

Diese Arbeit wurde vorgelegt an der Professur für Didaktik der Informatik

# Arbeitspunkteinstellung eines Transistors

Ein OPAL-Kurs

Seminararbeit  
im Studiengang Berufsbegleitende Wissenschaftliche Qualifizierung für Lehrkräfte im Lehr-  
amt an berufsbildenden Schulen im Fach Informatik

von

Dr. Uwe Gräfe  
3302121

Andreas Thun  
1234567

Dozent: Dr. Holger Rohland

Dresden, den 26. August 2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Darstellung des Projektrahmens</b>	<b>1</b>
1.1 Fachgebiet	1
1.2 Zielgruppe	2
1.3 Lernziele	2
1.4 Didaktisches Modell	3
1.5 Art der Lernwegsteuerung	3
1.6 Kommunikationsmöglichkeiten	3
1.7 Multimedialität und Interaktivität	4
1.8 Bevorzugte Aufgabentypen	4
<b>2 Selbstevaluation</b>	<b>5</b>
2.1 Toolauswahl	5
2.2 Kommunikation	5
2.3 Lernwegsteuerung	5
2.4 Interaktivität und Multimedia	6
2.5 Aufgaben-Tool ONYX	6
2.6 Kursevaluierung	7
<b>3 Fremdevaluation</b>	<b>9</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>11</b>

# Kapitel 1 Darstellung des Projektrahmens

## 1.1. Fachgebiet

Der OPAL-Kurs Arbeitspunkteinstellung eines Transistors behandelt das Fachgebiet der Elektronik. Im Speziellen geht es hierbei um Verstärkerschaltungen die aus Bipolartransistoren aufgebaut werden. Abbildung 1.1 zeigt eine solche vereinfachte Verstärkerschaltung.

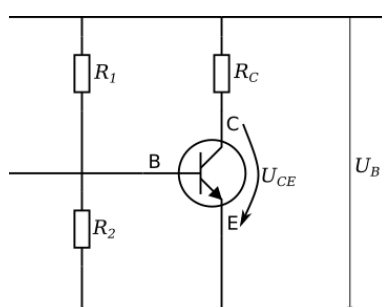


Abbildung 1.1: Vereinfachte Verstärkerschaltung mit einem Bipolartransistor. Die Anschlüsse des Transistors sind die Basis  $B$ , der Kollektor  $C$  und der Emittter  $E$ . Die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  bilden den Basisspannungsteiler. Der Widerstand  $R_C$  ist Arbeitswiderstand

Solche Verstärkerschaltungen dienen dazu einkommende schwache Wechselspannungssignale in stärkere Signale umzuwandeln. Ein typischer Anwendungsfall tritt zum Beispiel bei elektrischen Musikinstrumenten auf.

Üblicherweise besteht eine solche Schaltung, neben dem Transistor, aus einem Arbeitswiderstand  $R_C$  und einem Basisspannungsteiler  $R_1$  und  $R_2$ . Der Arbeitswiderstand legt fest welche Ausgangsspannung der Verstärker liefern kann. Der Basisspannungsteiler sorgt für die Spannungsversorgung der Basis des Transistors.

Um eine solche Verstärkerschaltung betreiben zu können, müssen die Kenngrößen des zugrundeliegenden Transistors bekannt sein. Diese Kenngrößen lassen sich für jeden Transistor einem Datenblatt entnehmen oder müssen selbst aufgezeichnet werden. Um die Kenngrößen zu ermitteln wird üblicherweise das Vierquadrantenkennlinienfeld des Transistors zu Rate gezogen. Abbildung 1.2 zeigt ein solches Vierquadrantenkennlinienfeld.

Im Vierquadrantenkennlinienfeld kann die gewünschte Ausgangsspannung in der Ausgangskennlinie festgelegt werden. Diese bestimmt die Größe des Arbeitswiderstandes  $R_C$ . Als nächstes werden die notwendigen Kenngrößen entnommen. Mit Hilfe der Kenngrößen kann dann der notwendige Basisspannungsteiler berechnet werden.

