

# Richtlinien für die Annotation von argumentativen Schülertexten zu Socio-Scientific Issues

## 1 Inhaltsverzeichnis

2	EINLEITUNG .....	3
3	LOGIN UND SETUP .....	3
4	INHALTSZONEN-Layer .....	4
4.1	Inhaltszonen-Tags:.....	4
4.2	Regeln: .....	4
5	ARGUMENT-Layer .....	5
5.1	Kriterium: .....	5
5.1.1	Kriterien_Verkehr-Tags:.....	5
5.1.2	Kriterien_Energie-Tags:.....	5
5.1.3	Darstellung in Inception .....	5
5.1.4	Regeln: .....	6
5.2	Positionierung .....	6
5.2.1	Positionierung-Tags .....	6
5.2.2	Regeln: .....	6
5.3	Accuracy.....	7
5.3.1	Accuracy-Tags:.....	7
5.3.2	Regeln: .....	7
5.4	Adequacy .....	8
5.4.1	Adequacy-Tags: .....	8
5.4.2	Regeln: .....	8
5.5	Clarity.....	8
5.5.1	Clarity-Tags:.....	9
5.5.2	Regeln: .....	9
6	STRUKTUR (TAP)-Layer .....	9
6.1	TAP-Tags: .....	9
6.2	Regeln: .....	10

7	DECISION-MAKING STRATEGIES-Layer .....	10
7.1	Gesamtthese-Tags: .....	11
7.2	Decision-Making-Strategy-Tags .....	11
7.3	Regeln: .....	11
8	Literatur: .....	11
9	Anhang a) Aufgabe: Die Zukunft der Automobilität! .....	13
9.1	Materialien .....	14
9.1.1	Beschreibung der Energieträger .....	14
9.1.2	Vergleich der Energieträger .....	14
9.1.3	Kriterium 1: Energiedichte .....	15
9.1.4	Kriterium 2: Gesamtwirkungsgrad .....	15
9.1.5	Kriterium 3: Treibhausgasemissionen bei der Produktion .....	17
9.1.6	Kriterium 4: Verfügbarkeit .....	17
9.1.7	Kriterium 5: Betrieb .....	17
9.1.8	Kriterium 6: Geräuschemissionen .....	18
9.1.9	Kriterium 6: Lokale Emissionen .....	18
10	Anhang b) Aufgabe: Energiewende konkret! .....	19
10.1	Materialien .....	20
10.1.1	Beschreibung der Energiewandler (Kraftwerke) .....	20
10.1.2	Vergleich der Energiewandler: .....	20
10.1.3	Kriterium 1: Wirkungsgrad .....	21
10.1.4	Kriterium 2: Jahresertrag .....	22
10.1.5	Kriterium 3: Lokale Emissionen .....	23
10.1.6	Kriterium 4: Lebensdauer .....	24
10.1.7	Kriterium 5: Preis .....	24
10.1.8	Kriterium 6: Treibhausgasemissionen .....	24

## 2 EINLEITUNG

Die zu annotierenden Argumentationstexte wurden im Rahmen einer Aufgabe über gesellschaftliche Streitthemen mit Bezug zu Naturwissenschaften, sogenannte Socio-Scientific-Issues, geschrieben, an denen sich die inhaltlichen Parameter der Annotation orientieren (die Aufgaben sind angehängt). Die Annotation erfolgt im Inception-Tool in 4 Schritten (in Inception "Layer" genannt) mit diversen Unterschriften ("Tags"):

1. Inhaltszonen.
2. Gesamtthese und Decision-Making Strategies zur Positionsfindung der Gesamtthese.
3. Argumente:
  - a. Kriterien.
  - b. Handlungsoption, sowie die Positionierung zu Handlungsoption.
  - c. Fachliche Richtigkeit (Adequacy & Accuracy)
4. Struktur der Argumente nach Toulmins Argumentation Pattern.

Die Layer 1, 2 und 3 werden dabei auf Satzebene annotiert, d. h. es können ein oder mehrere Sätze mit den entsprechenden Tags versehen werden. Das Layer 4 soll minimal auf Nebensätzen annotiert werden, da das im Annotationstool nicht möglich ist, findet die Annotierung jedoch auf Token-Ebene statt. Eine Überlappung der Tags in den einzelnen Layern findet damit nicht statt. Innerhalb eines Textes lassen sich Layer bis zum Abschluss des Textes korrigieren.


**Generell gilt: Es geht darum zu versuchen, das Geschriebene der Schüler:innen so zu annotieren, wie es beim Lesen intuitiv verstanden wird, und nicht die mögliche Intention hinter den Worten zu interpretieren.** Das Ziel ist, den Schüler:innen Feedback geben zu können, damit Sie sich im Argumentieren verbessern können. Das bedeutet, dass eher streng als nachlässig annotiert werden soll. Es hilft den Schüler:innen hierbei nicht, z.B. bei fachlicher Richtigkeit zu nachgiebig zu sein. In jedem Layer gibt es die Möglichkeit, Kommentare zu hinterlassen. Diese bitte bei Unsicherheit nutzen. Die zugewiesenen Texte sollten der Reihe nach abgearbeitet werden.

## 3 LOGIN UND SETUP

- Der Login ist über folgenden Link möglich:  
<https://darius-corpus.ipn.uni-kiel.de/inception/login.html>
- Logindaten werden vorab zugeteilt.
- Bei Login- sowie anderen technischen/inhaltlichen Problemen bitte an [schaller@leibniz-ipn.de](mailto:schaller@leibniz-ipn.de) wenden.
- Nach dem Login das Projekt DARIUS\_BETA auswählen.
- Zum Annotieren links auf Annotation klicken und einen Text auswählen.

Vor der ersten Annotation sollten folgende Einstellungen manuell vorgenommen werden:

1. Auf das Zahnrad (**Preferences**) in der Mitte des Bildschirms klicken.
2. **Editor** auf **brat (wrapping @ 120 chars)** einstellen (für bessere Lesbarkeit).
3. **Page size**: Diese Einstellung zeigt die Anzahl der Zeilen pro Seite an, dort die Zahl **35** eintragen.
4. Unter **Annotation Layer Preferences** empfiehlt es sich den Wert Palette jedes Layers auf **dynamic pastelle** einzustellen, um die Übersichtlichkeit zu erhöhen.

 Nach dem Abschließen einer Annotation, den Text mit dem Button "**Finish Document**" abschließen. Achtung, nach Bestätigung ist eine weitere Bearbeitung des Textes nicht möglich.

## 4 INHALTSZONEN-Layer

Dieses Layer erfasst die rahmenden und Struktur gebenden Elemente des Textes. Die Annotation orientiert sich an den Richtlinien für Inhaltszonen (Peldszus & Stede, 2017). Inhaltszonen wurden für wissenschaftliche Aufsätze bereits von Teufel und Moens (2002) reliabel annotiert und automatisiert vorhergesagt. Annotiert werden die drei Inhaltszonen-Tags Einleitung, Hauptteil und Schluss. Für die Identifizierung der Inhaltszonen wird sich an den Vorgaben für das Schreiben argumentierender Texte in den Fachanforderungen Deutsch SEKI/II orientiert.

### 4.1 Inhaltszonen-Tags:

- **Einleitung:** Eine Einleitung enthält mindestens einen Satz, der das Thema des Textes beschreibt und z.B. die Aufgabenstellung, die möglichen Handlungsoptionen oder die eigene Position bzw. die Gesamtthese. Sie steht zu Beginn des Textes und enthält keine Argumente. („*Im Folgenden werde ich...*“, „*Ich bin für ABC und werde das im folgenden Begründen*“).
- **Hauptteil:** Der Hauptteil beinhaltet die Argumente, welche die eigene Position im Anfang oder Schluss begründen sollten.
- **Schluss:** Der Schluss gewichtet die gemachten Argumente und leitet daraus die eigene Position ab. In der Regel ist er durch ein zusammenfassendes/abschließendes Wort erkennbar. („*Zusammenfassend*“, „*Abschließend*“, „*Also*“).

### 4.2 Regeln:

- Jeder Tag muss mindestens aus einem vollständigen Hauptsatz bestehen.
- Den Tag über die gesamte Inhaltszone ziehen und nicht jeden Satz der Zone einzeln auswählen.
- Der Hauptteil steht zwischen Einleitung und Schluss.
- Wenn die Gesamtthese direkt an die Einleitung folgt, den Satz zur Einleitung hinzufügen.
- Eine Gesamtthese am Anfang des Textes kann eine Einleitung sein, muss aber nicht: „*Ich entscheide mich für den Solarpark, da er sehr umweltfreundlich und nicht sehr teuer ist.*“ Wird z.B. als Hauptteil markiert. Ausschlaggebend wäre z.B., ob bereits eine Argumentation beginnt, indem z.B. ein Kriterium diskutiert wird.
- Eine Gesamtthese am Ende des Textes wird nur als Schluss markiert, wenn diese entsprechend mit einem zusammenfassenden/abschließenden Wort markiert ist: „*Alles in allem sollten Wasserkraftanlagen als Energiewandler gefördert werden.*“ wird als Schluss markiert. „*Wasserkraftanlagen sind am stärksten.*“ ohne weiteren Inhalt würde als Hauptteil markiert werden.
- Wenn der Schluss eine Positionsannahme beinhaltet, dann jedoch neue Argumente bzw. Claims eingebracht werden, wird dieser als Hauptteil markiert. Beispiel: „*Obwohl ich für die Wasserkraftanlage bin, sollte man wissen, woher das Wasser kommt. Solange nichts und niemand dafür ausgebeutet wird, ist es eine gute Alternative. Die Anlage ist eine gute Option.*“ Ein Indikator dafür ist, wenn man die Sätze in den Hauptteil umstellt und diese dort ebenfalls funktionieren würden.
- Texte die sehr kurz sind (z.B. ein Satz) sollten als Hauptteil markiert werden. Bei mehreren Sätzen wird überprüft, ob es eine Einleitung gibt und der Text z.B. im Hauptteil abgebrochen wurde.

