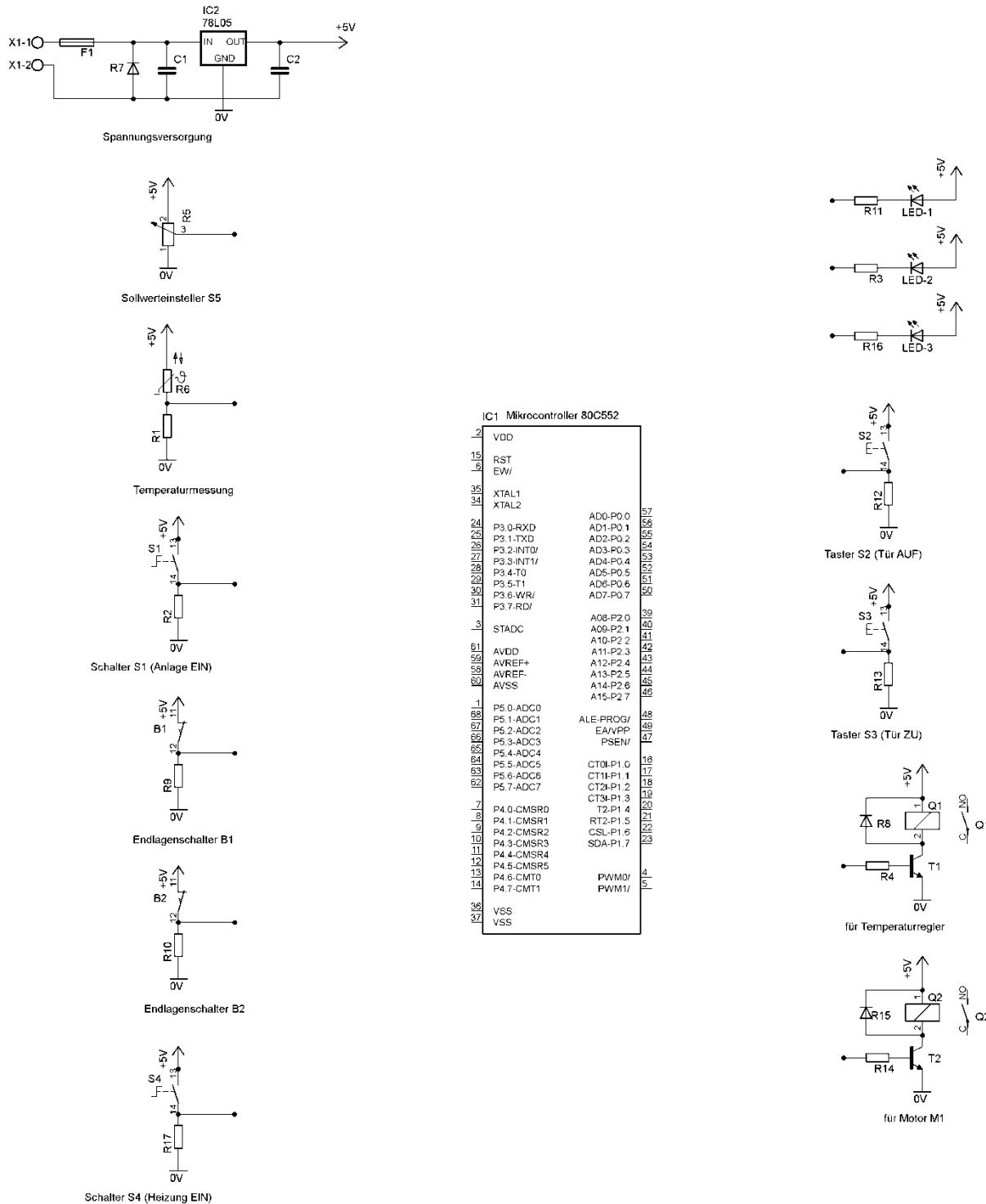


Abb. 6: Übertragungsverhalten des 2-Punkt- Reglers

Anhang 1: Programmablaufplan für Funktionsabläufe in der Brennofenanlage



Anhang 2: Schaltplan der Mikrocontrollerschaltung



Anhang 3: Pin-Beschreibung des Mikrocontroller 80C552

PIN DESCRIPTION

MNEMONIC	PIN NO.		TYPE	NAME AND FUNCTION
	PLCC	QFP		
V _{DD}	2	72	I	Digital Power Supply: +5 V power supply pin during normal operation, idle and power-down mode.
STADC	3	74	I	Start ADC Operation: Input starting analog to digital conversion (ADC operation can also be started by software). This pin must not float.
PWM0	4	75	O	Pulse Width Modulation: Output 0.
PWM1	5	76	O	Pulse Width Modulation: Output 1.
EW	6	77	I	Enable Watchdog Timer: Enable for T3 watchdog timer and disable power-down mode. This pin must not float.
P0.0-P0.7	57-60	58-61	IO	Port 0: Port 0 is an 8-bit open-drain bidirectional I/O port. Port 0 pins that have 1s written to them float and can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external program and data memory. In this application it uses strong internal pull-ups when emitting 1s.
P1.0-P1.7	16-23	10-17	IO	Port 1: 8-bit I/O port. Alternate functions include:
	16-21	10-15	IO	(P1.0-P1.5): Quasi-bidirectional port pins.
	22-23	16-17	IO	(P1.6, P1.7): Open drain port pins.
	16-19	10-13	I	CT01-CT3I (P1.0-P1.3): Capture timer input signals for timer T2.
	20	14	I	T2 (P1.4): T2 event input.
	21	15	I	RT2 (P1.5): T2 timer reset signal. Rising edge triggered.
	22	16	IO	SCL (P1.6): Serial port clock line I ² C-bus.
	23	17	IO	SDA (P1.7): Serial port data line I ² C-bus.