Der Aufbau einer solchen Verstärkerschaltung ist ein typischer Anwendungsfall für einen Physikalanten. Diese müssen daher in ihrer Ausbildung die entsprechenden Kompetenzen vermittelt bekommen. Womit die Zielgruppe des Kurses feststeht.

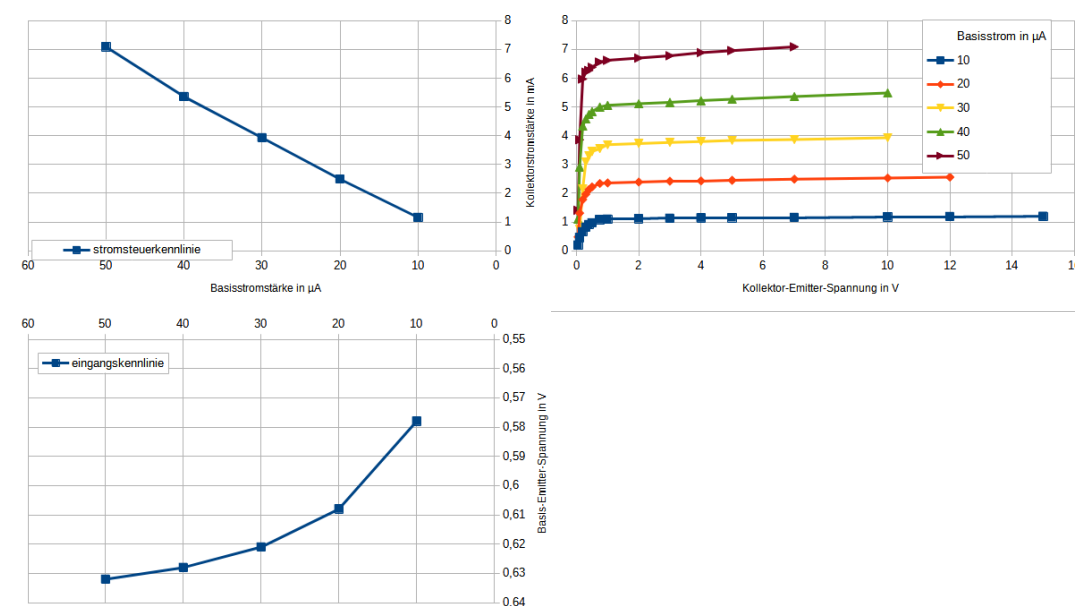


Abbildung 1.2: Vierquadrantenkennlinienfeld eines Bipolartransistors. 1. Quadrant: Ausgangskennlinie, 3. Quadrant: Eingangskennlinie, 4. Quadrant: Stromsteuerkennlinie

## 1.2. Zielgruppe

Die Zielgruppe des Kurses sind Auszubildende des zweiten Ausbildungsjahres welche den Abschluss eines Physikalaboranten oder einer Physikalaborantin erreichen wollen. Als Vorkenntnisse bringen diese Auszubildenden das Verständnis über PN-Übergänge und den Transistoreffekt mit. Außerdem können sie die elektrotechnischen Grundschaltungen anwenden um damit Spannungen, Stromstärken und Widerstände zu ermitteln.

Diese Kompetenzen werden in diesem Kurs zusammengeführt und benötigt um die komplexere Aufgabe des Aufbaus einer Verstärkerschaltung bewerkstelligen zu können. Daraus lassen sich wiederum die Lernziele des Kurses ableiten.

