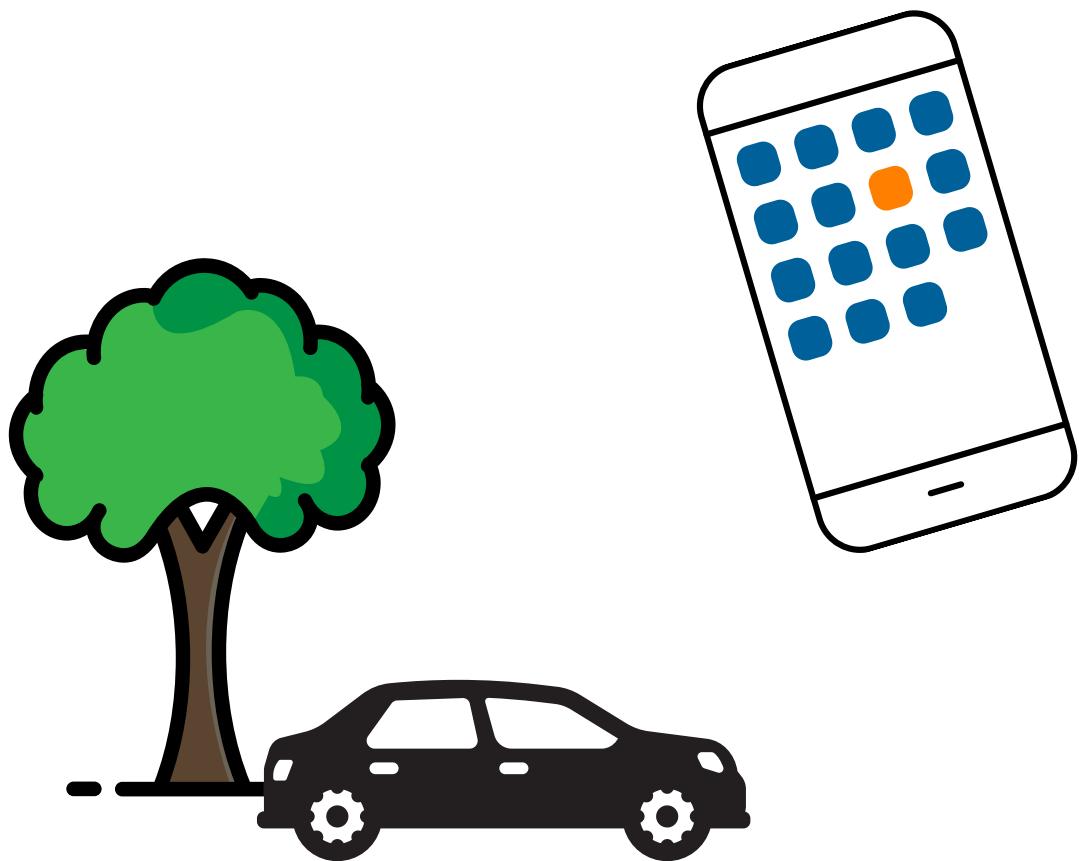


# Die Umweltbilanz von Elektroautos

Das Mathematik-Workbook im Projekt smart for science

Version Linus



GEFÖRDERT VOM

Zitieren Sie diese Publikation als:  
Krause, M., & Greefrath, G. (2023). *Die Umweltbilanz von Elektroautos: Das Mathematik-Workbook im Projekt smart for science: Version Linus.* smart for science. <https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/smart-for-science/material/sfs-mathematik-workbook-linus.pdf>



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Wie kann Elektromobilität beim Umweltschutz helfen?



## Aufgabe 1

Verwende deine Kopfhörer und schaue dir das [Quizvideo](#) zum Treibhauseffekt an. Bearbeite die Quizfragen im Video.



Quizvideo



## „CO<sub>2</sub>-Äquivalent“

Neben Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) gibt es noch andere Treibhausgase, z. B. Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Da sich die verschiedenen Gase unterschiedlich stark auf die Erderwärmung auswirken, rechnet man ihre Wirkungen um.

