

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Physik

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Ein induktiver Sensor für das intelligente Auto
Anforderungsniveau	grundlegend
Inhaltsbereiche	♦ Elektrische und magnetische Felder ♦ veränderliche elektromagnetische Felder
Materialien	♦ M 1 Sensor Typ I und Spannungsverläufe ♦ M 2 Sensor Typ II und Verlauf der Induktionsspannung ♦ M 3 Kalibrierung eines induktiven Sensors ♦ M 4 Nutzwertanalyse
Quellenangaben	♦ Teile der Aufgabe sind angelehnt an den Nachschreibtermin des Zentralabiturs Physik des Landes Berlin 2019. ♦ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.
Hilfsmittel	♦ Wissenschaftlicher Taschenrechner
zusätzliche inhaltliche und methodische Voraussetzungen	♦ Die Aufgabe setzt voraus, dass die Lernenden wissen, dass bei zeitlicher Änderung des magnetischen Flusses durch eine Leiter Schleife oder eine Spule Spannung induziert wird. Grundlegende Experimente mit einer Spule und einem Magneten, bei denen die magnetische Flussdichte oder die Spulenfläche oder der Winkel zwischen der magnetischen Flussdichte und dem Flächenvektor verändert wird, sollten bekannt sein. ♦ Die Kenntnis des Induktionsgesetzes in differentieller Form wird nicht vorausgesetzt, ebenso wenig werden Kenntnisse zur Sensortechnik erwartet. ♦ Im Kompetenzbereich Bewerten wird eine Nutzwertanalyse eingesetzt, diese Methode wird als bekannt vorausgesetzt. Damit nimmt die Prüfungsaufgabe in komplexer Weise Bezug auf die entsprechenden Lernaufgaben und demonstriert, wie dieses zuvor erlernte methodische Instrument bei Prüfungsaufgaben eingesetzt werden kann.
fachpraktischer Anteil	ja ☐ nein ☒ Zeitzuschlag: -
Hinweise	<i>Weitere didaktische Hinweise und Erläuterungen zu den Sensoren sowie zur parallel entwickelten Aufgabe auf erhöhtem Anforderungsniveau finden sich im „Begleittext zu den beiden Prüfungsaufgaben Ein induktiver Sensor für das intelligente Auto“.</i>

1 Aufgabe

Ein induktiver Sensor für das intelligente Auto

In modernen Autos findet man eine Vielzahl von Sensoren, die für die Steuerung von Prozessen verwendet werden und den Fahrer so bei der kontrollierten Benutzung des Autos unterstützen. In dieser Aufgabe wird das Funktionsprinzip ausgewählter Sensoren genauer betrachtet, die eine Induktionsspannung als Messsignal nutzen. Diese Sensoren können eingesetzt werden, um verschiedene Drehbewegungen beim fahrenden Auto zu analysieren und sind daher Grundlage für beispielsweise das ABS-System oder die Geschwindigkeitsregelanlage (Tempomat).