## 1.3. Lernziele

Im Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Physikalaborant/Physikalaborantin [Kul95] gibt es im Lerngebiet "Elektronische Bauteile und Schaltungen" das Lernziel "Grundlegende Schaltungen mit elektronischen Bauteilen darstellen, erklären und berechnen". Ein typischer Lerninhalt mit besonderer Prüfungsrelevanz sind dabei Verstärkerschaltungen. Für diesen Kurs wurden daraus die folgenden Lernziele abgeleitet:

- Anforderungsbereich I: Die Lernenden ...
  - verstehen das Kennlinienfeld und die Arbeitsgerade indem Sie auf Abbildungen die korrekten Zusammenhänge auswählen oder einzeichnen.
  - verstehen eine Verstärkerschaltung indem Sie die Bauelemente an die korrekten Stellen im Schaltplan einfügen.
- Anforderungsbereich II: Die Lernenden ...

- wenden den belasteten Spannungsteiler an indem Sie aus gegebenen Stromstärken und Spannungen die Widerstände des Spannungsteilers berechnen.
- verstehen den Transistoreffekt indem Sie in einen Lückentext die korrekten Begriffe einsetzen.
- Anforderungsbereich III: Die Lernenden ...
  - Analysieren das Kennlinienfeld indem Sie zu einer gegebenen Arbeitsgeraden Kenngrößen des Verstärkers ablesen und daraus einen Basisspannungsteiler berechnen.
  - entwerfen eine Transistorverstärkerschaltung für einen gegebenen Transistor mit Kennlinienfeld und verlangter Verstärkung.

In diesem Kuers sind lediglich das erste und das zweite Lernziel in Teilen realisiert worden.

### 1.4. Didaktisches Modell

Der Kurs verwendet einen behaviouristischen Ansatz. Die Lernenden bekommen Video-vorträge und Aufsätze mit einigen interaktiven Elementen zur Vefügung gestellt. Aus diesem Material müssen sie sich die Antworten für die Tests erschließen. Ein kognitivistischer Ansatz wird in diesem Fachgebiet meist sehr praktisch verfolgt, indem die Lernenden die Kennlinien selbst aufzeichnen und physikalisch überprüfen wie sich ein Verstärker verhält, wenn bestimmte Parameter verändert werden. Für virtuelles Lernen würde dies einen verstärkten Einsatz von Simulationen erfordern. Diese sind aber für die gewählte Zielgruppe nicht frei verfügbar oder von unzureichender Qualität. Dadurch steigt der Umfang auf ein nicht im Rahmen dieses Projektes zu bewerkstellendes Maß.

Die Lernziele und das didaktische Modell spiegeln sich auch in den gewählten Aufgabentypen wieder.

### 1.5. Art der Lernwegsteuerung

Der Lernweg ist stufenweise aufgebaut. Die Lernenden müssen zunächst das erste Lernziel erfüllen können, bevor sie zum nächsten Lernziel vordringen können. Geregelt wird dies über Tests. Wenn die Lernenden die Fragen eines Tests beantworten können, dann dürfen Sie den nächsten Abschnitt einsehen. Dieser ist dann so gestaltet, dass das Wissen aus der vorherigen Stufe auch notwendig ist, um fortfahren zu können.

### 1.6. Kommunikationsmöglichkeiten

Die ständige Verfügbarkeit virtueller Lerneinheiten erschwert es den Lernenden aufkommende Fragen kurzfristig beantwortet zu bekommen. Um diesem Problem Rechnung zu tragen, wurden den Lernenden ein Forum und der E-Mail-Kontakt der Autoren zur Verfügung gestellt. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, dass Fragen durch die Peer Group selbst beantwortet werden können. Der E-Mail-Kontakt ermöglicht es zudem ungeklärte Fragen direkt an die Erstellenden zu senden.

## 1.7. Multimedialität und Interaktivität

Der multimediale Charakter zeigt sich durch die Verwendung von Videos, Texten, Abbildungen und einer Simulation. Insbesondere letztere ist ein interaktives Element für die Lernenden zur eigenen Erkundung des Erlernten.