1 Tonne Methan (CH<sub>4</sub>) hat die gleiche Wirkung wie 25 Tonnen CO<sub>2</sub>.

1 Tonne Lachgas (N<sub>2</sub>O) hat die gleiche Wirkung wie 298 Tonnen CO<sub>2</sub>.

$$1 \text{ t CO}_2 \hat{=} 1 \text{ t CO}_{2\text{eq}}$$

$$1 \text{ t CH}_4 \hat{=} 25 \text{ t CO}_{2\text{eq}}$$

$$1 \text{ t N}_2\text{O} \hat{=} 298 \text{ t CO}_{2\text{eq}}$$

## Die individuelle Klimabilanz

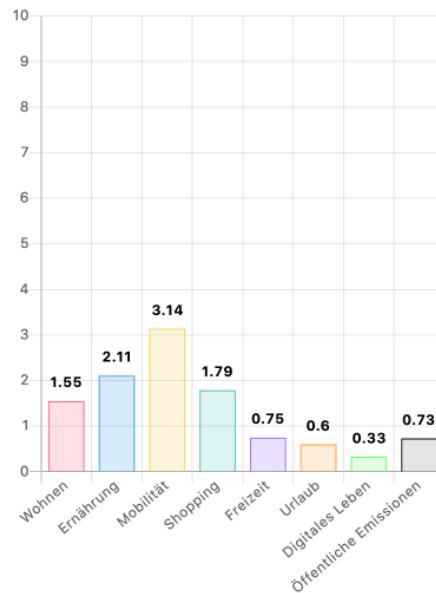
Die Durchschnittsperson in Deutschland hat einen jährlichen Pro-Kopf-Ausstoß von etwa 11 Tonnen **CO<sub>2</sub>-Äquivalent** (CO<sub>2</sub>eq). Diesen verursachen wir in den verschiedensten Alltagsbereichen. Den Ausstoß von jedem einzelnen von uns kann man in die folgenden acht Bereiche gliedern:

- Wohnen
- Ernährung
- Mobilität
- Shopping
- Freizeit
- Urlaub
- Digitales Leben
- Öffentliche Emissionen

Da die persönliche CO<sub>2</sub>eq-Bilanz stark von den eigenen Verhaltensweisen abhängt, gibt es hier große Unterschiede zwischen verschiedenen Personen. Zum Beispiel kann die erste Person einen Ausstoß von nur 5 Tonnen pro Jahr verursachen, während eine zweite Person 14 Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Jahr verursacht, etwa weil sie besonders viel Urlaub macht. Eine weitere dritte Person, die nur wenig Urlaub macht, könnte aufgrund ihres Shoppingverhaltens zum Beispiel auch 14 Tonnen CO<sub>2</sub>eq pro Jahr verursachen.

Rechts siehst du, wie ein möglicher Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten aufgeteilt sein könnte.

Persönliche Bilanz



Bereich	CO <sub>2</sub> eq pro Jahr
Wohnen	1,55 t
Ernährung	2,11 t
Mobilität	3,14 t
Shopping	1,79 t
Freizeit	0,75 t
Urlaub	0,60 t
Digitales Leben	0,33 t
Öffentliche Emissionen	0,73 t
<b>Summe</b>	<b>11,00 t</b>

**Aufgabe 2**

Katharina, Sybille, Linus und Peter wollen ihren eigenen persönlichen Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten berechnen. Helft ihnen dabei, indem ihr die Beschreibung der euch zugeteilten Person lest und mithilfe der App **Treibhausgasekompass** den Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalenten für diese Person berechnet. Tragt die ermittelten Werte anschließend im dafür vorgesehenen Kasten ein.