	BE
1 Beschreiben Sie zwei Möglichkeiten mit Hilfe einer Spule und eines Permanentmagneten eine Induktionsspannung zu erzeugen. Erklären Sie zu jeder der beiden von Ihnen gewählten Möglichkeiten das Zustandekommen der Induktionsspannung anhand einer Argumentationskette.	6
2 Begründen Sie, welche Diagramme aus M 1 keine Spannungsverläufe eines Sensors des Typ I sein können. Interpretieren Sie die verbleibenden möglichen Spannungsverläufe hinsichtlich des zugehörigen Drehverhaltens des Rades.	4
3 Begründen Sie, dass die Drehrichtung des Rades des vereinfachten Sensors in M 1 anhand des ausgegebenen Spannungsverlaufs nicht unterschieden werden kann. Beschreiben Sie eine mögliche Lösung für dieses Problem und erklären Sie die von Ihnen vorgeschlagene Lösung.	4
4 Ermitteln Sie anhand der Frequenz der aufgezeichneten Wechselfspannung in M 2 die Momentangeschwindigkeit des Autos. Gehen Sie dazu von einem Reifendurchmesser von 63 cm aus.	4
5 Ergänzen Sie die Tabelle in M 3. Begründen Sie dazu auch die von Ihnen eingetragenen Werte mit Hilfe des Induktionsgesetzes.	6
6 Abgeordnete können auf die Gesetzgebung vor allem durch Anträge einwirken, die dem Parlament vorgelegt werden. Da ein mit Sensoren ausgestattetes Auto mit der Möglichkeit des autonomen Fahrens eine besondere Chance für Senioren bietet, länger aktiv am Straßenverkehr teilzunehmen und ihre Lebensqualität durch den Erhalt von Mobilität und Unabhängigkeit zu steigern, wäre ein Antrag auf die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren und die Anschaffung eines entsprechenden Fahrzeugs durchaus denkbar. Werten Sie die Nutzwertanalyse in M 4 aus. Ordnen Sie die durchgeführte Nutzwertanalyse einer der folgenden Personengruppen zu: Mitglied einer Umweltschutzorganisation, Einwohner Deutschlands über 70 Jahre alt, Vorstandsmitglied eines Automobilkonzerns. Begründen Sie ihre Auswahl.	6

2 Material

Material 1

Induktiver Sensor Typ I und Spannungsverläufe

Ein einfaches Modell eines induktiven Sensors etwa zur Erfassung der Drehzahl eines Autoreifens ist unten abgebildet: Die Drehzahl kann ermittelt werden, indem ein an einem Rad befestigter Magnet dicht an einer Spule vorbei gleitet. Das Rad ist dabei mit der Achse des Autoreifens fest verbunden. Die zwischen den Spulenenden auftretende Spannung wird mit einem Voltmeter gemessen.

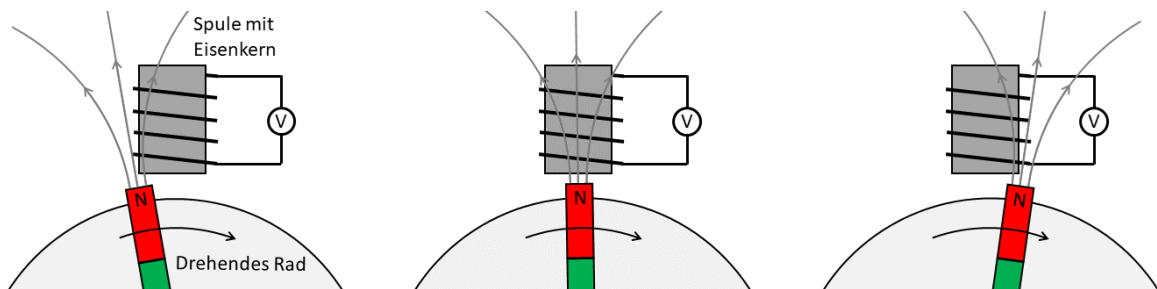


Abb. 1: Modell eines induktiven Sensors, IQB

Auswahl an Spannungsverläufen beim Drehen des Rades für die Aufgabe 1b):