				Port 1 is also used to input the lower order address byte during EPROM programming and verification. A0 is on P1.0, etc.
P2.0-P2.7	39-46	38-42, 45-47	IO	Port 2: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate function: High-order address byte for external memory (A08-A15).
P3.0-P3.7	24-31	18-20, 23-27	IO	Port 3: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include:
	24	18		RxD(P3.0): Serial input port.
	25	19		TxD (P3.1): Serial output port.
	26	20		INT0 (P3.2): External interrupt.
	27	23		INT1 (P3.3): External interrupt.
	28	24		T0 (P3.4): Timer 0 external input.
	29	25		T1 (P3.5): Timer 1 external input.
	30	26		WR (P3.6): External data memory write strobe.
	31	27		RD (P3.7): External data memory read strobe.
P4.0-P4.7	7-14	80, 1-2 4-8	IO	Port 4: 8-bit quasi-bidirectional I/O port. Alternate functions include:
	7-12	80, 1-2 4-6	O	CMSR0-CMSR5 (P4.0-P4.5): Timer T2 compare and set/reset outputs on a match with timer T2.
	13, 14	7, 8	O	CMT0, CMT1 (P4.6, P4.7): Timer T2 compare and toggle outputs on a match with timer T2.
P5.0-P5.7	68-62, 1	71-64,	I	Port 5: 8-bit input port. ADC0-ADC7 (P5.0-P5.7): Alternate function: Eight input channels to ADC.
RST	15	9	IO	Reset: Input to reset the 8XC552. It also provides a reset pulse as output when timer T3 overflows.
XTAL1	35	32	I	Crystal Input 1: Input to the inverting amplifier that forms the oscillator, and input to the internal clock generator. Receives the external clock signal when an external oscillator is used.
XTAL2	34	31	O	Crystal Input 2: Output of the inverting amplifier that forms the oscillator. Left open-circuit when an external clock is used.