## 5 ARGUMENT-Layer

In diesem Teil werden die einzelnen Argumente folgend der Regeln von Stab, Miller und Gurevych (2018) segmentiert markiert. Ein Argument wird idealerweise durch eine Behauptung eingeleitet und behandelt in der Regel ein bestimmtes Thema, in diesem Fall ein Kriterium aus dem Material. Die Reichweite eines Arguments wäre daher i.d.R. von der Erwähnung der Vor- und/oder Nachteile eines Kriteriums, **bis es inhaltlich um ein neues Kriterium geht**.

### 5.1 Kriterium:

Markiert, welche Kriterien im Argument vorhanden sind.

Die Kriterien-Tags markieren, ob der Text sich auf die Materialien zur Aufgabenstellung bezieht und wie viele dieser Materialien verwendet wurden. Gleichzeitig wird erfasst, womit sich das Argument inhaltlich beschäftigt. Es wäre ggf. möglich, diese Kriterien teilweise per Keywordsuche oder Expertensystem zu erfassen.

#### 5.1.1 Kriterien\_Verkehr-Tags:

- **Betrieb:** Tankzeit und Reichweite.
- **Geräuschemissionen:** Lautstärke des Motors im Betrieb.
- **Energiedichte:** Massenbezogene Energiedichte.
- **Verfügbarkeit:** Marktreife/Verfügbarkeit von KFZ mit dem diskutierten Antrieb.
- **Treibhausgasemission Produktion:** Treibhausgasemissionen bei der Herstellung des Fzgs.
- **Wirkungsgrad:** Gesamtwirkungsgrad.
- **Sonstiges:** Kriterien, die nicht aus den Materialien stammen, oder die nicht zugeordnet werden können.

#### 5.1.2 Kriterien\_Energie-Tags:

- **Wirkungsgrad:** Gesamtwirkungsgrad.
- **Jahresertrag:** Stromproduktion in Gigawattstunden pro Jahr (GWh).
- **Lokale Emissionen:** Geräusch in Dezibel, Schatten/Licht etc.
- **Preis:** Kosten der Bereitstellung/Produktion des Kraftwandlers.
- **Lebensdauer:** Durchschnittliche Dauer der Nutzbarkeit des Kraftwandlers.
- **Treibhausgasemission:** Treibhausgasemissionen beim Einsatz.
- **Sonstiges:** Kriterien, die nicht aus den Materialien stammen, oder die nicht zugeordnet werden können.

#### 5.1.3 Darstellung in Inception

Da die Texte immer nur einer Kategorie (Verkehr/Energie) zugeordnet sind, werden die Kriterien-Tags in Inception aus Gründen der besseren Bearbeitbarkeit zusammengefasst:

- **Wirkungsgrad**
- **Jahresertrag/Energiedichte**
- **Lokale Emissionen/Geräuschemissionen**
- **Preis/Betrieb**
- **Lebensdauer/Verfügbarkeit**
- **Treibhausgasemission**
- **Sonstiges**

#### 5.1.4 Regeln:

- Argumente und Kriterien werden ausschließlich im Hauptteil annotiert.
- Sollten mehrere Kriterien direkt miteinander verglichen werden, handelt es sich um ein Argument und nicht um mehrere Argumente.
- Nicht abgeschlossene Sätze am Ende des Texts werden als einzelnes Argument markiert. In der Regel sollten alle Tags mit "Nicht zutreffend" etc. getaggt werden, Ausnahme ist das Kriterium-Tag. Beispiel: *"Bei den Geräuschemissionen liegen die"* Hier wird folgendermaßen annotiert: Emissionen vorhanden; Unklare Position; Nicht zutreffend; Nicht zutreffend; Unverständlich.
- Texte, die sich nicht an der Aufgabe orientieren, z.B. über andere Aspekte des Klimawandels oder den Sinn der Aufgabe allgemein diskutieren, werden dennoch vollständig markiert. Kriterium würde i.d.R. "Sonstiges" sein, Accuracy sowie Adequacy sollten hier mit "nicht zutreffend" annotiert werden. Beispiel: *"Das eigentliche problem ist nicht zu entscheiden was davon gebaut wird sondern wann. Es passiert alles viel zu langsam."*
- Es werden nur vorhandene und keine nicht vorhandenen Kriterien markiert.
- Wenn mehrere Kriterien in innerhalb eines Argumentes genannt werden oder es ersichtlich ist, dass es um diese geht (z.B. Bezugsherstellung durch Pronomen) werden auch alle erwähnten Kriterien als vorhanden markiert.
- Wichtig: Das Kriterium PREIS gibt es nur bei den Kraftwerken. Sollte in einem Text der Verkehrsaufgabe der Preis von z.B. mit Akkumulator betriebenen KFZ genannt werden, wird dies als SONSTIGES markiert.

#### 5.2 Positionierung

Annotation der gewählten Option sowie Position zu den Handlungsoptionen der jeweiligen Aufgabe gemäß einem Annotationsschema, wie beispielsweise von Stab et. al (2018) verwendet, wo es ein Inter-annotator-Agreement von 0.72 (Cohens Kappa) erzielte.

Eine gute Argumentation sollte sich mit allen Positionen auseinandersetzen und ggf. auch Argumente gegen die Gesamtthese erfassen.

##### 5.2.1 Positionierung-Tags

Auf welche Handlungsoption bezieht sich das Argument? (Handlungsoptionen werden je nach Aufgabe genannt).

- **Option A Wasserstoff/Wasserkraft Pro/Contra:** Argument bezieht sich bei Aufgabe Verkehr auf Wasserstoff, bei Aufgabe Energie auf Wasserkraft und positioniert sich dazu positiv oder negativ bzw. unterstützend oder abschwächend.
- **Option B E-Fuels/Solarenergie Pro/Contra:** Argument bezieht sich bei Aufgabe Verkehr auf E-Fuels, bei Aufgabe Energie auf Solarenergie und positioniert sich dazu positiv oder negativ bzw. unterstützend oder abschwächend.
- **Option C Akkumulatoren/Windenergie Pro/Contra:** Argument bezieht sich bei Aufgabe Verkehr auf Akkumulatoren, bei Aufgabe Energie auf Windkraft und positioniert sich dazu positiv oder negativ bzw. unterstützend oder abschwächend.
- **Unklar:** Handlungsoption wird erwähnt, Position ist jedoch unklar. *„Der Preis für eine Wasserkraftanlage beträgt um die 59 Millionen €. Dafür hat die Wasserkraftanlage aber von allen den höchsten Wirkungsgrad aber auch die meisten CO2 Emissionen.“*

##### 5.2.2 Regeln:

- Ein Argument kann gleichzeitig für oder gegen verschiedene Positionen sein (z.B.: Pro|A + Pro|B)

- Der Tag wird angeklickt (z.B. Option A Wasserstoff/Wasserkraft) und das Pro/Contra-Tag ausgewählt.
- Sollte es in einem Argument um ein negatives Kriterium gehen (z.B. lokale Emissionen), ist in der Regel die Option als Pro zu bewerten, die als am wenigsten negativ beschrieben wird.
- Beispiel: *“E-Autos haben eine Reichweite von 400 KM.”* erwähnt zwar E-Autos/Akkumulatoren, beinhaltet aber keine Positionseinnahme, daher wird *„Unklare Position“* ausgewählt. Hingegen *“E-Autos haben eine Reichweite von 400 KM, Wasserstoffautos aber 800 KM.”* vergleicht zwei Antriebe, daher kann hier eine Pro- und eine Contra-Position abgeleitet werden.
- Pro A bedeutet nicht automatisch Contra B/C. Die Position muss implizit oder explizit genannt werden. Implizit wäre z. B. durch den Gebrauch von Pronomen wie *„es“*, *„beide“*, *„andere“*. Beispiel: *„Wasserstoff ist effizienter als die anderen beiden.“*, also Pro A/Contra B/Contra C. Beispiel: *“Wasserkraft hat den besten Wirkungsgrad.”* = Pro A/Contra B/ Contra C. Beispiel: *„Es ist besser als E-Fuels.“* Wenn aus den vorhergehenden Sätzen eindeutig hervorgeht, worauf sich das Pronomen *„es“* bezieht, wird diese Option als Pro gewertet.

### 5.3 Accuracy

Fachliche Richtigkeit des Arguments (siehe Heitmann et al., 2014).