**Beschreibung von Linus L. (30)**

Größe	1,82 m
Gewicht	81 kg

Linus hat beruflichen Erfolg und wohnt alleine in einem großen, frei stehenden Haus mit 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Die **Photovoltaikanlage** war schon beim Kauf auf dem Dach angebracht und hat eine Fläche von 50 m<sup>2</sup>. Er ist als Führungskraft viel unterwegs, immer unter Zeitdruck. Geld spielt für ihn keine Rolle, Zeit hingegen schon. Deswegen hatte er auch noch keine Zeit, seinen Stromtarif auf Ökostrom umzustellen, sondern bezieht den deutschen Strommix. Geheizt wird sein Haus mit einer Erdgasheizung auf eine angenehm warme Temperatur. Auch für Sport findet Linus nicht so viel Zeit, wie er gerne würde. Eine normale Fitness weist er trotzdem auf. Und das, obwohl er sich nicht unbedingt gesund ernährt. Essen muss für ihn vor allem schnell gehen. Meistens kocht er nicht selbst, sondern geht Essen; am liebsten isst er Fleisch. Und wenn Linus doch selbst kocht, dann hat er beim Einkaufen auch keine Zeit darauf zu achten, dass seine Lebensmittel regional oder saisonal sind oder der Bioqualität entsprechen. Hauptsächlich trinkt Linus Kaffee und ab und zu auch Mineralwasser. Aufgrund seines Berufs muss Linus zu vielen anderen Firmen. Hierfür nimmt er seinen SUV und fährt durchschnittlich 20.000 km im Jahr. Die weiteren Strecken zu Firmen außerhalb Europas **fliegt** Linus in der First-Class und kommt auf circa 15 Stunden im Jahr. Weitere Verkehrsmittel nutzt Linus nicht. Für seine Kleidung und Restaurant-Besuche gibt Linus insgesamt circa 600 € im Monat aus. Secondhandkleidung kauft er nicht und bei seinen anderen Anschaffungen überlegt er auch nicht lange. Wenn etwas kaputt ist, kauft er es neu. Sein Konsumverhalten könnte besser sein. Für Hobbies, Haustiere oder fernsehen/streamen hat Linus keine Zeit. Auch Urlaub macht er keinen. Er lebt für seinen Beruf, in ihm geht er voll auf.

**Klimabilanz unserer Person**

Name unserer Person: \_\_\_\_\_

Unsere Person verursacht insgesamt \_\_\_\_\_ Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr. Bezogen auf die einzelnen Alltagsbereiche verteilt sich das CO<sub>2</sub>-Äquivalent wie folgt:

Wohnen: \_\_\_\_\_ t

Freizeit: \_\_\_\_\_ t

Ernährung: \_\_\_\_\_ t

Urlaub: \_\_\_\_\_ t

Mobilität: \_\_\_\_\_ t

Digitales Leben: \_\_\_\_\_ t

Shopping: \_\_\_\_\_ t

Öfftl. Emissionen: \_\_\_\_\_ t



Treibhausgase-kompass

**Photovoltaik**

„Photovoltaikanlage“ ist ein anderes Wort für „Solaranlage“. Mit so einer Anlage kann Sonnenlicht in Strom umgewandelt werden.

**Flugreisen**

„Kontinentale Flugreisen“ sind Flüge innerhalb eines Kontinents. Wenn man also z. B. in Deutschland losfliegt und noch innerhalb Europas landet. Landet man außerhalb Europas, so nennt man das einen „interkontinentalen Flug“.



Säulendiagramm-  
Applet



Padlet



**Aufgabe 3**

- a) Öffnet das **Säulendiagramm-Applet** und tragt die von euch ermittelten Werte ein.
- b) Erstellt einen Screenshot vom Säulendiagramm und ladet ihn auf das **Padlet** hoch.

## Mobilität im Fokus

Katharina, Sybille, Linus und Peter stellen fest, dass sie insbesondere im Bereich „Mobilität“ einen sehr unterschiedlich großen Ausstoß von CO<sub>2</sub>-Äquivalent verursachen. Sie sammeln ihre Werte in einer Tabelle um sie anschließend vergleichen zu können.



### Aufgabe 4

Tragt die Werte eurer Person in die Tabelle ein. Falls eure Person mit dem eigenen Auto fährt, tragt auch ein, um welchen Fahrzeugtyp es sich handelt. Notiert ebenfalls, ob eure Person kontinentale oder interkontinentale Flugreisen unternimmt.