V _{ss}	36, 37	34-36	I	Two Digital ground pins.
PSEN	47	48	O	Program Store Enable: Active-low read strobe to external program memory.
ALE	48	49	O	Address Latch Enable: Latches the low byte of the address during accesses to external memory. It is activated every six oscillator periods. During an external data memory access, one ALE pulse is skipped. ALE can drive up to eight LS TTL inputs and handles CMOS inputs without an external pull-up.
EA	49	50	I	External Access: When EA is held at TTL level high, the CPU executes out of the internal program ROM provided the program counter is less than 8192. When EA is held at TTL low level, the CPU executes out of external program memory. EA is not allowed to float.
AV _{REF-}	58	59	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: Low-end.
AV _{REF+}	59	60	I	Analog to Digital Conversion Reference Resistor: High-end.
AV _{ss}	60	61	I	Analog Ground
AV _{dd}	61	63	I	Analog Power Supply

NOTE:

- To avoid "latch-up" effect at power-on, the voltage on any pin at any time must not be higher or lower than V_{DD} + 0.5 V or V_{ss} - 0.5 V, respectively.

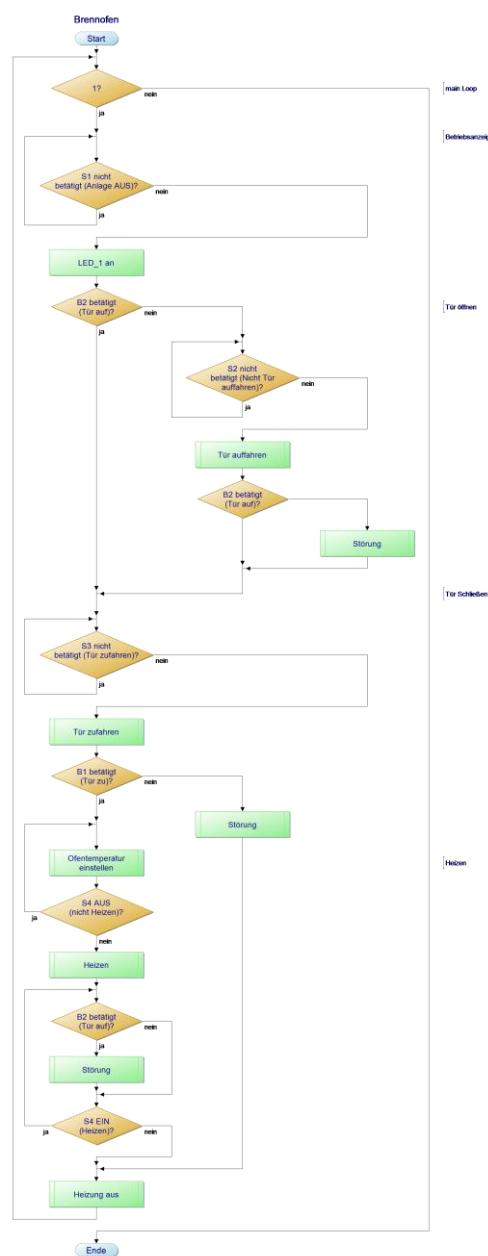
B: Lösungsteil

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

Stellen Sie die fehlenden Schritte im Programmablaufplan in Anhang 1 dar.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Dokumentiert den Funktionsaufruf zum Auffahren der Tür im PAP		1
Dokumentiert das Einschalten der LED im PAP		1
Dokumentiert die Abfrage von S4 „Heizen“ im PAP		1
Dokumentiert die Abfrage des Sensors B2 „Tür auf“ im PAP		1

Musterlösung:



Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

Begründen Sie Ihre Auswahlentscheidung eines geeigneten Mikrocontrollers.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
ADC vorhanden zum Einlesen des analogen Temperaturmesswertes über B3		1
Spannungsversorgung 5V		1
PWM-Ausgabe zum Ansteuern des Motors M1		1
Interrupt für NOT-AUS Funktion		1