Es soll annotiert werden, inwieweit ein Fakt aus dem gegebenen Material **fachlich richtig wiedergegeben und verwendet** wird. Die Richtigkeit der Fakten, die über das Material hinaus gehen, wird nicht geprüft (Nicht zutreffend). Sollte das Argument als inkorrekt erkannt werden, kann der Schüler direkt darauf hingewiesen werden und sich nochmal mit dem Material auseinandersetzen.

#### 5.3.1 Accuracy-Tags:

- **Falsch:** Fachbegriffe, Daten oder Zusammenhänge werden falsch verwendet: *„Die Wasserstoffbatterie kann schneller aufgeladen werden als ein Akkumulator.“*
- **Richtig:** Fachbegriffe und Zusammenhänge wurden korrekt verwendet.
- **Nicht zutreffend:** Das Argument bezieht sich nicht auf das Material; Das Argument besteht nur aus mindestens einem subjektiven Claim, dessen Richtigkeit nicht bewertet werden kann. Beispiel: *„Ich entscheide mich für Akkumulatoren, weil ich Tesla geil finde.“*

#### 5.3.2 Regeln:

- Wenn ein Wert falsch zitiert wird, wird das Argument als "Falsch" markiert, auch wenn die Argumentation an sich sinnvoll ist. Beispiel: *“Wind und Solarparks liegen mit einem Wirkungsgrad von 25 bzw. 21% weit darunter”*. Das Argument ist zwar angemessen, Windparks haben jedoch einen Wirkungsgrad von 45%.
- Hat ein Kriterium eine Reichweite (z.B. *“70 - 90 %”*) reicht es aus, dass der untere oder obere Teil des Bereichs genannt wird (zb. *“70 %”*, um es als *“Richtig”* zu annotieren).
- Gerundete Werte werden auch als *“Richtig”* markiert.
- Das Argument wird als *“Falsch”* markiert, wenn die Verwendung von unpassenden Verben (Beispiel: *“Bei dem Solar- oder Windpark wird ein großer Teil der Energie bei der Energieerzeugung verwendet.”* Korrekt wäre hier z.B. *“abgegeben”*, statt *“verwendet”*), oder eine falsche Erläuterung des Kriteriums (Beispiel: *“Akkumulatoren haben einen Wirkungsgrad von 70%, das bedeutet, dass 70% der elektrischen Energie erneuerbar ist.”*) das fehlende Verständnis zeigen, auch wenn die Werte richtig sind.
- Sinnverändernde Schreibfehler werden ebenfalls als *„Falsch“* markiert. Beispiel *„Wildpark“* statt *„Windpark“*.

## 5.4 Adequacy

Angemessenheit bzw. Relevanz des Arguments. Sind die verwendeten Informationen relevant für das eigentliche Argument bzw. für die Argumentation? Wurden die verwendeten Informationen richtig verstanden und logische Schlüsse gezogen? Die Messung der Adequacy hilft dabei festzustellen, auf welcher Ebene Feedback gegeben werden muss. Sollten die SuS bereits mit der Aufgabenstellung an sich Probleme haben, oder diese nicht richtig gelesen haben, wäre ein tiefergehendes Feedback zur Argumentationsqualität nicht hilfreich.

### 5.4.1 Adequacy-Tags:

- **Angemessen:** Beispiel: Die lange Ladezeit von Akkumulatoren wurde als Argument zum Nachteil von Akkumulatoren ausgelegt.
- **Nicht angemessen:** Beispiele: Es werden Werte korrekt angegeben, der daraus gezogene Schluss widerspricht jedoch der Hierarchie der Werte: Wirkungsgrad von A liegt in der Mitte, es wird jedoch gesagt, dass B am besten ist.
- **Nicht zutreffend:** Kein Argument, bzw. ein gegebenes Argument bezieht sich nicht auf die Materialien und kann hinsichtlich der Angemessenheit nicht bewertet werden. *„Bei allen drei Möglichkeiten kommt es auf die geographischen Begebenheiten an wo etwas effektiv ist.“*

### 5.4.2 Regeln:

- Nicht angemessen, wenn: nicht nachvollziehbare, unlogische oder **widersprüchliche Schlüsse** gezogen werden (Bspw.: *“Für E-Fuels spricht nicht nur der niedrige Gesamtwirkungsgrad von 15-20%, welcher zeigt, wie effizient die elektrische Energie der Erneuerbaren Energien zum Autofahren genutzt wird.”* Der Wirkungsgrad wurde richtig erklärt, jedoch wurde ein falscher Schluss draus gezogen) und/oder **Kriterien falsch verstanden** werden (*„Die Massenbezogene Energiedichte ist ein wichtiges Kriterium, da es wichtig ist zu schauen, inwieweit Autos Energie benötigen und verbrauchen.“* Die Energiedichte macht keine Aussage über den Verbrauch eines Autos).
- Angemessen, wenn: das Argument fachlich falsch ist (z.B. wurde ein Wert falsch zitiert), der Fehler aber die Argumentation an sich nicht ändert (z.B.: *“Die Wasserkraftanlage liegt mit 11.000t CO2 Äquivalenten zwischen den anderen beiden Energiewandlern”*).
- Argumente die einen falschen Schluss ziehen sind bei Adequacy NICHT ANGEMESSEN (können aber fachlich richtig sein). Beispiel: *“Auch in Betracht der CO2 Äquivalente von gerade einmal 12.000t (3200 mehr als ein Windpark und 23000 weniger als ein Solarpark) verdeutlicht dies den enormen Zuspruch für Wasserkraftanlagen erneut.”* Die Werte sind richtig zitiert, der daraus gezogene Schluss (PRO Wasserkraft) ergibt so jedoch keinen Sinn.

## 5.5 Clarity

Clarity beschreibt, ob ein Argument sprachlich klar bzw. leicht verständlich ist

Clarity beschreibt die Verwendung von korrekter, eindeutiger Sprache, die unnötige Komplexität vermeidet und nicht vom besprochenen Thema abweicht (Aristotle, 2007). Wird das Argument nicht verstanden, ist es unklar. Muss das Argument mehrere Male gelesen werden, bis es verstanden wurde, ist es komplex. Ein Beispiel für ein schwer verständliches Argument können verschachtelte Nebensätze sein.



### 5.5.1 Clarity-Tags:

- **Verständlich:** dem Argument kann beim ersten oder zweiten Lesen gefolgt werden.
- **Schwer verständlich:** Das Argument muss öfter gelesen werden, bis es verstanden wurde. „Bei der Lebensdauer ist das Wasserkraftswerk wieder am besten weil sie bis zu 80 Jahre erwarten bei den anderen ist es deutlich weniger es ist zwar mit am teuersten mit 59 Mio. Euro aber es hat mit am zweit wenigsten Treibhausgasemissionen mit 12,00.“ Die Sätze sind stark verschachtelt und durch das Fehlen von Kommata verwirrend, weshalb das Argument als „schwer verständlich“ annotiert wird
- **Unverständlich:** Das Argument macht keinen Sinn; auch nach mehrmaligem Lesen ist nicht klar, was gemeint ist. Gründe können sowohl Rechtschreibung, Grammatik als auch inhaltlicher Art sein. „Hier ist zu beobachten, dass die Wasserkraftanlage mit 70-90% mit Abstand den größten Wirkungsgrad hat. Mit einem Banstand von 25-45% kommen dann die Windparks, die schon und 50% Wirkungsgrad haben und danach die Solarparks, die gerade so eine Wirkung von 21% haben.“ Auf Grund von sinnverändernden Schreibfehlern kann das Argument nur durch Interpretation verstanden werden und wird deswegen als „unverständlich“ annotiert.

### 5.5.2 Regeln:

- Grammatik und Schreibfehler sollten nur beachtet werden, wenn sie sinnverändernd sind.

## 6 STRUKTUR (TAP)-Layer

Annotierung der Argumente des vorigen Schritts in deren Bestandteile nach Toulmin's Argumentation Pattern (TAP), angelehnt an die TAP-Interpretation von Riemeier et. al (2012). TAP ist dazu geeignet die Struktur von Argumenten unabhängig vom Inhalt zu erfassen. Die grundlegenden Elemente sind dabei Claim, Data und Warrant (s.u.). Dabei gilt, je mehr dieser Elemente zusammenhängend verwendet werden, desto besser ist die strukturelle Qualität des Arguments. Sollte ein Text nur aus Claims bestehen, lässt sich z.B. das Feedback geben, die Materialien mit einzubeziehen. Ist dies bereits geschehen, also bestehen die Argumente aus Claim und Data, kann darauf hingewiesen werden, den Zusammenhang zwischen den Elementen zu erläutern (Warrant).

Texte die die Aufgabenstellung verfehlen und anderes diskutieren, werden auch auf TAP annotiert. Es ist davon auszugehen, dass dort keine oder sehr wenige Data zu finden sind, Claims, Warrants und Rebuttal können aber dennoch erfasst werden.

