



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„BLUKONE EcoQuest 2: Mobilität

Erstellung, Evaluation und Überarbeitung des Lernpfades“

verfasst von / submitted by

Elisabeth Glantschnig

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat)

Wien, 2020 / Vienna, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 406 412

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Mathematik UF Physik

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Prof.ⁱⁿ Mag.^a Dr.ⁱⁿ Ilse Bartosch

Eidesstaatliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Wien, am 03.07.2020

Unterschrift

(Elisabeth Glantschnig)

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Vorname:	Elisabeth
Zunahme:	Glantschnig
Geburtsdatum:	10.12.1990 in Wolfsberg
Adresse:	Sebastian-Kohl-Gasse 2/206, 1210 Wien
Tel.	0660 3173992
Email	a00905011@unet.univie.ac.at

Studienverlauf:

September 2010- 2020	Lehramtsstudium für Mathematik und Physik
September 2009- August 2010	Lehramtsstudium für Mathematik und Französisch

Schulausbildung:

September 2005- Juni 2009	BORG Wr. Neustadt (Naturwissenschaftlicher Zweig)
September 2001- Juni 2005	Hauptschule Aspang
September 1997-Juni 2001	Volksschule Wolfsberg

Beruf:

November 2014-August 2019	Physik und Mathematiklehrerin am BRG 19
Oktober 2014- August 2015	Studentische Hilfskraft im Projekt „SOLARbrunn“
Juli 2012- November 2014	Sonntagskraft bei der Bäckerei „Der Mann, der verwöhnt“

DANKSAGUNGEN

Ich möchte mich bei allen herzlichst bedanken, die mich während meines Studiums und vor allem in der Abschlussphase unterstützt und begleitet haben. Ein großes Dankeschön geht hier an Rene Pelikan, meiner Direktorin und meiner Betreuerin Ilse Bartosch.

ABSTRACT

Ziel dieser Arbeit war es - im Rahmen des Projektes BLUKONE- einen Lernpfad zum Thema Nachhaltige Mobilität zu entwickeln. BLUKONE ist eine game-based Lernumgebung, zum Thema Nachhaltiges Energiemanagement. Es setzt sich aus fünf EcoQuest zusammen, in denen die Schülerinnen und Schüler Expertise und Kompetenzen dazu entwickeln. Die Lernumgebung basiert auf den Konzepten von nachhaltiger Entwicklung und Bildung und dem BLUKONE-Kompetenzmodell. In EcoQuest 2: Mobilität sollen die Schülerinnen Expertise im Bereich Nachhaltiges Energiemanagement mit Schwerpunkt Mobilität erwerben. Dazu analysierten sie ihr Mobilitätsverhalten anhand des Schulweges, erarbeiteten einen Lernpfad und entwickeln ein nachhaltiges Mobilitätskonzept für einen Schulbetrieb. Parallel dazu entwickeln die anderen Gruppen (Photovoltaik, Lichttechnik und Passivbau) auch ein Angebot für die Schule. In Form eines Planspiels werden die einzelnen Angebote präsentiert und in einem Rollenspiel diskutiert. Ziel des Rollenspiels ist es, das unter den drei Aspekten der Nachhaltigkeit optimale Angebot zu wählen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Präsentationen der Mobilitätskonzepte und Diskussionen im Hinblick auf die erworbenen Kompetenzen analysiert. Dazu wurde die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring in Kombination (2000) mit der Key Incident Methode (Kroon & Sturm, 2002) verwendet. Mithilfe dieser Ergebnisse wurde der Lernpfad weiterentwickelt.

ABSTRACT

The aim of this work was to develop a learning path on the topic of sustainable mobility as part of the BLUKONE project. BLUKONE is a game-based learning environment about sustainable energy management. It consists of five EcoQuest, in which the students develop expertise and competences. The learning environment is based on the concepts of sustainable development and education and the BLUKONE competence model. In EcoQuest 2: Mobility, the students should acquire expertise in the field of sustainable energy management with a focus on mobility. To do this, they analyzed their mobility behavior based on the way to school, developed a learning path and developed a sustainable mobility concept for a school. At the same time, the other groups (photovoltaics, lighting technology and passive construction) are also developing an offer for the school. The individual offers are presented in the form of a business game and discussed in an RPG. The aim of the role play is to choose the optimal offer from the three aspects of sustainability. As part of this work, the presentations of the mobility concepts and discussions regarding the competencies acquired were analyzed. The qualitative content analysis according to Mayring was used in combination (2000) with the key incident method (Kroon & Sturm, 2002). The learning path was further developed with the help of these results.

Inhalt

1. Einleitung	9
2. Nachhaltigkeit und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)	11
2.1. Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung	11
2.2. Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)	12
3. BLUKONE	16
3.1. BLUKONE Kompetenzmodell	18
3.2. Verortung des Lernpfads zur Mobilität in der BLUKONE EcoQuest 2	21
4. Lernumgebung EcoQuest 2: Mobilität	23
4.1. Didaktische Rekonstruktion	23
4.2. Lernendenvorstellungen allgemein	25
4.3. Lehrplan	29
4.4. Fachliche Grundlagen	31
4.5. Lernendenvorstellungen konkret	41
4.6. Ziele des Lernpfades	43
4.7. Key Ideas	44
4.8. Umsetzung im Lehrpfad	46
4.9. Arbeitsaufgaben und Verortung im Kompetenzmodell	48
4.9.3. Soziale Aspekte der Mobilität	52
4.9.3.1. Einordnung Kompetenzmodell	52
4.9.3.2. Aufgaben Themenblock Soziale Aspekte der Mobilität	53
4.9.4. Ökologische Aspekte der Mobilität	54
4.9.4.1. Einordnung im Kompetenzmodell	54
4.9.4.2. Themenblock Ökologische Aspekte Mobilität	54
4.9.5. Ökonomische Aspekte der Mobilität	55
4.9.5.1. Einbettung im Kompetenzmodell	55
4.9.5.2. Themenblock Ökonomische Aspekte der Mobilität	56
6. Forschungsdesign	57

6.1. Forschungsfragen	58
6.2. Datenerhebung	58
6.3. Datenanalyse	59
6.3.2. Kodierbeispiel	61
7. Evaluation und Weiterentwicklung des Lernpfades	66
7.1. Ergebnisse	66
6.1.1. Lernendenvorstellungen	66
6.1.2. Verständnis Nachhaltigkeit	67
6.1.3. Verständnis Energiebegriff	67
6.1.4. soziale Aspekte	69
6.1.5. ökologische Aspekte	69
6.1.7. Mobilität ist nicht relevant für ein Energiemanagement	71
6.1.8. Image/ Prestige	74
6.1. Interpretation	77
6.2. Weiterentwicklung des Lernpfades	83
7. Fazit	86
Literaturverzeichnis	89
Abbildungsverzeichnis	93
ANHANG	94
ECOQUEST 2 Mobilität	94
Einführungsbeispiel 1	101
Einführungsbeispiel 2	102
Aufgabe Argumentationskommode	106
Lernpfad Mobilität (alt)	110
Transkripte Präsentationen Mobilität	126
Transkripte Rollenspiele	132
Kodierleitfaden detailliert	144

1. Einleitung

Diese Diplomarbeit wurde im Rahmen Projekts „BLUKONE – Blended Learning Unterrichtskonzept zur Kompetenzentwicklung Nachhaltiges Energiemanagement¹

Ziel dieses Projektes war es ein Freifach für Schülerinnen und Schüler der 10.-12. Schulstufe einer HTL (eine fünfjährige Berufsbildende Schule, die man mit einer Reife- und Diplomprüfung abschließt) zu konzipieren, wo sie Kompetenzen erlernen, um das Energiemanagement eines Betriebes nachhaltig zu gestalten bzw. zu verändern. Konkret heißt das, alternative Konzepte zur Energiebereitstellung sowie ihrer Verteilung und Nutzung im Betrieb zu entwickeln und umzusetzen. BLUKONE ist ein an BNE orientiertes Unterrichtskonzept und arbeitet hier als Game Based Lehrgang.

Der Fokus dieser Arbeit ist die Entwicklung eines virtuellen Lernpfades für nachhaltige Mobilität sowie seine Weiterentwicklung. Der Aufbau des Lernpfades basiert auf der didaktischen Rekonstruktion von Kattmann (Kattmann et al., 1997) und dem BSCS Instructional Model von Bybee (Bybee, 2009). Der Lernpfad ist in die Themengebiete Mobilität und Klima, Elektromobilität & andere Antriebstechnologien, alternative Mobilitätskonzepte sowie Auto- ein veraltetes Statussymbol unterteilt. Auf Basis des so erworbenen Wissens sollen die Lernenden ein nachhaltiges Mobilitätskonzept für einen Betrieb oder eine Schule erstellen. Den Abschluss bildet die Diskussion des Konzepts in einem Planspiel, in dem unterschiedlichen Optionen (Photovoltaik, Lichtmanagement, Passivhaustechnologie, Mobilität) für ein nachhaltiges betriebliches Energiemanagement bewertet und beurteilt werden, um daran anschließend eine Entscheidung für die Umsetzung eines der Konzepte zu treffen.

Ausgehend von dieser Lernumgebung werden folgende Forschungsfragen bearbeitet: Welche Lernschwierigkeiten haben SchülerInnen bei der Auseinandersetzung mit der Lernumgebung? Wie setzen sie ihr erworbenes Wissen im abschließenden Planspiel um?

Dazu wurde die Erstversion des Lernpfades an mehreren HTLs getestet. Dabei wurde das Planspiel sowie die Präsentationen der Mobilitätskonzepte videographiert und teiltranskribiert. Zur Analyse der Daten wurde die Inhaltsanalyse nach Mayring in Kombination mit der Key Incident Analyse (Kroon & Sturm, 2002) eingesetzt.

Im Laufe der Analyse wurden Vorstellungen zu den Themen Mobilität und Energie der Schülerinnen und Schüler sichtbar. Diese Erkenntnisse decken sich teilweise mit den Ergebnissen der Forschungsarbeit von Zeyer & Roth (2009) überein, die SchülerInnenvorstellungen zu Umwelt und Umweltschutz in der Schweiz untersucht haben. Weiters wurde durch die Analyse der Präsentationen sowie der Diskussion des Mobilitätskonzepts samt der finalen Entscheidungsfindung im Planspiel,

¹ BLUKONE ist ein Projekt, das aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ gefördert wurde.

Rückschlüsse über die erworbenen Kompetenzen und dem entwickelten Nachhaltigkeitsbegriff geschlossen. Mithilfe dieser Ergebnisse wurde der Lernpfad überarbeitet. In der Arbeit wird der thematische Aufbau mit didaktischer Analyse präsentiert.

2. Nachhaltigkeit und Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)

2.1. Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung

Der Begriff Nachhaltige Entwicklung wurde bereits 1987 von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung im sogenannten Brundtlandreport „Our Common Future“ definiert als „eine Entwicklung die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“. (Brundtland, 1987)

In der Rio de Janeiro-Konferenz (1992) wurde in der Agenda 21 aufgezeigt, dass, dass viele soziale, ökonomisch und ökologische Bereiche miteinander vernetzt sind (z.B.: Armut, ungleiche Verteilung von c Gesundheit, Klimawandel, Biodiversität, Wasser- und Nahrungsversorgung) (BMU, 1992, S.4).

182 Staaten verpflichteten sich mit der Unterzeichnung dieses Dokuments dazu, eine nachhaltige internationale Entwicklung anzustreben. Das erklärte Ziel war es, die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen nicht mehr die Change dazu haben ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen (BMU, 1992, Paragraph 36)

Laut Steiner (2011) wird mit dem Konzept der Nachhaltigen Entwicklung versucht „mehrere Probleme gleichzeitig einer Lösung näher zu bringen und Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt als gleichberechtigte Bereiche mit ihren Wechselwirkungen zu optimieren“ (Steiner, 2011, S.23).

Nachhaltige Entwicklung erfordert daher eine mehrdimensionale Sichtweise, das Erkennen der Vernetzung von Problemen. Es verlangt zudem die Vorhersage möglicher Auswirkungen von Maßnahmen und das Einbeziehen von Wechselwirkungen in der Analyse und Entscheidungsfindung. Ohne einer Neuorientierung der Prioritäten, Werte und Denken, sowie regelmäßiger Reflexion und Selbstkritik wird das gemeinsame Suchen von nachhaltigen Lösungen nicht möglich sein.

Grundprinzipien einer nachhaltigen Entwicklung sind die ökologische, ökonomische und die soziale Dimension von Problemen, welche nicht gegeneinander ausgespielt werden dürfen, sondern ganzheitlich und integrativ betrachtet werden. Mit ökologischer Dimension ist die Sicherung der ökologischen Lebensgrundlagen gemeint, mit der ökonomischen die Sicherung der materiellen Lebensgrundlagen und mit der sozialen Dimension die Sicherung der immateriellen Lebensgrundlagen.

Dabei tritt laut Steiner (2011) oft das Problem auf, dass die Forderung zur Beachtung aller drei Aspekte missverständlich dahingehend interpretiert, dass die Partikularinteressen von Vertretern der Wirtschaft, sozialer Gruppen und ökologischen Bewegungen berücksichtigt werden müssen. (Steiner, 2011, S.31)

Hier ist ein kurzer Abriss über die Aspekte, die gleichzeitig gefordert werden:

Aspekte der Gesellschaft: Ein Verständnis der sozialen Institutionen und ihrer Rolle in Richtung Veränderung und Entwicklung, sowie der demokratischen und partizipativen Systeme, die freie Meinungsäußerung ermöglichen, die Wahl von Regierungen, das Erzielen von Konsens und die Befriedigung von unterschiedlichen Ansprüchen

Aspekte der Umwelt: Ein Bewusstsein bezüglich der begrenzten Ressourcen und der Zerbrechlichkeit der physischen Umwelt und der Auswirkung von menschlichen Aktivitäten und Entscheidungen auf diese, (mit der Entschlossenheit, die Umweltbelange in soziale und ökonomische politische Entwicklungen einfließen zu lassen), und

Aspekte der Ökonomie: Sensibilität gegenüber den Grenzen und den Chancen von ökonomischem Wachstum und seines Einflusses auf die Gesellschaft und die Umwelt, (und das Bemühen bei persönlichem Konsumverhalten und dem der Gesellschaft die ökologischen und gesellschaftlichen Auswirkungen zu berücksichtigen) (Steiner, 2011).

Alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit sind für die Bedürfnisbefriedigung relevant, sind auch voneinander abhängig und beeinflussen sich gegenseitig. Maßnahmen in einem Bereich können zu unerwünschten Auswirkungen in einem anderen Bereich führen, wenn Abhängigkeiten, Neben- und Wechselwirkungen unberücksichtigt bleiben. Auch bei Berücksichtigung dieser Wechselwirkungen sind keine neben- und wechselwirkungsfreien Maßnahmen möglich, da sich die Kriterien der drei Bereiche widersprechen.

2.2. Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)

In vielen Konferenzen (z.B.: World Education Forum in Dakar (2000)) waren sich die einzelnen Parteien einig, dass Bildung eine wesentliche Grundlage für Nachhaltige Entwicklung sei. In der Vorbereitung auf den Weltgipfel 2002 in Johannesburg stellte man fest, dass trotz vieler Anstrengungen im Bereich für Bildung für Nachhaltiger Enzwicklung nicht viel erreicht worden ist. Aufgrund dieser Erkenntnis wurde in Johannesburg die Dekade der Bildung für Nachhaltige Entwicklung eingefordert und Ende 2002 in der Vollversammlung der Vereinigten Nationen ausgerufen. „The goal of the United Nations Decade of Education for Sustainable Development (...), is to integrate the principles, values and practices of sustainable development into all aspects of education and learning. This educational effort will encourage changes in behaviour that will create a more sustainable future in terms of environmental integrity, economic viability, and a just society for present and future generations”.((UNESCO,2007b) zitiert aus (Steiner, 2011, S.42)

Mit dieser Zielsetzung erhofft sich die UNESCO durch BNE eine Verhaltensänderung der Menschen, welche eine Nachhaltige Zukunft initialisiert.

Bildung für nachhaltige Entwicklung hat die Aufgabe Menschen jeden Alters, Geschlechtes und Kulturkreis Fähigkeiten bzw. Konzepte näher zu bringen, welche ihnen helfen auf die sich rasch ändernde Lebenswelt zu reagieren.

Bildung für nachhaltige Entwicklung kann nicht als Ansammlung verschiedener Wissensbereiche oder eine Liste ausbehandelten Themen im Unterricht aufgefasst werden, sondern wird von Rost (2005) als Bildungskonzept verstanden, welches „[...] Menschen befähigen soll,[...] sich an einer gesellschaftlichen Entwicklung zu beteiligen, die die Lebensqualität der jetzt lebenden Menschen einander angleicht und die Entfaltungsmöglichkeiten zukünftiger Generationen nicht einschränkt“. Der Autor versteht Bildung für nachhaltige Entwicklung als Auftrag der Politik an das Bildungssystem, welches den Grundgedanken der Agenda 21 umsetzt. Außerdem geht Rost von einem funktionalistischen Bildungsbegriff aus.

Das bedeutet, dass die Lernenden „[...] globale Zusammenhänge erkennen und verstehen müssen [...] Wertmaßstäbe entwickeln und anwenden [...] in die Entwicklung komplexer Systeme einzugreifen, um sie im Sinne der Nachhaltigkeit zu steuern“ (Rost, 2005, S.16).

Daraus folgt schlussendlich, dass die erforderten Kompetenzen an einer Bildung für nachhaltige Entwicklung sich in die drei Bereiche Wissen, Bewerten und Handeln einordnen lassen. Rost definiert den Begriff Kompetenz als Eigenschaft „[...], die Personen befähigt, bestimmte Arten von Problemen erfolgreich zu lösen“ (Rost, 2005,S.4). Diese Kompetenz setzt sich nicht aus dem Wissen zu einem bestimmten Thema zusammen, sondern wird als Fundament von Kompetenzentwicklung gesehen. Eine Kompetenz umfasst verschiedene Aspekte. Hier orientiert sich Rost an (Weinert F. , 2001):

- der Fähigkeit
- dem Wissen
- dem Verstehen
- dem Können
- dem Handeln
- der Erfahrung
- der Motivation

Wissen, welches globale Entwicklungsprozesse darstellt, weist daher einen hohen Komplexitätsgrad auf (Rost, 2005, S.16ff). Ein Rahmenmodell für Kompetenzen einer nachhaltigen Bildung umfasst die Kompetenzen Systemkompetenz, Gestaltungskompetenz und die Bewertungskompetenz, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. In der folgenden Abbildung (Abb. 1) wird ein Überblick über im Folgenden besprochenen Kompetenzen angeboten.

Wissen	Werte	Handeln
Systemkompetenz	Bewertungskompetenz	Gestaltungskompetenz
Interdisziplinäres Wissen Fähigkeit zur Wissensaneignung	Interkulturelle Akzeptanz und Toleranz	Kooperative und partizipative Fähigkeiten

Abb. 1 Kompetenzen und unterstützende Fähigkeiten (Rost, 2005)

Insbesondere die Kompetenz, Werte aus unterschiedlichen Bereichen bei einer Entscheidungsfindung einfließen zu lassen, hat im Entwurf einer Bildung für Nachhaltigkeit einen hohen Stellenwert

Systemkompetenz. Das Zurechtkommen mit globalen Systemzusammenhängen und dessen Verstehen ist die Definition von Systemkompetenz. Sie steht nach Rost (2005) im Zentrum der Wissenskomponente einer Bildung für Nachhaltigkeit und baut ihr Fundament auf dem Wissen mehrerer Fachdisziplinen auf. Hinzu kommt die Kompetenz zur Aneignung naturwissenschaftlichen Wissens. Aufgrund des ständigen Wachstums an Wissen in den einzelnen Disziplinen ist es unmöglich dieses in der Schule annähernd zu vermitteln bzw. einen Wissenskatalog zu erstellen.

Gestaltungskompetenz. Hier steht das Planen und Gestalten zukünftiger Entwicklungsprozesse im Vordergrund (Rost, 2005, S.6ff). Die Voraussetzung für das Handeln (somit das Planen und Gestalten von Prozessen) ist das Voraussehen von Entwicklungen in der Zukunft und das Setzen von Zielen. Rost sieht dabei die Gestaltungskompetenz als zentrale Kompetenz im Handlungsbereich und auch als eine sehr anspruchsvolle. Er stellt auch die Frage „welche Anforderungen ergeben sich aus der Fähigkeit, die Zukunft von Gesellschaften aktiv mit zu gestalten?“ (Rost, 2005). Die Lernenden sollen hierfür zu unterschiedlichen Problemstellungen zukunftsfähige Maßnahmen erarbeiten

Bewertungskompetenz. Rost definiert Bewertungskompetenz als Fähigkeit, welche „bei Entscheidungen unterschiedliche Werte zu erkennen, gegeneinander abzuwägen und in den Entscheidungsprozess einfließen zu lassen“ (Rost, 2005). Unter den im Zitat erwähnten Werte versteht man Werte aus den Bereichen Soziales, Ökonomie und Ökologie sowie interkulturelle Kenntnis, Akzeptanz und Toleranz (Rost, 2005). Der Fokus liegt dabei auf dem Erkennen der persönlichen Werte, auf der Überprüfung auf ihre Konsistenz (Rost, 2005) sowie dem Abwägen von Alternativen (Sakschewski & Bögeholz, 2014). Das Ziel dieses Prozesses ist die Übereinstimmung des Verhaltens einer Person mit ihren persönlichen Werten. Damit basiert die Bewertungskompetenz „[...] auf der Einsicht, dass menschliches Handeln von Wertvorstellungen getragen ist, und Werturteile durch Aneignung von Sachwissen ausdifferenziert, aber nicht in ihrer Bedeutung geschmälert [...] werden“ (Rost, 2005). Die Schwierigkeit dieses Prozesses liegt in der Entscheidungsfindung bei einer komplexen Sachlagen, wenn die Werte im Konflikt zueinanderstehen. Dieser Prozess beinhaltet auch, den Entschluss, sich zu den persönlichen Werten zu bekennen und seine Entscheidungen mit diesen zu begründen (Rost, 2005). Die Aufgabe der Lehrperson

liegt darin, Lernumgebungen zu schaffen, wo die Lernenden „Entscheidungs- und Handlungsalternativen“ (Rost, 2005) gegenüberstellen, sich ein Bewusstsein für die „involvierten Wertvorstellungen“ (Rost, 2005) schaffen und „[...]hypothetische oder tatsächliche Entscheidungen aufgrund einer persönlichen Gewichtung vornehmen“ (Rost, 2005).

3. BLUKONE

BLUKONE² ist ein Freifach für SchülerInnen der HTL (ab dem 3. Jahrgang). Nach einem Workload von 50 Stunden sollen die SchülerInnen Basisqualifikationen für nachhaltiges Energiemanagement erworben haben (Bartosch et al, 2014).

BLUKONE ist ein an BNE orientiertes Unterrichtskonzept, welches auf den Ideen zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung von Rauch & Steiner (2013) basiert. Dabei sei das Entwickeln einer „reflektierten Gestaltungskompetenz“ das Ziel einer Bildung für Nachhaltige Entwicklung (Rauch & Steiner, 2013, S.10). Unter Lernen in Bezug auf nachhaltige Entwicklung verstehen die beiden „in konkreten Handlungsfeldern Fragen zu bearbeiten, wie sich die Zukunft nachhaltig gestalten lässt. Solches Lernen schließt genaues Beobachten, Analyse, Bewertung und Gestaltung einer konkreten Situation im Sinne von kreativen und kooperativen Prozessen ein.“³ Durch einem reflexiven Lernprozess wird das Verständnis für nachhaltige Entwicklung konstruiert. Dies gelingt nur indem man die verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit aufeinander bezieht (Bartosch et al, 2014).

Außerdem basiert das Unterrichtskonzept auf zwei wichtigen Annahmen bei der Gestaltung der Aufgaben. Erstens werden die Probleme in den Aufgaben als grundsätzlich bewältigbar dargestellt. Zweitens ist das Ziel dieser Aufgaben nicht die Veränderung des Lebensstils, sondern es soll dazu motiviert werden „eine nachhaltige Entwicklung mitzugestalten und die eigenen Handlungen diesbezüglich kritisch zu reflektieren“ (Künzli, 2007, S.20ff).

Der Unterschied von Unterricht im Rahmen von BNE zu regulärem Unterricht ist, dass die Aufgaben bzw. Probleme komplex sind und es meistens mehrere gleich gute Lösungen gibt (Bartosch et al, 2014). Die Komplexität der Aufgaben lässt sich auf die Berücksichtigung der Dimensionen Ökologie, Ökonomie und Soziales zurückführen. Für BLUKONE bedeutet das, zwar das technische Know- How sowie das Fachwissen zu Energie wichtig sind, aber man ohne Kompetenzen aus anderen Bereichen zu keiner passenden Lösung im Sinne der Nachhaltigkeit kommen wird. Im Erlass zum Unterrichtsprinzip „Umweltbildung für nachhaltige Entwicklung“ wird die kompetenzorientierte Ausrichtung der Lehrpläne mit Ziel auf eine Vernetzung von Wissen und Können, die über die Reproduktion von gelernten Lehrplaninhalten hinausgeht gefordert (BMB, 2014,S.2). Weiters soll der BNE- Unterricht „Lernanlässe schaffen, die Schülerinnen und Schüler kognitive, emotionale und handlungsorientierte Entwicklungen ermöglichen“ (BMB, 2014, S.3)

² BLUKONE ist ein Projekt, das aus Mitteln des Klima- und Energiefonds im Rahmen des Programms „NEUE ENERGIEN 2020“ gefördert wurde.