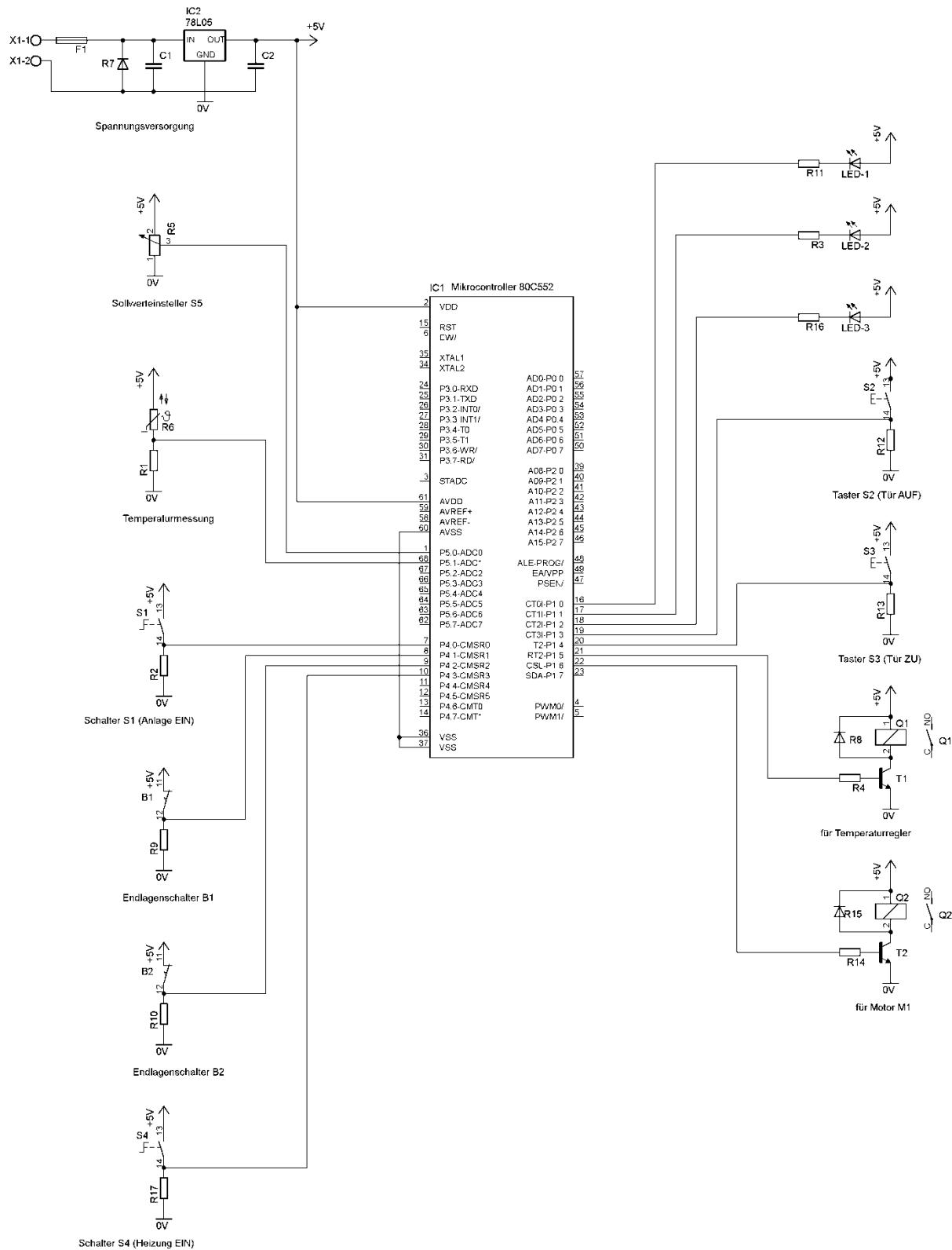
Musterlösung:

Geeignet ist Controller P83C552EFx und bedingt Controller AT89C5132, der allerdings über keinen PWM-Ausgang verfügt. Die Motordrehzahl kann aber mithilfe der vorhandenen Timer eingestellt werden.

Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

Zeichnen Sie in die Anlage 2 die Verbindungen zum Anschluss der Peripherie an den Mikrocontroller.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Verbindungen Taster / Schalter (S1 - S4) mit Mikrocontroller		1
Verbindungen LEDs(1-3) mit Mikrocontroller		1
Verbindungen Endlagenschalter (B1, B2) mit Mikrocontroller		1
Verbindung Sollwerteinsteller (S5) mit Mikrocontroller		1
Verbindung Temperatursensor mit Mikrocontroller		1
Verbindungen Temperaturregler und Motor mit Mikrocontroller		1
Verbindungen Spannungsversorgung (V_{DD} , AV_{DD} u. V_{SS}) mit Mikrocontroller		1

Musterlösung:

Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

Stellen Sie die weiteren, vom Compiler ausgeworfenen Fehler, in Tabelle 2 entsprechend dar.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Finden der 4 Fehler	II	4
Beschreibung jedes Fehlers	II	4
Angabe des korrekten C-Code für jeden Fehler	II	4

Musterlösung:

Fehler-zeile	Fehlerbeschreibung	Korrekter C-Programmcode
30	Bedingung der while-Schleife steht in geschweiften Klammern.	while ((ADCON&ADCI)==0);
17	Aufruf der Funktion „adc“ mit Parameterübergabe; die Funktion wurde aber nicht für eine Parameterübergabe deklariert.	adc()
34	In Programmzeile 33 fehlt ein Semikolon zum Abschluss des Befehls.	istwert = ADCH * 0.0192;
34	Die Variable isttemp ist nicht deklariert.	Zeile 10: float isttemp, istwert, solltemp, maxtemp;
35	In Programmzeile 35 fehlt eine geschweifte Klammer zum Abschluss der Funktion „adc“.	}

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

Entwerfen Sie ein C - Programm zur Überwachung der Endlagenschalter mit folgenden Bestandteilen:

- Portzuweisung
- Variablendeclaration
- Hauptprogramm

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
5 Ports werden dem Schaltplan entsprechend zugewiesen.	II	5
Schalter S1 wird abgefragt.	II	1
Betriebsanzeige LED1 wird eingeschaltet, low-aktiv berücksichtigt.	II	2

B1 und B2 werden abgefragt.	II	1
Richtige logische Verknüpfung der Abfrage von B1 und B2.	II	1
Störmeldung wird ausgegeben.	II	1
Fehlerfreie C-Syntax.	II	1
Aussagekräftige Kommentierung des C-Programms.	II	1

Musterlösung:

Lösungsmöglichkeit 1:

```
#include <REG.552.h>
sbit S1          = 0xC0;           //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1   = 0xC1;           //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2   = 0xC2;           //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90;         //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91;        //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1;           //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1;          //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)              //Anlage eingeschaltet
        {
            Betrieb_LED1 = 0;       //Betriebsanzeige an (low-active)
            while ( !(Signal_B1 | Signal_B2) ) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betätigt
            {
                Stoerung_LED2 = 0;  //Stoermeldung an (low-active)
            }
            Stoerung_LED2 = 1;      //Stoermeldung aus (low-active)
        }
    }
}
```

Lösungsmöglichkeit 2:

```
#include <REG.552.h>
sbit S1          = 0xC0;           //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1   = 0xC1;           //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2   = 0xC2;           //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90;         //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91;        //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1;           //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1;          //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)              //Anlage eingeschaltet
        {
            Betrieb_LED1 = 0;       //Betriebsanzeige an (low-active)
            if ((Signal_B1==0 & Signal_B2==0)) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betätigt
            {
                Stoerung_LED2 = 0;  //Stoermeldung an (low-active)
            }
        }
    }
}
```

```
    }
    else
    {
        Stoerung_LED2 = 1;                                //Stoermeldung aus (low-active)
    }
}
```