## 1.8. Bevorzugte Aufgabentypen

Das erste und zweite Lernziel favorisieren bereits einen bestimmten Aufgabentyp. Hier geht es hauptsächlich um grafische Zuordnungsaufgaben und Hotspotaufgaben. Diese Aufgabentypen haben den Vorteil, dass sie den realistischen Umgang mit den Kennlinien in einer gewissen Weise widerspiegeln. Die Lernenden müssen am Ende dazu fähig sein, herauszufinden wo und wie sie an die Informationen im Kennlinienfeld gelangen. Dazu müssen sie die entsprechenden Strukturen im Kennlinienfeld erkennen und zuordnen können. Die grafische Zurordnung und die Hotspotaufgabe prüft genau diese Kompetenzen.

## Kapitel 2 Selbstevaluation

### 2.1. Toolauswahl

Zur Bearbeitung des Projektes standen die Tools ILIAS und OPAL zur Verfügung. Die Entscheidung fiel nach kurzer Evaluierung beider Tools auf OPAL. Der Hauptgrund lag einerseits an der schnelleren Einarbeitungszeit in OPAL; OPAL ist uns aus vorherigen Vorlesungen bekannt (als Anwender sowie für digitale Prüfungen) und andererseits ist es an unserer Schule durch das System SchulOPAL schnell einsatzbereit. Die Einführungsvorlesung zu ILIAS hat geholfen, einen schnellen Überblick über das Tool zu bekommen, jedoch wirklich entscheidende Vorteile gegenüber OPAL wurden nicht gefunden. Das liegt auch daran, dass wir in der Evaluierungsphase der Tools noch nicht genau wussten, welche Werkzeuge wir für unser Thema genau benötigen werden. Im Nachhinein betrachtet, gab es kein Thema, das wir verwerfen mussten, weil wir es in OPAL nicht umsetzen konnten. Auf neue Ideen bzgl. Unterrichtsgestaltung, Lernwegsteuerung oder aktiver Austausch mit Lernenden hat uns OPAL nicht gebracht. Der von Anfang an bekannte Nachteil, dass OPAL keine synchrone Nutzung des Tools ermöglicht, ist bei einem Team von zwei Personen vernachlässigbar. Bei einem komplexen Projekt mit vielen Projektmitgliedern sieht das sicher anders aus. Aus unserer Erfahrung heraus kann das sogar der entscheidende Vorteil sein, solange die Synchronisation einwandfrei funktioniert.

Mit dem integrierten HTML Editor haben wir nicht experimentiert, auch hier gab es bereits Hinweise in der Vorlesung, dass dieser nur für einfache Seiten verwendbar ist. Damit haben wir die HTML Seiten extern erstellt und dann importiert. Dies hat problemlos funktioniert.

### 2.2. Kommunikation

Die Kursbausteine wie E-Mail und Forum sind sinnvolle Ergänzungen, aber wie in vielen anderen Kursen der Uni, werden sie angeboten, jedoch sehr selten genutzt. Der Kursbaustein Mitteilungen ist jedoch eine sinnvolle Variante, alle Lernenden zugleich, nachhaltig und mit einem Zeitstempel versehen zu informieren. Im Laufe eines Kurses müssen immer zentrale Informationen an alle Lernenden versendet werden; E-Mail, Foren oder Chats haben sich dafür in der Praxis nicht bewährt.

Eine Chatfunktion wird in OPAL nicht angeboten, was ein klarer Nachteil ist. Durch ein Drittprodukt wie z.B. Matrix kann diese Funktion jedoch ergänzt werden.

### 2.3. Lernwegsteuerung

Die Lernwegsteuerung hat uns von Anfang an überzeugt, vielleicht auch deshalb, weil wir uns in den letzten Jahren in den unterschiedlichen Vorlesungen daran gewöhnt haben. Eine Einschreibefunktion für einen Kurs gehört als Standard dazu. Auf Basis von Testergebnissen, einer Gruppenmitgliedschaft, einem vordefinierten Zeitpunkt und von vordefinierten Attributen können weitere Kursinhalte freigeschaltet werden. Die Bedienung der Lernwegsteuerung in OPAL ist meist intuitiv.