³ (Rauch & Steiner, 2013)

BLUKONE verwendet die von Rost (2005, S.5) im Anschluss an DeSeCo⁴ formulierten Dimensionen für die BNE- Kompetenzbündel:

- Systemkompetenz.
- Bewertungskompetenz
- Gestaltungskompetenz

Diese oben genannten Kompetenzbereiche werden in BLUKONE in einem iterativen Lernprozess entwickelt. Der Hauptaspekt in BLUKONE ist dabei das Entwickeln einer ökologischen Bewertungskompetenz in komplexen Entscheidungsprozessen. Ziel ist es dabei zu einem entscheidungsvorbereitenden Urteil zu kommen. Wichtig dafür ist es die eigenen ethischen Werte zu reflektieren und zwischen Fakten und Werten zu unterscheiden.

Weiters basiert BLUKONE auf dem konstruktivistischen Lernverständnis. Darunter versteht man, dass Wissen nicht wie durch den Nürnberger Trichter übertragen werden kann, sondern, dass jede einzelne Person aktiv und selbstgesteuert sich das Wissen und seine „Wissensrealität“ aufbaut. In BLUKONE erarbeiten sich die Lernenden dieses Wissen in den gestellten Einzel- und Gruppenaufgaben. Die Rolle der Lehrperson ist während des gesamten Prozesses eine unterstützende und moderierende. Aufgrund des konstruktivistischen Lehr- und Lernansatzes ist es unausweichlich die fachliche Klärung mit Lernendenperspektiven zu verknüpfen. Die didaktische Struktur von BLUKONE folgt hierbei dem Konzept der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann (1997). Nach diesem Konzept können die „Methoden und Aussagen der Fachwissenschaften nicht unbesehen und unverändert in den schulischen Fachunterricht übernommen werden“ (Kattmann et al, 1997). Einerseits fehlt es den Lernenden an Fachwissen wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse generiert werden bzw. fehlt es ihnen theoretischen Vorannahmen. Andererseits müssen die Sachverhalte im Unterricht weitaus stärker in einem umweltlichen, gesellschaftlichen oder individuellen Kontext gebracht werden, um ihre Bedeutung zu verdeutlichen (Bartosch et al, 2014, S.4.). Erst wenn neben der fachlichen Klärung die Lernendenperspektiven erfasst sind, kann es zu einer didaktischen Strukturierung und der Planung von Unterricht kommen. Im Rahmen von BLUKONE wurden die SchülerInnenvorstellungen zu den einzelnen physikalischen Themen berücksichtigt. Bei der Auseinandersetzung mit Lerngegenständen werden nicht nur sprachliche Vorstellungen wachgerufen, sondern auch intuitive Resonanzen (Bartosch et al, 2014, S.4.). Diese Resonanzen nennt Gebhard (2007) „Alltagsphantasien“. Sie sind für das Lernen an sich bedeutend, da sie eine Beziehung zwischen dem Lerngegenstand und dem Selbst-, Menschen und Weltbild des Lernenden herstellen.

Das wesentliche Ziel von Unterricht im Kontext der nachhaltigen Entwicklung ist die Veränderung des eigenen Handelns. Die oben genannten Alltagsphantasien als das sogenannte „Bauchgefühls“ spielen eine zentrale Rolle beim Entscheidungsfindungsprozess. Sie stellen für BLUKONE eine Herausforderung dar,

⁴ OECD-Projekt “Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations”

weil sie einem rationalen Abwiegen der unterschiedlichen Optionen entgegenwirken. Aufgrund der Komplexität der Aufgaben steigt der Druck auf die Lernenden auf Alltagsheuristiken zurückzugreifen. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, schlagen Corinna Höhle und Jürgen Menthe (2013) vor die Lernenden immer wieder in realitätsnahe Entscheidungssituationen und die dabei angewandte Entscheidungsstrategie zu reflektieren. BLUKONE beruht auf einer Game Based Learning Strategie, weil durch den spielerischen Aspekt die Wahrscheinlichkeit steigt, dass das Wissen zum Handeln führt (Bartosch et al, 2014). Außerdem können die Lernenden mithilfe solcher Lernstrategien in realitätsnahen Situationen Handlungen erproben und reflektieren. Es bietet sich den SchülerInnen die Möglichkeit neben dem Fachwissen auch die ökologischen, ökonomischen und sozial/personalen Kompetenzen für das Qualifikationsprofil zu entwickeln.

3.1. BLUKONE Kompetenzmodell

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde ein eigenes Kompetenzmodell entwickelt. Es basiert sowohl auf dem Europäischen Kompetenzrahmen für die berufliche Entwicklung (EQR), als auch auf dem Kompetenzbegriff von Weinert (2001). Laut Weinert sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert F. , 2001)

Zusätzlich wurden bei der Entwicklung die aktuellen Lehrpläne sowie Ergebnisse einer Stakeholder Befragung eingearbeitet.

Das Kompetenzmodell wurde nach Vorschlag des EQR in eine Inhaltsdimension, Handlungsdimension und personale/soziale Dimension aufgespalten. Diese einzelnen Dimensionen wurden zu einem dreidimensionalen Kompetenzmodell entwickelt, welches das auf BNE basierende didaktische Konzept für Nachhaltiges Energiemanagement umsetzt.

Das Kompetenzmodell. Das Kompetenzmodell basiert auf den Europäischen Kompetenzrahmen für die berufliche Bildung (EQR) und den derzeit gültigen Lehrplänen der BHS. Hinzu kommen Erkenntnisse und Ergebnisse der Stakeholder Befragungen, welche in die Lernumgebung eingearbeitet worden sind. Weiters baut es auf den Kompetenzbegriff von Weinert, der den Kompetenzbegriff so definierte: „Kompetenzen sind die bei Individuen verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert, 2001). Mithilfe der vom EQR vorgeschlagenen Aufteilung wurde ein dreidimensionales Kompetenzmodell (Inhaltsdimension, Handlungsdimension und

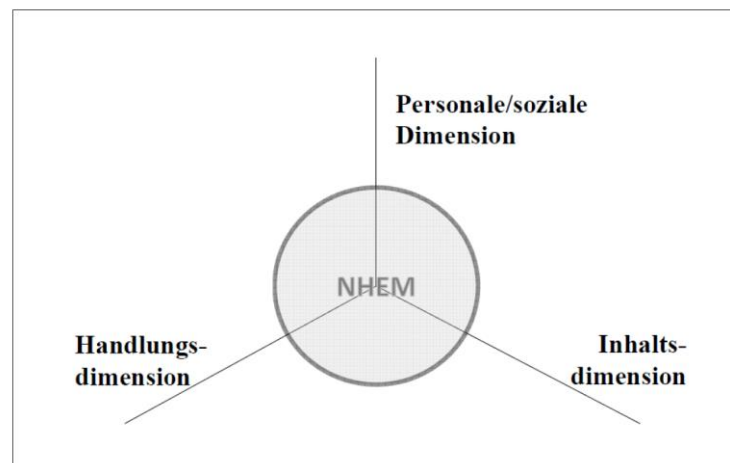
sozial/personaler Dimension) entwickelt, welches das didaktische im Projekt erarbeitete didaktische Konzept darstellt und umsetzt.

In der **Inhaltsdimension** wird Wissen über Energie, erneuerbare Energiequellen, Möglichkeiten und Technologien zur Reduktion des Energiebedarfs, Systeme samt Systemgrenzen vermittelt.

Das konkrete Arbeiten mit Wissen, Systemen bzw. technischen und sozialen Prozessen wird mit der **Handlungsdimension** abgedeckt. Hier können die Lernenden erlernte Tools anwenden oder Abläufe (Input-Output-Analyse, ISO 50001) gestalten und systematisch umsetzen.

Jene Kompetenzen, welche im zwischenmenschlichen Bereich, wie die Fähigkeit in einer Gruppe zu einer reflektierten, sachlich begründeten Entscheidung zu treffen, berücksichtigt man in der **personal/sozialen Dimension**.

In der folgenden Abbildung ist das dreidimensionale Kompetenzmodell der Lernumgebung BLUKONE dargestellt. Es handelt sich hier um eine vereinfachte Darstellung. Jede dieser drei Dimensionen wurde in ein Kompetenzraster (zu den Bereichen Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren, Bewerten und Kreieren) unterteilt. Mithilfe des Kompetenzrasters können die entwickelten Aufgaben innerhalb dessen zugeordnet werden und damit eine umfassende Kompetenzentwicklung garantiert werden.



1: Kompetenzmodell BLUKONE aus (Bartosch et al, 2014)

Diese oben genannten Kompetenzbereiche werden in BLUKONE in einem iterativen Lernprozess entwickelt. Der Hauptaspekt in BLUKONE ist dabei das Erlernen von komplexen Entscheidungsprozessen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung sowie das Gestalten einer zur Reflexion anregenden Lernumgebung. Dabei ist es wichtig Wissen mit Werten in Verbindung zu bringen, da schon auf den ersten Blick einfache Entscheidungssituationen oft moralische und ethische Probleme aufrufen. Aufgrund dessen liegt der Schwerpunkt in BLUKONE im Entwickeln einer ökologischen Bewertungskompetenz (Bögeholz, 2007). Darunter verstehen sie „das Vermögen, ökologisches Sachwissen systematisch auf umweltrelevante

Werthaltungen beziehen zu können“ (Bartosch et al, 2014, S.2.). Ziel ist es dabei zu einem entscheidungsvorbereitenden Urteil zu kommen. Wichtig dafür ist es die eigenen ethischen Werte zu reflektieren und zwischen Fakten und Werten zu unterscheiden.

Die Inhaltsdimension beinhaltet das Wissen um Energie, erneuerbare Energiequellen, Technologien zur Reduktion des Energiebedarfs, sowie Systeme und Systemgrenzen. In der Handlungsdimension geht es um das Arbeiten mit dem erworbenen Wissen und Systemen sowie mit technischen und sozialen Prozessen. Dieses Arbeiten umfasst auch das Wissen und Anwenden von Tools und der Gestaltung von Abläufen, um Nachhaltiges Energiemanagement umsetzen zu können. Jene Kompetenzen, die im Dialog mit anderen benötigt werden bzw. die Fähigkeit zu einer reflektierten, begründeten Entscheidung zu kommen, werden von der personal/sozialen Dimension abgedeckt.

Dabei wurden unter der Berücksichtigung der Lernzieltaxonomien von Krathwohl (Bartosch et al, 2014, S.4.) (d.h. zu den Bereichen Erinnern, Verstehen, Anwenden, Analysieren, Bewerten und Kreieren) pro Dimension ein Kompetenzraster mit passenden Deskriptoren entwickelt. Die in den einzelnen Modulen vorhandenen Aufgaben wurden dabei so entwickelt, dass sie im Kompetenzraster verortet werden können.

3.2. Verortung des Lernpfads zur Mobilität in der BLUKONE EcoQuest 2

Die BLUKONE-Lernumgebung besteht aus fünf EcoQuest durch die, die Lernenden schrittweise Inhalte und Kompetenzen erarbeiten oder weiterentwickeln. In der ersten EcoQuest „Nachhaltig Kaffee kochen“ wiederholen sie hier ihr Fachwissen zu Energie und setzen sich zum ersten Mal mit nachhaltiger Entscheidungsfindung unter den drei Aspekten Ökologie, Ökonomie und Soziales auseinander. In der EcoQuest 2 entscheiden sich die Lernenden für einen der Themenblöcke Mobilität, Lichttechnik, Passivhaus oder Photovoltaik und spezialisieren sich darin. Dabei erwerben sie nicht nur Fachwissen zu diesem Themengebiet, sondern erwerben auch personale Kompetenzen durch das Erstellen eines Mobilitätskonzepts samt Präsentation oder durch das Rollenspiel in einer konkreten Situation am Ende der EcoQuest. Dabei müssen sie immer wieder auf erworbene Basiskompetenzen aus der EcoQuest 1 zurückgreifen.

Nach dem Rollenspiel werden die Arbeitsgruppen neu zusammengesetzt, d.h. jede neue Gruppe hat mindestens einen Experten aus den vier Themenblöcken.

In den folgenden EcoQuests soll nun die erworbene Expertise in konkreten Situationen in Betrieben angewandt werden. In EcoQuest 3 liegt der Schwerpunkt in der Entwicklung einer Energiepolitik für einen Betrieb, welche in Form von konkreten Maßnahmen in EcoQuest 4 umgesetzt werden soll. Einen Überblick über die Themenbereiche und den Kompetenzen findet man in der nächsten Abbildung

BLUKONE umfasst u.a. das „Blended Learning“ (Integriertes Lernen) Konzept. Es besteht aus einer Kombination aus Einheiten mit Anwesenheiten und E-Learning Elementen. Dazu wurde eine Plattform erstellt, auf der sowohl alle Lernunterlagen als auch die Resultate hochgeladen und genutzt werden können. Falls benötigt konnte man auch einen Teil der Arbeitsmaterialien ausdrucken. Zusätzlich zum Blended learning-Konzept hat BLUKONE noch game based learning Elemente. Hier entscheiden sich die Schülerinnen und Schüler wie bei einem Videospiel für einen Spielcharakter mit Fertigungspunkten in unterschiedlichen Kategorien. Mithilfe des Bearbeitens der einzelnen EcoQuest samt SideQuest können sie diese Fertigungspunkte erwerben und bei ausreichender Charakterentwicklung „upleveln“, d.h. die nächste EcoQuest beginnen.

	<i>Inhaltsdimension</i>	<i>Handlungsdimension</i>	<i>personal/soziale Dimension</i>
<i>EcoQuest1</i> Kaffee kochen	- Wissen zu Energie (-effizienz) wiederholen und vertiefen - Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit auf persönlicher Ebene	- Anwendung von Tools wie Input-/Output-Analyse, Kostenrechnung, ... unter Anleitung	- Durchführen einer Gruppendiskussion - Reflektierte Entscheidungsfindung in einer Gruppe
<i>EcoQuest2</i> Expertise gewinnen	- Erarbeiten bzw. Vertiefen von Wissen zu Bau / Licht / Mobilität / Photovoltaik	- Erstellen eines Info-Folders und eines Anbots - Erstellen einer Präsentation zur Schulung von Kolleg_innen	- Treffen einer etwas komplexeren reflektierten Entscheidung in der Gruppe
<i>EcoQuest3</i> Von der Energievision zur Energiepolitik	- Auseinandersetzung mit Form und Inhalt einer Firmen-Energiepolitik	- Angereichertes Erarbeiten der Schritte eines Energiemanagements (ISO 50001) für ein konkretes Unternehmen	- Treffen von reflektierten Entscheidungen in der Gruppe - Konstruktives Feedback zur Energiepolitik geben
<i>EcoQuest4</i> Ziele und Maßnahmen	- Auseinandersetzung mit Form und Inhalt von Zielen und Maßnahmen	- Entwicklung von Zielen und Maßnahmen auf Basis einer betrieblichen Energiepolitik	- Umsetzung des Marketing für eine konkrete Aufgabenstellung
<i>EcoQuest5</i> Vorbereitung des finalen Planspiels	- Verknüpfen von Sachwissen, Tools und Kompetenzen aus vorangegangenen <i>EcoQuests</i> . - Vorbereitung von Rollenkarten und Argumenten für das Planspiel		
FINALES PLANSPIEL (z.B. Energieaudit)	- Nachweis der Fähigkeit zu erfolgreicher Interaktion in einem Planspiel - Nachweis der Fähigkeit, reflektierte Entscheidungen in sehr komplexen Situationen fällen zu können.		

2 *EcoQuest* und Kompetenzentwicklung. Quelle: Bartosch et al., 2014, S. 9, eigene Darstellung

4. Lernumgebung EcoQuest 2: Mobilität

In diesem Kapitel wird der Lernpfad fachdidaktisch analysiert und im Kompetenzmodell verortet.

4.1. Didaktische Rekonstruktion

Die didaktische Rekonstruktion ist zusammengefasst ein Rahmen zur Planung, Durchführung und Auswertung von Lehr-Lern-Forschung bzw. solcher Situationen. Hierbei stellt man im wechselseitigen Bezug auf das Fachwissen und den Alltagsvorstellungen der Schülerinnen und Schüler Bedingungen für einen lernförderlichen Unterricht auf. Sie dient sowohl als fachdidaktischer Forschungsrahmen, als auch zur Anwendung als Unterrichtsplanung bzw. Unterrichtsreflexion.

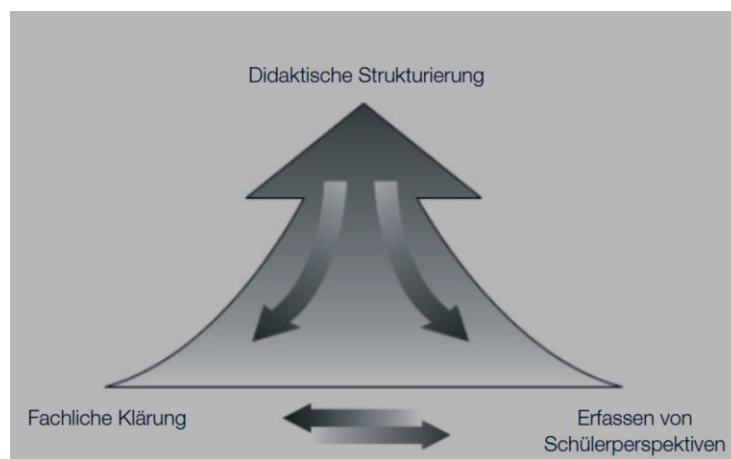
Das Ausgangsproblem bzw. der Auslöser zur Entwicklung der didaktischen Rekonstruktion ist, dass Schülerinnen und Schüler mit Vorstellungen aus dem Alltag in den Unterricht kommen, welche sehr stark von den wissenschaftlichen Vorstellungen abweichen (Kattmann, 2009). Hinzu kommt, dass sich die DidaktikerInnen weitgehend an für gültig befundeten Sachstrukturen festhielten.

Eine beliebte Sachstruktur war das didaktische Dreieck, bei welchen man die Lernenden, die Lehrperson und den Sachgegenstand in Bezug zueinander setzt.

Der Fokus bei diesem Modell liegt dabei immer bei einer Seite des Dreiecks mit den Wechselwirkungen der Komponenten an ihren beiden Eckpunkten (Reusser, 2009). Im Gegensatz dazu, wird bei der didaktischen Rekonstruktion die Schülervorstellungen systematisch zu den fachlich geklärten Vorstellungen in Wechselwirkung gebracht. Es handelt sich hier um ein bereits erprobtes didaktisches Paradigma, welches das didaktische Dreieck miteinbezieht, aber die Situation aus dem Lehren und Lernen heraus betrachtet (Kattmann, 1997, 2009).

Man kann dieses Modell der konstruktivistischen Lerntheorie zuordnen. Verglichen mit bis dato verwendeten Lerntheorien liegt der Fokus hier auf die Anschauungen und den inneren Tätigkeiten des Lernenden im jeweiligen Sachverhalt und nicht im Postulieren einer gültigen Sachstruktur. Lernen an sich wird als Conceptual Restruction aufgefasst, welches auf eine Modifizierung, Bereicherung und Differenzierung der Alltagsvorstellung zielt, in der der Lernende eine aktive Rolle einnimmt (Kattmann, 2009, S.10). Diese Alltagsvorstellungen werden als Lernhilfen genutzt und dienen vor allem als Lernvoraussetzung und Fundament der Unterrichtsplanung. Nach der konstruktivistischen Auffassung werden sie zusammen mit den wissenschaftlichen Vorstellungen als persönliches Konstrukt angesehen, welche für die jeweilige Person stimmig und in Kohärenz existieren können. Im Modell der didaktischen Rekonstruktion werden diese beiden Arten von Vorstellungen beim Konstruieren von Lernumgebungen gleichwertig behandelt.

Dabei kommt es zur didaktischen Strukturierung. Ziel hier ist es, die wissenschaftlichen Vorstellungen lern- und lehrbar zu machen. So werden diese durch die Schülervorstellungen auf eine lernbedeutsame Basis gestellt, ohne dabei an Bedeutung zu verlieren. Durch das systematische In-Beziehung-Setzens von lebensweltlichen Vorstellungen mit den fachlich geklärten Vorstellungen, kann man die Schülervorstellungen für das fachliche Lernen und die Konstruktion von Unterricht nutzen (Katmann,2009). Dies wird in der unten dargestellten Abbildung sichtbar.



3: Das Beziehungsgefüge im Modell der didaktischen Rekonstruktion⁵

Baut eine Lehrperson in der Unterrichtsplanung nicht die Schülervorstellungen ein, so besteht die Möglichkeit, dass trotz sinnvoll formulierter Lernziele, geeigneter Methoden und Medien, der intendierte Lernerfolg ausbleibt. Es kann nur zu einer Vorstellungsänderung des Lernenden kommen, wenn der Lernweg von vorunterrichtlichen Vorstellungen zu wissenschaftlichen Begriffen und Prinzipien effektiv gegangen wird und die Lehrperson die Sachstruktur, Funktion und die Beschränkungen der Schülerperspektiven berücksichtigt (Kattmann,2009, S.8ff)

Das didaktische Rekonstruktionsmodell orientiert sich an der klassischen deutschen Didaktik-Tradition und an der konstruktivistischen- epistemologischen Sichtweise (Duit, 2004). Das Fundament bildet dabei Klafskis Ansatz der Didaktischen Analyse, wobei auch hier von einem Primat der Ziele ausgegangen wird. Der fachliche Inhalt wird durch die didaktische Brille auf seine elementaren Ideen analysiert (Kattmann,2009). Bei der Planung der Lehr-Lernumgebung darf man sich nicht nur auf eine Vereinfachung des Sachverhaltes stützen, sondern es gilt auch immer wieder Bezüge zur Lebenswelt der Lernenden herzustellen. Diese Bezüge zur Lebenswelt sind bei der Abstraktion des Sachverhaltes durch die Wissenschaft beseitigt worden. Weiters sind die didaktischen Absichten und die Schülerperspektiven zum Sachverhalt besonders zu berücksichtigen. Das Einbeziehen der oben genannten Punkte zur Konstruktion

⁵ (Kattmann, Duit, Gropengießer, & Komorek, 1997)

von konkreten Lernumgebungen ist die entscheidende Leistung der Methode der didaktischen Rekonstruktion. (Kattmann et al., 1997)

Die Forschungs - und Entwicklungsaufgaben der didaktischen Rekonstruktion sind:

- Die empirische Forschung der Alltagsvorstellungen von Lernenden zu einem Sachverhalt sowie ihrer Lernwege
- Die Konfrontation von Schülerperspektiven mit den historischen und aktuellen Erkenntnisprozessen der jeweiligen Fachwissenschaft
- Die Erstellung einer Lernstruktur mit den entsprechenden Konsequenzen für den Unterricht, wobei die Beziehung zwischen der erarbeiteten Sachstruktur und den Lernperspektiven führend sind (Kattmann,2009)

Der Unterschied zwischen einem didaktisch rekonstruierten Unterrichtsinhalt und einem entsprechenden wissenschaftlichen Inhalt ist der, dass beim didaktisch rekonstruierten Unterrichtsinhalt versucht wird das Vermitteln von Wissen und die pädagogischen Aspekte dazu ins Gleichgewicht zu bringen. Somit werden die Methoden und Aussagen der Fachwissenschaft nicht als Norm für den schulischen Fachunterricht übernommen. Die pädagogische Zielsetzung ist es, die fachlichen und fachübergreifenden Bezüge sowie die umweltlichen, sozialen und individuellen Zusammenhänge in die Lernumgebung einzubauen und zu berücksichtigen. Dadurch werden die zu lernenden Sachverhalte komplexer und vielfältiger. Diese Komplexität ist aber notwendig, um den Sachverhalt angemessen verstehen zu können und nicht neue irreleitende Vorstellungen zu fördern (Kattmann, 2009).

4.2. Lernendenvorstellungen allgemein

Aufgrund der mitgebrachten Erfahrungen aus dem Alltag verarbeiten die Lernenden die Unterrichtsinhalte oft anders als die Lehrperson es erwartet- d.h. der bekannte „Nürnberger Trichter“ funktioniert bei Wissensübermittlung nicht. Nach lerntheoretischer Forschung ist Lernen ein aktiver Prozess (Schecker & Duit, 2018,S.1-9), d.h. die Lerninhalte müssen von den Lernenden selbstständig verarbeitet werden, um daraus ein eigenes inhaltliches Verständnis zu entwickeln. Man geht hier davon aus, dass Lernen auf der konstruktivistischen Perspektive (eine Erkenntnistheorie) beruht, d.h. jede Person verarbeitet Informationen von außen und konstruiert so ihre eigene Realität bzw. Wissen oder Vorstellungen. Welche Bedeutung hat das für die Lehrperson?