Lösungsmöglichkeit 3:

```

#include <REG.552.h>
sbit S1 = 0xC0; //Schalter S1 an Port 4.0
sbit Signal_B1 = 0xC1; //Endlagenschalter B1 an Port 4.1
sbit Signal_B2 = 0xC2; //Endlagenschalter B2 an Port 4.2
sbit Betrieb_LED1 = 0x90; //Betriebsanzeige LED1 an Port 1.0
sbit Stoerung_LED2 = 0x91; //Stoermeldung LED2 an Port 1.1

void main()
{
    while(1)
    {
        Betrieb_LED1 = 1; //Betriebsanzeige aus (low-active)
        Stoerung_LED2 = 1; //Stoermeldung aus (low-active)
        while(S1 == 1)
        {
            Betrieb_LED1 = 0; //Betriebsanzeige an (low-active)
            Stoerung_LED2 = !(Signal_B1 && Signal_B2) //beide Endschalter (B1 und B2) sind betigt
        }
    }
}

```

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

Tragen Sie die Werte für die programmierte obere und untere Schaltschwelle des 2-Punkt-Reglers in das Diagramm in Abb. 6 ein.

Lösungsaspekte:	AFB	Punkte
Erkennen der Berechnungsvorschrift zur Einstellung der Schaltschwellen im C-Programm.	II	1
Berechnung der oberen und unteren Schaltschwelle des programmierten Zweipunktreglers.	II	2
Eintragen der oberen und unteren Schaltschwelle in die Abb. 6.	II	2

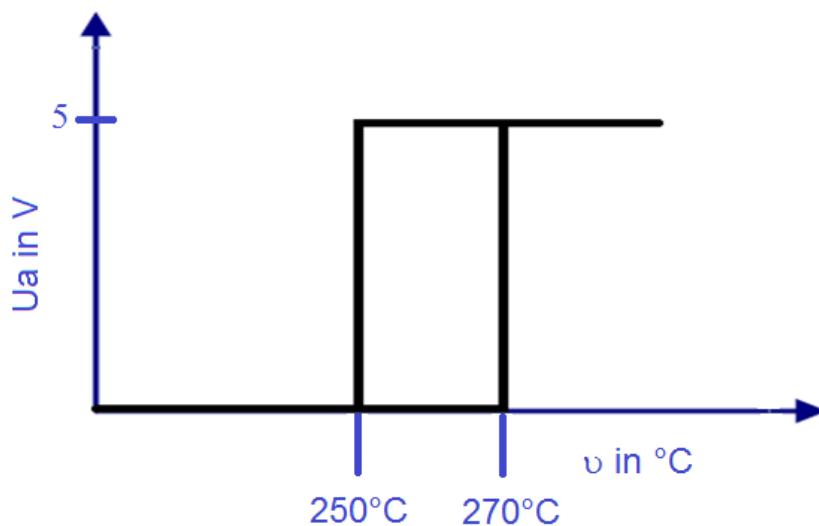
Musterlösung:

Relevante Programmzeilen

```
40         if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 - 0.0385)))
41         {
42             Heizung = 1;
43         }
44         if (ofentemperatur_ist < (ofentemperatur_soll * (1 + 0.0385)))
45         {
46             Heizung = 0;
47         }
48     }
```

Untere Schaltschwelle: $260^{\circ}\text{C} - 260^{\circ}\text{C} \cdot 0,0385 = 249,99^{\circ}\text{C}$

Obere Schaltschwelle: $260^{\circ}\text{C} + 260^{\circ}\text{C} \cdot 0,0385 = 269,99^{\circ}\text{C}$



C: Prüfungsdidaktischer Kommentar

Teilaufgabe 1: Funktionsbeschreibung der Brennofenanlage

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • CI (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation (C) - <ul style="list-style-type: none"> K1: Grundbegriffe der Technikwissenschaft K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 2: Auswahl eines Mikrocontrollers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 II (5): Einen Mikrocontroller anforderungsgerecht ermitteln
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - <ul style="list-style-type: none"> MCT1: Hardware des Mikrocontrollers
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	5 Minuten

Teilaufgabe 3: Peripherie am Mikrocontroller

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 I (2): Benötigte Anschlusspins des Mikrocontrollers für externe Schaltungen mithilfe des Datenblatts ermitteln • A5 II (4): Schaltungen von ausgewählten externen Peripherieeinheiten an den Mikrocontroller skizzieren • C I (2): Einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - <ul style="list-style-type: none"> MCT2: Einfache Grundschaltungen mit Mikrocontroller • Kommunikation (C) - <ul style="list-style-type: none"> K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik K3: Grundbegriffe des technischen Englischs