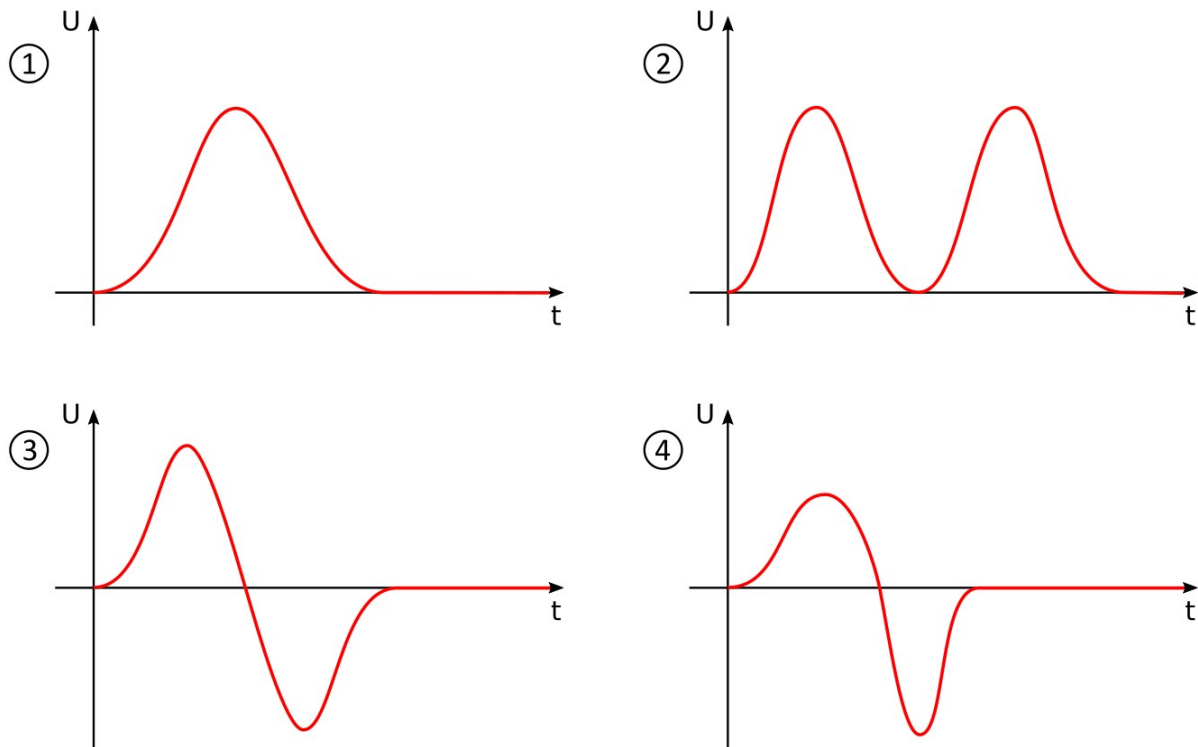


Abb. 2.1 – 2.4: Auswahl an Spannungsverläufen beim Drehen des Rades, IQB

Material 2

Induktiver Sensor Typ II und Verlauf der Induktionsspannung

Ein Modell eines komplexen induktiven Sensortyps ist rechts abgebildet: Der Rand des sich drehenden Rades ist derart mit Magneten bestückt, dass sich stets Nord- und Südpol in gleichen Abständen abwechseln. Durch eine derartige Anordnung der Magnete wird eine annähernd sinusförmige Wechselspannung am Voltmeter registriert, wenn das Rad gleichförmig am Sensor (Typ II) vorbei gedreht wird.

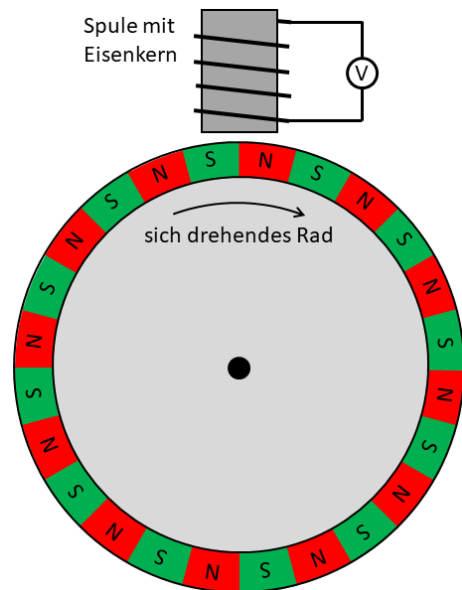


Abb. 3: Modell eines komplexen Sensortyps, in Anlehnung an Abitur Berlin, 2019.