Die Rolle der Lehrperson im Unterricht hat sich vom direkten Wissensvermittler zum Designer von Lernumgebungen, die die Lernenden zu einer adäquaten und intensiven Konstruktion von Wissen und Vorstellungen anleiten (Schecker & Duit, 2018). Die Vorstrukturierung des Lernprozesses und die Rahmengestaltung der Lernumgebung ist als zentraler Arbeitsbereich der Lehrperson zu sehen, während

das Lernen selbst nur von den Schülerinnen und Schülern übernommen werden kann. (Schecker & Duit, 2018) Daher ist es für die Lehrperson äußerst wichtig auf den SchülerInnenvorstellungen beruhend die Lernumgebungen zu gestalten.

Entsprechend dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al,1997) beruht erfolgreiches Lehren und Lernen auf der Wechselwirkung der fachlichen Perspektive und der Perspektive der Lernenden (Wilhelm & Hopf, 2018, S.23-28).

SchülerInnenvorstellungen zum Nachhaltigkeitsbegriff

Da Nachhaltigkeit ein sehr weit gefasstes Themengebiet ist, um einen kompakten Überblick über alle relevanten Lernendenvorstellungen zu geben. Daher werden hier Lernendenvorstellungen thematisiert, die vor allem Aspekte der Nachhaltigkeit in Bezug auf Energie und Mobilität behandeln.

Schuler untersucht die Vorstellungen von Lernenden zu den Auswirkungen nicht nachhaltiger Lebensweisen und des Klimawandels. Interessant ist hier, dass die Befragten vor allem die sozialen Probleme, die durch die fehlende Nachhaltigkeit und dem Klimawandel entstehen, nicht erkennen können (Schuler, 2009). Dieser Aussage widerspricht Bloemen, der in einer Interviewstudie mit Schülerinnen und Schüler untersucht hat, welche Denkkonzepte zu Nachhaltigkeit vorhanden sind. Dabei geht Blumen nicht nur auf die Energieproblematik ein (Bloemen, 2009). Bei einem dieser Interviews verwendet ein Interviewpartner bei seiner Erklärung zum Begriff Nachhaltigkeit neben den globalen auch den Generationsaspekt:

„Nachhaltigkeit bedeutet, das heutige Leben so zu gestalten, dass auch noch kommende Generationen auf der Erde in vernünftigen Verhältnissen leben können.“ (Bloemen, 2009, S.55). Außerdem erklärt dieser Interviewpartner, dass die Problematik nur die eine Trendwende des Konsumverhalten der Menschen gelöst werden kann. Außerdem deckt Bloemen auch Fehlvorstellungen auf. Einerseits wird die Unabhängigkeit der einzelnen Staaten in ihrer Nachhaltigkeitsagenda frei agieren zu können überschätzt, andererseits wird auch die Macht von übergeordneten Strukturen bei der Festlegung von Vorgaben überschätzt (Bloemen, 2009). Dazu kommt, dass die Interviewpartner die wirtschaftlichen Vorteile und die Gefahren von staatlichen Vorgaben für das Wirtschaftssystem bei einer nachhaltigen Entwicklung stark hervorheben (2009, S.45-56). Teilweise erkennen die Befragten, dass nachhaltige Entwicklung auf den drei Aspekten Ökologie, Ökonomie und soziale Verträglichkeit beruhen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass trotz dem steigenden Bewusstsein für nachhaltige Entwicklung bei den Lernenden, die Präkonzepte bleiben bzw. durch die intensive und emotionale Auseinandersetzung mit dem Thema verstärkt werden. In ihrer Studie identifizieren Zeyer & Roth sieben inhaltliche Aspekte zum Thema Nachhaltigkeit, die Jugendliche ansprechen:

„(a) Konsum, Wirtschaftswachstum und Globalisierung als intrinsische Bestandteile eines zeitgemäßen Lebensstils, (b) Umweltschutz als gesellschaftliche Priorität, die in ihrer Wichtigkeit aber durch andere Themen wie Arbeitslosigkeit, Armut, Friede, etc. durchaus relativiert wird, (c) die Hilflosigkeit des Einzelnen in einer Welt voller „anderer“, die sich aus verschiedensten Gründen nicht oder zu wenig um Umweltschutz kümmern, (d) Schutz der Umwelt nicht in erster Linie durch eine Veränderung der

Einstellung, sondern mittels technischer/technologischer und institutioneller Lösungen, (e) eine kritische Beurteilung der Aktivitäten von Umweltaktivisten Seite und Umweltorganisationen (Greenpeace, WWF) als unrealistisch, störend und den gesellschaftlichen Wohlstand gefährdend, (f) die Einschätzung von Frauen und politisch links stehende Menschen als umweltfreundlicher als Männer und politisch rechts stehende Menschen, und (g) die Preisgabe von Visionen einer umweltfreundlichen Welt zu Gunsten von pragmatischen Konzepten von Lebensqualität und Wohlstand“ (2009, S. 962). Hier werden nochmals die wichtigsten Aussagen zusammengefasst:

- Generelle Existenz von Problemen bei der Energieversorgung sind bekannt (DeWaters & Powers, 2008, S. T2F-10; DeWaters & Powers, 2011, S. 1704)
- Umweltschutz kann ohne gesellschaftliche Veränderungen mit technologischen Entwicklungen allein realisiert werden (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- Als Einzelner hat man keinerlei Handlungsoptionen was Nachhaltigkeit betrifft (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- Lebensqualität und Wohlstand sind wichtiger als nachhaltige Entwicklung (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- Nationalstaaten haben effektive Lösungsansätze zur Umsetzung von nachhaltiger Entwicklung und Umweltschutz (Bloemen, 2009, S. 63).
- Soziale Probleme in Bezug auf nachhaltige Entwicklung und Klimawandel werden nicht erkannt (Schuler, 2009, S. 5).
- Die Bereitschaft der SchülerInnen, Lösungsansätze zu nachhaltiger Entwicklung zu verfolgen relativiert sich, wenn zusätzliche Faktoren (z.B. finanzieller Art) ins Spiel kommen (Shin-Cheng, Jing-Yuan, & Hui-Ching, 2017, S. 435; DeWaters & Powers, 2011, S. 1704-1705).
- Das eigene Verhalten hat Auswirkungen auf die Problematiken der Energieversorgung (DeWaters & Powers, 2011, S. 1705; Shin-Cheng, Jing-Yuan, & Hui-Ching, 2017, S. 456).

Lernendenvorstellungen zum Treibhauseffekt

Trotz der unten analysierten großen Diversität der Alltagsvorstellungen zu diesem Thema, liegen sie einem bestimmten Denkschema zugrunde. Aussagen wie „durch ein Loch hindurch“, „unter der Schicht drunter“, „kann nicht wieder raus“ (Niebert, 2009, S.2) zeigen, dass die Erde samt Atmosphäre als Behälter gedacht wird.

. **Erwärmung durch dynamisches Gleichgewicht.** Diese Lernvorstellung wird im Grunde sowohl von Wissenschaftlern und Lernenden benutzt. Der Lernende sieht hier die Ursache für die globale Erwärmung in einer vermehrten Emission von Treibhausgasen- insbesondere dem Treibhausgas CO₂. Aufgrund ihrer

molekularen Struktur sind Treibhausgase in der Lage langwellige Strahlung aufzunehmen, in Bewegungsenergie umzuwandeln und wieder in Form von Strahlung auszusenden (Niebert, 2009). Es wird weiters angenommen, dass die Treibhausgase in der Atmosphäre gleichverteilt sind und sich erst auf ein höheres Niveau einpendelt, wenn die CO₂-Konzentration konstant bleibt.

Erwärmung durch Treibhauseffekt. In dieser Lernvorstellung liegt der Schwerpunkt im Energiefluss des Systems „Erde-Atmosphäre“. Die Erde wird mit einer konstanten Menge an Strahlungsenergie von der Sonne versorgt. Die Ozonschicht ist durchlässig für die Strahlung. Ein Teil der zugeführten Strahlungsenergie wird an die Umgebung abgegeben und es pendelt sich ein Gleichgewicht ein. Dieses Gleichgewicht kann durch eine dickere Treibhausgasschicht (weniger Energie wird an die Umgebung abgegeben) zerstört werden. Bei dieser Lernvorstellung kann man zwei Varianten sehen: Entweder beschreiben die Lernenden die Erwärmung durch die Reflexion der Strahlung an der Erdoberfläche und der Ozonschicht oder die Lernenden erkennen, dass ein Teil der Sonnenstrahlung in Wärmestrahlung umgewandelt wird und diese zwischen Erde und Ozonschicht reflektiert wird (Niebert, 2009, S.2).

Unterscheidung von Ozonloch und Treibhauseffekt. Die Lernenden stellen sich die Treibhausgase und das Ozon als Schicht in der Atmosphäre vor. Zusätzlich wird diese Vorstellung durch die Darstellung der Medien des CO₂-Ausstoßes als Schädigung der Atmosphäre gefördert.

Unterscheidung verschiedener Strahlungsarten. Das Problem hier ist, dass Lernende zwischen Sonnenstrahlung und Wärmestrahlung kaum unterscheiden, was dann zu folgender Aussage führen kann: „Die Sonnenstrahlen kommen durch die Atmosphäre zur Erde, können aber nicht wieder hinaus.“ (Niebert, 2009).

Aufheizung der Atmosphäre durch Treibhausgase. Ziel ist es, die Vorstellungen der Lernenden von einer Erwärmung durch mehr oder weniger Bestrahlung zu einer Vorstellung eines dynamischen Gleichgewichts zu bringen. Das Fundament der globalen Erwärmung beruht auf dem Gleichgewicht zwischen eingestrahelter Energie und der an die Umgebung abgegebenen Strahlungsenergie. Vor allem das Hemmen der Abstrahlung von der Erde ins Weltall durch die Treibhausgase ist grundlegend. Denn je höher die Konzentration der Treibhausgase, desto mehr Wärmestrahlung vom Erdboden wird von ihnen absorbiert. Damit steigt die Temperatur der Atmosphäre und sie strahlt in alle Richtungen ab und erwärmt wieder den Erdboden, der wiederum mehr Wärmestrahlung emittiert. Dies geschieht solange bis sich ein neues Gleichgewicht auf einem höheren Temperaturniveau einpendelt (Niebert, 2009).

Energie ist ein speicherbares Etwas- eine Art Treibstoff. Schülerinnen und Schüler verstehen Energie oft als etwas Stoffliches bzw. als ein unsichtbarer Treibstoff (Schecker & Duit, 2018, S.164). Sie vertauschen sogar oft Energie mit dem Begriff Energieträger. In Untersuchungen von (Prehl, 2018) und (Matzig & Reddeck, 2005) ist es markant, dass die Schülerinnen und Schüler beim Auto den Treibstoff als Energie assoziieren. Auf die Frage, woher das Elektroauto seine Energie bezieht, erklären sie, dass der

Strom die Energie sein. Angeblich geht Elektroautos der Strom auf den Elektromotor über und das Auto fährt. Diese Ansicht steht in enger Verbindung mit der Vorstellung des „Stromverbrauchs“ (Wilhelm & Hopf, 2018,S.122). Die stark verbreitete Vorstellung der Schülerinnen und Schüler des „Energie- und Stromverbrauchs“ ist ein großes Hindernis für das Verständnis des Energiekonzepts. Hopf & Duit (2018, S.167) folgend, ist es sinnvoll den Schülerinnen und Schüler „ein Angebot zu machen, das ihre Vorstellungen aufgreift und physikalisch umdeutet“. In ihrem Buch werden auch weitere Unterrichtsvorschläge dazu aufgezeigt.

Elektroautos sind umweltfreundlicher, da weniger Rauch (CO₂) produziert wird. Mit dem Umstieg auf Elektroautos kann man den CO₂- Ausstoß auf null reduzieren.

Für diese Arbeit relevanter ist, dass die Lernenden annehmen, dass mit einem kompletten Umstieg auf Elektroautos den gesamten CO₂-Ausstoß der Weltbevölkerung auf null reduzieren kann. Diese Ansichten lassen sich auf die Denkkonstrukte „Verbrennung fossiler Rohstoffe führt zu mehr CO₂ in der Luft“ und „Umweltverschmutzung führt zum Klimawandel“ (Niebert, 2010,S.10) Auffallend laut Autor ist , dass die Lernenden den CO₂-Ausstoß ausschließlich auf das Verbrennen fossiler Brennstoffe zurückzurufen. Das Verbrennen von Holz oder Biodiesel hat laut vielen Lernenden hier einen Einfluss.

Die Ansicht der Lernenden, dass Elektromobilität sehr umweltfreundlich und als Paradelösung gesehen wird, findet man auch in den Arbeiten von (Thaller, 2016) und (Mauthner, 2010) wieder.

4.3. Lehrplan

Das lehrplanbasierte Vorwissen besteht zum Großteil aus vermitteltem Basiswissen der Elektrizitätslehre in der Unterstufe aus dem Fach Physik und zum anderen aus dem Fachbereich Antriebstechnik, der in der HTL über mehrere Jahre unterrichtet wird. Der Schwerpunkt liegt hier beim Basiswissen für Thermodynamik und Elektrodynamik. Da es den Zeitrahmen sprengen würde, wird von den Schülerinnen und Schüler vorausgesetzt, dass die thermodynamischen Hauptsätze sowie Absorption, Reflexion und Emission von elektromagnetischer Strahlung samt elektromagnetisches Spektrum kennen. Basiswissen zum Carnot'schen Prozess und der Funktionsweise von Wärmekraftmaschinen (hier der Diesel- und Ottomotor) sollten vorhanden sein. Weiters wird davon ausgegangen, dass sie mit den Grundprinzipien zur Energie (Energieumwandlung, Entwertung) vertraut sind. Im Rahmen des Lernpfades wird das Thema Elektromobilität bearbeitet. Dafür werden Grundbegriffe sowie Basiskonzepte der Elektrizitätslehre und der Funktionsweise eines Elektromotors vorausgesetzt. Im Lehrpfad selbst setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Treibhauseffekt und seinen Auswirkungen auf das Klima sowie mit den unterschiedlichen Antriebstechnologien und ihren Unterschieden auseinander. Ausgehend von diesem Wissen betrachten sie Elektromobilität im Kontext von Nachhaltigkeit.

Lehrplanbezug

Diese Lernumgebung wurde primär für den Einsatz an einer HTL entworfen. Im Kapitel Allgemeine Bildungsziele decken sie einige Ziele mit den Kernzielen des Lernpfades:

*-ein breites Basiswissen im Bereich der Naturwissenschaften und der Technik, ein Verständnis für volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Prozesse sowie Orientierungswissen in den geistes- und sozialwissenschaftlichen Disziplinen, dass sie insgesamt befähigt, sich **kritisch mit relevanten Themen der Gesellschaft auseinanderzusetzen**;*

*- Kenntnisse über politische Prozesse auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene, sind den Werten der Demokratie verbunden und erkennen die Bedeutung des friedlichen Zusammenlebens von Bevölkerungsgruppen und Nationen, der Förderung von Benachteiligten in der Gesellschaft sowie des **Schutzes der Umwelt und des ökologischen Gleichgewichts***

*- **Sachverhalte des Alltags- und Berufslebens** in korrektem Deutsch und mindestens einer Fremdsprache **in Wort und Schrift ausdrücken, argumentieren und situationsadäquat kommunizieren sowie durch Teilhabe am Kulturleben reflektieren** (BMB, 2004, S. 1).*

Diese Ziele decken sich mit dem Kompetenzmodell von BLUKONE, denn das kritisch reflektierte Denken und Argumentieren und die daraus resultierende Entscheidungsfindung sind zentrales Lehr- und Lernziel des BLUKONE-Projektes. Das verlangt Mobilität aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und Kompetenzen aus verschiedenen Disziplinen miteinander zu vernetzen. Viele der Aufgaben in den EcoQuest sind komplex und haben keine eindeutige Lösung. Vor allem sind sie so gestellt, dass eine technische Lösung allein nicht ausreicht. Vielmehr setzt eine nachhaltige Lösung voraus, die ökologischen genauso wie der ökonomische Aspekt in den Blick zu nehmen, aber auch die soziale Komponente zu berücksichtigen.

Diese Art des Unterrichtens dient auch dazu „...*Werthaltungen, Einstellungen und kreative Fähigkeiten zu fördern, um bestehende und zukünftige kulturelle, gesellschaftliche und technische Entwicklungen innovativ mitgestalten zu können* (BMB, 2004, S. 1). Mithilfe des gamebased learning Prinzips von BLUKONE und dem Planspiel am Ende der EcoQuest schlüpfen die Schülerinnen und Schüler in neue Rollen und müssen sich fremden Normen und Werten auseinandersetzen. Hierbei lernen sie zu reflektieren, was als „...*als zentrales Instrument für Lehr- und Lernprozesse in allen Unterrichtsgegenständen*“ (BMB, 2004, S. 2) in den didaktischen Grundsätzen verankert ist und zu fördern gilt.

Damit die Schülerinnen die geforderten sozialen und personalen Kompetenzen erwerben können, liegt der Schwerpunkt der gesamten BLUKONE Lernumgebung auf gruppen- und projektorientierten Unterrichtsformen mit praxisorientierten Aufgabenstellungen (BMB, 2004, S. 2), denn laut Lehrplan sollen die Schülerinnen und Schüler „...*einzelne und im Team - zu logischem, kreativem und vernetztem Denken, zu genauem und ausdauerndem Arbeiten sowie zu verantwortungsbewusstem Entscheiden und Handeln* (BMB, 2004, S. 2.“ begleitet werden.

Im fachspezifischen Teil des Lehrplans findet man beim Fach Naturwissenschaften die Aussage „Auswirkungen auf die Technik darstellen, die Konsequenzen von naturwissenschaftlichen Ergebnissen in Bezug auf Nachhaltigkeit und persönliche sowie gesellschaftliche Verantwortung abschätzen sowie Schlussfolgerungen daraus für ihr Handeln ziehen und dies auch darstellen und begründen“⁶ Diese Aussage deckt sich wieder mit den Kernzielen von BLUKONE- u.a. eine reflektierte nachhaltige Entscheidung treffen zu können- und somit auch mit der EcoQuest 2: Mobilität. Im Fachbereich Antriebstechnik erwerben die Schülerinnen und Schüler im Laufe der 10.-13. Schulstufe Fachwissen über verschiedene Motoren und vor allem über elektrische Antriebssysteme⁷. Im Rahmen des Naturwissenschaften-Unterrichts lernen sie Fachwissen über Energie und Treibhauseffekt. Grundlegende Gedanken zur Nachhaltigen Entwicklung findet man auch im Lehrplan für Geografie und Wirtschaftskunde (BMB, 2004, S. 11).

4.4. Fachliche Grundlagen

In diesem Kapitel wird auf die physikalischen Grundlagen, die für den Lernpfad relevant sind, eingegangen. Zuerst werden hier die physikalischen Grundlagen und der natürliche Treibhauseffekt erklärt. Daraufhin wird auf den anthropogenen Treibhauseffekt eingegangen. Basis ist Hewitt (2002).

Strahlungshaushalt der Erde

Der Treibhauseffekt wird in den Medien als Problem für die Erde dargestellt. Allerdings wäre ohne den natürlichen Treibhauseffekt ein Leben auf der Erde nicht möglich. Das, was uns Probleme bereitet, ist der von den Menschen gemachte, der ANTHROPOGENE Treibhauseffekt.

Die wichtigste Energiequelle der Erde ist die Sonne in Form von elektromagnetischer Strahlung. Auf die Erde trifft eine Energiestrom von ca. 1400 W/m^2 . Aufgrund der hohen Temperatur (circa 5700°C) ist das primär sichtbare Licht, sowie Ultraviolett (UV) und Infrarot (IR) Strahlung.

Der reale Wert der Solarkonstante ist allerdings kleiner, nämlich etwa 1000 W/m^2 . Das liegt daran, dass die Sonnenstrahlen nicht immer senkrecht auf die Erdoberfläche auftreffen und ein Teil der Sonnenstrahlung von der Atmosphäre reflektiert und absorbiert wird. Da die Erde rund ist und nur eine Erdhälfte der Sonne zugewandt ist, steht der Erde und der Atmosphäre nur ein Viertel dieser Strahlung (ca. 340 W/m^2) zur Verfügung.

Wegen der Absorption und Reflexion in der Atmosphäre trifft 185 W/m^2 in Form von Strahlung auf die Erdoberfläche. Diese absorbiert und zu einem Teil reflektiert. Die Durchschnittstemperatur der Erdoberfläche beträgt etwa 15°C . Da die Erde selbst wieder Energie in Form von Strahlung abgibt, ist die Temperatur auf der Erdoberfläche konstant. Aufgrund der geringeren Temperatur sendet sie allerdings IR-

⁶ <https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40217041/NOR40217041.html>

⁷ <https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/Bundesnormen/NOR40217041/NOR40217041.html>

Strahlung aus und nicht Licht wie die Sonne. Dabei gibt sie genauso viel Energie ab wie sie aufnimmt- damit befindet sie sich im Strahlungsgleichgewicht.

Die Hälfte der Erdoberfläche, die zur Sonne geneigt ist (am Tag), nimmt hier Energie auf, während die zur Sonne abgeneigte Seite Energie abgibt. An jenen Stellen, wo die Aufnahme der Sonnenenergie größer ist, als die Abgabe, steigt die Temperatur (d.h. Es wird wärmer) und umgekehrt. Zusätzlich treiben diese Temperaturunterschiede auf der Erdoberfläche Luft- und Meeresströmungen an. Durch diese Wettervorgänge wird Energie transportiert, damit sich ein thermisches Gleichgewicht (d.h. Überall dieselbe Durchschnittstemperatur) einstellt.

Der natürliche Treibhauseffekt

Ohne die Lufthülle (= Atmosphäre) läge die Durchschnittstemperatur der Erde allerdings bei -19°C . In der Atmosphäre sind neben Stickstoff (78,1%) und Sauerstoff (20,9%) auch zu etwa 1% Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan und Distickstoffoxid enthalten. Diese Gase sind für die Strahlung der Sonne (Licht) durchlässig, aber für die IR-Strahlung der Erde undurchlässig und verursachen Treibhauseffekt der Atmosphäre

Der emittierte Energiestrom der Erdoberfläche wird daher zu einem großen Teil von den Molekülen und Atomen der Atmosphäre absorbiert. Dadurch erwärmt sich die Atmosphäre, die wiederum Energie ins Weltall und zur Erdoberfläche zurückstrahlt. Dieser Energiestrom wird auf der Erdoberfläche absorbiert. Dadurch steigt die Temperatur, was zu einer Erhöhung des Energiestroms führt, der von der Erde emittiert wird. Dieser Prozess wiederholt sich bis sich der Strahlungshaushalt der Erde wieder im Gleichgewicht befindet. Durch diesen natürlichen Treibhauseffekt steigt die Durchschnittstemperatur auf der Erde auf einen Wert von 15 Grad Celsius.

Der anthropogene Treibhauseffekt

Durch Verbrennung fossiler Stoffe (Erdöl, Kohle, Erdgas) steigt der CO_2 - Gehalt der Atmosphäre. Dadurch erhöht sich der Anteil der absorbierten Energie in der Atmosphäre, was schlussendlich zu einem Anstieg der Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche führt. Diese Temperaturänderung hat bekanntermaßen Auswirkungen auf Umwelt und Klima. (Der weltweit hohe Fleischkonsum führt zu einer Steigerung der Methankonzentration, was wiederum zu einer Verstärkung des Treibhauseffekts führt.)

Mit Hilfe des folgenden Applets kannst du den Treibhauseffekt simulieren aber auch die Klimawirksamkeit unterschiedlicher Gase studieren. Die Sonnenstrahlung ist dabei durch energiereiche Photonen (gelb) dargestellt, die IR-Strahlung der Erde

Mithilfe des ökologischen Fußabdrucks (ecological footprint) kann man den Einfluss einer Person durch ihre Lebensweise auf die Erde bzw. das Klima messen. Dabei werden die Bereiche Wohnen, Mobilität, Konsum und Ernährung betrachtet.

Ökologischer Fußabdruck (footprint)

Der ökologische Fußabdruck stellt die Größe der Fläche dar, die benötigt wird um Rohstoffe zur Verfügung stellen, die eine Person für seine Ernährung, Konsum, Energiebedarf, Mobilitätsverhalten, usw. verbraucht. Dabei werden auch die verbauten Flächen durch Siedlungen oder Straßen, sowie Flächen, die das beim „Lebenszyklus“ des Gegenstandes (Herstellung, Transport, Konsum, Recycling) produzierten CO₂ aufnehmen, miteinbezogen. Auch Dienstleistungen können mit dem Footprint bemessen werden

Der ökologische Fußabdruck einer Person, Region, der Welt kann in den Einheiten „Globaler Hektar“ (gha), kg CO₂ oder kg Material angegeben. Dem gegenüber steht die „Biokapazität“ einer Region. Sie gibt an, wie sehr diese Region Rohstoffe auf- und Schadstoffe abbaut. Ist der Footprint größer als die Biokapazität einer Region, verbrauchen die Bewohner mehr Rohstoffe als von der Natur produziert wird. Dieses Verhältnis wird auch als „World Over Shoot Day“ dargestellt. Folgende Maßstäbe werden benutzt, um den persönlichen Einfluss auf die Umwelt zu messen:

- **Maßstab Globaler Hektar (Ecological Footprint):** misst die bioproductive Fläche, die für die Erfüllung aller menschlichen Bedürfnisse notwendig sind.
- **Maßstab Carbon Footprint (CO₂-Fußabdruck):** misst die Treibhausgasbilanz von Produkten oder Organisationen. Dabei wird die Menge an Treibhausgasen entlang der Wertschöpfungskette entfallen, gewichtet. Er wird in kg CO₂- Äquivalenten angegeben.
- **Maßstab Material Footprint (ökologischer Rucksack):** misst die Materialmengen (in kg oder Tonnen), die zur Herstellung von Produkten und Dienstleistungen erforderlich ist

Weitere Möglichkeiten sind der Water Footprint und der Environmental Footprint.