### 6.1 TAP-Tags:

- **Claim:** Behauptung, die die Positionseinnahme kennzeichnet. „Wasserstoff ist die beste Option, ...“ Eine explizite Zustimmung (oder Ablehnung) einer Aussage, von der die Person überzeugt ist (Riemeier et al., 2012).
- **Data:** Fakt, der einen Claim begründet: „...denn Akkumulatoren haben eine Ladezeit von 30 Minuten...“. Data belegt einen Claim oder erklärt, dass etwas so oder so ist.  
→ Tatsacheninformation (aus den vorliegenden Materialien) wird genannt, welche sich auf eine bestimmte Behauptung bezieht (Riemeier et al., 2012).
- **Warrant:** Benötigt einen Claim sowie ein Data und/oder optional einen Rebuttal. Wichtig: der Claim muss nicht im Argument sein und kann z.B. die Gesamtthese im Inhalt sein. Aspekt, der erläutert, inwiefern ein Data einen Claim unterstützt: „...und sind daher im Alltag wesentlich unpraktischer...“. Warrant erklärt, warum etwas so oder so ist. Gibt nicht nur an, dass ein Claim und ein Data zusammenhängen, sondern auch wie diese zusammenhängen, z.B. erklären, warum es positiv oder negativ ist, dass im Data ein bestimmter Wert genannt wird. Eine bloße Verknüpfung von Claim und

Data durch ein „weil“ (*„Ich bin für Wasserstoff, weil er in Kriterium 1 die höchsten Werte hat.“*) reicht nicht aus (Riemeier et al., 2012).

- **Rebuttal:** Ein Einwand gegen eine/n vorgebrachte/n Data, Warrant: *„Zwar ist der Preis ein Gegenargument, wenn man jedoch den Preis für einen Windpark oder Solarpark auf die Lebensdauer hochrechnet kommt man fast beim selben raus.“* *„Bei Windpark und Wasserkraftanlage gibt es Emissionen von Hör- und Infraschall, was jedoch nicht sehr schädlich für die Menschen ist.“* Einem Begründungselement wird (unspezifisch) widersprochen, hierbei muss nicht der gesamten zugrundeliegenden Behauptung widersprochen werden (Riemeier et al., 2012).
- **Nicht zutreffend:** der Satz/Satzteil ist nicht als Argumentteil erkennbar bzw. Erfüllt nicht den Zweck von Claim/Data etc. Beispiel: *„Kommen wir zum nächsten Kriterium.“* *„Betrachte man nun die einzelnen Kriterien die in der linken Tabelle aufgeführt werden...“*.

## 6.2 Regeln:

- TAP wird auf Nebensatzebene markiert und nur im Hauptteil.
- Fakten sind nur als „Data“ zu annotieren, wenn die Informationen aus den Materialien hervorgehen. Daten die über das Material hinausgehen, sind als „Claim“ zu annotieren.
- Fakten, die zu unscharf/grob genannt werden, werden als „Claim“ annotiert. *„Die Wasserkraftanlagen haben auch einen ziemlich vielversprechenden Jahresertrag.“*, *„Bei dem Kriterium der Treibhausgasemissionen ist die Wasserkraftanlage im gesunden Mittelfeld.“*
- Wenn 2 Elemente gleichermaßen zuzutreffen scheinen, wird das hierarchisch höhere ausgewählt. Claim <- Data <- Warrant/Rebuttal
- Oft ist ein Element sowohl Data, als auch Claim, hat also eine Meinung aber auf Fakten. In diesem Fall wird das hierarchisch höhere Element, also DATA gewählt.
- Wenn ein Satz(-teil) strukturell eine erläuternde Funktion hat, wird dieser als „Warrant“ annotiert, auch wenn keine inhaltliche Ergänzung gegeben ist. *„Akkumulatoren stehen in Massenfertigung zur Verfügung. Die Verfügbarkeit spielt eine große und bedeutsame Rolle. Denn es ist wichtig, wie viel und wie schnell man die Autos auf den Markt bringen kann.“* Der letzte Satz erläutert, warum die Verfügbarkeit wichtig ist und wird deshalb als „Warrant“ annotiert
- Kein Rebuttal, wenn es der Anfang eines Arguments ist.
- Kein Rebuttal, wenn Optionen innerhalb eines Kriteriums abgewogen werden. Bsp.: *„Des Weiteren produzieren sie 39 GWh pro Jahr, das ist deutlich mehr als bei einem Solarpark, aber etwas weniger als bei einem Windpark.“* Der letzte Teil wird nicht als Rebuttal markiert.
- Wenn etwas aus dem Material belegt ist, inhaltlich jedoch falsch ist, sollte es als Claim markiert werden.
- Fragen wie z.B. *„Wie viel Strom können sie im Jahr produzieren?“* werden als „Nicht zutreffend“ annotiert.

## 7 DECISION-MAKING STRATEGIES-Layer

**Gesamtthese:** „Major Claim“ meint die endgültige Position des Autors zu dem vorliegenden Thema. Sie ist die Wurzel der Argumentation, auf welcher aufbauend der Autor seine Entscheidung begründet (Stab & Gurevych (2015)). Hierzu kann das Feedback gegeben werden, ggf. eine Gesamtthese zu verfassen bzw. eine zusammenfassende Position einzunehmen. Sollte eine Gesamtthese gegeben sein, kann die Begründung der Entscheidung über eine **Trade-Off** Strategie, eine **Cutoff** Strategie oder **unbegründet** erfolgen. Eine Trade-Off-Strategie ist häufig ein Hinweis für eine komplexere, da abwägende und

vergleichende Argumentation. (Eggert et al., 2009). Das Feedback richtet sich darauf ab, ob die Gesamtthese kompensatorisch oder non-kompensatorisch gebildet wurde (s.u.).

Hinweis: Eine Gesamtthese ist strukturell immer ein Claim, auch wenn diese in Einleitung/Hauptteil steht.

### 7.1 Gesamtthese-Tags:

- **Gesamtthese vorhanden:** Die Argumentation beginnt oder schließt mit einer klaren Haltung zu den Handlungsoptionen: „*Aus diesen Gründen denke ich, dass Akkumulatoren als Energieträger gezielt gefördert werden sollten*“.
- **Gesamtthese nicht vorhanden:** Die endgültige Position der Argumentation wird nicht explizit genannt.

### 7.2 Decision-Making-Strategy-Tags

- **Trade-off** (kompensatorisch): Die bildet sich aus der Abwägung aller genannten Argumente, wägt mind. ein positives und ein negatives Kriterium aus dem Material einer Position gegeneinander ab, bzw. die Gesamtheit der Faktoren einer Position gegen die der anderen beiden Positionen. Z.B.: „*Trotz des hohen Preises überwiegt das Wasserkraftwerk bei Wirkungsgrad, Lebensdauer und dem Preis, weswegen ich ihn final unterstützen würde.*“
- **Cutoff** (non-kompensatorisch): Ein Kriterium/Grund oder eine Ansammlung von Kriterien wird als besonders wichtig angesehen. Die Gesamtthese bildet sich demnach aus einem Argument, das alle anderen schlägt. Z.B.: „*Wasserkraftanlagen sind die deutlich bessere Wahl, da sie sowohl in Lebensdauer als auch Wirkungskraft überwiegen.*“ Der Hauptunterschied zum Trade-Off ist, dass für die Entscheidung die Kriterien nicht positiv und negativ gegeneinander abgewogen werden.
- **Unbegründet:** Es ist nicht ersichtlich, welche Strategie die Gesamtthese verfolgt, es wird kein Grund für die Entscheidung genannt. „*Abschließend entscheide ich mich für Wasserkraftanlagen*“.

### 7.3 Regeln:

- Gesamtthese kann mehrmals markiert werden (oft am Anfang und am Schluss).
- Die Gesamtthese kann auch im Hauptteil vorkommen. Wenn keine Gesamtthese vorhanden ist, wird auch keine Strategy ausgewählt.
- Es wird der Teil des Textes markiert, in dem sich die Gesamtthese befindet.
- Die Decision-Strategy wird abhängig von der Platzierung der Gesamtthese identifiziert: Befindet sich die Gesamtthese in der Einleitung, wird nur die Einleitung beachtet; befindet Sie sich im Schluss, nur der Schluss. Befindet sich die Gesamtthese jedoch im Hauptteil wird nur der Satz der Gesamtthese für die Strategiefindung beachtet. Grund dafür ist, dass eine Gesamtthese in einer starken Argumentation nicht im Hauptteil vorkommen sein sollte, dies ist erfahrungsgemäß ein Zeichen für eine(n) nicht vorhandenen(n)/unfertige(n) Einleitung/Schluss.

## 8 Literatur:

Eggert, Sabina & Bögeholz, Susanne. (2009). [\*Students' Use of Decision-Making Strategies With Regard to Socioscientific Issues: An Application of the Rasch Partial Credit Model\*](#). In: Science Education. 94. 230 - 258.

- Heitmann, Patricia; Hecht, Martin; Schwanewedel, Julia & Schipolowski, Stefan. (2014). [Students' Argumentative Writing Skills in Science and First-Language Education: Commonalities and differences](#). In: International Journal of Science Education, 36:18, 3148-3170.
- Peldszus, Andreas; Stede, Manfred. (2016). *Inhaltszonen*. In: Handbuch Textannotationen. Manfred Stede (Hrsg.). Universitätsverlag Potsdam. S. 133-144.
- Riemeier, T., von Aufschnaiter, C., Fleischhauer, J. & Rogge, C. (2012). [Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen](#). In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.
- Stab, C., & Gurevych, I. (2015). [Guidelines for annotating argumentation structures in persuasive essays](#). Ubiquitous Knowledge Processing Lab (UKP Lab) Computer Science Department, Technische Universität Darmstadt.
- Stab, C., Miller, T., and Gurevych, I. (2018). [Cross-topic Argument Mining from Heterogeneous Sources Using Attention-based Neural Networks](#).
- Teufel, Simone ; Moens, Marc. (2002). [Summarizing Scientific Articles – Experiments with Relevance and Rhetorical Status](#). In: Computational Linguistics 28 , Nr. 4, S. 409–445.