Möglicher, mithilfe des Sensors ermittelter Spannungsverlauf für ein fahrendes Auto:

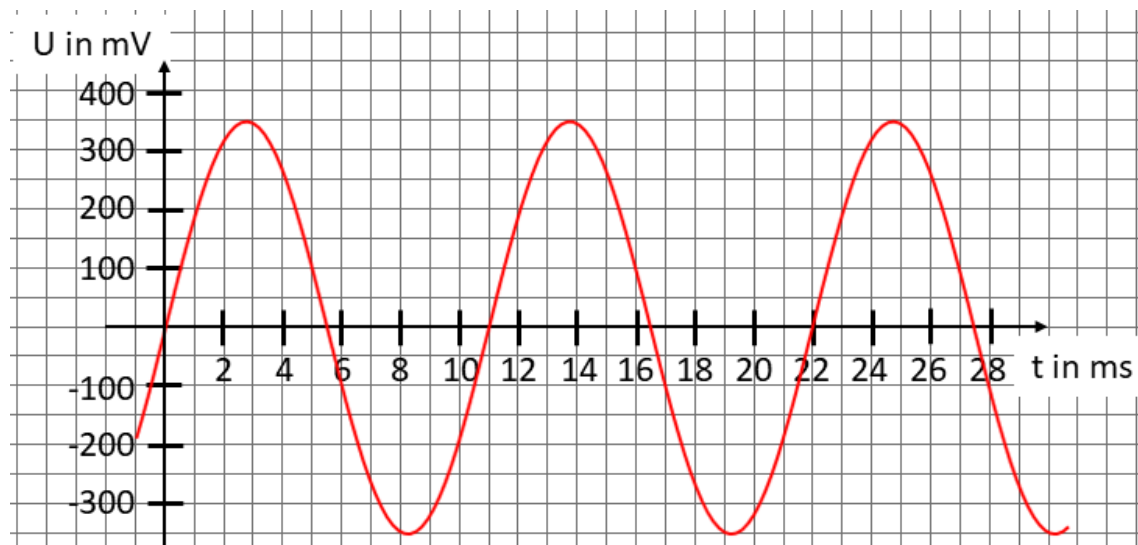


Abb. 4: Möglicher Spannungsverlauf für ein fahrendes Auto, IQB

Material 3

Kalibrierung eines induktiven Sensors

Die Momentangeschwindigkeit eines Autos kann unter anderem über die Amplitude der durch einen Sensor vom Typ II gemessenen Wechselspannung ermittelt werden. Hierzu ist allerdings eine Kalibrierung des Sensors erforderlich, bei der einer Amplitude $U_{\max}$ der Wechselspannung ein Geschwindigkeitsbetrag v des Autos zugeordnet wird.

Bei der Kalibrierungsmessung ergeben sich unter anderem folgende Messwerte:

Tab. 1: Messwerte der Kalibrierung

Windungszahl N	300	900	300	900
Geschwindigkeit v in $\frac{m}{s}$	15	15	30	30
Maximale Sensorspannung $U_{\max}$ in mV	350			

Quelle: IQB.

Material 4

Nutzwertanalyse

Als Bewertungsmaßstab werden 5 Punkte für die optimale Erfüllung des Kriteriums festgelegt und 0 Punkte für die schlechteste Erfüllung.

Tab. 2: Nutzwertanalyse

		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige für Taxischeine	
Herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet
Lebensqualität	0,3	4		2	
Unabhängigkeit	0,2	4		2	
Persönliche Wirtschaftlichkeit	0,2	1		3	
Umweltschutz	0,2	1		2	
Verkehrssicherheit	0,1	2		3	
Gesamt	1,0				