Kritik am ökologischen Fußabdruck

Kritik am ökologischen Fußabdruck ist oft, dass Menschenrechte, soziale Gerechtigkeit, Wert der Artenvielfalt, gesundheitliche und sozioökonomische Folgen etc. beim ökologischen Fußabdruck nicht

berücksichtigt werden. Auch diese Aspekte sind wichtig für eine zukunftsfähige Welt. Rund 20% des ökologischen Fußabdrucks fällt auf die personenbezogene Mobilität zurück. Verkehr ist zurzeit der am stärksten steigenden Sektor.

Mobilitätskonzept

Ein Mobilitätskonzept (bzw. Mobilitätsmanagement) hat das Ziel den Personen- bzw. Güterverkehr effizienter, umweltfreundlicher und sozialverträglicher zu gestalten. Dabei bedienen sich die PlanerInnen vorzugsweise Maßnahmen, die auf Information zu alternativen Mobilitätsformen, Kommunikation, Koordination und Organisation beruhen. Neben der Infrastrukturplanung und dem Verkehrsmanagement ist Mobilitätsmanagement die Dritte Dimension der modernen Verkehrsplanung. Bis dato gibt es keine einheitliche Definition. Hier werden zwei Definition präsentiert um einen Einblick in die Thematik zu bekommen.

Laut FGSV⁸ soll bei einem Mobilitätskonzept den VerkehrsteilnehmerInnen ein breitgefächertes Angebot an Mobilitätsformen und Alternativen zum Auto angeboten werden. Eine zentrale Rolle spielt hier die Kommunikation über diese Alternativen. (FGSV, 1995) Der Ansatz eines Mobilitätsmanagement zielt auf die Beeinflussung des Mobilitätsverhalten der VerkehrsteilnehmerInnen sowie der Koordinierung des Verkehrsaufkommens.

EPOMM⁹ (2009) versteht unter Mobilitätsmanagement ein Konzept zur Förderung des nachhaltigen Verkehrs und zur Reduzierung der Autonutzung. Dies soll durch Veränderung von Einstellungen und Verhaltensweisen der VerkehrsteilnehmerInnen geschehen. Nach EPOMM (2009) basiert Mobilitätsmanagement „auf sanften Maßnahmen, wie Information, Kommunikation, Organisation von Services sowie Koordination der Aktivitäten verschiedener Partner. Sanfte Maßnahmen bewirken meist eine Effizienzsteigerung von harten Infrastruktur-Maßnahmen im urbanen Bereich (wie neue Straßenbahnlinien, Straßen und Radwege). Diese MM-Maßnahmen erfordern (im Gegensatz zu "harten" Infrastruktur-Maßnahmen) keine umfangreichen finanziellen Investitionen und können einen hohen Kosten-Nutzen-Faktor aufweisen"

Ökobilanz

Ökobilanz ist eine systematische Analyse der Umweltwirkungen eines Produktes des gesamten Lebenszykluses. Daher wird sie auch Lebenszyklusanalyse, Life Cycle Assessment (LCA) oder Umweltbilanz genannt. Eine Ökobilanz ist im Gegensatz zu einer Bilanz aus der Buchhaltung eine

⁸ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.

⁹ European Platform on Mobility Management

Gegenüberstellung. Unter einem Lebenszyklus versteht man ab den Prozess der Rohstoffgewinnung über Herstellung, Transport, Nutzung bis hin zur Entsorgung des Produktes. Dabei sind zwei Grundsätze bei der Erstellung einer Ökobilanz zu befolgen:

- Medienübergreifende Betrachtung: Alle relevanten potenziellen Schadwirkungen auf die Umweltmedien Boden, Luft, Wasser sind zu berücksichtigen,
- Stoffstromintegrierte Betrachtung: Alle Stoffströme, die mit dem betrachteten System verbunden sind (Rohstoffeinsätze und Emissionen aus Ver- und Entsorgungsprozessen, aus der Energieerzeugung, aus Transporten und anderen Prozessen) sind zu berücksichtigen. Grundsätze und Regeln zur Durchführung von Ökobilanzen wurden in den ISO-Standards 14040:2006 und 14044:2006 international festgelegt¹⁰

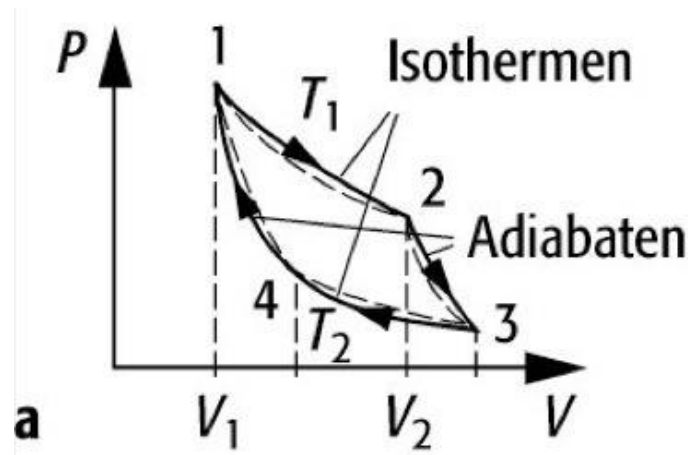
Die Ergebnisse einer Ökobilanz werden zur Prozessoptimierung für eine Nachhaltigere Produktion verwendet. Grundsätze und Regeln zur Durchführung von Ökobilanzen wurden in den ISO-Standards 14040:2006 und 14044:2006 international festgelegt

Wärmekraftmaschinen

Wärmekraftmaschinen sind zyklisch arbeitende Vorrichtungen, die möglichst viel Wärme in mechanische Energie umsetzen. Der zweite thermodynamische Hauptsatz bzgl. Wärmekraftmaschinen besagt, dass es unmöglich ist, eine zyklisch arbeitende Wärmekraftmaschine zu konstruieren, die keinen anderen Effekt hat, als Wärme aus einem Reservoir aufzunehmen und eine äquivalente Menge mechanische Arbeit zu verrichten. Gemäß dem zweiten thermodynamischen Hauptsatz kann keine Wärmekraftmaschine, die zwischen zwei Wärmereservoirien arbeitet, den Wirkungsgrad 1 haben. Ihre Funktionsweise beschreibt den Carnot'schen Prozess. Er ist ein reversibler thermodynamischer Kreisprozess, der aus vier Schritten besteht:

1. Reversible isotherme Aufnahme von Wärme aus einem wärmeren Reservoir
2. Reversible adiabatische Expansion, bei der die tiefere Temperatur erreicht wird
3. Reversible isotherme Abgabe von Wärme an ein kälteres Reservoir
4. Reversible adiabatische Kompression, wieder zurück in den >Anfangszustand.

¹⁰ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekobilanz>, aufgerufen am 26.07.2020



4 Der Carnot'sche Kreisprozess¹¹

Anhand der Abbildung 4 oben wird der Prozess detaillierter erklärt.

1. Schritt von 1 nach 2: Während der isothermen Expansion wird bei der Temperatur T_1 die Wärmemenge Q_1 vom wärmeren Reservoir aufgenommen.
2. Schritt von 2 nach 3: Das Gas wird adiabatisch expandiert bis die Temperatur auf T_2 gesunken ist
3. Schritt von 3 nach 4: Das Gas wird isotherm komprimiert, wobei die Wärmemenge Q_2 an das kältere Reservoir abgegeben wird.
4. Schritt 4 nach 1: Das Gas wird adiabatisch komprimiert, bis die Temperatur T_1 wieder erreicht ist.

Bei den ersten beiden Schritten wird Arbeit vom Gas verrichtet, während bei letzten beiden Schritten Arbeit am Gas verrichtet wird. Die aufgespannte Fläche zwischen den Punkten 1,2,3 und 4 entspricht dem Betrag der netto zugeführten Arbeit während des gesamten Zykluses.

Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel der zugeführten Energie bei Energieumwandlungsprozessen in die gewünschte Form umgewandelt wird. Da wie oben schon erwähnt bei Wärmekraftmaschinen immer ein Teil der Wärmemenge nicht in mechanische Arbeit umgewandelt wird, ist der Wirkungsgrad immer unter 1.

¹¹ Quelle: <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/carnotscher-kreisprozess/2187> aufgerufen am 02.07.2020

Antriebe mit Verbrennungsmotoren

Der **Verbrennungsmotor** ist eine Wärmekraftmaschine, bei der Wärmeenergie in mechanische Energie umgewandelt wird.

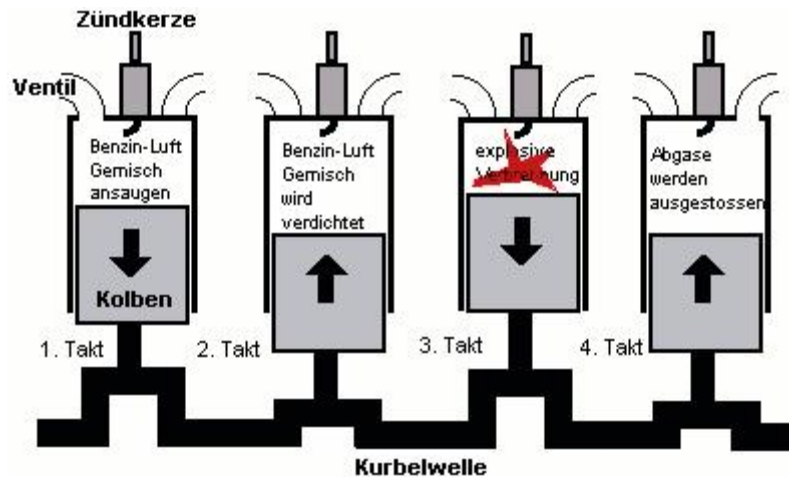
In einem **Verbrennungsmotor** wird ein Luft-Kraftstoff-Gemisch gezündet, wodurch sich die Temperatur und somit auch der Druck in der Verbrennungskammer stark erhöhen. Dies geschieht in einem Kreisprozess, bei dem das Gasgemisch angesaugt, verdichtet, verbrannt und anschließend ausgestoßen wird. Um die bei der Verbrennung entstehende thermische Energie in mechanische Energie umzuwandeln, gibt es verschiedene Bauformen. Am häufigsten werden Hubkolben verwendet. Hierbei verursacht der Druck eine Kraft auf den Kolben. Die oszillierende Bewegung des Kolbens wird dann über eine Pleuelstange auf die Kurbelwelle übertragen und damit in Rotationsbewegung umgewandelt. Die am weitesten verbreiteten Vertreter sind Otto- und Dieselmotoren.

Der Ottomotor

Der Ottomotor ist ein Verbrennungsmotor mit elektronischer Zündvorrichtung. Da die Verbrennungsstöße das Triebwerk stark belasteten, wird das Viertakt- Arbeitsverfahren angewendet. Durch die Kompression des Gas-Luft-Gemisches kommt es zu einer Leistungssteigerung bei gleichzeitigem verringertem Kraftstoffverbrauch.

Um die harten Verbrennungsstöße, die das Triebwerk stark belasteten, zu verhindern, wendete er zum ersten Mal das Viertakt-Arbeitsverfahren an, welches durch die Kompression des Gas-Luft-Gemisches zur Minderung des Kraftstoffverbrauchs bei gleichzeitiger Leistungssteigerung führte. Er ist die Urform aller heutigen Viertakt-Verbrennungsmotoren.

Das Viertaktverfahren erstreckt sich über vier Hübe oder zwei Kurbelwellenumdrehungen. Dabei laufen folgende Vorgänge ab:



5 Viertaktverfahren Ottomotor. Quelle: <http://www.chemienet.info/4-mot.html>, aufgerufen am 26.07.2020

1. **Takt:** Ansaugen des Luft-Gas-Gemisches

Der Kolben bewegt sich bei offenem Einlass- und geschlossenem Auslassventil in Richtung der Kurbelwelle und saugt dabei das vom Vergaser kommende Luft-Gas-Gemisch an.

2. **Takt:** Verdichten

Der Kolben bewegt sich nun bei geschlossenen Ventilen von der Kurbelwelle weg und verdichtet dabei die Ladung. Bei diesem Prozess ist ein Druckanstieg auf ca. 16 bar und ein Temperaturanstieg auf ca. 450 °C zu beobachten.

3. **Takt:** Verbrennung

Bei geschlossenen Ventilen verbrennt der Treibstoff und breitet sich aus. Das sich ausbreitende Brenngas drückt den Kolben in Richtung Kurbelwelle.

4. **Takt:** Ausschieben

Die verbrauchte Ladung wird vom Kolben bei geöffnetem Auslassventil aus dem Zylinder hinausgeschoben¹²

Nur beim dritten Takt wird vom Treibstoff Energie auf den Kolben übertragen. Die anderen Takte beziehen ihre Energie aus dem Trägheitsmoment der Kurbelwelle und der angekoppelten Last

Der Dieselmotor

Der Dieselmotor ist ein von Rudolf **Diesel** erfundener Verbrennungsmotor. Die Funktionsweise des Dieselmotors entspricht dem Grundprinzip des Ottomotors. Der Unterschied ist, dass es keine Zündvorrichtung gibt. Diesels Ziel war es durch eine Verdichtung auf 250 bar des Kraftstoff-Luft-Gemisches eine vorzeitige Zündung zu erwirken. Bei seinem Verfahren wird nur die Luft im Zylinder komprimiert und dabei auf 700-900°C erhitzt. Kurz vor dem oberen Totpunkt (Umkehrpunkt) des

¹² Quelle: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/298679/>, aufgerufen am 26.07.2020

Zylinders wird Diesel eingespritzt. Aufgrund der hohen Temperatur der verdichteten Luft verdampft dieser und entzündet sich selbst¹³

Der Hauptvorteil des Dieselmotors gegenüber einem Ottomotor ist sein niedriger Kraftstoffverbrauch gemessen in Litern pro 100 km. Die Ursache ist die höhere Dichte des Diesels im Vergleich zu Benzin, führt aber gleichzeitig zu einem höheren CO₂-Ausstoß pro verbrauchte Liter. Dem wirkt die höhere Effizienz des Dieselmotors mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 42 Prozent gegenüber etwa 37 Prozent beim Ottomotor entgegen.

Elektromotor

Das Herzstück eines elektrischen Antriebes ist der Elektromotor. Der Elektromotor beruht auf dem Prinzip der umgekehrten Induktion. Hier wird elektrische Energie in mechanische umgewandelt. Durch eine rotierbare Spule fließt ein Strom. Dieser Strom induziert ein Magnetfeld. Um die rotierende Spule befindet sich ein Dauermagnet. Die beiden Magnetfelder ziehen sich entweder an (bei ungleichnamigen Polen) oder ab (bei gleichnamigen Polen). Dadurch wird die Spule in Bewegung versetzt. Die für den Betrieb des Elektromotors benötigte Energie wird entweder durch eine Batterie oder durch eine Brennstoffzelle bereitgestellt.

Well-to-Wheel- Analysen

Unter **Well-to-Wheel-** Betrachtungen¹⁴ versteht man eine Wirkungsgrad-Analysemethode bei Kraftfahrzeugen. Dabei wird die gesamte Energieumwandlungskette von der Bereitstellung der Antriebsenergie bis zur Umwandlung in kinetische Energie untersucht. Dabei unterscheidet man unter den beiden Teilgebieten Well-to-Tank (der Energiebereitstellung) und der Tank-to-Wheel (dem Fahrzeugwirkungsgrad). Außerdem werden bei Well-to-Wheel-Untersuchungen neben dem Wirkungsgrad auch der Gesamtenergiebedarf, der Verbrauch fossiler Brennstoffe und der Schadstoffausstoß berücksichtigt.

Der Wirkungsgrad Well-to-Tank liegt bei ca. 90 % bei Dieselmotoren, ca. 82 % bei Benzin und ca. 86 % bei Erdgas. In der folgenden Abbildung ist ein Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien zu sehen. Der Well-to-Tank-Wert bei Elektrofahrzeugen hängt stark davon ab, wie der elektrische Strom hergestellt wurde.

Vergleicht man die Wirkungsgrade der einzelnen Antriebstechnologien, sieht man, dass Elektromotoren einen Wirkungsgrad von ca. 95 % haben, während bei Otto- und Dieselmotoren zwischen 25%-40% bei idealen Bedingungen erreicht werden können. Im Stadtverkehr kann der Wirkungsgrad sogar auf 5% sinken.¹⁵

¹³ <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/298689/>, aufgerufen am 20.07.2020

¹⁴ <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/332805/>, aufgerufen am 02.07.2020

¹⁵ <https://www.energie-lexikon.info/wirkungsgrad.html>, aufgerufen am 20.07.2020

Antriebsart	Kraftstoff	Produktionsweise	Energiequelle	g CO ₂ -Äquivalent pro km		
				WtT	TtW	WtW
Ottomotor	Benzin	Raffination	Rohöl	24	140	164
	Autogas	Konditionierung	Erdgas	15	126	141
Dieselmotor	Diesel	Raffination	Rohöl	24	128	152
	Biodiesel	Veresterung	Raps	-50	133	83
Hybridantrieb (Ottomotor)	Benzin	Raffination	Rohöl	20	120	140
Brennstoffzelle (Elektromotor)	Wasserstoff	Elektrolyse	Europäischer Strommix	196	0	196
			Windstrom	5	0	5
Li-Ion-Batterie (Elektromotor)	Elektrizität	Kraftwerkspark	Europäischer Strommix	87	0	87
			Windstrom	2	0	2

6Betrachtung verschiedener Antriebstechnologien (Eigene Darstellung nach Daimler AG - Research And Technology)¹⁶

4.5. Lernendenvorstellungen konkret

Lernendenvorstellungen, die bei der Überarbeitung des Lernpfades ergänzt wurde, sind fett markiert.

- Elektroautos sind umweltfreundlicher, da weniger Rauch (CO₂) produziert wird (Prehl, 2018)
- Mit dem Umstieg auf Elektroautos kann man den CO₂- Ausstoß auf null reduzieren. (Thaller, 2016)
- Treibstoff wird beim Auto mit Energie assoziiert. (Mauthner, 2010)
- Auch Strom wird mit dem Auto assoziiert. Dieser wird bei Ottomotoren dafür benötigt, um das Kraftstoff-Luftgemisch zu entzünden. Bei Elektroautos geht der Strom auf einen Elektromotor über und erzeugt dort ein elektromagnetisches Wechselfeld. (Prehl, 2018)
- **Energiefluss und Kohlenstofffluss sind gekoppelt.** Das Problem der Freisetzung von Kohlenstoffdioxid ist die Kopplung des Energieflusses an den Kohlenstofffluss. (Niebert, 2010)
- **Entleerung fossiler Speicher in die Atmosphäre.** Wir benötigen Energie zum Leben (*Atmung*) und für unseren Lebensstandard (*Energiegewinnung aus fossilen Energieträgern*). Letzteres führt zur Entleerung des Speichers »fossilierte Organismen« und zu einer Ansammlung von Kohlenstoffverbindungen (vor allem CO₂) im Speicher »Atmosphäre«. (Niebert, 2010)

¹⁶ <http://www.optiresource.org/en/home.html>, aufgerufen am 02.07.2020

- *Luftverschmutzung führt zum Klimawandel.* Die Luft wird durch Abgase von Autos und der Industrie verpestet, was zu einer schlechten Luftqualität und zur Erwärmung der Atmosphäre führt. (Niebert, 2010)
- *Kohle und Benzin verbrennen zu Abgasen.* Die Verbrennung von Kohle und Benzin führt zur Freisetzung von Abgasen und einem Anstieg der Kohlenstoffdioxidmenge in der Luft. (Niebert, 2010)
- *Holz und Biodiesel verbrennen ohne CO₂-Freisetzung.* Im Gegensatz zu fossilen Rohstoffen entsteht bei der Verbrennung nachwachsender Rohstoffe, wie Holz oder Biodiesel kein Kohlenstoffdioxid. (Niebert, 2010)
- *CO₂ bleibt in der Luft.* Das Kohlenstoffdioxid sammelt sich in der Atmosphäre an und verbleibt dort. Es kann nicht wieder aus der Atmosphäre entfernt werden (Niebert, 2010)
- Generelle Existenz von Problemen bei der Energieversorgung sind bekannt (DeWaters & Powers, 2008, S. T2F-10; DeWaters & Powers, 2011, S. 1704)
- **Umweltschutz kann ohne gesellschaftliche Veränderungen mit technologischen Entwicklungen allein realisiert werden** (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- **Als Einzelner hat man keinerlei Handlungsoptionen was Nachhaltigkeit betrifft** (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- **Lebensqualität und Wohlstand sind wichtiger als nachhaltige Entwicklung** (Zeyer & Roth, 2009, S. 962).
- Nationalstaaten haben effektive Lösungsansätze zur Umsetzung von nachhaltiger Entwicklung und Umweltschutz (Bloemen, 2009, S. 63).
- **Soziale Probleme in Bezug auf nachhaltige Entwicklung und Klimawandel werden nicht erkannt** (Schuler, 2009, S. 5).
- **Die Bereitschaft der SchülerInnen, Lösungsansätze zu nachhaltiger Entwicklung zu verfolgen relativiert sich, wenn zusätzliche Faktoren (z.B. finanzieller Art) ins Spiel kommen** (Shin-Cheng, Jing-Yuan, & Hui-Ching, 2017, S. 435; DeWaters & Powers, 2011, S. 1704-1705).
- Das eigene Verhalten hat Auswirkungen auf die Problematiken der Energieversorgung (DeWaters & Powers, 2011, S. 1705; Shin-Cheng, Jing-Yuan, & Hui-Ching, 2017, S. 456).

4.6. Ziele des Lernpfades

Ziele, die bei der Überarbeitung des Lernpfades ergänzt wurde, sind fett markiert.

- Ich kenne und verstehe die Definition von Nachhaltigkeit.
- Ich weiß, dass Nachhaltigkeit aus den drei Aspekten Ökologie, Ökonomie und Soziales besteht.
- Ich berücksichtige alle drei Aspekte der Nachhaltigkeit, um eine nachhaltige Lösung für ein komplexes Problem zu erstellen und bewerten.
- **Ich kenne die Begriffe räumliche Mobilität, Personenmobilität, Gütermobilität und kann diese definieren.**
- Ich kenne die Ursachen des natürlichen und anthropogenen Treibhauseffektes.
- Ich kann die Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffektes auf das Klima, Umwelt und die Lebenswelt der Menschen beschreiben.
- **Ich kann den Zusammenhang zwischen Treibhausgasen, dem weltweiten Verkehrsaufkommen und dem Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre beschreiben.**
- Ich kann erklären, dass der ökologische Fußabdruck misst, wie stark der persönliche Einfluss auf die Umwelt ist und ihn mithilfe von Tools berechnen.
- Ich kann mithilfe des ökologischen Fußabdrucks Aussagen über die ökologische Nachhaltigkeit eines Produkts bzw. einer Mobilitätsform treffen und diese miteinander vergleichen.
- Ich kenne verschiedene Formen der Antriebstechnologien bei Fahrzeugen und kann ihre Funktionsweise erklären und vergleichen
- Ich kann ein Energieflussdiagramm der einzelnen Antriebstechnologien erstellen.
- **Ich kann alle Antriebstechnologien auf ihren Nutzen und ihre Nachhaltigkeit in einer Situation bewerten und miteinander vergleichen.**
- **Ich bewerte die einzelnen Antriebstechnologien auf ihre ökologische Nachhaltigkeit unter Einbezug der grauen Energien und des Ressourcenverbrauchs.**
- Ich kann Vor- und Nachteile der Elektromobilität benennen und diese fachliche korrekt in einem Gespräch einbauen
- Ich kann Untersuchungen zu Mobilitätsverhalten und zur Wahrnehmung von Elektromobilität in

einer Gruppe planen, durchführen und analysieren

- Ich kann eine Ökobilanz bzw. eine Kosten-Nutzen-Rechnung unterschiedlicher Antriebstechnologien erstellen und diese vergleichen und bewerten.
- Ich kann ein Mobilitätskonzept auf seine sozialen, ökonomischen und ökologischen Aspekte entwerfen, analysieren und bewerten.
- **Ich kann die Konzepte „Nachhaltige Stadtlogistik“ und „Last Mile“- Logistik für einen Betrieb anwenden.**
- **Ich beachte beim Erstellen eines nachhaltigen Mobilitätskonzept für einen Betrieb nicht nur die Fahrzeugtechnologie, sondern analysiere auch die Logistik unter den drei Aspekten der Nachhaltigkeit.**

4.7. Key Ideas

Key Ideas, die bei der Überarbeitung des Lernpfades ergänzt wurde, sind fett markiert.

Nachhaltigkeit

- Nachhaltigkeit ist eine Form des Handelns, die ökologischen, sozialen und ökonomischen Aspekte berücksichtigt und gegenwärtige und zukünftige Generationen vergleichbare und bessere Lebensbedingungen sichern soll.