Aufgabenart(en)	Materialgebundene Aufgabe
Bearbeitungszeit	12 Minuten

Teilaufgabe 4: Korrektur von Fehlern im C-Programm

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 I (4): Syntaxfehler in C-Programmen ermitteln • A5 I (1): Die Bestandteile des vorgegebenen 8051- Mikrocontrollersystems beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“
Aufgabenart(en)	Experimentbezogene Aufgabe
Bearbeitungszeit	10 Minuten

Teilaufgabe 5: Überwachung der Endlagenschalter mit C-Programm

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none"> • A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT) • B - Methodenbeherrschung • C - Kommunikation
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none"> • A5 III (1): Programme in Programmablaufplänen bzw. in der Programmiersprache „C“ für anwendungsbezogene Aufgaben entwickeln • B III (1): Fachmethoden in einem komplexen Kontext anwenden • C II (1): Technische Prozesse und Schaltungen mit Ablaufplänen beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“ • Methodenbeherrschung (B) - B6: Programmentwurf • Kommunikation (C) - K2: Darstellungsformen in der Elektrotechnik
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	20 Minuten

Teilaufgabe 6: Parametrierung der Schaltschwellen eines 2-Punkt-Reglers

Kompetenzbereiche	<ul style="list-style-type: none">• A5 - Umgang mit Fachwissen, Mikrocontrollertechnik (MCT)
Geprüfte Kompetenzen / Niveau	<ul style="list-style-type: none">• A5 II (1): Die Funktion programmierter Mikrocontroller-systeme beschreiben
Inhalte	<ul style="list-style-type: none">• Fachwissen - Mikrocontrollertechnik (MCT) - MCT3: Programmierung der Mikrocontroller in der Programmiersprache „C“
Aufgabenart(en)	Technische Problemstellung mit Anwendungsbezug
Bearbeitungszeit	8 Minuten

Anhang

A Prüfungsdidaktik

R. Dubs (2008): Qualitätsvolle Aufgaben als Voraussetzung für sinnvolles Benchmarking, in: J. Thonhauser (Hg.) (2008): Aufgabe als Katalysatoren von Lernprozessen, Waxmann - Münster

S.M. Kühn (2010): Steuerung und Innovation durch Abschlussprüfungen, VS-Verlag - Wiesbaden

S.M. Kühn, I. v. Ackeren (2011): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung, Schulverwaltung NRW, 1/2011

A. Lederer (2008): Prüfungen kritisch geprüft, Klinkhardt - Bad Heilbrunn

C. Metzger, C. Nüesch, C (2004): Fair prüfen, St. Gallen: Institut für Wirtschaftspädagogik

G. Minnameier,; S. Berg, Sarah (2010): Kompetenzmodellierung und kompetenzorientierte Prüfungen - Zur Frage der Substanz und der Komponenten von Kompetenz. In: Münk, Dieter; Schelten, Andreas (Hg.): Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum. 1. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann (Berichte zur beruflichen Bildung, 8), S. 173–185.

Münk, Dieter; Schelten, Andreas (Hg.) (2010): Kompetenzermittlung für die Berufsbildung. Verfahren, Probleme und Perspektiven im nationalen, europäischen und internationalen Raum. 1. Aufl. Bielefeld: Bertelsmann (Berichte zur beruflichen Bildung, 8).