[Fachanforderungen Deutsch Sekundarstufe I/II](#). (2014). Herausgeber: Ministerium für Bildung und Wissenschaft des Landes Schleswig-Holstein.

## 9 Anhang a) Aufgabe: Die Zukunft der Automobilität!

Die Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs sollen drastisch reduziert werden, um die Klimaneutralität zu erreichen. Daher wird von der Politikerinnen und Politikern gefordert, dass Neuwagen mit einem Benzin- und Dieselmotor ab 2035 verboten werden.

Konkret wird beraten, ob ein Umstieg auf Autos mit

1. Akkumulatoren,
2. Wasserstoff oder
3. E-Fuels (synthetische Kraftstoffe)

als Energieträger gezielt gefördert werden soll.

**Diskutieren** Sie die genannten Energieträger vor dem Hintergrund des Klimawandels auf der Basis von mindestens drei Kriterien aus den Materialien auf der nächsten Seite. Stärken sie Ihre Argumente, indem Sie die Relevanz der Kriterien für ihre Behauptungen erklären.

Sie haben 15 min Zeit, um die Materialien zu lesen und Ihre Argumentation zu schreiben. Anschließend erhalten Sie ein Feedback und weitere 10 min zur Überarbeitung.

**Hinweise** für eine sehr gute Argumentation:

In Ihrer Argumentation sollten Sie

- eindeutig Stellung für einen der Energieträger beziehen,
- für jedes von Ihnen genannten Kriterium alle drei Energieträger berücksichtigen und
- die Wichtigkeit der Kriterien für Ihre Entscheidung miteinander vergleichen.

## 9.1 Materialien

### 9.1.1 Beschreibung der Energieträger

Alle drei Energieträger gelten als klimaneutral, sofern elektrische Energie aus erneuerbaren Energien genutzt wird.

- **Akkumulatoren** sind wiederaufladbare elektrochemische Zellen, die aktuell auf Basis von Lithium-Verbindungen hergestellt werden. Akkumulatoren können geladen werden, indem sie an das Stromnetz angeschlossen werden. Akkumulatoren können nur in speziell konzipierten Autos mit Elektromotor genutzt werden. In diesen Autos werden Akkumulatoren fest eingebaut, um einen Elektromotor zu betreiben. Bei der chemischen Reaktion, die im Akkumulator abläuft, wird kein Stoff freigesetzt.
- **Wasserstoff** ist ein Reinstoff, der unter Standardbedingungen als Gas vorliegt. Wasserstoff wird mittels Wasserelektrolyse hergestellt. Wasserstoff kann nur in speziell konzipierten Autos mit Brennstoffzelle und Elektromotor genutzt werden. In diesen Autos wird Wasserstoff in Drucktanks transportiert und in einer Brennstoffzelle mit Sauerstoff umgesetzt, um einen Elektromotor zu betreiben. Bei der chemischen Reaktion, die in der Brennstoffzelle abläuft, entsteht als Produkt Wasser.
- **E-Fuels** sind Stoffgemische aus Kohlenwasserstoffen, die unter Standardbedingungen als Flüssigkeit vorliegen. E-Fuels werden aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid, das der Atmosphäre entnommen wird, hergestellt. E-Fuels können in konventionellen Autos mit Verbrennungsmotor genutzt werden. In diesen Autos werden E-Fuels in Flüssigkeitstanks transportiert und in Verbrennungsmotoren mit Sauerstoff umgesetzt. Bei der Verbrennungsreaktion, die im Motorraum abläuft, entsteht als Produkt u. a. Kohlenstoffdioxid. Insgesamt wird der Atmosphäre bei der Synthese genauso viel Kohlenstoffdioxid entnommen, wie bei der Verbrennung freigesetzt wird.

### 9.1.2 Vergleich der Energieträger

Tabelle 1. Entscheidungsmatrix

Kriterium	Akkumulatoren	Wasserstoff	E-Fuels
Energiedichte	~ 0,88 MJ/kg	~ 120 MJ/kg	~ 46,4 MJ/kg
Gesamtwirkungsgrad	64 – 70 %	25 – 28 %	15 –20 %
Treibhausgasemissionen bei der Produktion	~ 13,1 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente	~ 13,6 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente	~ 7,8 t CO <sub>2</sub> -Äquivalente
Verfügbarkeit	Massenfertigung	Kleinserienfertigung	Massenfertigung

Betrieb	Ladedauer: 30 min Reichweite: < 400 km	Tankdauer: 3 min Reichweite: 700 km	Tankdauer: 3 min Reichweite: 700 km
Geräuschemissionen	~ 57 dB bei 30 km/h	~ 57 dB bei 30 km/h	~ 61 dB bei 30 km/h

---

### 9.1.3 Kriterium 1: Energiedichte

Die Energiedichte gibt an, wie viel Energie pro Masse eines Stoffes bzw. eines Systems gespeichert werden kann. Die Energiedichte ist der maßgebliche Faktor für die Masse eines Energiespeichers (hier Tank bzw. Akkumulator). Je höher die massenbezogene Energiedichte, desto mehr Energie kann bei gleicher Masse gespeichert werden. Der Einsatz von Energieträger mit einer höheren Energiedichte könnte somit u. a. die Konstruktion von Autos mit geringerer Masse oder größerer Reichweite ermöglichen.

### 9.1.4 Kriterium 2: Gesamtwirkungsgrad

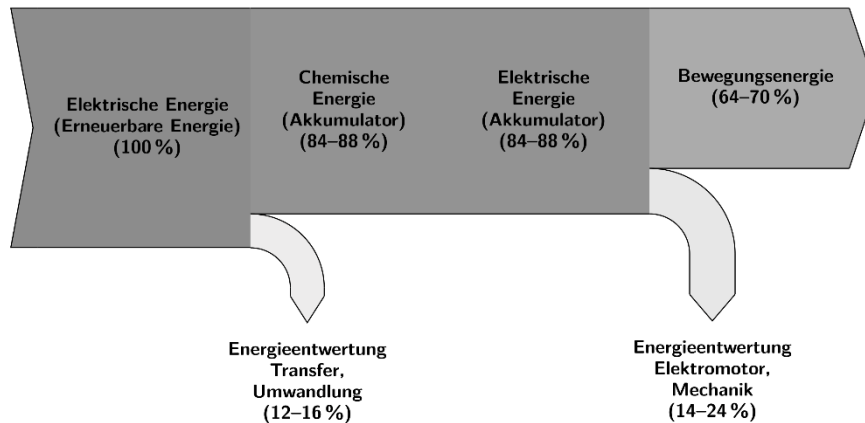
Der Gesamtwirkungsgrad beziffert, wie effizient die elektrische Energie der erneuerbaren Energien zum Autofahren genutzt wird. In die Berechnung des Gesamtwirkungsgrads fließt der gesamte Prozess von der Bereitstellung der Energie (bspw. durch Windenergieanlagen) bis zur Nutzung beim Autofahren ein (genauer: Verhältnis aus „genutzter“ Bewegungsenergie und zugeführter elektrischer Energie). Je höher der Gesamtwirkungsgrad ist, desto weniger Energie wird während des Prozesses an die Umgebung abgegeben. Je niedriger der Gesamtwirkungsgrad ist, desto mehr elektrische Energie muss bereitgestellt werden, um dieselbe Strecke zu fahren.

Bei mit Akkumulator betriebenen Autos wird die elektrische Energie direkt zum Laden des Akkumulators genutzt. Der Akkumulator wird zum Betrieb des Elektromotors genutzt.

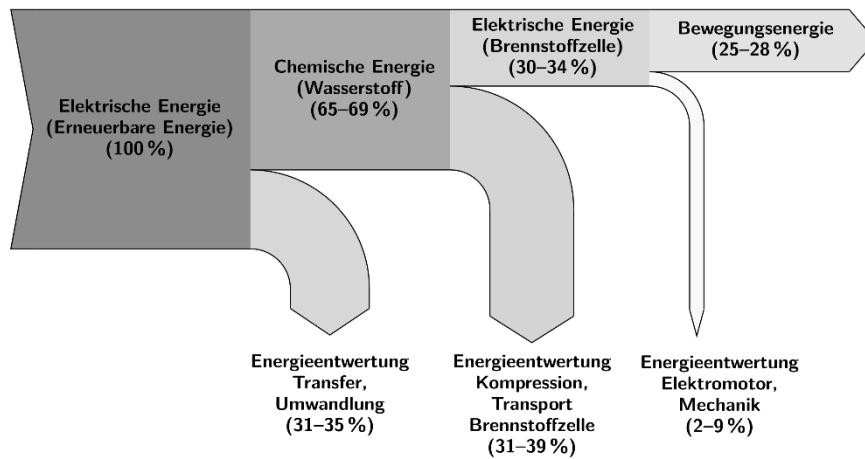
Bei mit Wasserstoff betriebenen Autos wird die elektrische Energie genutzt, um Wasserstoff mittels Wasserelektrolyse zu erzeugen. Der Wasserstoff reagiert mit Sauerstoff in der Brennstoffzelle des Autos. Hierbei wird chemische in elektrische Energie umgewandelt, sodass der Elektromotor betrieben werden kann.