Mobilität & Treibhauseffekt

- Die räumliche Mobilität ist die Bewegung von Personen oder Gütern im geographischen Raum.
- **Werden Personen oder Güter transportiert, die mit einem Motor ausgestattet sind, werden dafür aktuell fossile Brennstoffe (innere Energie, die bei einer chemischen Reaktion freigesetzt wird) oder elektrische Energie eingesetzt.**
- Beim Verbrennen der fossilen Brennstoffe wird Kohlenstoffdioxid freigesetzt. Dadurch verändert sich die Kohlenstoffdioxidbilanz in der Atmosphäre. Das führt zu einer Verstärkung des Treibhauseffekts und zu einer Veränderung des Klimas auf der Erde.

- Die wichtigste Energiequelle für die Erde und die Vorgänge in der Atmosphäre ist die Sonne. Diese Energie wird von kurzwelliger Strahlung hauptsächlich von Licht transportiert.
- **Die Atmosphäre ist für diese Strahlung weitgehend durchsichtig. Zum Teil wird die Strahlung von der Atmosphäre absorbiert oder reflektiert. Die von der Erde absorbierte Strahlung bewirkt eine Steigung der Temperatur der Erdoberfläche. Die Erde strahlt selbst wieder Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung ab. Da die Temperatur der Erde geringer ist, als jene der Sonne ist diese Strahlung vor allem langwellige Infrarotstrahlung. Durch Einstrahlung und Rückstrahlung stellt sich ein Strahlungsgleichgewicht und daher eine konstante Temperatur ein**
- .
- **Die Atmosphäre ist für große Teile der langwelligen Strahlung von der Erde wenig durchlässig, weil die Gase Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan und einige Spurengase die langwellige Infrarotstrahlung absorbieren. Dadurch erwärmt sich die Atmosphäre, die wiederum Energie ins Weltall und zum Boden zurückstrahlt. Das führt zum natürlichen Treibhauseffekt und damit zu einer Erwärmung der Erdoberfläche und zu einem neuen Strahlungsgleichgewicht. (Natürlicher Treibhauseffekt)**
- **Durch Verbrennung fossiler Stoffe (Erdöl, Kohle, Erdgas) steigt der CO₂- Gehalt der Atmosphäre und damit auch die Temperatur auf der Erde durch vermehrte Rückstrahlung der Atmosphäre (anthropogener Treibhauseffekt)**
- Der ökologische Fußabdruck stellt die Größe der Fläche dar, die benötigt wird, um jene Rohstoffe zur Verfügung stellen, die eine Person für seine Ernährung, Konsum, Energiebedarf, Mobilitätsverhalten, usw. braucht. Er schließt auch jene Fläche ein, die zum Binden des durch menschliche Aktivitäten freigesetzten CO₂, nötig ist. Der ökologische Fußabdruck wird in den Einheiten „Globaler Hektar“ (gha) angegeben. Rund 20% des ökologischen Fußabdrucks fällt auf die personenbezogene Mobilität zurück. Verkehr ist zurzeit der am stärksten steigenden Sektor.

Fahrzeugtechnologie, graue Energie, Ökobilanz

- Ein Verbrennungsmotor ist eine Wärmekraftmaschine, die chemische Energie in kinetische Energie umwandelt. Beim Elektromotor wird elektrische Energie in kinetische Energie umgewandelt.
- Ein Hybridantrieb ist eine Kombination aus Otto- bzw. Dieselmotor und Elektromotor.

- Der Wirkungsgrad gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie bei einer Umwandlung in die gewünschte Energieform umgewandelt wird. Elektromotoren haben einen Wirkungsgrad von über 95% und Verbrennungsmotoren liegen bei 25-40%.
- **„Graue Energie ist die Energiemenge, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird. Dabei werden auch alle Vorprodukte bis zur Rohstoffgewinnung berücksichtigt und der Energieeinsatz aller angewandten Produktionsprozesse addiert.**
- Eine Ökobilanz ist eine systematische Analyse des Lebenszyklus (Produktion, Nutzungsphase und Entsorgung) eines Produkts unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (Soziales, Ökonomie, Ökologie)

Nachhaltige Mobilität

- Räumliche Mobilität beschreibt die Möglichkeit ein Bedürfnis nach Ortsveränderung zu realisieren
- Verkehr umfasst alle Aktivitäten zur Bewegung von Gegenständen und Personen mit Hilfe von Verkehrsmitteln und der zugehörigen Infrastruktur.
- Nachhaltige Mobilität ist bedürfnisgerechte Mobilität mit weniger Verkehr.

4.8. Umsetzung im Lehrpfad

EcoQuest 2 besteht aus drei zweistündigen Blöcken. In diesen drei Einheiten beschäftigen sich die Lernenden mit dem Thema Mobilität unter den Aspekten Soziales, Ökologie und Ökonomie. Jeder Block ist dabei in kleinere Aufgaben- und Themenbereiche unterteilt, der abwechselnd oder gleichzeitig die einzelnen Aspekte behandelt. Alle behandelten Bereiche der Nachhaltigkeit sollen dann im Abschluss des EcoQuests–dem erstellten Mobilitätskonzept – vorkommen.

Ausgehend von der Analyse der täglichen Wege des/r Schüler/in bzw. der zurückgelegten Wege einer Woche, vergleichen die Lernenden ihre Strecken und den Kohlendioxidausstoß. Anschließend reflektieren sie ob sie ihrer Meinung nach nachhaltig unterwegs sind. Daraufhin beschäftigen sie sich mit Mobilität im Allgemeinen (d.h. wie bewegt sich im Durchschnitt eine Person in Österreich, Definition von Mobilität) und lernen den Treibhauseffekt und die Wirkungen unseres Handelns auf die Umwelt zu verstehen. Dabei lernen sie auch die ersten Kenngrößen (ökologischer Fußabdruck) kennen. Anschließend beschäftigen sie sich mit verschiedenen Formen der Mobilität, u.a. Elektromobilität und alternative Mobilitätskonzepte (z.B.: Carsharing). Ein Schwerpunkt hier liegt einerseits bei der Ökobilanz der Elektromobilität und dem Image, welches Elektromobilität hat. Andererseits werden alternative Mobilitätskonzepte dargestellt. Hier üben sich schon erstmals ihre Bewertungskompetenz, da sie Vor- und Nachteile der einzelnen Arten finden und begründen müssen. In einzelnen praxisorientierten Aufgaben müssen sie Entscheidungen bzgl.

eines Mobilitätskonzepts treffen. Eine ökonomische und ökologische Kosten-Nutzen-Rechnung folgt darauf. Weiters beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit den Herausforderungen der Mobilität an die Zukunft. In dieser Teileinheit stellt sich konkret die Frage, ob der jetzige Lebensstil auch zukünftig nachhaltig und klimafreundlich sein kann. Dazu beschäftigen sie sich auch kurz mit Bevölkerungsentwicklung und Raumplanung. Abschließend beschäftigen sich die Schülerinnen mit Innovationen und Forschung zu Mobilität und erstellen ein Mobilitätskonzept für einen beliebigen Betrieb. Am Ende der drei Doppelstunden sollen die Schülerinnen und Schüler genügend Fachwissen angeeignet und Kompetenzen erworben haben, um ein Verständnis für den Begriff Nachhaltigkeit zu haben. Außerdem sollen sie in konkreten Situationen Maßnahmen und Konzepte im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung anwenden und diskutieren können.

Der Lernpfad Mobilität in EcoQuest 2 basiert auf den Prinzipien des problembasierten Lernens. Er soll die Lernenden dazu motivieren die Problemstellungen zu diskutieren und im Team oder allein lösungsorientiert zu arbeiten. Dazu werden sie nach einer kurzen Einleitung mit Problemstellungen konfrontiert, bei denen sie immer mehr Gestaltungsspielraum haben (Weber, 2007). Die Struktur der Aufgaben in den einzelnen EcoQuest verläuft immer gleich, jedoch wird mit jeder neuen Aufgabe eine weitere Ebene hinzugefügt, auf die Rücksicht genommen werden muss. Um eine gute Lösung für die Abschlussarbeiten zu entwickeln, ist es daher notwendig alle hinzugekommenen Ebenen in Hinblick auf die Nachhaltigkeitsaspekte zu analysieren.

Dieses Schema eignet sich gut für die Lerninhalte, weil es der Struktur der Verwaltungsebenen in einem Staat bzw. dem Verfahren der ISO (2011) 50001 sehr ähnelt. Somit wird der Lernpfad nicht nur im Hinblick auf Nachhaltige Entwicklung, sondern auch auf struktureller Ebene gestaltet. Die strukturelle Ebene ist damit genauso gestaltet wie Prozesse auf den Verwaltungsebenen vieler EU-Staaten stattfinden.

Mithilfe dieser Strukturierung lernen die Schülerinnen und Schüler die drei Nachhaltigkeitsaspekte kennen und lernen reflektierte und komplexe Entscheidungen in der Gruppe zu treffen. Dazu erlernen sie im Rahmen des Projekts die dazu benötigten Werkzeuge wie das Anwenden von Bewertungsschemata, Erstellen und Analysieren von Energiebilanzen und Kostenaufstellungen.

Der Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler und die Entwicklung ihrer Kompetenzen wird einerseits in den Erarbeitungsprozessen und andererseits an der Qualität der Gruppendiskussionen sichtbar. An den Begründungen ihres Standespunktes wird der Vernetzungsgrad zwischen den sozialen, ökonomischen und ökologischen Aspekten messbar.

4.9. Arbeitsaufgaben und Verortung im Kompetenzmodell

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über den Aufbau und alle Arbeitsaufgaben des EcoQuest 2: Mobilität. Es werden sowohl die Abfolge der Aufgaben als auch die Verankerung dieser im BLUKONE-Kompetenzmodell erklärt.

4.9.1. Einsatz der Materialien der EcoQuest 2 Mobilität

Am Anfang werden vier Gruppen von Schülerinnen und Schüler zu den Themengebieten Mobilität, Passivbau, Photovoltaik und Beleuchtung gebildet. Dann wird Aufbau der Lernumgebung anhand des Foliensatzes EcoQuest 2 Mobilität (siehe Anhang) dargestellt. Dieser Foliensatz dient als sogenannten „roter Faden“ und strukturiert die Lernumgebung bzw. dient er auch als Anhaltspunkt für die Lernenden, an welchem Punkt der Lernumgebung sich befinden.

Die erste Aufgabe ist das Einstiegsbeispiel. Je nach Ermessen der Lehrperson kann das Einführungsbeispiel 1 oder 2 genommen werden. Einführungsbeispiel 1 (siehe Anhang) hat das Ziel eine einfache Ökobilanz des persönlichen Schulweges zu erstellen. Einstiegsaufgabe 2 (siehe Anhang) hingegen ist zeitaufwendiger. Hier ist die Aufgabe eine Ökobilanz der Schule bzw. einer Klasse zu erstellen. Dabei sollen die Schülerinnen und Schüler selbst eine Umfrage erstellen, diese auswerten und in der Schule in Form eines Plakats präsentieren. Je nach Zeitrahmen kann man die Umfrage nach einer gewissen Zeit wiederholen und beide Ergebnisse vergleichen.

Daraufhin erarbeiten die Schülerinnen und Schüler den Lernpfad. Er ist in vier Abschnitte (Mobilität und Klima, Elektromobilität, Alternative Mobilitätskonzepte, Statussymbol Auto) unterteilt. Jeder Abschnitt ist unabhängig voneinander und kann individuell bearbeitet werden. Dies geschieht sowohl im Unterricht als auch zu Hause. Zusätzlich können sie die Side Quests bearbeiten. Nachdem alle Einstiegsaufgaben, Side Quests sowie der komplette Lernpfad erarbeitet wurden, wird das Mobilitätskonzept erstellt. Hierzu greift man wieder auf den Foliensatz EcoQuest 2 Mobilität zurück. Ab Folie 5 werden Arbeitsschritte, Aufgabenstellung sowie Hilfestellungen dargestellt.

4.9.2. Überblick Lernpfad Mobilität

Die Lernumgebung ist in jeweils drei zweistündige Einheiten plus dem Abschlussblock unterteilt. Der erste Block unterliegt den sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit. In dieser Einheit setzen sich die Lernenden mit den sozialen Aspekten einer Nachhaltigen Mobilität auseinander. Zuerst analysieren sie in der Einstiegsaufgabe 2 ihren persönlichen Schulweg und hinterfragen ihr jetziges Mobilitätsverhalten. Anschließend bearbeiten sie den Abschnitt „Statussymbol Auto“ aus dem Lernpfad. Abschließend erarbeiten sie eine Argumentationskommode zum Thema „Öffentlich oder mit dem Rad zur Schule“. Zusätzlich besteht die Möglichkeit Side Quests zu Hause zu bearbeiten.

In der zweiten Einheit „ökologische Aspekte“ erwerben die Schülerinnen und Schüler Fachwissen durch das Bearbeiten der Abschnitte Klima & Mobilität, Elektromobilität und Alternative Mobilitätskonzepte des virtuellen Lernpfades.

In der letzten Einheit „ökonomische Aspekte“ erstellen die Schülerinnen und Schüler in Einstiegsaufgabe 1 eine Ökobilanz und Kostenanalyse ihres Schulweges. In einer SideQuest setzen sie sich mit der Wheel- to- Well-Analyse unterschiedlicher Antriebstechnologien auseinander. Abschließend erstellen sie das Mobilitätskonzept. Dazu werden ihnen Aufgabe- und Hilfestellungen im Foliensatz EcoQuest 2 Mobilität zur Verfügung gestellt.

Im Präsentationsblock beginnt das Rollenspiel und jede Gruppe präsentiert (Mobilität, Photovoltaik, Passivbau, Beleuchtung) ihr Angebot. Anschließend werden Diskussionsrunden gebildet (mit je einer Person aus den vier Expertengruppen) und im Rahmen des Rollenspiels alle Angebote bewertet, verglichen und eine Entscheidung getroffen.

Die folgende Tabelle zeigt nochmals die Gliederung des EcoQuest, sowie die zugeordneten Kompetenzbereiche und Ziele.

Einheit	Aufgabenblock	Unteraufgabe	Kompetenzbereich
Soziale Aspekte der Mobilität	Das mobile Verhalten der Schule	Umfrage zum Mobilitätsverhalten an der Schule im Zeitraum von zwei Monaten	Handlungsdimension: Umfrage erstellen und Daten sammeln Inhaltsdimension: Arbeiten mit Daten und diese interpretieren Soziale/personale Dimension: Reflektieren über das eigene Verhalten
	Lernpfad Statussymbol Auto		Soziale/personale Dimension: Reflektieren über Werte & Normen
	Öffi oder Fahrrad für den Schulweg	Argumentationskommode für Pro- & Contra-Argumente erstellen und präsentieren	Soziale/personale Dimension: Argumentieren und Bewerten in der Gruppe Inhaltsdimension: Ökobilanz verschiedener Mobilitätsformen
Hausaufgabe	SideQuest	Move on! Diskussionsrunde	Soziale/personale Dimension: Argumentieren und Bewerten in der Gruppe; Reflektieren über das eigene Mobilitätsverhalten
		Geschichte des Autos	Inhaltsdimension
Ökologische Aspekte	Lernpfad Mobilität & Klima	Virtuellen Lernpfad erarbeiten	Inhaltsdimension:
	Lernpfad Elektromobilität		

	Lernpfad Alternative Mobilitätskonzepte		Wissen zu verschiedenen Mobilitätsformen und ihrer Energie- & Ökobilanz
Ökonomische Aspekte	Einsparungspotential	Einstiegsaufgabe „Der eigene Schulweg“	Handlungsdimension: Ökobilanz des Schulweges erstellen
	Kostenberechnung Mobilitätskonzept		Handlungsdimension: Kostenanalyse erstellen
	SideQuest	Wie viel Energie wird benötigt, um ein Auto herzustellen?	Handlungsdimension: Well-to-Wheel-Analyse erstellen
Hausaufgabe	Erstellen eines Folders und der Präsentation eines Mobilitätskonzepts		Inhaltsdimension & Handlungsdimension: Ausarbeiten eines Mobilitätskonzepts
Abschluss	Präsentation		Personale/soziale Dimension: Präsentieren des Mobilitätskonzepts
	Rollenspiel		Personale/soziale Dimension: Argumentieren, Angebote bewerten, Überzeugen, Entscheidungen finden, Kompromisse schließen

Tabelle 1 Überblick der Aufgabenblocks, Quelle: Eigene Darstellung

4.9.3. Soziale Aspekte der Mobilität

4.9.3.1. Einordnung Kompetenzmodell

Einheit	Aufgabenblock	Unteraufgabe	Kompetenzbereich
Soziale Aspekte der Mobilität	Das mobile Verhalten der Schule	Umfrage zum Mobilitätsverhalten an der Schule im Zeitraum von zwei Monaten	Handlungsdimension: Umfrage erstellen und Daten sammeln Inhaltsdimension: Arbeiten mit Daten und diese interpretieren Soziale/personale Dimension: Reflektieren über das eigene Verhalten
		Lernpfad Statussymbol Auto	Soziale/personale Dimension: Reflektieren über Werte & Normen
		Argumentationskommode für Pro- & Contra-Argumente erstellen Öffi oder Fahrrad für den Schulweg	Soziale/personale Dimension: Argumentieren und Bewerten in der Gruppe Inhaltsdimension: Ökobilanz verschiedener Mobilitätsformen
Hausaufgabe	SideQuest	Move on! Diskussionsrunde	Soziale/personale Dimension: Argumentieren und Bewerten in der Gruppe; Reflektieren über das eigene Mobilitätsverhalten
		Geschichte des Autos	Inhaltsdimension

5. Tabelle 2 Überblick Aufgabenblock Soziale Aspekte Mobilität. Quelle: Eigene Darstellung

Die erste Aufgabe fokussiert auf der Analyse des Mobilitätsverhalten und dessen Einfluss auf die Ökobilanz. Hier beginnen eine erste Sensibilisierung und ein Bewusstsein schaffen für das Thema. In der nächsten Aufgabe setzen sich die Lernenden damit auseinander wie die Gesellschaft Mobilität- vor allem das Auto wahrnimmt. Durch das Ansehen der Diskussionsrunde werden sie mit unterschiedlichen Argumenten von Experten verschiedener Fachrichtungen zum Statussymbol Auto konfrontiert. Durch das Auseinandersetzen

mit den Aussagen der Experten und Bewerten der unterschiedlichen Argumente werden entwickeln sie erste Ansätze der Bewertungskompetenz. Die Expertenmeinungen sind Hilfestellungen beim Entwickeln eigener Argumente und der abschließenden eigenen Bewertung in Form eines schriftlichen Kommentars. Zu einer Vertiefung der Argumentations- und Bewertungskompetenz kommt in der Erstellung einer Argumentationskommode. Auf der Basis ihrer eigenen Recherchen und Analysen bilden sie Argumente, bewerten diese und lernen eine Diskussion zu führen. Diese Aufgabe ist eine Vorbereitung auf das Planspiel am Ende der EcoQuest.

4.9.3.2. Aufgaben Themenblock Soziale Aspekte der Mobilität

Zum Einstieg in den Themenblock sollen die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe „Das mobile Verhalten der Schule“ bearbeiten

Dabei sollen sie eine Umfrage über den Schulweg der Schülerinnen und Schüler der eigenen Schule erstellen und diese auch durchführen. Mit den erfassten Daten soll der dadurch entstandene Kohlenstoffdioxidausstoß berechnet. Die Daten und Erkenntnisse sollen öffentlich zugänglich in der Schule in Form eines Posters präsentiert werden. Nach zwei Monaten (im optimalen Fall) wird die Umfrage wiederholt und die Daten der beiden Durchgänge verglichen. Im Anschluss soll es eine Diskussion geben, die anregen soll, das eigene Mobilitätsverhalten zu hinterfragen. Auf den zusätzlichen Folien des Arbeitsauftrages befinden sich Hilfestellungen für die Erstellung eines Fragebogens und der Analyse der Daten. Diese Folien sind im Anhang.

Im virtuellen Lernpfad gibt es das Kapitel „Das Auto- ein veraltetes Statussymbol“. Der Arbeitsauftrag besteht aus einem Videobeitrag einer Diskussionsrunde zu diesem Thema. Anschließend sollen die Schülerinnen und Schüler einen persönlichen Kommentar als Blogeintrag auf der BLUKONE-Plattform hochladen. Die Aufgabenstellung mit Video befindet sich im Anhang. Die nächsten Aufgaben im Themenblock ist die Erstellung und Präsentation einer Argumentationskommode zum Thema „Öffi das Fahrrad für den Schulweg“. Im Rahmen einer angeblichen Schulung sollen die Schülerinnen und Schüler Argumente finden, die für und gegen diese Form der Mobilität sprechen. Dabei erstellen sie eine Ökobilanz (Kohlenstoffdioxid, Energie) und eine Kostenanalyse von Fahrrad und öffentlichen Verkehrsmitteln. Weiters analysieren sie die derzeitigen Rahmenbedingungen dafür (Gibt es Fahrradwege, Bis zu welcher Streckenlänge kann man mit dem Rad in die Schule fahren?). Außerdem setzen sie sich mit der Möglichkeit auseinander auf E-Mopeds oder E-Fahrräder umzusteigen.

Anschließend finden die Erstellung und Präsentation der Argumentationskommode statt, wo alle Argumente vorgetragen und diskutiert werden. Dabei sind jeweils eine Person verschiedener Meinungsgruppen in einem Kreis aufgestellt und diskutieren. Falls eine andere Person aus einer Gruppe sein Gruppenmitglied ablösen will, löst er diese per Schulterklopfen ab und steigt sofort in die Diskussion ein. Am Ende wird in

der Gruppe eine Entscheidung getroffen, wie man oder frau zu diesem Thema steht und wie der Lösungsvorschlag aussieht. Diese Aufgabe bereitet die Lernenden schon auf das Planspiel am Ende der EcoQuest vor.

Optional gibt es noch die Möglichkeit eine SideQuest „Move on! Diskussionsrunde“ abzuschließen. Hier diskutiert man in Persona oder online mit einer Person über die Zukunft der Mobilität. Dazu kann man die, in der Abbildung angeführten Leitfragen nutzen. Die Ergebnisse werden auf die Lernplattform hochgeladen.

4.9.4. Ökologische Aspekte der Mobilität

4.9.4.1. Einordnung im Kompetenzmodell

Einheit	Aufgabenblock	Unteraufgabe	Kompetenzbereich
Ökologische Aspekte	Lernpfad Mobilität & Klima	Virtuellen Lernpfad erarbeiten	Inhaltsdimension: Wissen zu verschiedenen Mobilitätsformen und ihrer Energie- & Ökobilanz
	Lernpfad Elektromobilität		
	Lernpfad Alternative Mobilitätskonzepte		

Tabelle 3 Überblick Aufgabenblock Ökologische Aspekte. Quelle: Eigene Darstellung

Der Schwerpunkt des virtuellen Lernpfades liegt auf den ökologischen Aspekten der Nachhaltigkeit. In diesem Themenblock sollen die Schülerinnen und Schüler Basiswissen zum Themengebiet erlernen. Dazu gehören die physikalischen Grundlagen zum Klimawandel sowie Mobilität als bedeutender Einflussfaktor. Außerdem erlernen sie hier Wissen für Bewertungs-&Analyseprozess. Durch die Themengebiete „Zusammenhang Mobilität und Treibhauseffekt“, „ökologischer Fußabdruck“ oder auch „Pro- und Contra-Analyse der Elektromobilität“ versucht dieser Themenblock zwei Säulen der Nachhaltigkeit (Ökologie und Soziales) miteinander zu verbinden.

4.9.4.2. Themenblock Ökologische Aspekte Mobilität

Der Themenblock Ökologische Aspekte beinhaltet das Erarbeiten des Lernpfades. Die drei Kapitel „Mobilität & Klima“, „Elektromobilität“ und „Alternative Mobilitätskonzepte“ bilden dabei den Themenblock komplett ab. Der Lernpfad befindet sich zur Nachlese im Anhang. Das Kapitel „Mobilität & Klima“ behandelt den Treibhauseffekt sowie die Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts auf das Klima. Dazu wird der Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt und Verkehr und die Auswirkungen

erklärt. Außerdem die Schülerinnen und Schüler was der ökologische Fußabdruck angibt und wie man ihn berechnen kann. In „Elektromobilität“ werden Antriebe mit Verbrennungsmotoren, sowie Elektromotoren und Hybride dargestellt und miteinander verglichen. Schwerpunkt liegt, aber auf der Elektromobilität. Es werden die Vor- und Nachteile von Elektroautos, sowie ihre Ökobilanz recherchiert und auch die Problematik der E-Tankstellen bzw. der Energiespeicherung in Batterien thematisiert. In „Alternative Mobilitätskonzepte“ werden Carsharing, Park- and- Ride- Systeme sowie Konzepte für Mobilität am Lande thematisiert.