#### Unsere Bearbeitung



Person	Verkehrsmittel und ggf. Typ	Kilometer im Jahr bzw. Stunden im Jahr	CO <sub>2eq</sub> pro Jahr im Bereich Mobilität
Katharina C.			
Linus L.			
Peter B.			
Sybille B.			

## Das Elektroauto im Detail

Frau Drivemann fährt ein Elektroauto. Im Treibhausgaskompass verändert sie den Schieberegler „Kilometer im Jahr“ und sieht, dass der Treibhausgaskompass ihr sofort anzeigt, wie viel CO<sub>2</sub>-Äquivalent ihr Auto verursacht. Sie fragt sich, woher der Treibhausgaskompass den Ausstoß kennt. „Bestimmt berechnet der Treibhausgaskompass das“, denkt sie. Aber wie?



Um das herauszufinden, legt Frau Drivemann eine Wertetabelle an. In der ersten Spalte trägt sie Kilometer-Werte ein und in der zweiten Spalte den jeweils dazugehörigen CO<sub>2eq</sub>-Wert für ihr Auto. Insgesamt trägt Frau Drivemann zehn Wertepaare ein. Danach verwendet sie den lingsessor, um sich die eingetragenen Werte im Koordinatensystem anzuschauen und mithilfe der beiden Schieberegler eine Berechnungsvorschrift herauszufinden.



### Aufgabe 5

Helft Frau Drivemann dabei herauszufinden, wie der Treibhausgaskompass den CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß ihres Autos berechnet.

- Legt eine Wertetabelle an, genauso wie Frau Drivemann es getan hat.
- Tragt die Wertetabelle aus Aufgabenteil a) in den **lingsessor** ein und bestimmt danach, wie der CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß berechnet wird.



lingsessor



### Unsere Bearbeitung

a)

Kilometer pro Jahr	CO <sub>2eq</sub> pro Jahr im Bereich Mobilität
200	



Das **E** steht für „Emissionen“, was ein anderes Wort für Ausstoß ist.

b)

Berechnung des CO<sub>2eq</sub>-Ausstoßes:  $E = \frac{\text{Vorfaktor}}{x} + \frac{\text{zweiter Summand}}{}$

**Aufgabe 6**

Verbindet die vier Bestandteile eurer Lösung von Aufgabe 5b auf der linken Seite mit der jeweiligen Bedeutung im Sachzusammenhang auf der rechten Seite.  
Auf der rechten Seite bleiben sieben Boxen übrig.

**Unsere Bearbeitung****Das  $E$** 

Alter des Autos

**Der Vorfaktor**Ausstoß von  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  in Tonnen pro TagAusstoß von  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  in Tonnen pro JahrAusstoß von  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  in Tonnen pro Kilometer**Die Variable  $x$** Menge an  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ , das einmal pro Jahr ausgestoßen wird, unabhängig davon wie viele Kilometer gefahren werden.Menge an  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ , das einmal pro Auto ausgestoßen wird, unabhängig davon wie viele Kilometer gefahren werden.

Strecke in Kilometern pro Tag

Strecke in Kilometern pro Jahr

Strecke in Kilometern insgesamt

**Der zweite Summand****Aufgabe 6**

Schaut euch das Koordinatensystem im lingsessor an.  
Wie sind die beiden Achsen beschriftet?



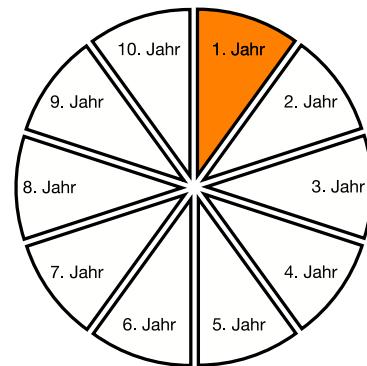
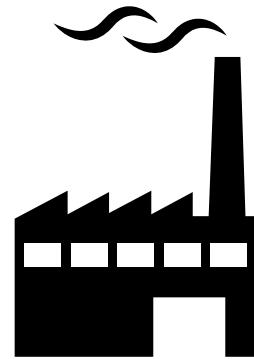
Was passiert, wenn ihr in eure Formel eine Strecke von 0 Kilometern einsetzt?