G. H. Neuweg (2006): Das Können prüfen, in GdWZ 12(5)

W. Sacher (2010): Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen, Klinkhardt – Bad Heilbronn

W. Sacher / E. Jürgens (1997): Leistungserziehung und Leistungsmessung, Luchterhand - Neuwied

R. Sell, R.Schirmweg (2002): Probleme lösen, Springer – Berlin

Chr. Storck / Elmar Wortmann (2006): Kompetenzfördernder Pädagogikunterricht, Schneider - Hochgehen

L. Reetz (2008): Das Prüferhandbuch, ver.di - Hamburg

W. Reisse (2008): Kompetenzorientierte Aufgabenentwicklung, Aulis - Köln

E. Klieme / D. Leutner (2006): Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse. In: Zeitschrift für Pädagogik 52, 6, S. 876-903

W. Specht u. H.H. Freudenthaler (2008): Die Beurteilung der Qualität von Beispielaufgaben durch Lehrkräfte und ihre Bedeutung für die Akzeptanz von Bildungsstandards, in: J. Thonhauser (2008): Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozesse, Waxmann-Münster

T. Tinnefeld, (2002), Prüfungsdidaktik, Shaker, Aachen

Walzik, S (2012): Kompetenzorientiert prüfen, Vieweg-Braunschweig

B Technik (allgemein)

G. Banse, A. Grunwald, W. König, G. Ropohl (Hg.) (2006): Erkennen und Gestalten, edition sigma - Berlin

G. Graube (2009): Technik und Kommunikation, Cuvillier – Göttingen

J. Müller (1990): Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften, Springer – New York

C Elektrotechnik

E. Böhmer, D. Ehrhardt, W. Oberschelp (2010): Elemente der angewandten Elektronik, Vieweg/Teubner – Wiesbaden

H. Bernstein (2012): Regelungstechnik, Elektor - Aachen

Elektor (2012): First step - Erste Schritte mit dem Mikrocontroller, Elektor - Aachen

Elektor (2012): Second step - Weitere Schritte mit dem Mikrocontroller, Elektor - Aachen

P. Horowitz / W. Hill (2008): The Art of Electronics, University Press - Cambridge

K.-D. Tieste / O. Romberg (2011): Keine Panik vor Regelungstechnik, Vieweg-Teubner,

W. Tietze, T. Schenk (2010): Halbleiterschaltungstechnik, Springer - Berlin

J. Kahlert (2010): Crashkurs Regelungstechnik, VDE-Verlag - Berlin

B. Lichtenberger (1994): Praktische Digitaltechnik, Hüthig - Heidelberg

Lernpaket Arduino (2010), Franzis - München

Lernpaket MSR mit dem PC (2011), Franzis-München

P. Pernards (2001): Digitaltechnik I, Hüthig - Heidelberg

P. Pernards (2002): Digitaltechnik II, Hüthig - Heidelberg

Charles Patt (2010). MAKE.Elektronik, O'Reilly-Köln, ISBN 978-3-89721-601-3

H. Gassmann (2001): Regelungstechnik, Harri Deutsch - Frankfurt

J. Walter (2008): Mikrokontrollertechnik mit der 8051-Controllerfamilie, Springer-Berlin

D. Zastrow (2012): Elektronik, Wiesbaden - Springer-Vieweg

R. Felderhoff/ U. Busch (2006): Leistungselektronik, Hanser - München

R. Jäger / E. Stein (2004): Leistungselektronik, VDE - Berlin

W. Seinsch (2000): Grundlagen elektrischer Maschinen, Hanser - München

J. Vogel (2000): Grundlagen der elektr. Antriebstechnik, Verlag Technik – Leipzig

D Verwaltungsvorgaben

MSW (2006a): Bildungspläne - Pädagogische Leitideen. Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung (MSW)

MSW (2006b): Bildungspläne: Didaktische Organisation der Bildungsgänge im Fachbereich Technik, Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung

MSW (2006c): Bildungspläne: Fachlehrplan Elektrotechnik, Düsseldorf: Ministerium für Schule und Weiterbildung (MSW)

KMK (2006): Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Technik (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 in der Fassung vom 16.11.2006). Bonn: KMK

E Internetquellen

J. Leisen: Aufgabenkultur, www.aufgabenkultur.de

www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur-bk/

Verständliches Schreiben: Technische Fakultät – Universität Bielefeld/www.techfakt.uni-bielefeld.de/~ilutkep/2005/session14.pdf