4.9.5. Ökonomische Aspekte der Mobilität

4.9.5.1. Einbettung im Kompetenzmodell

5. Einheit	Aufgabenblock	Unteraufgabe	Kompetenzbereich
Ökonomische Aspekte	Einsparungspotential	Einstiegsaufgabe „Der eigene Schulweg“	Handlungsdimension: Ökobilanz des Schulweges erstellen
	Kostenberechnung Mobilitätskonzept		Handlungsdimension: Kostenanalyse erstellen
	SideQuest	Wie viel Energie wird benötigt, um ein Auto herzustellen?	Handlungsdimension: Well-to-Wheel-Analyse erstellen
Hausaufgabe	Erstellen eines Folders und der Präsentation eines Mobilitätskonzepts		Inhaltsdimension & Handlungsdimension: Ausarbeiten eines Mobilitätskonzepts
Abschluss	Präsentation		Personale/soziale Dimension: Präsentieren des Mobilitätskonzepts
	Rollenspiel		Personale/soziale Dimension: Argumentieren, Angebote bewerten, Überzeugen, Entscheidungen finden, Kompromisse schließen

Tabelle 4 Überblick Ökonomische Aspekte & Abschluss. Quelle: Eigene Darstellung

Im letzten Teil der Präsentation geht es primär um die Kosten des Angebotes. Dazu kommt das Bewerten und Argumentieren der Kostenvoranschläge der anderen Gruppen in der Abschlussdiskussion. Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt in der sozialen/personalen Dimension, da das erarbeitete Wissen für die Mitschülerinnen und Schüler aufgearbeitet werden muss (Bartosch et al, 2014)

4.9.5.2. Themenblock Ökonomische Aspekte der Mobilität

Zum Einstieg gibt es die Aufgabe wie viel Kohlenstoffdioxid und Geld jeder einsparen könnte, wenn er sein Mobilitätsverhalten ändern würde. Wieder wird der Schulweg genommen, um die Aufgabenstellung übersichtlich zu halten.

Ziel dieser Aufgabe ist es, sich mit einfacher Kostenrechnung vertraut zu machen. Bereits im Themenblock „Soziale Aspekte“ wurde bei der „Fahrrad oder Öffis“-Aufgabe verlangt einfache Kosten-Nutzen-Rechnungen zu erstellen. Diese Aufgabe dient zur Fokussierung auf den ökonomischen Schwerpunkt. Der Hauptteil des Themenblocks liegt auf der Abschlussarbeit. Ziel ist es ein Angebot für ein nachhaltiges Mobilitätskonzept zu erstellen. Jedoch ist das Budget für dieses Angebot festgelegt. Die Schülerinnen und Schüler müssen Preise recherchieren, Kostenvoranschläge erstellen und eventuell auch ihre Mobilitätskonzepte überarbeiten. Wichtig hier ist neben den Anschaffungskosten auch die laufenden Kosten oder Wartungskosten zu beachten.

6. Forschungsdesign

Die beiden Kernpunkte dieser Forschungsarbeit sind der Umgang der Lernenden mit dem Lernpfad und seine Weiterentwicklung. Der Untersuchungsschwerpunkt beim Umgang mit dem Lernpfad liegt darauf, welche Aufgaben als schwierig empfunden werden, was die Gründe dafür sind und wie diese angepasst werden können. Dabei ist ein guter Indikator für den Kompetenzerwerb der Vernetzungsgrad der Argumente (Sakschewski & Bögeholz, 2014). Er gibt an, wie stark die Schülerinnen und Schüler die drei verschiedenen Aspekte der Nachhaltigkeit in der Bewältigung ihrer Aufgaben verknüpfen.

Ein weiterer Forschungsfokus liegt im Planspiel am Ende der EcoQuest 2. Hier wird ein Mobilitätskonzept für einen Betrieb erstellt sowie in der Gruppe bewertet und diskutiert. Das reflektierte Argumentieren und Bewerten des eigenen Konzepts neben anderen Konzepten (aus den Bereichen Passivhaus, Photovoltaik und Lichttechnik) und die komplexe Lösungsfindung werden hier beobachtet und analysiert. Dabei wird in der Begründung und Bewertung der eigenen Entscheidung sichtbar, wie einerseits das Fachwissen aus der Lernumgebung eingesetzt wird. Andererseits wird hier in der Diskussion auch der Vernetzungsgrad der sozialen Kompetenzen mit den ökonomischen und ökologischen deutlich. Interessant zu beobachten ist auch die Wertigkeit und Wahrnehmung von Mobilität in Bezug auf Energiemanagement und Gesellschaft.

6.1. Forschungsfragen

Leitend für meine Untersuchungen sind folgende Forschungsfragen:

- Welche Lernschwierigkeiten haben SchülerInnen bei der Auseinandersetzung mit der Lernumgebung?
 - Welche Schwierigkeiten treten auf?
 - Wie bewältigen sie die Aufgaben?
 - Welche Hinweise auf den intendierten Kompetenzerwerb werden sichtbar
 - Wie gelingt es den Lernenden die einzelnen Aspekte (Soziales, Ökonomie und Ökologie) zu verknüpfen?
- Wie setzen die Lernenden ihr erworbenes Wissen im abschließenden Planspiel um?
 - Wie argumentieren und bewerten die Lernenden ihr Mobilitätskonzept in der Gruppendiskussion
 - Wie gut verknüpfen sie die Nachhaltigkeitsaspekte beim Bewerten der einzelnen Angebote?
 - Welches Verständnis eines Nachhaltigkeitsbegriffs lässt sich daraus erkennen?
 - Welchen Stellenwert hat Mobilität als „Energiesparmaßnahme in der Gesellschaft?
 - Welche Wertigkeit hat Mobilität in den anderen drei Bereichen in der Diskussion?
 - Wie stark assoziieren die Lernenden Mobilität mit Nachhaltigen Energiemanagement bzw. allgemeinen Energiekonsum?

6.2. Datenerhebung

Anfangs wurden zwei Testläufe mit der Rohfassung der Lernumgebung an der HTL Hollabrunn und der HTL Donaustadt durchgeführt. Dabei wurden Video- und Audioaufnahmen sowie schriftliche Notizen gemacht. Im ersten Durchlauf hat es sich allerdings ausschließlich digitale Bearbeitung als problematisch herausgestellt: Netzwerkprobleme, aber auch die für die Lernenden unklaren Nummerierungen und Bezeichnungen der Dateien führten zu einer Überarbeitung der Struktur der Lernumgebung. Dieser überarbeitete EcoQuest Mobilität ist die Basis für diese Untersuchung. Der Lernpfad samt Planspiel wurde an der HTL Hollabrunn, HTL Pinkafeld und HTL Donaustadt getestet. Dabei wurden die Präsentationen des Mobilitätsangebots sowie das Planspiel am Ende der EcoQuest 2 per Video und Audio aufgenommen. Um die Datenerhebung beim Planspiel analysieren zu können wurden Audio- und Videoaufnahmen transkribiert und nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) analysiert.

6.3. Datenanalyse

Mithilfe der Key Incident- Methode nach Kroon wurden die für die Forschungsfragen relevanten Stellenausgesucht und transkribiert. Diese Stellen wurden mit der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring kategorisiert. Dabei wurde das Programm MaxQDA 2020 verwendet. Die Kategorien samt Ankerbeispiele sind im Kapitel 5.3.2. dargestellt. Ausgehend von diesen Daten wurde der Lernpfad überarbeitet und eine Evaluation des finalen Lernpfades bezüglich des BLUKONE Kompetenzmodell vorgenommen

Für die qualitative Analyse des Lernpfades und dessen Weiterentwicklung werden die Transkripte der Angebotspräsentationen der Mobilitätsgruppen zugrunde gelegt.

Zur Analyse der Transkripte wird die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2000) kombiniert mit der key incident Methode (Kroon & Sturm, 2002) angewendet.

6.3.1. Qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring

Die qualitative Inhaltsmethode ist eine systematische Methode zur Textanalyse (Krüger & Riemeier, 2014), mit welcher man regelgeleitet Interview- oder Gruppendiskussionen analysieren kann. Ziel der Analyse ist es die individuellen Vorstellungen zu einem Bereich zu rekonstruieren. Bei der Vorgehensweise der Analyse unterscheidet man zwischen der induktiven Kategorienentwicklung und der deduktiven Kategorienanwendung.

Für diese Arbeit wurde das Datenmaterial auf Key Incidents untersucht, welche die Diskussion und Bewertung des Mobilitätsangebots beinhalten. Dabei konnte man aus diesen Incidents Kategorien für die qualitative Inhaltsanalyse ableiten, welche abstrahiert und zu Überkategorien zusammengefasst worden sind. Für die Kategorien wurden Ankerbeispiele gefunden, angegeben und Regeln für das weitere Finden solcher Kategorien bestimmt.

Dabei wurden Präsentationen aus drei unterschiedlichen Klassen und die Planspiele von vier dazugehörigen Gruppen analysiert. Der Kodierleitfaden für das Datenmaterial befindet sich im Anhang.

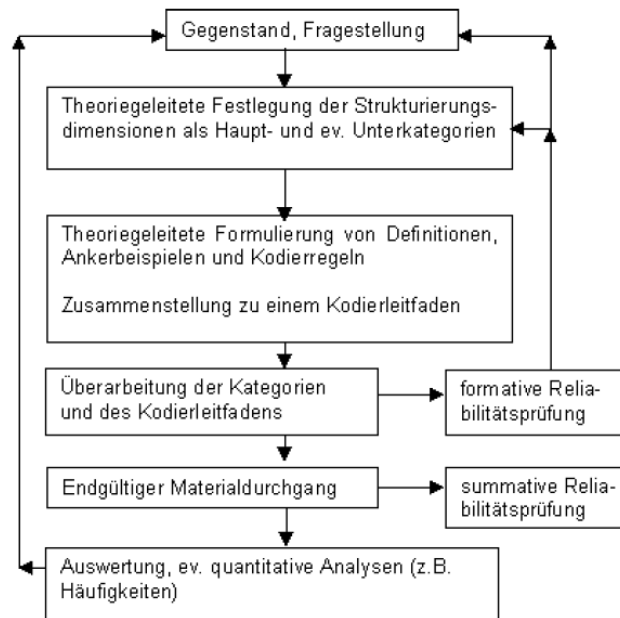


Abb. 2: Ablaufmodell deduktiver Kategorienanwendung (vgl. MAYRING 2000) [14]

2Ablauf deduktiver Kategorienanwendung nach (Mayring, 2000)

Bei der induktiven Kategorienentwicklung wird ausgehend von der Forschungsfrage wird Definitionskriterium festgelegt „...., dass bestimmt welche Aspekte im Material berücksichtigt werden sollen, und dann schrittweise das Material danach durchzuarbeiten.“ (Mayring, 2000). Anschließend werden die dadurch entstandenen Kategorien durch Rückkopplungsprozesse überarbeitet und nach quantitativen Aspekten ausgewertet. Der genaue Prozess ist in der folgenden Grafik dargestellt.

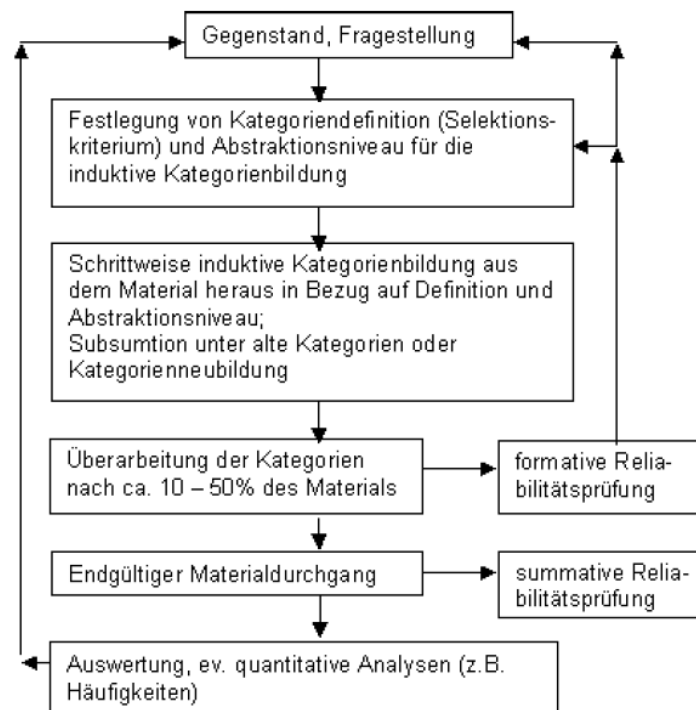


Abb. 1: Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung (vgl. MAYRING 2000)

3: Ablaufmodell induktiver Kategorienbildung nach (Mayring, 2000)

Bei der deduktiven Kategorienanwendung legt man vorher schon theoretisch begründete Auswertungsaspekte fest. Analysieren des Materials bedeutet zu den festgelegten Kategorien Textstellen zuzuordnen. In der nächsten Abbildung wird dieses Verfahren aufgezeigt.

Bei den Audio- & Videoaufnahmen der Planspiele wurden key incidents, die die Diskussion des Mobilitätskonzepts beinhalten transkribiert und nach Mayring kategorisiert. Dabei wurde analysiert, wie das Angebot in der Gruppe bewertet wurde. Bei den Präsentationen wurde analysiert wie die drei Aspekte der Nachhaltigkeit (soziales, ökonomisches und ökonomisches) im Angebot dargestellt worden sind und wie das erworbene Wissen aus dem Lernpfad umgesetzt worden ist.

6.3.2. Kodierbeispiel

Aufgrund der Datenmenge werden einzelne Szenen, die bestimmte Kategorien bzw. Werte der Schülerinnen und Schüler darstellen exemplarisch herausgenommen und in den Ergebnissen dargestellt. Die ausführlichen Transkripte und Kategorisierung befinden sich im Anhang.

Während der Datenanalyse wurden die Transkripte auf key incidents untersucht. Key incidents sind Abschnitte in den Präsentationen oder Diskussionen, die die Anwendungen oder Bildung von Kompetenzen erkennen lassen. Aus diesen key incidents lassen sich nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2000) Kategorien (Codes). Anschließend werden diese zu Oberkategorien

zusammengefasst. Für die Codes werden Regeln, Ankerbeispiele aufgestellt, um weitere Instanzen in den Daten zu finden bzw. für Referenzzwecken. Diese Codesliste ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Gruppe	Arbeitsphase	Inhaltliche Kategorie	Unterkategorie
	P Präsentation Mobilitätskonzept	1 Persönliche Einstellung zum Thema	A Persönliche Gewichtung Mobilität in der Lebenswelt
		2 Verständnis Nachhaltigkeit	B Nachhaltig bedeutet keine zusätzlichen Produktionen oder Ressourcen
			C Nachhaltig bedeutet weniger Energie wird gebraucht
		3 Verständnis für Energie	D Energie produzieren und Selbstversorger sein
			E Verbrauchsgedanke
			F Spargedanke
			G Zusammenhang Energie, Auto & Akku
		4 Entwickelte Mobilitätskonzept	H Änderungsvorschläge Angebot
			I Elektromobilität
			J alternative Mobilitätskonzepte
		5 soziale Aspekte	K Auswirkungen auf Schulleben
			L Nutzen für die Schule
			M persönliche Vor- und Nachteile
		6 ökologische Aspekte	N umweltfreundlich
			O

			Gesundheit
			P Zusammenhang Mobilität Klima
		7 Image/ Prestige	Q Elektromobilität
			R Automarken
		8 technische Daten	
		9 ökonomische Aspekte	S Kosten-Nutzen
			T Rentabel
			U Kosten
		10 Einfluss des Einzelnen ist vernachlässigbar	
		11 Lernendenvorstellungen	

Tabelle 5 Kodierleitfaden- Quelle: Eigene Darstellung

Exemplarisch wird hier ein Code samt Regel, Ankerbeispiel und weitere Referenzquellen dargestellt. Im Anhang befindet sich der detaillierte Kodierleitfaden samt Regeln und Ankerbeispiel.

Ein Code, der in unterschiedlichen Gruppendiskussionen auftaucht, ist **„Der Einfluss des Einzelnen ist vernachlässigbar“**. Dieser Code wird immer dann angewendet, wenn Schülerinnen und Schüler den persönlichen Einfluss durch ihr Mobilitätsverhalten auf den Gesamtenergiebedarf relativieren. Im Transkript g2-schule2-mic2 (siehe Anhang) werden im Rollenspiel alle Angebote bewertet. Beim Angebot Mobilität scheiden sich die Geister und es kommt zur Aussage

Person 4 „also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht. (G2-S2-R-10).

Diese Aussage wurde als Ankerbeispiel für den Code verwendet. Im Laufe der hitzigen Diskussion kommt von Person 4 noch ein weiteres Argument, dass die obige Aussage für ihn untermauert und die Diskussion für beendet erklärt

Person4 zweitens mal- nein- es geht eher darum wie viele Wege werden jetzt maximal von der HTL Hollabrunn gemacht.-

Person2 Das ist nicht das Entscheidende. Das Entscheidende-

Person4 der fährt vielleicht zweimal pro Tag fährt der we-

Person2 das Entscheidende (G2-S2-R-10).

Im Transkript g3-schule2-mic3 wird das Mobilitätskonzept nicht als relevantes Angebot für das Energiemanagement gesehen. Obwohl in den Angeboten nie davon die Rede ist, nehmen die Schülerinnen und Schüler immer an, dass nur ein Auto für eine Person, meist der Schulwart, angeschafft wird. Dabei wird folgende Argumentationslogik angewendet

[0:13:21] **Person 1** Mobilität. Schauen wir uns die Zettel von der Mobilität an

Person2 Achso, das E-Car.

Person3 Das ist meiner Meinung nach unnötig, weil der Schulwart wird nicht so viel fahren. Das Auto wird eigentlich nicht so viel benutzt (G3-S2-R-10)

Alle drei Szenen zeigen, dass der Einfluss des Mobilitätsverhalten relativiert wird und nicht als Möglichkeit das Energiemanagement der Schule nachhaltig zu beeinflussen. Die folgende Tabelle ist ein Ausschnitt aus dem detaillierten Kodierleitfaden und zeigt die Kategorisierung des beschriebenen Codes.

Werte	Mobilität ist nicht relevant für ein nachhaltiges Energiemanagement	
Kategorie	10 Einfluss des Einzelnen ist vernachlässigbar	11 Mobilität steht in keinem Zusammenhang mit Energiebedarf
Regel	Immer, wenn jemand behauptet, dass sein Betrag zum Klimawandel durch das Mobilitätsverhalten vernachlässigbar ist	Immer, wenn Mobilität als nicht wichtig für das Energiemanagement betrachtet wird
Ankerbeispiel	also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht.	Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen
Kodifizierung	G2-S2-R-10	G1-S3-R-11

Tabelle 6: Ausschnitt Kodierleitfaden. Quelle: Eigene Darstellung

7. Evaluation und Weiterentwicklung des Lernpfades

7.1. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden anhand der einzelnen Oberkategorien dargestellt. Die Kategorie „Einfluss des Einzelnen ist vernachlässigbar“ wurde schon in Kapitel 5.3.2. als Vorzeigebeispiel behandelt.

6.1.1. Lernendenvorstellungen

Bei den Präsentationen der einzelnen Mobilitätskonzepte versuchten die Schülerinnen und Schüler zu begründen, warum Mobilität für ein Nachhaltiges Energiemanagement relevant sei. Bei einer Gruppe kam es dabei zur folgenden Aussage

[0:01:23] Person 3 Tag, mein Name ist A und wir sind die Rainbow Coperation und wir haben das Thema Mobilität. Also, einmal was ist Mobilität. Mobilität setzt sich mit dem Thema Klima auseinander. das hat mit dem Treibhauseffekt zu tun und der für das Klima auf der Erde notwendig ist und die zwei Emissionen des Autos werden in Gramm pro Kilometer angegeben (G1-S1-P)

Erstens wird hier sichtbar, dass den Lernenden die Begriffe Mobilität, Klima und Treibhauseffekt und deren Zusammenhang nicht klar sind. Zweitens vermischen sie hier die einzelnen Begriffe und der zentrale Aspekt- der Einfluss von Mobilität auf das Klima und wie sich das Mobilitätsverhalten auf den Treibhauseffekt auswirke- geht komplett verloren. Weiters erkennt man, dass Mobilität nur mit Autoverkehr verbunden wird. Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt werden nur durch Emissionen messbar, während die Tatsache, dass man den Fahrzeugen in irgendeiner Form Energie zur Verfügung stellen muss, während der ganzen Präsentation kaum thematisiert wird. Einziger Bezug zum Thema Energie ist der Tankstellenfinder in der vorgestellten App. In einer weiteren Präsentation wird Mobilität wieder nur mit Kraftfahrzeugen assoziiert. Bei den Auswirkungen von Mobilität auf das Klima wird nur die Schadstoffemission thematisiert und der Bezug zum Energiegebrauch weggelassen

Ein Großteil, circa 96% entsteht durch CO2 Emissionen , die weit aus den Treibhauseffekt beschleunigen und diese Treibhausgase werden wiederum durch 80% von den Kraftstofffahrzeugen produziert und ein weiterer Punkt ist, die meisten Kraftfahrzeuge bestehen heutzutage aus fossilen Brennstoffen, also fahren mit Sprit, zum Beispiel Benzin, Diesel (S2-P-11)

Im Laufe dieser Präsentation wird auf das Thema Elektromobilität eingegangen und auch die Vor- und Nachteile besprochen. Dabei wird als Vorteil genannt, dass Kohlenstoffdioxid lediglich bei der Strombereitstellung produziert wird. *Das heißt nur zur Produktion von Strom wird eine CO2 Emission erzeugt. (S2-P-11)*

Die Emissionen, die während der Herstellung und Transport der Fahrzeuge entstehen, fallen hier komplett weg.

6.1.2. Verständnis Nachhaltigkeit

Bei der Analyse kam hervor, dass die Schülerinnen und Schüler unter Nachhaltigkeit verstehen, dass entweder kaum bzw. keine Ressourcen verwendet werden oder Energie „gespart“ wird. Während einer Diskussion wurde das Beleuchtungsangebot, als nachhaltig bewertet, weil „. *man braucht nichts zusätzlich produzieren oder so.*“ (G1-S2-R-3). Unterstützt wird dieses Argument mit dem Nachsatz „*also braucht halt weniger Energie*“ (G1-S2-R-3). Kurz darauf wird das Mobilitätskonzept bewertet. Hier ist die Kohlenstoffdioxidemission entscheidend bei der Bewertung „*und beim Mobilitätskonzept ist halt so, da braucht man für die Stromgewinnung schon mal sau viel... CO2... deswegen ist weniger nachhaltig tät i sogn*“ (G1-S2-R-3). Interessant ist hier, dass der Vergleich zu Kraftfahrzeugen komplett wegfällt. Die Photovoltaikanlage wird nachhaltiger, als das Mobilitätskonzept bewertet, weil „*ja, Silizium ist viel vorhanden hats geheißen*“ (G1-S2-R-3). In einigen Gruppen wurde ein Punkteschema (1-10Punkte) benutzt, um die Angebote zu bewerten. Bei der Bewertung des Mobilitätskonzepts spielt die Herstellung der Elektroautos eine große Rolle

Person2 *Mobilität, sicher?*

Person3 *bei der Herstellung-*

Person2 *5... zwischen 0 und 10. sind 4 zu wenig*

Person3 *Das ist auch grad nicht gut für die Umwelt (G1-S2-R-3)*

Interessant ist, dass nur bei der Elektromobilität das Herstellungsverfahren in die Bewertung einfließt, aber bei den anderen Angeboten nicht. In den anderen Gruppen wurden die Angebote nicht explizit auf ihre Nachhaltigkeit bewertet.

Nachhaltigkeit wird nur mit ökologischen und ökonomischen Aspekten in Verbindung gebracht, während die sozialen Aspekte nicht relevant sind. Vor allem scheint es den Schülerinnen und Schülern wichtig zu sein „Energie und Emissionen zu sparen“. Für das Erreichen des Ziels werden nur technische Lösungen (andere Lampen) und keine Verhaltensänderungen in Betracht gezogen. Interessant hier ist, dass das Elektromobilitätskonzept aufgrund des benötigten Stroms von einer Person ökologisch schlechter bewertet wird als andere Konzepte. Während der restlichen Diskussion wird der ökologische Fußabdruck der Photovoltaikanlage, die ja auch elektrische Energie bereitstellt, nicht beachtet und fließt auch nicht in die ökologische Bewertung ein.

6.1.3. Verständnis Energiebegriff

Das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für Energiemanagement begrenzt sich auf die Themen Energie einsparen oder Energie produzieren, um energieautark zu sein.

Auch der PR-Manager findet das Mobilitätskonzept nicht relevant für ein Energiemanagement, weil wieder der Einfluss des Einzelnen auf den Energiebedarf relativiert wird.

Person 1 also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht. wenn man jetzt ein Auto umstellt auf Elektro, das macht nichts Großartiges, sag ich mal. deswegen find ich das jetzt nicht wirklich klug, wenn man das macht und ich würde ehrlich gesagt auch sagen Solar, weil das einfach Strom erzeugt. die HTL Hollabrunn wirds sicher noch länger geben als 15 Jahre und dann rentiert sich das auch und dann passt das auch so.

Außerdem wird wieder argumentiert, dass es am wichtigsten sei für das Nachhaltige Energiemanagement elektrische Energie zu produzieren und energieautark zu sein.