Quelle: IQB.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<i>Beschreiben Sie zwei Möglichkeiten mit Hilfe einer Spule und eines Permanentmagneten eine Induktionsspannung zu erzeugen. Erklären Sie zu jeder der beiden von Ihnen gewählten Möglichkeiten das Zustandekommen der Induktionsspannung anhand einer Argumentationskette.</i> Die Lernenden... S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert; K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen. Mögliche Beispieleexperimente: ♦ Änderung der vom Magnetfeld durchsetzten Spulenfläche, falls die Spule nicht starr ist; ♦ Der Magnet wird in Richtung Spule bewegt oder von ihr weg; ♦ Der Magnet kann auch gedreht werden (außer um seine Längsachse). Alternativ können auch die Spule bewegt und die entsprechende Relativbewegung beschrieben werden oder Spule und Magnet gleichzeitig bewegt werden. Die Beschreibung von zwei richtigen Möglichkeiten ergibt die vollständige BE-Zuweisung. Die Verwendung einer Möglichkeit, die aus M 1 abgeleitet werden kann, reduziert die BE-Zuweisung nicht.	2		

Beispiele für die Darstellung in einer visuellen Argumentationskette: Ursache: Magnet bewegt sich in Richtung der Spule. ↓ Die magnetische Flussdichte B, die die Spule durchsetzt, nimmt zu mit der Zeit. ↓ Der magnetische Fluss Φ durch die Spule nimmt zu mit der Zeit. ↓ Wirkung: Induktionsspannung Ursache: Die Spulenfläche wird im Laufe der Zeit verkleinert. ↓ Der magnetische Fluss Φ durch die Spule sinkt mit der Zeit. ↓ Wirkung: Induktionsspannung Ursache: Magnet dreht sich, aber nicht um seine Längsachse ↓ Der Winkel zwischen magnetischer Flussdichte B, die die Spule durchsetzt, und Spulenfläche ändert sich im Laufe der Zeit. ↓ Der magnetische Fluss Φ durch die Spule ändert sich mit der Zeit. ↓ Wirkung: Eine (Wechsel-)Spannung wird induziert Für jede Argumentationskette werden 2 BE vergeben. Für die volle BE-Zuweisung ist auf die Verwendung der Fachsprache zu achten. Das hier dargestellte Schema für die Argumentationskette ist eine mögliche Variante der Lösung. Die Argumentationskette kann auch verbal dargelegt werden, wobei auch dann für die volle BE-Zuweisung auf die fachsprachliche Richtigkeit zu achten ist.	4		
---	---	--	--

2	<i>Begründen Sie, welche Diagramme aus M 1 keine Spannungsverläufe eines Sensors des Typ I sein können.</i> <i>Interpretieren Sie die verbleibenden möglichen Spannungsverläufe hinsichtlich des zugehörigen Drehverhaltens des Rades.</i> Die Lernenden... E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen. Die Diagramme ① und ② sind für den einfachen induktiven Sensor (M 1) unzutreffend, weil sich der Magnet der Spule zu Beginn annähert und sich anschließend wieder von ihr entfernt. Dabei nimmt der magnetische Fluss durch die Spule zunächst zu und anschließend wieder ab, sodass gemäß Induktionsgesetz ein Wechselspannungspuls vorliegen muss. Das Diagramm ③ könnte zutreffen, da ein Wechselspannungspuls vorliegt. $U_{\max}$ bleibt vom Betrag her gleich, der Vorzeichenwechsel erfolgt nach gleichen Zeitspannen. Folglich dreht sich das Rad mit gleichbleibender Bahngeschwindigkeit. Das Diagramm ④ wäre ebenfalls denkbar, wenn sich das Rad nicht mit gleichbleibender Bahngeschwindigkeit dreht, denn der Spannungsspeak erfolgt in kürzerer Zeit und hat einen größeren Betrag. Präzisierung zu ④: Konkret bewegt sich der Magnet schneller unter dem Sensor weg als er sich annähert. Die BE-Zuweisung erfolgt in der Regel nur in Kombination von Zuordnung und Erklärung der Zuordnung. Wenn alle Bilder richtig zugeordnet sind, eine Erklärung jedoch fehlt, wird insgesamt nur 1 BE vergeben. Die Präzisierung der Erklärung zu Diagramm ④ muss für die BE-Vergabe nicht erfolgen.		2	
3	<i>Begründen Sie, dass die Drehrichtung des Rades des vereinfachten Sensors in M 1 anhand des ausgegebenen Spannungsverlaufs nicht unterschieden werden kann.</i> <i>Beschreiben Sie eine mögliche Lösung für dieses Problem und erklären Sie die von Ihnen vorgeschlagene Lösung.</i> Die Lernenden... E 2 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf. Wenn sich die Drehrichtung des Rades bei sonst gleichbleibenden Parametern ändert, ist der Wechsel zwischen positiven und negativen Messwerten der Induktionsspannung unverändert gleich, weil auch in diesem Falle der magnetische Fluss durch die Spule zuerst zunimmt und dann wieder abnimmt.		2	1