Bei mit E-Fuels betriebenen Autos wird Wasserstoff, der durch Wasserelektrolyse bereitgestellt wird, mit Kohlenstoffdioxid, das aus der Umgebungsluft gefiltert wird, zu E-Fuels umgesetzt. E-Fuels werden zum Betrieb des Verbrennungsmotors genutzt.

## Akkumulator



## Wasserstoff



## E-Fuels

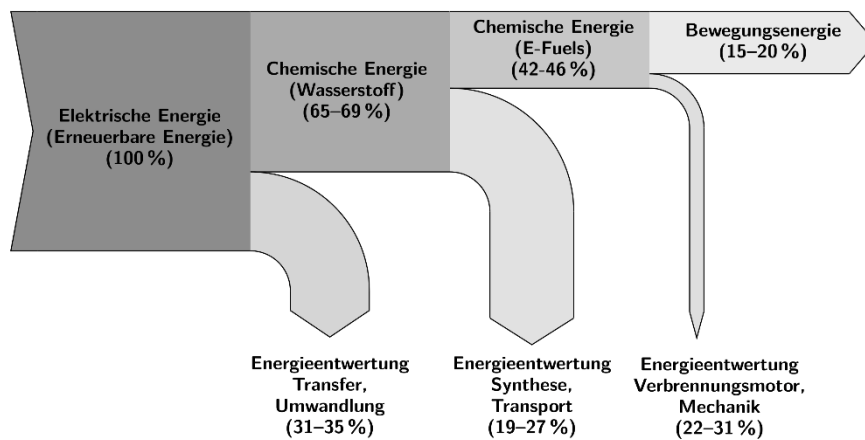


Abbildung 1 Energiekette je Energieträger



#### 9.1.5 Kriterium 3: Treibhausgasemissionen bei der Produktion

CO<sub>2</sub>-Äquivalente ist eine Größe zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase und wird in der Einheit Tonne (t) angegeben.

Die Produktion von Autos ist ein energieintensiver Prozess, bei dem Treibhausgase emittiert werden. In die Kalkulation der Treibhausgasemissionen gehen die Emission bei der Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe sowie deren Weiterverarbeitung im Herstellungsprozess der Autos mit ein.

Bei mit Akkumulator betriebenen Autos entfällt ein Großteil der Treibhausgasemissionen auf die Aufbereitung von Lithium und die Herstellung des Akkumulators. Je größer der Akkumulator ist, desto mehr Treibhausgase werden emittiert. Bei Klein- und Mittelwagen entfallen mehr Treibhausgasemissionen auf die Herstellung eines mit Wasserstoff betriebenen Autos mit Brennstoffzelle als auf eines mit Akkumulator (s. Tabelle). Auf die Herstellung eines Autos der Oberklasse mit Akkumulator entfallen jedoch mehr Treibhausgasemissionen (18,6 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent) als auf ein mit Wasserstoff betriebenes Auto mit Brennstoffzelle (13,5 t CO<sub>2</sub>-Äquivalent).

Bei mit Wasserstoff betriebenen Autos entfällt ein Großteil der Treibhausgasemissionen auf die Aufbereitung von Platin und die Herstellung der Brennstoffzelle. Der zusätzliche Akkumulator fällt hier wesentlich kleiner aus.

Bei mit E-Fuels betriebenen Autos entfällt ein Großteil der Treibhausgasemissionen auf die Aufbereitung von Platin und Palladium und die Herstellung des Verbrennungsmotors sowie des Katalysators.

#### 9.1.6 Kriterium 4: Verfügbarkeit

Mit Akkumulator betriebene Autos werden bereits in Massenproduktion von fast allen Herstellern produziert und verkauft.

Mit Wasserstoff betriebene Autos werden nur von einigen wenigen Herstellern und in nur sehr begrenzter Anzahl weiterentwickelt und produziert. In Deutschland werden insgesamt nur zwei verschiedene Modelle verkauft. Viele Hersteller entwickeln derzeit keine Wasserstoffautos.

Mit E-Fuels können alle konventionellen Autos mit Verbrennungsmotor betrieben werden. Diese Autos werden im großen Maßstab von fast allen namhaften Herstellern weiterentwickelt, produziert und verkauft. Zudem könnten bereits gekaufte Autos weiterverwendet werden.

#### 9.1.7 Kriterium 5: Betrieb

Wichtige Faktoren für den Betrieb eines Autos sind dessen Reichweite und die Tank- bzw. Ladedauer. Im Mittel unternehmen Personen in Deutschland drei Fahrten pro Tag mit dem Auto, wobei sie zwischen 30 und 40 Kilometer zurücklegen. Nur ca. 1 % aller Autofahrten ist länger als 100 Kilometer. Im Mittel sind Autos mehr als 23 Stunden am Tag geparkt, davon über 20 Stunden am Wohnort.

### 9.1.8 Kriterium 6: Geräuschemissionen

Autos, die mit Akkumulator und mit Wasserstoff betrieben werden, weisen die gleichen Geräuschemissionen auf. Bei niedrigen Geschwindigkeiten unter 30 km/h liegen diese unter 57 dB. Bei höheren Geschwindigkeiten überwiegt die Geräuschentwicklung durch Rollreibung und Windwiderstand.

Autos, die mit E-Fuels betrieben werden, weisen bei niedrigen Geschwindigkeiten unter 30 km/h schon Geräuschemissionen von ca. 61 dB auf. Diese sind u. a. auf die Geräuschentwicklung des Verbrennungsmotors zurückzuführen. Insbesondere beim Anfahren, bspw. an Ampeln, treten höhere Geräuschemissionen auf. Bei höheren Geschwindigkeiten hat die Geräuschentwicklung durch Rollreibung und Windwiderstand eine zunehmend größere Bedeutung.

Lärm ist ein Stressfaktor und hat negative Auswirkungen auf die Gesundheit, da es das autonome Nervensystem und das hormonelle System aktiviert. Straßenlärm kann zu Schlafstörungen, Bluthochdruck führen und steigert das Herzinfarkt-Risiko um bis zu 20 -30 %.

### 9.1.9 Kriterium 6: Lokale Emissionen

Lokale Emissionen	Keine	Wasser	Kohlenstoffdioxid, Stickoxide & Rußpartikel
-------------------	-------	--------	---

Mit Akkumulator betriebene Autos gelten als lokal emissionsfrei.

Autos, die mit Wasserstoff betrieben werden, emittieren Wasser. Auch wenn das gasförmige Wasser im Auto nur teilweise kondensiert, hat dieses keine nennenswerten Auswirkungen auf das Klima.

Autos, die mit E-Fuels betrieben werden, emittieren u. a. Kohlenstoffdioxid, Ruß und Stickoxide. Diese Emissionen können bei starker Belastung zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen und die Bildung von Lungenkrebs fördern.

## 10 Anhang b) Aufgabe: Energiewende konkret!

Die Treibhausgasemissionen des Energiesektors sollen drastisch reduziert werden, um die Klimaneutralität zu erreichen. Die Politikerinnen und Politiker eines Bezirks in Norddeutschland fordern daher, den Energiebedarf des Bezirks vollständig durch erneuerbare Energien abzudecken.

Konkret wird beraten, ob hierzu der Bau

4. eines Windenergieparks,
5. eines Solarparks oder
6. einer Wasserkraftanlage

als Energiewandler gefördert werden soll.

**Diskutieren** Sie die genannten Energiewandler vor dem Hintergrund des Klimawandels auf der Basis von mindestens drei Kriterien aus den Materialien auf der nächsten Seite. Stärken sie Ihre Argumente, indem Sie die Relevanz der Kriterien für ihre Behauptungen erklären.

Sie haben 15 Minuten Zeit, um die Materialien zu lesen und Ihre Argumentation zu schreiben. Anschließend erhalten Sie ein Feedback und weitere 10 Minuten zur Überarbeitung.

**Hinweise** für eine sehr gute Argumentation:

In Ihrer Argumentation sollten Sie

- eindeutig Stellung für einen der Energiewandler beziehen,
- für jedes von Ihnen genannten Kriterium alle drei Energiewandler berücksichtigen und
- die Wichtigkeit der Kriterien für Ihre Entscheidung miteinander vergleichen.

## 10.1 Materialien

### 10.1.1 Beschreibung der Energiewandler (Kraftwerke)

Alle drei Energiewandler (in der Alltagssprache Kraftwerke) werden den erneuerbaren Energien zugerechnet, da sie keine fossilen Energieträger bzw. Kernbrennstoffe benötigen. Der geplante Energiewandler soll 12.000 Haushalte mit Strom versorgen können. Der Energiebedarf von 12.000 Haushalten wird auf 15,6 Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a) geschätzt.