Eine weitere interessante Aussage zum Thema „Energie sparen“ ist folgende:

[00:14:35] **Person4** also, ich hätte mal gesagt, dass wir das mit der Photovoltaikanlage nehmen, weil wir ja sehr viel Energie brauchen und im Sommer, zum Beispiel könnten wir es auch mit dem Internat- im Sommer ist das Internat besetzt-dass wir die Energie, die wir hier produzieren auch im Internat verwenden könnten. Dann find ich die Beleuchtung auch ziemlich gut, weil schon allein, abgesehen, dass wir 60% Energie einsparen, könnten wir das auch mit der Photovoltaikanlage kombinieren.

Die Schülerinnen und Schüler verstehen unter einem Nachhaltigen Energiemanagement energieautark zu werden, d.h. so viel Energie bereit zu stellen wie möglich und technische Anwendungen zu nutzen, die weniger Energie benötigen. Dabei verlassen sie sich auf relative Werte wie „60% Energie einsparen“. Wie viel Energie sie konkret in kWh einsparen ist dabei nicht so relevant und wie viel die Beleuchtung zum gesamten Energiekonsum beiträgt. In den Diskussionen kommt auch hervor, dass Photovoltaik das beste Angebot ist, weil man noch mehr Strom produzieren kann. Vor allem in Kombination mit dem Beleuchtungsangebot wirkt das Angebot für die Schülerinnen und Schüler attraktiv, weil „wennst mal Beleuchtung und Photovoltaik hast, ist schon super [] wennst Beleuchtung hast, wennst LED hast, dann brauchst bei der Photovoltaik viel weniger Stromverbrauch“. Mobilität wird von den Schülerinnen und Schüler nicht mit Energie in Verbindung gebracht, wie man in der Entscheidungsfindung sehen kann „Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen.“ Im Gegensatz dazu wird als häufiges Argument gegen Elektroautos die Akkus genannt. Sie werden als teuer mit geringer Laufzeit bewertet.

„Renault ist derzeit so, die bauen Akkus ein und man kann sich direkt die Akkus tauschen lassen gegen eine Gebühr von 70 Euro pro Jahr und leider haben diese Akkus eine begrenzte Lebensdauer. Das heißt irgendwann müssen sie sowieso gewechselt werden und das eher ein Nachteil“ (S2-P)

Dazu kommt, dass angeblich der Akku ständig kaputt sei und ausgewechselt gehört- was auch zu einer Kostenbelastung führen könnte.

Person3 Batterie wird halt ständig hin

Person2, wenn du jedes Monat (G1-S2-R-)

6.1.4. soziale Aspekte

In zwei Mobilitätskonzepten sind die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit vertreten. Beim ersten Angebot- die entwickelte App- kann man hier die Usability, das heißt einzelne Anwendungen der App nennen, die in der App zusammengefasst wurden, verstehen. Einerseits der Erinnerungsservice für zahlreiche Anwendungen, andererseits der Notruf bei Pannen beim ÖAMTC „des Weiteren gibt es einen Button, der eingebaut ist. Jeder von euch kennt sicher die ÖAMTC-Hilfe, also wenn er eine Panne hat oder so, kann er den ÖAMTC rufen und wenn man den Button drückt, wird das Handy geortet und der ÖAMTC weiß sofort, wo er hinfahren muss. Es wird direkt an die Zentrale gesendet.

Beim anderen Angebot wird die Überdachung der Busbucht vorgeschlagen. Die Überdachung der Busbucht wird in der Diskussionsrunde positiv gesehen, weil es zu einer Verbesserung des Schulalltags für die Schülerinnen und Schüler empfunden wird.

Person3 *Was für mich dann auch noch wichtig wäre, ist Mobilität und die Überdachung von der Busbucht, weil ich schon von mehreren Schülern gehört habe, dass, wenn es regnet, ziemlich blöd ist, wenn man dann im Regen zum Bus muss und dann in der Wartezone gibt es ziemlich viel Gedränge. Das wäre für mich noch ein Anliegen gewesen. das wars*

Ein Thema, der sich durch alle Präsentationen und Rollenspiele zieht, ist das Kombinieren der Angebote mit Diplomarbeiten für die Schülerinnen und Schüler. „Also ist es möglich, dass man das mit einer Diplomarbeit koppeln kann? dass das die Schüler planen und ausführen“ (G1-S3-R-)

Wobei wichtig ist, dass die Schülerinnen und Schüler selbst Hand anlegen dürfen. In einer Diskussion wird der Aspekt deutlicher, weil

„, wenn Sie jetzt dafür wären, dass wir da ein Elektroauto einsetzen, dann soll die HTL selber ein Konzept wie es vielleicht ist. derzeitige Auto in Elektroauto umbauen können, weil das wäre vielleicht auch eine Diplomarbeit für ein paar Schüler“ Auch bei der Entscheidungsfindung ist die Möglichkeit bei der Umsetzung des Angebots eine Diplomarbeit zu verfassen ein Vorteil, z.B.: „Photovoltaik eben wegen der Diplomarbeit und (G1-S3-R)

6.1.5. ökologische Aspekte

Die ökologischen Aspekte der Angebote wurden kaum in den Diskussionen behandelt. Einzig der Vorteil eines neuen Beleuchtungssystems, wenn man die vorhandenen Energiesparlampen aufgrund „, wenn man mit den Giftstoffen, sondern a LEDs“ auf LED umsteigt. (G1-S3-R)

Bei den Mobilitätskonzepten wird der Zusammenhang von Mobilität und Treibhauseffekt lediglich auf den Kohlenstoffdioxidausstoß reduziert und stellt die Verstärkung von erforschten

Lernendenvorstellungen dar (Kap. 6.1.1) Bei der Elektromobilität werden als Vorteile “ wir haben keine Emissionen und kein CO2 Ausstoß. (S2-P) angeben. Generell fließen die ökologischen Aspekte der

Nachhaltigkeit kaum in die Entscheidungsfindung ein. In den Diskussionen werden die Mobilitätskonzepte auf den Emissionsausstoß reduziert, wobei „und beim Mobilitätskonzept ist halt so, da braucht man für die Stromgewinnung schon mal sau viel... CO2“ (G1-S2-R).

Beim Angebot – die entwickelte App- sind alle Aspekte der Nachhaltigkeit vertreten. Als ökonomischer Aspekt wird hier der Routenplaner genannt, welcher die energieeffizienteste Route vorschlägt. Dazu wird noch eine Tankstellenortung angeboten, die die aktuellen Spritpreise angibt.

Person 6 des Weiteren haben wir eine Start-Ziel-Führung, die rechnet aus dem energieeffizientesten Weg und den kürzesten und daraus einen Mischmach macht er dann und dann eine Route aus. Es gibt auch eine Tankstellenortung, das heißt man kann eingeben, wo man ist und die nächsten Tankstellen sind angezeigt mit den Benzinpreisen dazu

6.1.6. ökonomische Aspekte

Generell sind die Kosten in allen Gruppen ein wichtiger Entscheidungsfaktor.

Die Schülerinnen und Schüler benutzen eine Bewertungsskala von 1 bis 10 Punkten um jedes Angebot in den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Soziales zu bewerten.

[0:12:17] **Person 1** so, weiter. Gehen weiter das Nächste. Mobilität

Person2 Mobilität. Es ist nicht das Sinnvollste, deswegen geben wir weniger (Punkte)

Person3 und was geben wir jetzt an Punkten?

Person4 also bei Ökologie ist es eigentlich schon gut

Person2 da tät i sogn 4, nein 2.

Person4 was 2, nein. 10 ist das beste. da kannst du schon 8 Punkte

Person 1 Nein, 7,8. Ich tät 7 machen.

Person2 Photovoltaik kriegt mal überall 10

Person 1 nein

Person2 sicher

Person4 nein, Ökonomie ist nur 3 Punkte

Diese Aussage ist interessant, weil erstens Mobilität nicht als „sinnvollste“ Lösung erachtet wird, wobei zunächst nicht ersichtlich ist, was unter sinnvoll verstanden wird. Beim Bearbeiten der Gruppendiskussionen erkennt man, dass sinnvoll gleichgesetzt wird mit kostengünstig wird.

Häufiges Gegenargument bei der Elektromobilität sind die Kosten. Schülerinnen und Schüler beschreiben die Investition in Elektromobilität als unnötig, weil sie es als zu teuer empfinden.

Person 3 ja, ich mein, das rentiert sich für die Schule einfach nicht, dass sie sich ein Elektroauto zulegt

Person 1 vor allem, das ist so scheiß teuer. (G3-S2-R)

In einer weiteren Diskussion sind auch die relativen Kosten der Mobilität entscheidend gegen das Angebot.

Person 1 und bei Mobilität...ja, das kostet halt sau viel-

Person3 Batterie wird halt ständig hin

Person2 wenn du jedes Monat (G1-S2-R)

Argumentiert wird dabei, dass es sich nicht rentiert. Wichtig für die Schülerinnen und Schüler ist es, dass sich jede Anschaffung finanziell rentiert.

Person 1 also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht. wenn man jetzt ein Auto umstellt auf Elektro, das macht nichts Großartiges, sag ich mal. deswegen find ich das jetzt nicht wirklich klug, wenn man das macht und ich würde ehrlich gesagt auch sagen Solar, weil das einfach Strom erzeugt. die HTL Hollabrunn wirds sicher noch länger geben als 15 Jahre und dann rentiert sich das auch und dann passt das auch so. (G2-S2-R)

Außerdem versuchen die Schülerinnen und Schüler „optisch“ das Meiste für das Geld zu erhalten

Person3 Solar find ich gut. Elektroauto find ich auch okay, aber ich wär eher noch für Solar, weil man da viel von der HTL einfach abdecken kann (G2-S2-R).

Hohe Kosten werden mit großer Abdeckungsfläche der Photovoltaik gerechtfertigt.

6.1.7. Mobilität ist nicht relevant für ein Energiemanagement

Interessant wird es hier nach zehn Minuten Diskussion. Der Energiemanager bewertet die Anschaffung eines Elektroautos. Ein starkes Argument gegen den Kauf ist, dass die Technologie noch nicht ausgereift genug ist und wieder einmal wird die Summe der Wege, die zurückgelegt wird relativiert und der Einfluss des Einzelnen auf den Gesamtenergiebedarf heruntergespielt. Auffallend ist, dass Person 2 zwar Gegenargumente bringen möchte, aber von Person 4 komplett abgeblockt wird, der den Bau einer Solaranlage verfolgt.

[0:10:20] **Person3** Licht ist auch unnötig. Wir haben genug Licht.

Person1 also was würden sie jetzt ausschließen?

Person2 ja, das Licht. und das

Person 1 also unser Betriebsrat schließt das Licht aus. als nächstes würden wir gern unseren Energiemanager. was würden Sie ausschließen und was würden Sie empfehlen?

Person4 aber ja aber nein ähm aber ja aber nein [] Ich würde ausschließen die Mobilität, weil... Es ist meiner Meinung nach nicht sinnvoll, dass man sich jetzt extra ein Elektroauto statt einem Diesel- oder Benzinauto anschafft, weil-

Person2 noch nicht genug ausgereift ist

Person4 genau. weil es erstens noch nicht genug ausgereift ist und zweitens mal- nein- es geht eher darum wie viele Wege werden jetzt maximal von der HTL Hollabrunn gemacht.-

Person2 Das ist nicht das Entscheidende. Das Entscheidende-

Person4 der fährt vielleicht zweimal pro Tag fährt der wer

Person2 das entscheidende

?? Du kommst eh gleich zu Wort

Person4 Meiner Meinung nach wäre eine ausgereifte Solartechnikanlage am sinnvollsten. Das mit den Lampen [lange Pause, pfeifen]

?? is ja wurscht oida

Wieder einmal wird Elektromobilität als teuer und nicht rentabel erachtet. Dabei werden hauptsächlich die Anschaffungskosten betrachtet. Ein weiterer Schüler argumentiert, dass Elektromobilität vorteilhaft für das Image der Schule wäre, worauf ein anderer kontert, dass das nur der Fall sei, wenn die Schülerinnen und Schüler herkömmliche Autos in Elektroautos umbauen würde. Bei der Bewertung der Diskutierenden des Mobilitätskonzept liegt der Schwerpunkt eindeutig bei der technischen Umsetzbarkeit. Ökologische Optionen, die bei den technischen Aspekten dazukommen, werden positive gesehen, sind aber nicht notwendig. Ideen oder Konzepte, wo es zu einer Änderung des Mobilitätsverhalten kommt und auch den Kauf eines Elektroautos rechtfertigt, kommen in den Diskussionen nicht vor bzw. werden im Keim erstickt.

Das Prestigeobjekt Elektromobilität wird im weiteren Verlauf der Diskussion noch weiter zerlegt. Ein Diskutant hält an der Idee fest, dass nur der technische Umbau der Fahrzeuge ein Prestigeprojekt sei. Der tatsächliche Nutzen des Umbaus und die weitere Verwendung dieser Autos sind dabei nicht mehr relevant. Stattdessen argumentiert er mit den bereits bestehenden E-Tankstellen im Ort und deren angeblicher Nichtnutzung.

Person3 Herr Betriebsrat, ja [] schauens her, wenn Sie jetzt dafür wären, dass wir da ein Elektroauto einsetzen, dann soll die HTL selber ein Konzept wie es vielleicht ist. derzeitige Auto in Elektroauto umbauen können, denn das wäre vielleicht auch eine Diplomarbeit für ein paar Schüler. Es geht jetzt nicht ums billiger- weil sie jetzt das Prestigeobjekt angesprochen haben-

Person1 Das hab nicht angesprochen, sondern der Betriebsrat

Person3 ja, aber. Ein Prestigeobjekt für Schule wäre es, wenn sie es selber entwickeln, nicht wenn sie es kaufen, weil kaufen kann es sich jeder

Person4 das müssen wir jetzt rausschneiden sonst-

Person3 wir haben da unten eine Elektrotankstelle. Für was?

Person2 Für was. stimmt. das ist eine gute Frage

Person3 Jeder der in Hollabrunn ein Elektrofahrzeug, Elektrofahrrad-

Person 1 Wer hat in Hollabrunn ein Elektrofahrtauto?

Person3 Weiß ich nicht. Ich kenn diese Leute nicht.

Person4 Es wird schon welche geben. Sonst wäre nicht am Hauptplatz auch eines (Elektrotankstelle). Es wird schon welche geben

Person 1 es wird schon welche geben

Person3 haben sie schon welche gesehen?

Person 1 ja,

Person3 haben sie schon mal ein Benzinfahrzeug gesehen?

Gelächter, mehrere gleichzeitig

Person1 oja, den Reno. den kleinen Reno und den Fiat

Person2 ja, trotzdem sinds 2 Elektroautos in ganz Hollabrunn

Person 1 2 Elektrotankstellen für zwei Auto. Das passt super

Person2 da braucht keiner warten

Er argumentiert hier, dass Elektromobilität kein relevantes Thema ist, weil es kaum Bedarf dafür gibt. Dabei verlässt er sich auf persönliche Erfahrungen. Aufgrund dieser Argumentationsreihe rentiert sich die Investition in Elektroautos nicht, da es ja keiner benützt- weder jemand in der Schule noch im Bezirk. Das Recherchieren der tatsächlichen Anmeldungen von E-Autos im Bezirk wird weggelassen und man beruft sich auf persönliche Erfahrungen.

Im weiteren Verlauf wird das Mobilitätsangebot sozial abgewertet, weil die vorgestellten Automarken nicht hoch angesehen werden.

Person3 ja, ich mein, das rentiert sich für die Schule einfach nicht, dass sie sich ein Elektroauto zulegt

Person 1 vor allem, das ist so scheiß teuer.

Person3 erstens das und zweitens - schau dir mal das Auto an.

Person 1 Das ist schirch, oida. und ein Fiat auch noch

Person4 also Punkte Ökologie- bringt nichts, weil es zu wenig??? 4 Punkte Ökonomie- das Auto ist einfach viel zu teuer- machen wir 2 Punkte.

Person2 Sozial Dings 8

Person4 sozial ist es eigentlich schon gut, deswegen machen wir da 7

Am Ende wird das Mobilitätskonzept unter dem sozialen Aspekt hoch bewertet- vor allem aufgrund des Faktors Prestige- und sonst als eher mangelhaft.

Auffallend ist auch, dass in allen Gruppen das Mobilitätskonzept nicht für die Schule relevant erachtet wird, weil der Einfluss einer einzelnen Fahrt runtergespielt wird. Es sollte hier nicht um eine einzelne Fahrt gehen, sondern hier sollte das Bewusstsein geschaffen werden, dass wenn jeder z.B.: zwei Fahrten täglich absolviert in Summe (bei einer HTL von 1000 Personen) schon 2000 Fahrten sind, die dann doch für das Energiemanagement relevant sind.

[0:13:21] Person 1 Mobilität. Schauen wir uns das Zetteln von der Mobilität an

Person2 achso, das E-Car.

Person3 Das ist meiner Meinung nach unnötig, denn der Schulwart wird nicht so viel fahren. Das Auto wird eigentlich nicht so viel benützt

Person 1 das ist zu teuer

Person3 bei 20 000 km im Jahr bei so einem Auto vielleicht, das ist zu teuer

Person2 Ja, aber für die Umwelt ist besser

Person3 ja, nichts. das rentiert sich einfach nicht

Person4 es ist ein fetter Bonuspunkt. Prestigemäßig

Person 1 ja, Prestige, super. Dann sollen sie selber ein Auto entwickeln.

Person3 dann sollen sie das Auto, das sie haben umbauen.

Person2 Für eine HTL mit Elektrotechnik wäre das-

Person4 Wenn es mehrere Autos gebe ja, aber wegen einem Auto. Bei einem Fuhrpark von 10 Autos ja, aber

Am Ende der Diskussionsrunde entscheidet sich die Gruppe für eine Photovoltaikanlage in Kombination einem Beleuchtungskonzept und einer teilweisen Wärmedämmung des Gebäudes.

Person 1 Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen. Also das Lassen wir noch, aber das mit dem Wärmeschutz werden wir auch machen.

Interessant ist hier, dass alle anderen Angebote- auch nur mit teilweiser Umsetzung- genommen werden, während das Mobilitätskonzept nicht mit dem Energiemanagement in Verbindung gebracht wird. Man erkennt an der Aussage oben, dass „Energie produzieren und auch einsparen“ einen höheren Stellenwert hat und dass eine Änderung des Mobilitätskonzepts nicht mit einer „Einsparung von Energie“ assoziiert wird. Stattdessen bekommt man während der Diskussion den Eindruck, dass Mobilität nur jeden persönlich betrifft und ein neues Mobilitätskonzept eine zusätzliche Option sei, die das Image der Schule nach außen hin verbessert. Weiters zu erwähnen ist, dass die anderen drei Teilnehmer keine Aussage zum Mobilitätskonzept getätigt haben-

6.1.8. Image/ Prestige

Die PR-Managerin hebt beim Bewerten des Mobilitätskonzepts nur die Imagewirkung der Elektrotankstelle hervor, weil man dort das Logo der Schule versehen kann.

Person6 Als PR-Managerin der HTL find ich die Mobilität gut, weil eben auch das Logo der HTL oben ist und der Wärmeschutz, weil es dann als Passivhaus auch wieder gut wäre. Photovoltaik eben wegen der Diplomarbeit und die anderen ??? könnten wir auch gut als Werbung her tun, ja.

Im Anschluss darauf wird die erfundene Firma der Gruppe dargestellt. Interessant hier ist, dass die Gruppe sich entschieden hat als Imageaufwertung der Firma zu nutzen

[00:02:14] Person 5 Wir haben gerade ein laufendes Projekt mit Greenpeace. Wir sind Hauptentwickler von Elektroautos- das ist unsere Zukunft und wir werden gesponsert von der EU.

Obwohl in der Angebotsvorstellung das Thema Elektromobilität nicht primär ist, wird hier explizit erwähnt, dass die Firma Hauptentwickler von Elektroautos sind. Bemerkenswert ist auch das Kommentar, dass Elektroautos die Zukunft seien. Man bekommt den Eindruck, dass diese Technologie noch nicht für die derzeitige Situation ausgereift ist und es sich eher mehr um ein Prestigeprojekt handelt, wo man zu diesem Zeitpunkt noch keinen Nutzen erwartet.

In der anschließenden Fragerunde wurde auf Anfrage, dass Angebot erweitert durch eine E-Tankstellenortung. Dies ist interessant, da in der Firmenpräsentation explizit auf die Elektromobilitätsexpertise hingewiesen worden ist.

[0:05:03] Fragen

Person 7 Ihr macht ja Elektroautos, also werden mit dieser App auch Tankstellen geortet, wo auch Elektro, also

Person 2 Ja, man kann da angeben, was man tanken muss und dann werden die ersten Tankstellen angezeigt

Person 7 also ist die App nicht nur für Elektroautos, sondern

Person 2 für Elektroautos und auch normale Auto

Elektromobilität wird auch in einer anderen Präsentation genutzt, um das Prestige der Schule zu verbessern.

[0:04:31] Präsentation Angebot Mobilität

Mobilitätsfirma

Jo, was ist noch gut an der E-Tankstelle. Man kann es eben mit dem HTL-Logo versehen, was auch eine Werbung für uns ist.ahm, man kann es mit einer Diplomarbeit koppeln und ja. Es wird circa kosten 15.000 Euro. Dann ein paar andere Ideen, die wir da aufgelistet haben, wäre ein schuleigener Kleinbus. dass man Fahrgemeinschaften bildet und ahm Überdachung für die Busbucht []. Dann hat man einen Lerneffekt durch die Diplomarbeit. Die Öffentlichkeitsarbeit und ahm man was fürs Energiemanagement.

Person 1 Ja, hat einer von euch Fragen?

Person1 ich hätte noch eine Frage. Würde die E-Tankstelle, da vorne bei der Schule hingebaut werden?

Mobilitätsfirma Ja

Person4 hätte es auch Sinn auch für- jetzt nicht auch nur für Schüler, sondern auch für fremde Personen, was nicht in die Schule gehen.

Mobilitätsfirma Ja, das können wir auch machen, das andere auch aufladen können

Ganz nebenbei wird auch noch erwähnt, dass man eine E-Tankstelle bauen könne. Hier bekommt man wieder den Eindruck, dass Bauen einer E-Tankstelle für die Schülerinnen ein Prestigeobjekt ist als ein nützvoller Beitrag zum Energiemanagement. Verstärkt wird dieser Eindruck durch die Möglichkeit das Logo der Schule darauf zu versehen. Ein weiterer interessanter Punkt der Präsentation ist die Argumentation des Nutzens für die Schule. Ein wichtiger angeführter Vorteil ist wieder das Einsparen von Kohlenstoffdioxid durch das Implementieren von Fahrgemeinschaften und das Koppeln des Angebots mit Diplomarbeiten für die Schülerinnen und Schüler. Das Mobilitätskonzept als Vorteil für das Energiemanagement der Schule wird erst zum Schluss und eher fürs Protokoll erwähnt, aber nicht genauer erklärt.

6.1. Interpretation

Bei der Analyse der Key Incidents haben sich bestimmte Werte und Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler herauskristallisiert, die hier beschrieben werden.

Die Evaluation des Lernpfades sowie seine Weiterentwicklung hat Erkenntnisse zur Praktikabilität sowie Einblicke über die Vorstellungen der Lernenden zum Thema nachhaltige Mobilität geschaffen. Im Folgenden werden die Ergebnisse hinsichtlich der Forschungsfragen aufgegriffen.

Die erste Forschungsfrage beschäftigte sich mit den Lernschwierigkeiten der SchülerInnen mit der Lernumgebung.

Schwierigkeiten schafften einerseits die Aufbereitung des Lernpfades und andererseits das Erstellen des Mobilitätskonzept. Durch die Analyse der Präsentationen wurde sichtbar, dass das Verständnis für den Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt, Mobilitätsverhalten und Energiekonsum kaum vorhanden war. Die Funktionsweise des Treibhauseffekts wurde falsch dargestellt. Stattdessen wurden die Lernendenvorstellungen von Niebert (2010) verstärkt. Das ist in Aussagen wie *Mobilität setzt sich mit dem Thema Klima auseinander, das hat mit dem Treibhauseffekt zu tun und der für das Klima auf der Erde notwendig ist*“(S1-P) erkennbar. Außerdem konnten die Schüler nicht klar die Begriffe Mobilität und Treibhauseffekt trennen. Auch hatten sie teilweise in den Diskussionen Probleme den Unterschied zwischen ökologischen und ökonomischen Aspekten zu benennen. Beim Zusammenhang zwischen Treibhauseffekt und Mobilität lag der Schwerpunkt beim Kohlenstoffdioxidausstoß „ein Großteil, circa 96% entsteht durch CO₂ Emissionen , die weit aus den Treibhauseffekt beschleunigen und diese Treibhausgase werden wiederum durch 80% von den Kraftstofffahrzeugen produziert (S2-P), während der Energiebedarf bei der Mobilität gar nicht in Betracht gezogen wurde. Das erkennt man an der Aussage *Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen* (G2-S2-R) Bei den Präsentationen konnte man teilweise erkennen, dass sie die verschiedenen Antriebstechnologien bzgl. technischer Daten (Reichweite, Kraftstoffverbrauch) „*Wir haben jetzt keine so extrem hohe Reichweite im Vergleich zu einem normalen Kfz-Fahrzeug, das Diesel oder Sprit verbraucht.* (S2-P) und Alltagstauglichkeit vergleichen, aber dabei falsche Annahmen setzen. Die vorgestellten alternativen Mobilitätskonzepte (z.B. Carsharing oder Umstieg auf öffentlichen Verkehr) wurden von den Schülern maximal erwähnt, aber nicht für den persönlichen Gebrauch als relevant erachtet. Generell erkennt man, dass Mobilität mit Autofahren in Verbindung gebracht wird und dass das Ändern des Mobilitätsverhalten nicht in Betracht gezogen wird. Besonders markant aber ist, dass obwohl die Schülerinnen und Schüler gar nicht erkennen, dass Energie benötigt wird, um Menschen oder Gegenstände zu transportieren. Dieses Bewusstsein ist nicht in den Köpfen der Lernenden verankert.. Dies wird nicht nur in den Präsentationen der Mobilitätskonzepte sichtbar, sondern vor allem in den Diskussionen am Ende der EcoQuest 2 sowie in der Entscheidungsfindung „*Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen*“ (G2-S2-R). Laut Studien ist Verkehrssektor in Österreich und weltweit ein Hauptverursacher des Gesamtenergiebedarfs und der Bedarf ist in den letzten Jahren gestiegen.