Was in OPAL, wie auch in anderen Virtual Learning Applikationen fehlt, ist die Möglichkeit, abhängig von einem Feedback des Lernenden oder einem Teilergebnisse eines Tests, einen neuen Workflow anzustoßen. Der daraus entstandene Workflow-Baum mit unterschiedlichen Inhalten, Hilfestellungen und Aufgaben würde die notwendige Differenzierung im Unterricht viel besser unterstützen.

Des Weiteren ist zu bemängeln, dass der Lernprozess nicht auf Basis des Vorwissens oder des Lerntyps der Lernenden dynamisch festgelegt werden kann. Alle müssen den gleichen vorgegebenen Pfad folgen. Warum sollte es nicht die Möglichkeit geben, für gewisse Lernenden alle Lerneinheiten auf einmal freizuschalten? Mit einem hohen Maß an Selbstdisziplin kann er sich die Inhalte selbst aneignen und die Tests individuell abarbeiten.

Aus diesen Gründen ist unser Fazit betreffend der Lernwegsteuerung von OPAL, dass sie recht statisch ist und wenig Differenzierung sowie Flexibilität bietet.

### 2.4. Interaktivität und Multimedia

Betrachtet man OPAL ohne ONYX, bietet das Tool selbst sehr wenig für Interaktivität zwischen Lernenden und Lehrenden, und im Prinzip keine Unterstützung für Multimedia-Anwendungen. In beiden Fällen wird auf HTML zurückgegriffen, womit diese Funktionen mit externen Tools zuerst umgesetzt und dann in HTML integriert werden müssen, wie z.B. LearningAPP, LUMI, GeoGebra.

Dieses Konzept hat jedoch den Vorteil, dass man sich nicht auf eine Ansammlung von Tools beschränkt, die man schlussendlich nutzen muss. HTML als de-facto-Standard für Webseiten bietet langfristige Sicherheit sowie entsprechende Flexibilität. Wir hätten uns eine Mischung aus ausgewählten integrierten Tools und dem HTML Standard gewünscht, auch aus dem Grund, dass OPAL für die Fortbildung, Lehre und Forschung konzipiert wurde, womit der Einsatzbereich klar vorgegeben ist.

### 2.5. Aufgaben-Tool ONYX

Das ONYX Tool bietet eine Vielzahl an Aufgaben, die gut verwendbar sind. Alle Aufgaben wurden im Rahmen des Projektes getestet. Die einfachen Aufgaben sind in der Erstellung selbsterklärend und schnell einsetzbar. Bei den restlichen Aufgaben sind der Titel und die Erklärung oft irritierend. Was man genau damit machen kann, findet man nur durch Probieren heraus. Das hat am Anfang Zeit gekostet. Wenn man ONYX öfter verwendet, ist dieser Nachteil verschwindend gering. Feedback zu richtigen oder falschen Antworten zu geben, ist bei den meisten Aufgaben möglich und identisch strukturiert. Das individuelle Feedback erfordert jedoch Kenntnisse in CSS und JavaScript. Hat man sich dazu einige Vorlagen im Laufe der Zeit zugelegt, ist dies eine Möglichkeit, mehr bzw. überhaupt Differenzierung in der Bewertung und in der Lernwegsteuerung umzusetzen. Diese Feedback-Funktion wurde in diesem Projekt aus Zeitgründen nicht umgesetzt, sollte aber im nächsten Kurs nicht mehr fehlen. Die Punktevergabe ist klar strukturiert und gibt ausreichend viele Möglichkeiten zu variieren und an die Aufgabe anzupassen. Die spezifischen Aufgaben (4x Lückentext) benötigen einiges an Einarbeitungszeit. Sie sind ähnlich aufgebaut und verfolgen unterschiedliche Ziele und Aufgabentypen. Die Formeln müssen hier in Latex geschrieben werden, was wiederum eine Sprache mehr bedeutet, die der Leh-