## Ausstoß über die Jahre

Frau Drivemann wundert sich, wieso ihr Auto auch CO<sub>2eq</sub> verursacht, wenn sie **0 Kilometer** mit ihm fährt. Daher recherchiert sie im Internet und findet heraus, dass bereits bei der Produktion von Autos CO<sub>2eq</sub> ausgestoßen wird. Allerdings stehen dort viel größere Werte als sie mit ihrer Formel berechnet hat.

Sie beschließt auf der Internetseite des Treibhausgasekompasses nach einer Erklärung zu suchen. Dort findet sie heraus, dass der Treibhausgasekompass dazu gedacht ist CO<sub>2eq</sub>-Werte pro Jahr auszurechnen. Da das Auto aber nur einmal produziert wird, hat sich die Firma dazu entschlossen das bei der Produktion verursachte CO<sub>2eq</sub> auf 10 Jahre aufzuteilen.

Frau Drivemann möchte lieber eine Formel haben, die den CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß der Produktion nicht aufteilt. Daher ändert sie ihre Formel dementsprechend.



## Aufgabe 7



- a) Verändert eure Formel so, wie Frau Drivemann es getan hat.

b) Tragt eure Lösung aus Teilaufgabe a) in die App **autokompass** ein. Bestimmt mithilfe der Graphen, ab wie vielen Kilometern ein Elektroauto umweltfreundlicher ist als:

  1. ein Benzin-Kleinwagen bzw.
  2. ein Benzin-SUV.

Schreibt eine Antwort in ganzen Sätzen.

Schreibt eine Antwort in ganzen Sätzen.



autokompass

## Unsere Bearbeitung



a)

b) \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

---



## Aufgabe 7b

Um eure Formel im autokompass einzutragen, klickt oben links auf „Bearbeiten“.



## Aufgabe 7b

Verwendet als  
Malzeichen das  
Sternchen \*.



### **„Fahrleistung“**

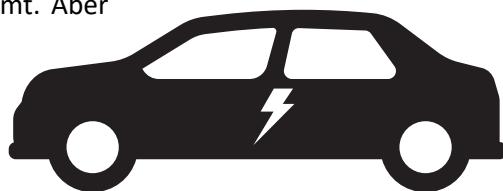
Der Begriff „Fahrleistung“ bezeichnet die gefahrene Strecke eines Autos.

## Eine Formel für alle?

In Deutschland sind aktuell 1.013.009 Elektroautos zugelassen.<sup>1</sup> Frau Drivemann fragt sich:

*Verursachen alle Elektroautos bei gleicher Fahrleistung gleich viel CO<sub>2</sub>-Äquivalent?*

Sie glaubt nicht, dass das stimmt. Es gibt bestimmt noch andere Aspekte, auf die es ankommt. Aber welche sind das?



## Aufgabe 8

Stellt euch vor, dass euch einige der 1.013.009 Elektroautofahrerinnen und -fahrer fragen:

## Wie viel CO<sub>2</sub>-Äquivalent verursacht mein Auto?

Welche Informationen braucht ihr, um diese Frage zu beantworten? Stellt weitere Formeln für verschiedene Gruppen von Elektroautos auf, in denen ihr diese Informationen verwendet, um den verursachten CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß zu berechnen. Ihr könnt auch neue Variablen verwenden.



## Aufgabe 8

Achtet auf die richtigen Einheiten.

$$1 \text{ t} = 1.000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g}$$



Auf der nächsten Seite gibt es mehr Platz.



## Unsere Bearbeitung

<sup>1</sup> Stand 01.01.2023, Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt. (2023). *Jahresbilanz 2023*. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz\\_Bestand/fz\\_b\\_jahresbilanz\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz_Bestand/fz_b_jahresbilanz_node.html)

## Vorgehen für Aufgabe 8



Bei der Bearbeitung von Aufgabe 8 könnt ihr euch an diesem Plan orientieren.

### Schritt 1: Aufgabe verstehen

- Lest euch den Einleitungstext „Eine Formel für alle?“ und die Aufgabenstellung darunter noch einmal genau durch.
- Stellt euch die Situation konkret vor.
- Überlegt genau, was ihr tun sollt.