	Bei Verdopplung der Geschwindigkeit halbiert sich bei gleichbleibender Flussänderung die für diese Flussänderung benötigte Zeitspanne. Daher verdoppelt sich die maximale Sensorspannung bei ansonsten gleichbleibender Windungszahl.		2																																																	
	Bei Verdopplung der Geschwindigkeit und Verdreifachung der Windungszahl ergibt sich eine Versechsfachung der maximalen Sensorspannung.		2																																																	
6	<i>Abgeordnete können auf die Gesetzgebung vor allem durch Anträge einwirken, die dem Parlament vorgelegt werden. Da ein mit Sensoren ausgestattetes Auto mit der Möglichkeit des autonomen Fahrens eine besondere Chance für Senioren bietet, länger aktiv am Straßenverkehr teilzunehmen und ihre Lebensqualität durch den Erhalt von Mobilität und Unabhängigkeit zu steigern, wäre ein Antrag auf die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren und die Anschaffung eines entsprechenden Fahrzeugs durchaus denkbar.</i> <i>Werten Sie die Nutzwertanalyse in M 4 aus.</i> <i>Ordnen Sie die durchgeführte Nutzwertanalyse einer der folgenden Personengruppen zu: Mitglied einer Umweltschutzorganisation, Einwohner Deutschlands über 70 Jahre alt, Vorstandsmitglied eines Automobilkonzerns. Begründen Sie ihre Auswahl.</i> Die Lernenden... B 5 reflektieren Bewertungen von Technologien und Sicherheitsmaßnahmen oder Risikoeinschätzungen hinsichtlich der Güte des durchgeführten Bewertungsprozesses. Als Eintragungen werden 5 Punkte für die optimale Erfüllung des Kriteriums festgelegt und 0 Punkte für die schlechteste Erfüllung angesetzt. <table><tr><th colspan="2"></th><th colspan="2">Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige fürs autonome Fahren</th><th colspan="2">Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige für Taxischeine</th></tr><tr><th>Herangezogene Kriterien</th><th>Gewicht</th><th>Punkte</th><th>gewichtet</th><th>Punkte</th><th>gewichtet</th></tr><tr><td>Lebensqualität</td><td>0,3</td><td>4</td><td>1,2</td><td>2</td><td>0,6</td></tr><tr><td>Unabhängigkeit</td><td>0,2</td><td>4</td><td>0,8</td><td>2</td><td>0,4</td></tr><tr><td>Persönliche Wirtschaftlichkeit</td><td>0,2</td><td>1</td><td>0,2</td><td>3</td><td>0,6</td></tr><tr><td>Umweltschutz</td><td>0,2</td><td>1</td><td>0,2</td><td>2</td><td>0,4</td></tr><tr><td>Verkehrssicherheit</td><td>0,1</td><td>2</td><td>0,2</td><td>3</td><td>0,3</td></tr><tr><td>Gesamt</td><td>1,0</td><td></td><td>2,6</td><td></td><td>2,3</td></tr></table>			Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige für Taxischeine		Herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet	Lebensqualität	0,3	4	1,2	2	0,6	Unabhängigkeit	0,2	4	0,8	2	0,4	Persönliche Wirtschaftlichkeit	0,2	1	0,2	3	0,6	Umweltschutz	0,2	1	0,2	2	0,4	Verkehrssicherheit	0,1	2	0,2	3	0,3	Gesamt	1,0		2,6		2,3			
		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige fürs autonome Fahren		Bereitstellung von Fördermitteln für über 70jährige für Taxischeine																																																
Herangezogene Kriterien	Gewicht	Punkte	gewichtet	Punkte	gewichtet																																															
Lebensqualität	0,3	4	1,2	2	0,6																																															
Unabhängigkeit	0,2	4	0,8	2	0,4																																															
Persönliche Wirtschaftlichkeit	0,2	1	0,2	3	0,6																																															
Umweltschutz	0,2	1	0,2	2	0,4																																															
Verkehrssicherheit	0,1	2	0,2	3	0,3																																															
Gesamt	1,0		2,6		2,3																																															