rende können muss. Seltsam war, dass es aber einen ansprechenden Formeleditor in der Aufgabe „Zeichnen“ gibt, wie man ihn aus anderen microsoft-lastigen Anwendungen (z.B. MS Word) kennt. Dieser Editor sollte in allen Aufgaben Verwendung finden, da er ansprechend und sehr leicht zu bedienen ist. Die Programmieraufgabe ist besonders für den Informatikunterricht interessant, auch hier muss man viel Zeit für die Einarbeitung aufwenden. Die wirkliche Anwendbarkeit wurde im Rahmen dieses Projektes nicht geprüft. Die Upload-Aufgabe hatte einen sehr breiten Anwendungsbereich, u.a. Aufgabentypen die die Lernenden im Präsenzunterricht am Papier durchführen.

### 2.6. Kursevaluierung

Der Kurs steigt sofort mit der Erarbeitung des Kennlinienfeldes ein. Damit ist ein Grundwissen der Lernenden über die Funktionalität und Eigenschaften eines Transistors Voraussetzung. Der Kurs ist für die Klassenstufe 11 konzipiert und sehr geradlinig im Wissensaufbau und dessen Festigung. Wichtige Aspekte der Gestaltung nachhaltiger Lernprozesse sind nur teilweise in die Konzeption des Kurses eingeflossen. Uns ging es in erster Linie um Wissensvermittlung, Anwenden der Möglichkeiten des OPAL Tools und anschließenden E-Assessment, um den Wissens-/Kompetenzzuwachs zu messen. Bereiche wie Anfangsmotivation, Methodenwechsel, Differenzierung und Eingebundenheit der Lernenden im Lernprozess sind Beispiele, die nicht im Kurs abgedeckt werden. Aus diesem Grund kann und darf der Kurs nur ein Baustein des Lernprozesses, eingebettet im Gesamtunterricht, sein.

Die erste Wissensvermittlung (Kennlinienfeld) erfolgt mittels eines Videos und einer zugehörigen textuellen Beschreibung. Die Lernenden können sich für die Art der Wissensvermittlung selbst entscheiden. Es ist ebenfalls möglich, den Test ohne Wissensvermittlung durchzuführen. Diese Selbstbestimmung dient der Motivation der Lernenden, die über unterschiedliches Vorwissen verfügen. Bei den Aufgabentypen in OPAL können sich die Schüler nur im geringen Maße in der Lernphase ausprobieren. Das Ausprobieren sollte wieder physisch in einem Labor an konkreten Transistorschaltungen erfolgen (eingebettet im Gesamtunterricht). Dort können die Lernenden das Theoriewissen anwenden und nach dem Prinzip „Try and Error“ neue Erkenntnisse gewinnen. Der abschließende E-Test im Kurs ist so gestaltet, dass er die Kompetenzen aus Theorie und Praxis überprüft.

Der Einsatz von GeoGebra hat geholfen, Erkenntnisse, die ansonsten im Labor gewonnen werden, auch im digitalen Umfeld zu erlangen. Konkret: Welche Bauteile benötigt man, um eine bestimmte Verstärkerschaltung mit einem vorgegebenen Transistor zu bauen. Hier können die Lernenden durch vorgegebene Schieberegler einiges ausprobieren und zugleich mit ihrem Wissen über Kennlinienfelder kombinieren. Die praktische Umsetzung einer Verstärkerschaltung abgeleitet aus den Daten von GeoGebra kann wiederum nur im Labor erfolgen.