Die drei Energiewandler haben die gleiche theoretische Leistung, d. h. wenn sie „rund um die Uhr“ unter voller Auslastung betrieben werden könnten.

- **Windpark:** Der geplante Windpark soll an Land entstehen und umfasst zwei Windenergieanlagen (Windkraftanlagen). Windenergieanlagen wandeln mithilfe eines Generators die Bewegungsenergie des Windes in elektrische Energie um.
- **Solarpark:** Der geplante Solarpark (Fotovoltaik-Freiflächenanlage) soll an Land entstehen und umfasst 25.000 Solarmodule. Solarmodule bestehen aus monokristallinen Siliziumsolarzellen und wandeln Strahlungsenergie der Sonne in elektrische Energie um.
- **Wasserkraftanlage:** Die geplante Wasserkraftanlage soll an einem naheliegenden Fluss entstehen. Der Fluss müsste hierfür durch ein Wehr aufgestaut und reguliert werden. Eine Wasserkraftanlage wandelt mithilfe von Turbinen die Bewegungsenergie des Wassers in elektrische Energie um.

### 10.1.2 Vergleich der Energiewandler:

*Tabelle 2. Entscheidungsmatrix*

Kriterium	Windpark	Solarpark	Wasserkraftanlage
Wirkungsgrad	45 %	21 %	70 - 90 %
Jahresertrag	40 GWh pro Jahr 4.000 Volllaststunden	19 GWh pro Jahr 1.900 Volllaststunden	39 GWh pro Jahr 3.900 Volllaststunden
Lokale Emissionen	Hörschall Schattenwurf	Keine	Hörschall
Lebensdauer	20 Jahre	30 Jahre	80 Jahre
Preis	14 Mio. €	6 Mio. €	59 Mio. €

Treibhausgasemissionen durch Fertigung, Betrieb und Rückbau	8.800 t	35.000 t	12.000 t
	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	CO <sub>2</sub> -Äquivalente	CO <sub>2</sub> -Äquivalente

### 10.1.3 Kriterium 1: Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad gibt an, wie effizient der Energiewandler arbeitet. Er gibt das Verhältnis aus der in das Stromnetz eingespeisten elektrischen Energie und der zugeführten Energie (Bewegungsenergie des Winds, des Wasser bzw. Solarenergie) an und ist somit immer kleiner als 100 %. Je höher der Wirkungsgrad ist, desto weniger Energie wird während des Prozesses an die Umgebung abgegeben. Im Nachfolgenden werden die Energieketten für die drei Energiewandler gezeigt.

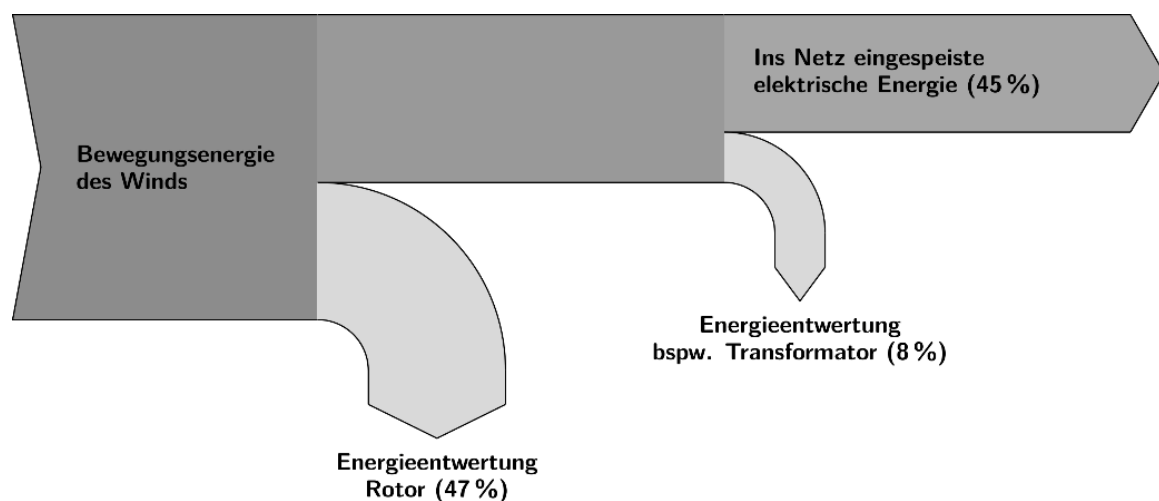


Abbildung 2 Energiekette Windpark

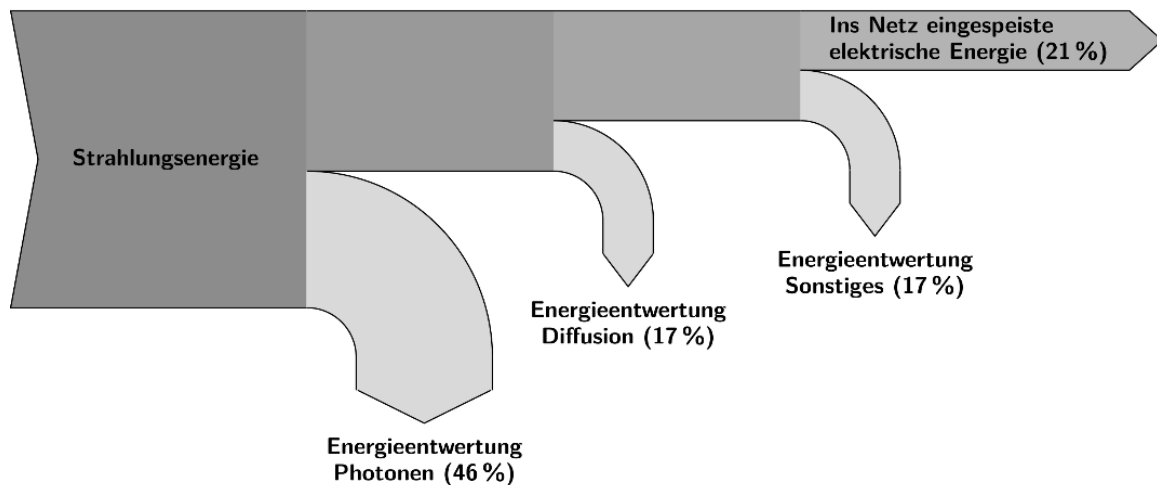


Abbildung 3 Energiekette Solarpark

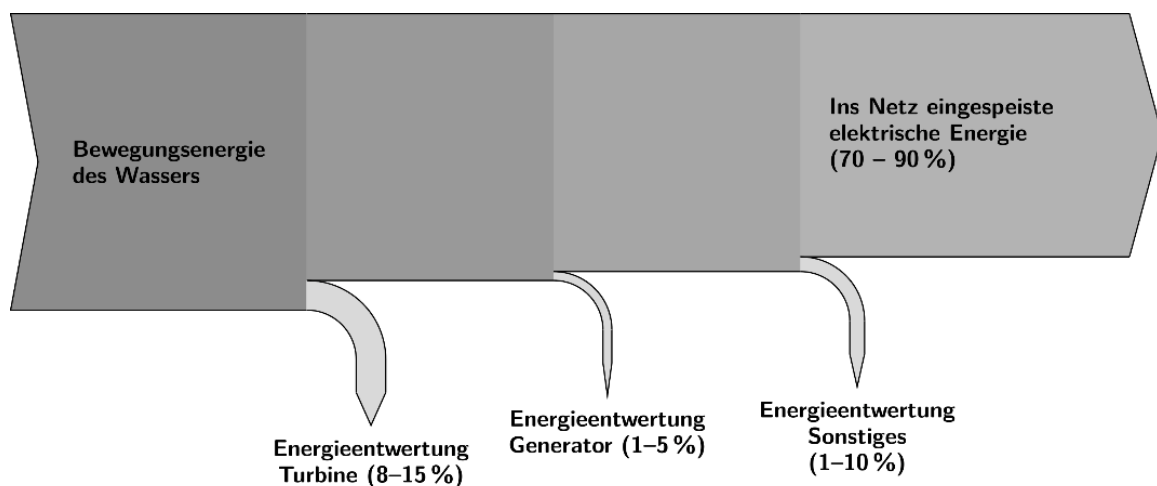


Abbildung 4 Energiekette Wasserkraftanlage

#### 10.1.4 Kriterium 2: Jahresertrag

Der prognostizierte Jahresertrag hängt von der Anzahl der Volllaststunden sowie u. a. Wartungsarbeiten und Betriebsausfällen ab. Je höher die Anzahl der Volllaststunden ist, desto höher fällt der Jahresertrag aus.

Die Volllaststunden bezeichnen die Zeit, für die eine Anlage bei Nennleistung (hier 10 MW) betrieben werden müsste, um den angenommenen Jahresertrag zu erzielen. Je höher die Anzahl der Volllaststunden, desto effektiver kann der Energiewandler betrieben werden. Das Maximum an Volllaststunden beträgt in einem Jahr 8760 Stunden.

Abweichungen von dem Maximum sind auf Einschränkungen bspw. durch Schwankungen der Windgeschwindigkeit, der Sonneneinstrahlung bzw. Fließgeschwindigkeit des Wassers zurückzuführen.