### Schritt 2: Informationen suchen und ordnen

- Welche Informationen braucht ihr zur Beantwortung der Fragestellung? Überlegt und recherchiert, durch welche Faktoren die Menge des ausgestoßenen CO<sub>2eq</sub> beeinflusst wird. Notiert euch, was ihr herausgefunden habt.
- Entscheidet euch zunächst für einen Einflussfaktor.
- Recherchiert, wie sich dieser Einflussfaktor auf den CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß auswirkt. Notiert euch, was ihr herausgefunden habt.



### Schritt 3: Übergang in die Mathematik

- Wie könnt ihr diesen Einflussfaktor mathematisch berücksichtigen? Benötigt ihr eine weitere Formel? Könnt ihr die Formel(n), die ihr schon herausgefunden habt, überarbeiten?
- Stellt weitere Formeln auf oder ergänzt neue Variablen in den bisherigen Formeln.



### Schritt 4: Eure Formeln ausprobieren

- Bearbeitet den Autokompass, indem ihr eure Formeln und Variablen einträgt.
- Falls ihr neue Variablen verwendet habt: Stellt für eure Variablen beispielhaft ausgedachte mögliche Werte ein und vergleicht die verschiedenen Graphen.



### Schritt 5: Eure Formeln verstehen und überprüfen

- Was könnt ihr an den Graphen ablesen? Können eure Formeln stimmen? Vergleicht eure Graphen mit den anderen. Erscheinen eure Graphen realistisch? Habt ihr euch eventuell verrechnet oder vertippt?
- Wie kann man eure Formeln noch weiter verbessern? Geht wieder zu Schritt 2.



Auf der nächsten Seite gibt es mehr Platz.



## Aufgabe 8

Achtet auf die richtigen Einheiten.

$$1 \text{ t} = 1.000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g}$$



## Unsere Bearbeitung

Unsere Bearbeitung

A large grid of 20 columns by 20 rows, intended for drawing or performing calculations.

Auf der nächsten  
Seite gibt es mehr  
Platz.



## Aufgabe 8

Achtet auf die richtigen Einheiten.

$$1 \text{ t} = 1.000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 1.000 \text{ g}$$



## **Unsere Bearbeitung**

Unsere Bearbeitung

A large grid of squares, likely intended for drawing a graph or performing calculations.

**Aufgabe 8**



Überarbeitet weiter eure Lösung von Aufgabe 8. Ihr könnt wie im „Vorgehen für Aufgabe 8“ beschrieben arbeiten.

**Aufgabe 9\***

Erstellt ein Video, indem ihr mit einem zweiten Smartphone den Bildschirm des ersten filmt und parallel erklärt, wie euer autokompass funktioniert. Beachtet hierbei auch den Bewertungsbogen von Aufgabe 10.

- a) Schreibt zunächst auf, was ihr sagen möchtet, um folgende Fragen zu beantworten:

1. *Was muss der Benutzer in eurem neuen autokompass einstellen?*
2. *Wie berechnet euer autokompass den CO<sub>2eq</sub>-Ausstoß? Erklärt beispielhaft eine Formel.*

- b) Erstellt jetzt das Video. Wenn ihr fertig seid, ladet euer Video über den **QR-Code** hoch.



Video-Upload

**Unsere Bearbeitung**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**Aufgabe 10\***

Bewerte die einzelnen Videos anhand der Tabelle. Trage für jeden Aspekt eine der folgenden Bewertungen ein: ++, +, o, -, --

**Meine Bearbeitung**

	Das ist meine Gruppe.	Beide Fragen wurden beantwortet.	Das Video ist gut strukturiert.	Es wurde deutlich gesprochen.	Es ist optisch alles gut zu erkennen.	Die Erklärungen sind verständlich.	Der Autokompass ist gut gelungen.
Gruppe 1	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 2	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 3	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 4	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 5	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 6	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 7	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 8	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 9	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 10	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 11	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 12	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 13	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 14	<input type="checkbox"/> ja						
Gruppe 15	<input type="checkbox"/> ja						