Das Auseinandersetzen mit der Software GeoGebra im Rahmen des Projektes war uns besonders wichtig, da wir im schulischen Bereich bereits Berührungspunkte damit hatten. Unsere Hoffnung, dass die Software neue Aspekte und Wege in der Unterrichtsgestaltung (besonders in unseren Fächern Mathematik, Physik und Informatik) aufzeigen kann, hat sich vollends erfüllt. Die Software ist gut strukturiert, grundsätzlich intuitiv zu bedienen und die Möglichkeiten des Einsatzes sind sehr vielfältig. Unzählige Aufgabentypen sind be-

reits besonders für Mathematik vorhanden, die man direkt in den Unterricht einbauen kann.

Der vorgelegte Kurs ist in keinem Sinne als vollständig zu betrachten. Um einen umfangreichen Überblick über das Thema zu erhalten, ist es notwendig weitere Elemente hinzuzufügen. Um dem Kurs im Unterricht verwenden zu können, fehlen u.a. noch Abschnitte über den Basisspannungsteiler und die Analyse der Kennlinien.

## Kapitel 3 Fremdevaluation

Die Fremdevaluation hat sich als schwer durchführbar herausgestellt. Die Zielgruppe der Auszubildenden hat keine Möglichkeit sich in den Kurs einzutragen. Selbst eine Freigabe des Kurses für externe Personen ermöglicht es nicht, dass die Nutzenden den Feedback-Bogen ausfüllen können. Ein Aufruf unter den Mitstudierenden, welche sich eintragen können und ein Feedback geben können, führte nicht zum Erfolg. Lediglich eine Auszubildende hat sich per E-Mail zurückgemeldet. Von den Kommilitonen gab es keine Rückmeldungen.

Die Auszubildende fand die Inhalte sehr hilfreich und wünscht sich mehr Material.

## Literaturverzeichnis

[Kul95] Kultusministerkonferenz: *Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Physiklaborant/Physiklaborantin*. Dezember 1995



# Eidesstattliche Erklärung

*Hinweis: Die erste Unterschrift ist Pflicht. Die folgenden beiden Unterschriften sind der dringliche Wunsch! Bitte entscheidet für euch wie weit ihr eure Arbeit veröffentlicht sehen wollt.*

Hiermit versichern wir, Dr. Uwe Gräfe und Andreas Thun die Seminararbeit mit dem Titel „Arbeitspunkteinstellung eines Transistors“ in der Veranstaltung „Virtuelle Lernumgebungen“ im 4. Semester bei Dr. Holger Rohland selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von uns angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.


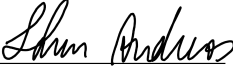
Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt. Uns ist bekannt, dass ein Betrugsversuch mit der Note „nicht ausreichend“ (5,0) geahndet wird und im Wiederholungsfall zum Ausschluss von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen führen kann.

Dresden, den 26. August 2022

	
Dr. Uwe Gräfe	Andreas Thun


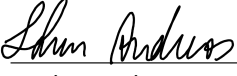
Für alle von uns selbst erstellten Dokumente erteilen wir der Professur für Didaktik der Informatik der Fakultät Informatik der TU Dresden für Zwecke der Lehre und Forschung ein zeitlich und sachlich unbeschränktes, nichtexklusives Nutzungsrecht. Ich gebe alle von mit erstellten Dokumente zur weiteren Nutzung in Lehrveranstaltungen frei und willige insbesondere der Veröffentlichung in OPAL-Lernräumen ein.

Dresden, den 26. August 2022

	
Dr. Uwe Gräfe	Andreas Thun

Darüber hinaus veröffentlichen wir die von uns erstellten Konzepte und Lehr-Lern-Materialien unter der Lizenz CC-BY-NC-SA. Damit stimmen wir der freizugänglichen Veröffentlichung dieser auf Online-Plattformen (z. B. dem sächsischen Bildungsserver) explizit zu. Hierzu erklären wir, dass alle von uns verwendeten Materialien und Inhalte entweder von uns selbst stammen oder im Sinne entsprechender Lizenz gemeinfrei sind.

Dresden, den 26. August 2022

	
Dr. Uwe Gräfe	Andreas Thun