Die Windgeschwindigkeit unterliegt ständigen Schwankungen. Diese ist zum einen saisonal (höhere Windgeschwindigkeiten im Herbst bis Frühjahr), zum anderen tagesvariabel. Die Schwankungen sind nicht periodisch und eine Vorhersage der Windgeschwindigkeit ist ungenau. Windgeschwindigkeitsminima können nicht durch eine Regulierung ausgeglichen werden.

Die Intensität der Sonneneinstrahlung unterliegt ständigen Schwankungen. Der überwiegende Teil der Schwankungen ist periodisch, d. h. saisonal und tageszeitabhängig. Dieser Anteil der Schwankungen lässt sich gut berechnen. Ein kleinerer Teil der Schwankungen ist nicht periodisch (bspw. Verschattung durch Bewölkung) und eine Vorhersage dieses Anteils ist ungenau. Sonneneinstrahlungsminima können nicht durch eine Regulierung ausgeglichen werden.

Der Wasserdurchfluss in einer Wasserkraftanlage unterliegt nur vernachlässigbaren jahreszeitbedingten Schwankungen, die auf höhere Niederschlagsmengen im Herbst bis Frühjahr und Schneeschmelzen zurückzuführen sind. Die Menge des Wasserdurchflusses lässt sich regeln, sodass diese Schwankungen ausgeglichen werden können.

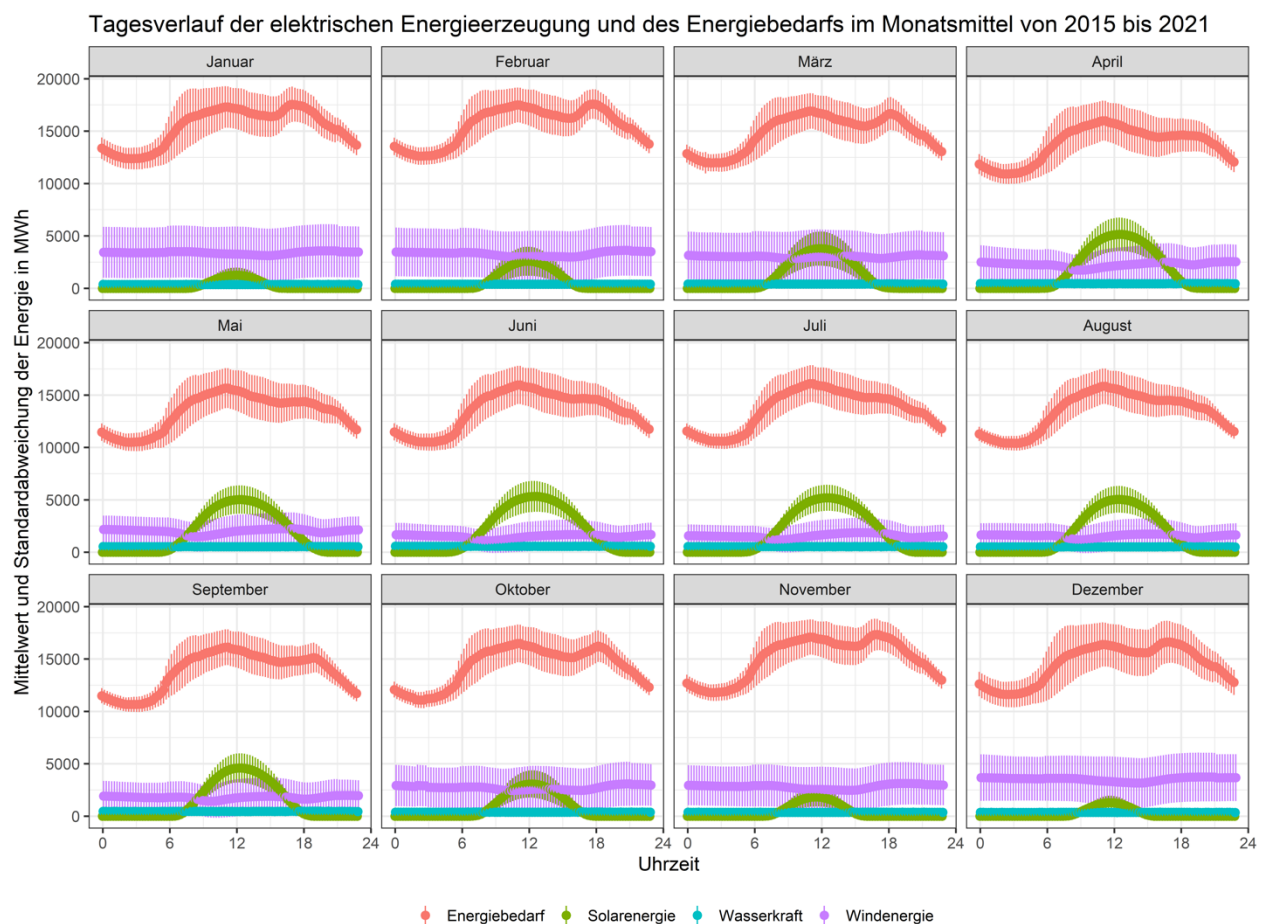


Abbildung 5 Tagesverläufe im Monatsmittel

#### 10.1.5 Kriterium 3: Lokale Emissionen

Lokale Emissionen wie Geräusche oder Schattenwurf können als störend empfunden werden.

Windenergie- und Wasserkraftanlagen emittieren Hör- und Infraschall. Die Störung durch Hörschall wird individuell unterschiedlich wahrgenommen. Messungen ergaben in einer Entfernung von 1 km für Windenergie- bzw. Wasserkraftanlagen des gleichen Typs eine Lautstärke von 30 dB. Studien ergaben, dass die Mehrheit der in der Nähe eines vorhandenen Windparks bzw. einer Wasserkraftanlage befragten Personen die Geräusche als nicht belästigend empfanden.

Windenergieanlagen verursachen zudem eine Verschattung. Durch die Bewegung der Rotorblätter entsteht bei Sonnenlicht ein periodischer Schattenwurf, der bis zu 2.800 m betragen kann. Der Schattenwurf wird insbesondere durch die Anwohner als störend empfunden und kann Kopfschmerzen, Nervosität, Übelkeit und Schlafstörungen hervorrufen.

#### 10.1.6 Kriterium 4: Lebensdauer

Aufgrund von Abnutzungseffekten besitzen die Energiewandler nur eine begrenzte Lebensdauer.

Windenergieanlagen unterliegen einer hohen mechanischen Belastung, die bspw. zum Verschleiß oder schlimmstenfalls zur Zerstörung von Rotorblättern und Getriebe führen kann. Das Fundament der Windenergieanlagen könnte bei Erneuerung der Anlagen jedoch wiederverwendet werden.

Solaranlagen weisen neben dem Verschleiß während ihrer Lebensdauer eine Ertragsminderung von ca. 5 % aufgrund von Modulusausfall auf.

Wasserkraftanlagen können bis zu 80 Jahre lang betrieben werden, bis das Bauwerk erneuert werden muss. Die elektrischen Anlagen wie die Turbinen müssen jedoch bereits nach ca. 40 Jahren erneuert werden.

#### 10.1.7 Kriterium 5: Preis

Die Investitionen setzen sich aus den Aufwendungen ab Werk, den Kosten für Transport und Montage, für das Fundament und für die Netzanbindung sowie den sonstigen Kosten zusammen. Die Kostenstruktur wird dabei entscheidend von der Größe der Anlage sowie den örtlichen Gegebenheiten bestimmt. Aufgrund neuer Herstellungsverfahren unterliegen die Preise für Solaranlagen einem stetigen Preisverfall (zwischen 2012 und 2019 um rund 62 %), sodass die Kosten des Solarparks niedriger als kalkuliert ausfallen könnten.

#### 10.1.8 Kriterium 6: Treibhausgasemissionen

CO<sub>2</sub>-Äquivalente ist eine Größe zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der unterschiedlichen Treibhausgase und wird in der Einheit Tonne (t) angegeben. Die Treibhausgasemissionen berechnen sich aus der Fertigung, dem Betrieb sowie dem Rückbau. Hinsichtlich der Treibhausgasemissionen während des Betriebs wird von der erwarteten Lebensdauer ausgegangen. Treibhausgasemissionen während des Betriebs können bspw. durch Wartungsarbeiten hervorgerufen werden.



Bei dem Windenergiepark sind ca. 64 % der Treibhausgasemissionen auf die Fertigung zurückzuführen (davon entfallen 42 % auf den Turm und 27 % auf den Generator und Rotor).

Bei dem Solarpark sind ca. 95 % der Treibhausgasemissionen auf die Fertigung zurückzuführen (davon entfallen 83 % auf die Modulherstellung).

Bei der Wasserkraftanlage sind ca. 64 – 76 % der Treibhausgasemissionen auf den Bau zurückzuführen. Zudem gilt, dass für den Betrieb von Wasserkraftanlagen Wasser aufgestaut werden muss. Organisches Material zersetzt sich dabei auf dem Grund des Flusses unter Sauerstoffmangel, wodurch Methan (ein starkes Treibhausgas) entsteht, welches beim Durchfließen der Wasserkraftanlage freigesetzt wird.