Fazit: Somit spricht diese Nutzwertanalyse mit einem Wert von 2,6 für die Bereitstellung von Fördermitteln für über 70-Jährige fürs autonome Fahren. Der eine Punkt wird nur bei Vollständigkeit vergeben. Bei Auswahl einer Personengruppe muss zur vollen BE-Zuweisung schlüssig argumentiert sein, warum genau diese Personengruppe die Nutzwertanalyse vermutlich durchgeführt hat. Die Erläuterungen müssen einen direkten Bezug zu den in der Tabelle eingetragenen Kriterien und Gewichtungen aufweisen. Eine begründete Zuordnung könnte wie folgt lauten: Ein Mitglied einer Umweltschutzorganisation würde das Argument „Umweltschutz“ mit Blick auf Entsorgung, Energiebereitstellung und Emission stärker gewichten als mit lediglich 0,2 und die Kriterien Wirtschaftlichkeit und Unabhängigkeit entsprechend geringer gewichten. Ansonsten könnte man davon ausgehen, dass bei z. B. enger Beziehung zu Senioren in der Familie oder im Bekanntenkreis die übrigen Kriterien durchaus ähnlich gewichtet würden, weil der Perspektivwechsel einfach fällt. ♦ 1 BE Abzug wird erteilt, wenn die zu schwache Gewichtung des Umweltschutzes nicht erkannt wurde. In diesem Falle ist die Vergabe von 1 BE noch möglich, wenn das Mitglied der Umweltschutzorganisation als Verfasser der Nutzwertanalyse in Betracht gezogen wird und folgerichtig argumentiert wird. Das Vorstandsmitglied eines Automobilkonzerns hat vermutlich das eigene Image und die Außenwirkung im Blick, z. B. das Kriterium „Umweltschutz“ muss ihm also auch wichtig sein. Da er ein Verkaufsinteresse hat, beachtet er auch die Interessen der über 70-jährigen Personen. Bei Hinzufügen weiterer Kriterien wie „Stärkung der Automobilindustrie“ oder „Schaffung und Erhaltung von Arbeitsplätzen“ würde die Gewichtung in erheblichem Maße verändert werden müssen, weil diese Argumente von großer Relevanz für das Vorstandsmitglied sind und fehlen. Für das Vorstandsmitglied passt die Nutzwertanalyse folglich nur bedingt, weil sie unvollständig ist. ♦ 1 BE Abzug wird erteilt, wenn hier das Fehlen von zentralen Kriterien nicht erkannt wird. In diesem Falle ist die Vergabe von 1 BE noch möglich, wenn das Vorstandsmitglied als Verfasser der Nutzwertanalyse in Betracht gezogen wird und folgerichtig argumentiert wird. Für einen Einwohner Deutschlands, der über 70 Jahre alt ist, passen die in der Nutzwertanalyse gewählten Kriterien und die zugehörigen Gewichtungen gut, auch wenn die ein oder andere Seniorengruppe unter Umständen leicht abweichende Gewichtungen vorgenommen hätte (z. B. Land vs. Stadtbevölkerung).	1	2	2
Summe	10	15	5
Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent	33	50	17

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1		4, 8	
2		6		
3		2		
4	7			
5	7		4	
6				5

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.