Mit diesem Hintergrundwissen ist das fehlende Bewusstsein der Lernenden für den Zusammenhang zwischen Energie und Mobilität markant.

Hier tut sich ein neues Forschungsfeld auf, dass die Lernendenvorstellungen zum Zusammenhang Energie und Bewegung untersucht, aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde.

Zusätzlich wird die Bedeutsamkeit des Mobilitätsverhalten auf Umwelt und Energiekonsum relativiert und als nicht wichtig erachtet. In mehreren Gruppendiskussionen wird der persönliche Beitrag zum Gesamtenergiekonsum durch das eigene Mobilitätsverhalten nicht als ausschlaggebend gesehen. Fast 90% des Energiebedarfs des Verkehrssektors auf den PKW-Bereich und Individualverkehr fallen. Hier muss ein Umdenken und vor allem ein Bewusstsein für die Folgen des eigenen Mobilitätsverhalten beginnen. Das Mobilitätsverhalten wird in den Diskussionen nicht hinterfragt und jegliche Diskussion wird sofort unterbunden. Auch alternative Mobilitätskonzepte oder der Umstieg auf andere Verkehrsmittel finden weder beim Erstellen der Mobilitätsangebote noch in den Gruppendiskussionen Anklang. Verkehr wird – wenn überhaupt- mit Kohlenstoffdioxidemissionen und Luftverschmutzung in Verbindung gebracht. Generell verbinden die Lernenden Mobilität mit Kraftfahrzeugen.

Das Verständnis für Nachhaltigkeit bei den Lernenden schränkt sich auf das Einsparen von Energie und Emissionen sowie das Reduzieren des Verbrauchs dieser Größen.

Ein nachhaltiges Energiemanagement für die Schülerinnen und Schüler besteht daraus den Energiebedarf durch ausreichend Stromproduktion zu decken und energieeffiziente technische Lösungen anzuwenden. Das Konsumverhalten wird nicht hinterfragt. Diese Einstellung sieht man deutlich bei der Entscheidungsfindung und Begründung. Alle Gruppen entscheiden sich für die Photovoltaikanlage mit teilweiser Kombination des Beleuchtungskonzepts. Begründet wird diese Entscheidung, dass man energieautark sei und bei der Beleuchtung „Energie sparen“ kann. Dabei betrachten sie Lernenden nur die relative Ersparnis anstatt die absolute.

Weiters hatten die Schülerinnen und Schüler Probleme beim Erstellen eines Mobilitätskonzepts. Aufgrund der oben genannten Beobachtungen war es für sie schwierig eine Ist-Zustandsanalyse der Schule zu erstellen (die zumeist vergessen oder ignoriert wurde) und auch Ideen für ein Konzept zu finden und selbst zu entwerfen. Hier benötigten die Schülerinnen und Schüler Unterstützung von der Lehrperson. Hier war deutlich zu sehen, dass obwohl Mobilität eines zentralen Aspektes im Alltag ist, er nicht bewusst wahrgenommen wird „bzw. es nur bestimmte traditionelle Formen der Mobilität und ein sogenanntes „thinking outside the box“ nicht akzeptiert wird. Während der Diskussion tauchte in einer Gruppe die Frage „wir haben da unten eine Elektrotankstelle. Für was?“ (G3-S2-R) auf. Die Elektrotankstelle im Ort wurde daraufhin als „unnötig“ bewertet, weil keiner der Personen mehr als ein Elektroauto gesehen hat.

Person 1 Wer hat im Ort ein Elektrofahrzeug?

Person3 Weiß ich nicht. Ich kenn diese Leute nicht.

Person4 Es wird schon welche geben. Sonst wäre nicht am Hauptplatz auch eines (Elektrotankstelle). Es wird schon welche geben (G3-S2-R)

Was bedeuten diese Erkenntnisse für die Forschungsfrage?

Die didaktische Aufbereitung des Treibhauseffekts muss sprachlich feiner ausgearbeitet werden. Außerdem muss gleich am Anfang des Lernpfades der Zusammenhang zwischen Energiebedarf einer Person und dem Sektor Mobilität präsentiert und verdeutlicht werden. Die Begriffe Treibhauseffekt, Mobilität und die Zusammenhänge zwischen Mobilität, Energiekonsum und Auswirkungen auf das Klima müssen klar voneinander getrennt und erklärt werden. Weiters sollte ein Fokus auf dem Bewerten und Vergleichen von verschiedenen Konzepten und Antriebstechnologien liegen. Als Hilfestellung für das Erstellen des Mobilitätskonzepts werden nationale und internationale Vorzeigeprojekte der Mobilitätsplanung präsentiert. Da die Lernenden Schwierigkeiten hatten vor allem die sozialen Aspekte eines Mobilitätskonzepts zu erkennen und auch zu beachten, muss ein weiterer Fokus beim Präsentieren der einzelnen Formen der Mobilität in diesem Bereich liegen. Die erstellten Mobilitätskonzepte beinhalteten fast nur technische mit teilweise Einfluss von ökologischen Aspekten. Wie und ob diese Lösungen von den Menschen genutzt oder angenommen werden, wurde nie hinterfragt. Stattdessen wurde alle drei Angebote wurde ersichtlich, dass die Imageverbesserung der Schule eine höhere Priorität hatte als der Nutzen und die Verwendung des Angebots bzw. die Verbesserung der Lebensqualität. Dieser Punkt wurde auch in mehreren Gruppendiskussionen bemängelt, da die Schülerinnen und Schüler zum Beispiel den Eindruck hatten, dass eine E-Tankstelle sich nicht auszahlt, weil sowieso kaum jemand ein Elektrofahrzeug besitze. Interessant ist auch, dass selbst, wenn soziale Aspekte im Mobilitätskonzept eingeflossen sind (Notrufbutton in der App oder die Überdachung der Busbucht), dass diese in den Diskussionen wenig Beachtung bekommen. Daraus folgt eine weitere Hilfestellung beim Erstellen des Mobilitätskonzepts. Die Schülerinnen und Schüler brauchen Unterstützung bei der Ist-Zustandsanalyse sowie bei der Erarbeitung des sozialen Nutzens des Projekts. Weiters wären Argumentationshilfen notwendig, um bei der Präsentation die Vorteile und Nutzen der sozialen Aspekte hervorzuheben und einen höheren Stellenwert dieser Aspekte bei den anderen und sich selbst zu herzustellen. Wenn die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass durch eine Änderung des Mobilitätsverhalten eine nachhaltige Lösung für den Betrieb ist, die sowohl ohne viel Aufwand umzusetzen und auch kostengünstiger ist, als auch eine deutliche Steigerung der persönlichen Lebensqualität hervorruft, würde wahrscheinlich die Wertigkeit der Mobilität in der Diskussion und Entscheidungsfindung steigen.

Die zweite Forschungsfrage befasst sich mit der Umsetzung des Wissens im Planspiel.

Während der einzelnen Gruppendiskussionen zeigt sich deutlich, dass Mobilität gegenüber der Themengebiete Passivbau, Photovoltaik und Lichttechnik nicht dieselbe Wertigkeit besitzt. Besonders deutlich wird es in einer Diskussion, wo das Mobilitätskonzept kein einziges Mal erwähnt wird- weder in der Diskussion noch in der Entscheidungsfindung. Allgemein kann man sagen, dass das Mobilitätskonzept vorwiegend unter den Aspekten Technik (Reichweite, Kosten) und Prestige bewertet wurden. Wichtig für die Schülerinnen und Schüler waren bei den Mobilitätskonzepten die Kosten *„das rentiert sich für die Schule einfach nicht, dass sie sich ein Elektroauto zulegt. [] vor allem, das ist so teuer. (G3-S2-R), die*

meistens viel zu hoch waren und die technischen Daten wie Reichweite und Kraftstoffverbrauch. Meistens überwogen hier die negativen Argumente. Markant ist auch, dass die Schülerinnen und Schüler diskutierten Mobilitätskonzepte positiv für das Prestige der Schule *„als PR-Managerin der HTL find ich die Mobilität gut, weil eben auch das Logo der HTL oben ist“*, (G1-S3-R), aber unter den sozialen Aspekt deutlich negativ bewerteten. Sie argumentierten, dass die Mobilitätskonzepte teilweise kein Nutzen haben, weil kaum jemand diese nützen würde. Diese Begründung, wie *„also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht.“* (G2-S2-R) wurde sehr oft verwendet.

Interessant ist auch, dass bei den Diskutanten Argumente für das Mobilitätskonzept nicht fertig darstellen konnten und nicht ausreden durften. Stattdessen wurde oft das Mobilitätskonzept ohne Begründung oder Diskussion als schlecht bewertet. Etwaige Begründungen gegen das Mobilitätskonzept nutzen Argumente bzgl. Image (bestimmte Automarken werden nicht akzeptiert) oder der fehlende Nutzen. Bei den ökologischen Aspekten überwiegen hier die Kohlenstoffdioxidbelastung und der Ressourcengebrauch. Interessant ist, dass die Elektromobilität als ökologisch schlecht bewertet wird, weil bei der Stromgewinnung Kohlenstoffdioxid entsteht *„und beim Mobilitätskonzept ist halt so, da braucht man für die Stromgewinnung schon mal sau viel... CO2... deswegen ist weniger nachhaltig“* (G1-S2-R), während dieses Argument weder bei Kraftstoffmotoren noch bei den anderen Konzepten angeführt wird.

Generell wurden beim Bewerten und Argumentieren nur die technischen, ökologischen und ökonomischen Aspekte in Betracht gezogen. Es werden zwar immer wieder soziale Aspekte genannt- vor allem die Möglichkeit eine Diplomarbeit mit dem Angebot zu verbinden-, aber relevant für die Entscheidungsfindung sind die sozialen Aspekte gar nicht. Auch beim Erstellen der Angebote werden zusätzliche Projekte (wie die Überdachung der Busbucht) erwähnt, aber finden in der Diskussion wenig Beachtung.

Ein weiterer interessanter Aspekt, der in der Analyse der Daten sichtbar wird und hier gleich aufgegriffen wird, ist das Selbstbild der/ die TechnikerIn, die den Schülerinnen und Schüler unbewusst durch den Lehrplan vermittelt wird und diese nach zwei Jahren Schule angenommen haben. Wie oben erwähnt werden die Angebote stark nach den technischen Aspekten bewertet während zeitgleich die sozialen Aspekt (z.B.: tatsächliche Bedarf, Werr wird die Anlage nützen?) weder hinterfragt noch Beachtung geschenkt wird. Das wird einerseits sichtbar in der Aussage *„und ich würde ehrlich gesagt auch sagen Solar, weil das einfach Strom erzeugt.“* (G2-S2-R). An dieser Schule gibt es bereits eine Solaranlage, die den Bedarf an Energie der Schule abdeckt. Jedoch wird eine technische Lösung von den Lernenden bevorzugt, als eine Änderung des Verhaltens zu erwirken. In einer weiteren Diskussion wird auch das Bereitstellen von Energie *„also, ich hätt mal gesagt, dass wir das mit der Photovoltaikanlage nehmen, weil wir ja sehr viel Energie brauchen [] dass wir die Energie, die wir hier produzieren auch im Internat verwenden könnten.“* als Universalargument der Schülerinnen und Schüler angewendet Ansätze, die eine Ist-Zustandsanalyse bzw. eine Bedarfsanalyse beinhalten sind nicht vorhanden. Technische Anwendungen, die vor allem auch wortwörtlich von außen gesehen werden können, werden von den Schülerinnen und Schülern bevorzugt. In einer Diskussionsrunde wird das Mobilitätsangebot (Umstieg

auf Elektromobilität) stark kritisiert, weil es laut Diskutanten besser für die HTL wäre, dass sie „selber ein Auto entwickeln. []

dann sollen sie das Auto, das sie haben umbauen.“ (G2-S2-R). Angebote mit wenig technischem Einfluss, wo Schülerinnen und Schüler selber technische Lösungen entwickeln, in Form einer Diplomarbeit werden nicht angenommen. Wie stark die Schülerinnen und Schüler in diesem Selbstbildnis gefangen sind, ist auch in der Präsentation der Mobilitätsangebote sichtbar. Nachhaltige Mobilität funktioniert nur mit Maßnahmen, die zu einer Verhaltensänderung der VerkehrsteilnehmerInnen führt, d.h. Mobilitätskonzepte setzen stark auf einer Bedarfsanalyse sowie den sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit. Die Angebote beinhalten kaum die eben genannten Punkte. Man konnte erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler überfordert waren, solche Angebote zu erstellen. Stattdessen wurde auf Kauf bzw. Ausbau von Elektromobilität in Form von E-Tankstellen oder E-Autos gesetzt sowie das Anpreisen der technischen Daten der Elektroautos. Wozu und wie diese genutzt werden könnten und welchen Mehrwert es für die Personen gäbe, konnten sie nicht umsetzen. Dazu waren die Schülerinnen zu sehr in ihrem Selbstbild das „Techniker“ gefangen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Mobilität für die Lernenden kein relevantes Thema für einen nachhaltigen Umgang mit Energie ist. Das wird sichtbar im Rollenspiel, wo das Angebot komplett weggelassen wird und gar nicht in der Entscheidungsfindung einfließt sowie bei den erstellten Angeboten, wo zwar technische Lösungen, z.B.: Kauf eines Elektroautos, aufgezeigt werden, aber eine nachhaltige Anwendung oder ein richtiges Mobilitätskonzept fehlen. Die einzelnen Mobilitätskonzepte werden aufgrund technischer Daten und unzureichender Informationen (Reichweite, Austausch von Akkus) schlecht bewertet. Eine vollständige Bewertung und Argumentation sowie eine Ist-Zustandsanalyse und Bedarfsanalyse (z.B.: durchschnittliche Weglängen, Fahrgemeinschaften) fehlen vollkommen. Für die meisten ist das persönliche Mobilitätsverhalten ein Tabuthema und – wie in den Diskussionsrunden – wird das Hinterfragen oder neue Vorschläge sofort abgeblockt und unterbunden.

Welche Folgen haben jetzt diese Ergebnisse für die Weiterentwicklung des Lernpfades?

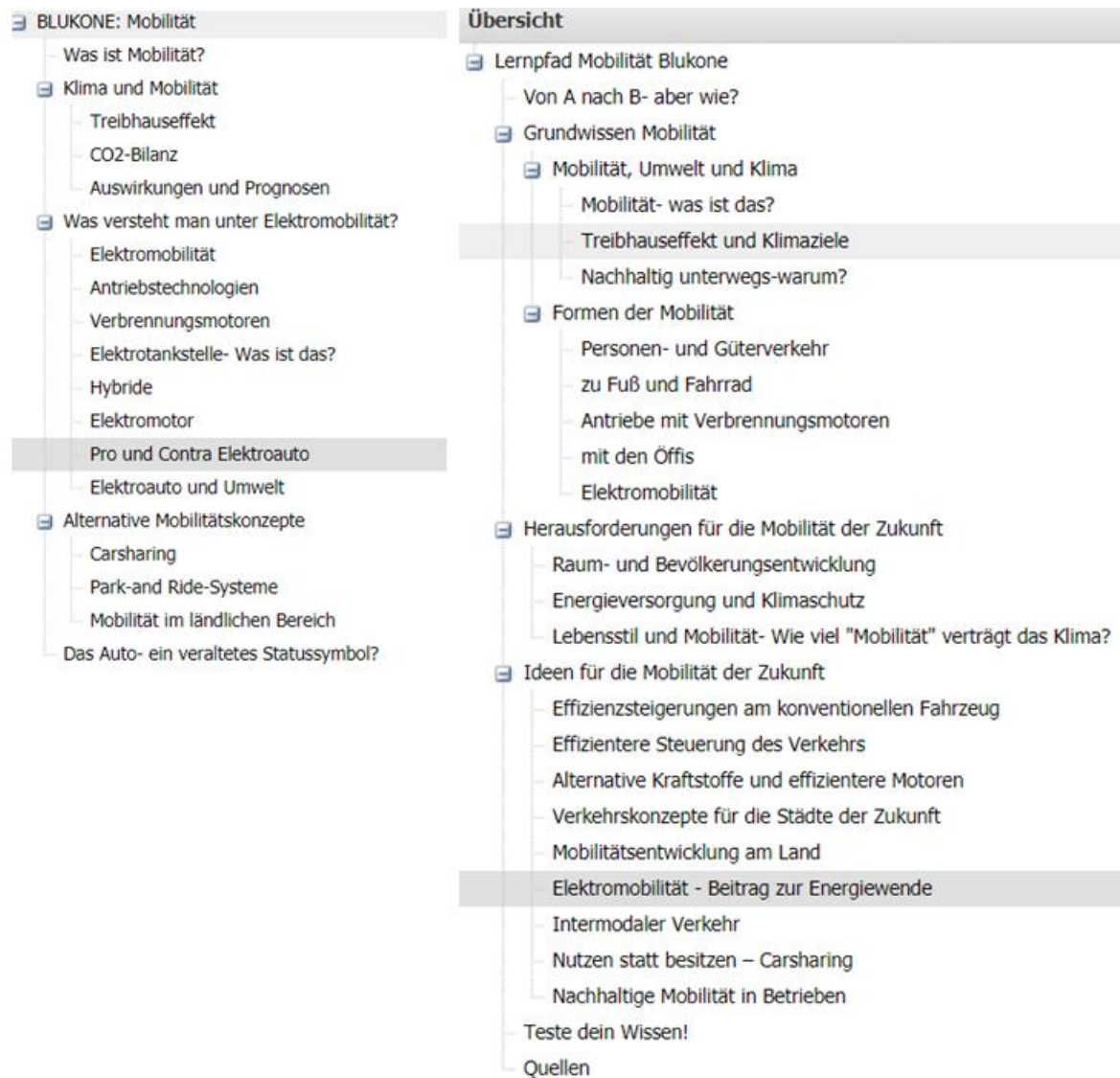
Bei den Präsentationen wurde sichtbar, dass die Lernenden die Auswirkungen von Mobilität auf den Treibhauseffekt sowie diesen selbst nicht verstanden haben. Dazu kommt, dass der Zusammenhang zwischen Energiebedarf und Mobilitätsverhalten bei den Lernenden nicht vorhanden ist. Bei der Überarbeitung ist es daher wichtig diese Begriffe klar und deutlich zu definieren und dabei die aktuellen Lernendenvorstellungen dazu zu beachten.

Weiters gilt es den sozialen Aspekt der Nachhaltigkeit im Lernpfad stärker hervorzuheben. Einerseits sollte der Schwerpunkt auf alternative Mobilitätskonzepte liegen sowie das Präsentieren von Pilotprojekten, wo schon erfolgreich nachhaltige Mobilitätsprojekte (am Land sowie in der Stadt) umgesetzt worden sind. Bei Elektromobilität gilt es die Fehlvorstellungen zu Akku und Reichweite zu klären sowie Anwendungen von Elektromobilität in Betrieben.

Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf dem Thema Güterverkehr und Logistik. Hier werden neue nachhaltige Lösungen vorgestellt.

6.2. Weiterentwicklung des Lernpfades

Dieses Kapitel beginnt mit einer Gegenüberstellung der beiden Lernpfaden. Mithilfe dieser Gegenüberstellung werden die Unterschiede und Erneuerungen geklärt. Der komplette überarbeitete Lernpfad befindet sich auf der BLUKONE Homepage.



7Gegenüberstellung Aufbau des Lernpfades (links) und der überarbeiteten Version (rechts) Quelle:
Eigene Darstellung

Am Anfang werden die Lernziele den Schülerinnen und Schülern mitgeteilt samt Lerntipps. Anschließend starten die Lernenden mit der Einstiegsaufgabe „von A nach B- aber wie?“. Hier analysieren sie wie sie zur Schule gekommen sind und berechnen sich dabei ihren Kohlenstoffdioxidausstoß. Am Ende der Aufgabe befinden sich Fragen, die helfen sollen, das Mobilitätsverhalten zu hinterfragen. Das erste Kapitel „Mobilität, Umwelt, Klima“ befasst sich mit dem Energiebedarf der Menschheit und den Zusammenhang von Mobilität mit diesem und den Auswirkungen auf das Klima. Zuerst wird dargestellt für welche Bereiche im Alltag ein Durchschnittsmensch in Österreich Energie benötigt und das mehr als ein Drittel der Energienutzung auf den Verkehr fällt. Anschließend wird der Begriff Mobilität definiert, wobei genauer auf die räumliche Mobilität eingegangen wird. Dann beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Comic „Österreich unterwegs“¹⁷, der die wichtigsten Erkenntnisse der Mobilitätsstudie des BMVIT wiedergibt.

Im darauffolgenden Unterkapitel wird der Treibhauseffekt behandelt. Hier wird der Strahlungshaushalt der Erde samt natürlichen und anthropogenen Treibhauseffekt erklärt. Danach werden die unterschiedlichen Möglichkeiten (Ökologischer Fußabdruck, globaler Hektar, ökologischer Rucksack) den persönlichen Einfluss auf die Umwelt zu messen, präsentiert. Am Ende des Unterkapitel wird die Aufgabe gestellt mittels Onlinetools den persönlichen Fußabdruck zu berechnen und den Lebensstil zu hinterfragen. Im letzten Unterkapitel wird der Frage nachgegangen, warum man oder frau nachhaltig mobil sein sollte und wie das Mobilitätsverhalten die Umwelt und das Klima beeinflusst. Dabei wird die aktuelle Situation dargestellt, welche Herausforderungen es gibt und wie eine Wende zur nachhaltigen Mobilität möglich wäre.

Im zweiten Kapitel werden die einzelnen Formen der Mobilität dargestellt. Im dritten Kapitel werden die Herausforderungen für die Mobilität der Zukunft behandelt. Einerseits stellen das stetige Bevölkerungswachstum und das Wachsen der Städte die Verkehrsplanung vor neuen Herausforderungen, außerdem wächst bei steigender Mobilität auch der Energiebedarf. Andererseits stellt sich die Frage wie man die gerade genannten Punkte mit dem Klimaschutz verbinden kann. Der letzte Punkt hinterfragt den Lebensstil der heutigen Gesellschaft und hinterfragt wie viel Mobilität das Klima überhaupt verträgt.

Im abschließenden Kapitel „Ideen für die Mobilität der Zukunft“ werden verschiedene Ansätze aufgezeigt, die alle gemeinsam zur Wende für eine nachhaltige Mobilität beitragen. Einerseits werden technische Lösungen wie Effizienzsteigerungen an Motoren oder alternative Kraftstoffe. Ein weiterer wichtiger Beitrag ist die Elektromobilität samt Vor- und Nachteilen. Weiters werden Methoden zur effizienten Steuerung des Verkehrs sowie Verkehrskonzepte für Städte (z.B. multimodale Straßen, Carsharing) präsentiert, welche schon in einzelnen Städten getestet werden. Ein weiterer Punkt ist Möglichkeiten nachhaltige Mobilität am Land zu gestalten. Abschließend werden Möglichkeiten für nachhaltige Mobilität und Logistik in Betrieben samt Beispielen dargestellt. Ein weiterer Schwerpunkt ist das Vorstellen von weltweiten Projekten, die aufgrund ihres Nachhaltigen Mobilitätskonzeptes ausgezeichnet wurde. Das sind vor allem Mobilitätskonzepte, die auf Änderung des Mobilitätsverhalten setzen. Bei der Interpretation der Ergebnisse

¹⁷ <https://infothek.bmk.gv.at/oesterreich-unterwegs-serie-mobilitaetsverhalten-familie-flink/>, aufgerufen am 02.07.20

kommt hervor, dass die Schülerinnen und Schüler Probleme haben die sozialen Aspekte der Nachhaltigen Mobilität anzunehmen und diese auch bei der Erstellung eines Mobilitätskonzepts anzuwenden.

7. Fazit

Zusammenfassend bewerten die Schülerinnen und Schüler die Mobilitätskonzepte als Prestigeprojekte ohne wirklichen weiteren Nutzen. Generell wirkt es beim Bewerten oder Argumentieren so, dass nicht das Erstellen eines Nachhaltiges Energiemanagement das Ziel bei der Entscheidungsfindung ist.

Insgesamt lässt sich sagen, dass beim Bewerten der Angebote die Schülerinnen und Schüler hauptsächlich die technischen Fakten, ökonomische und ökologische Aspekte in Betracht ziehen und diese auch einen höheren Stellenwert haben gegenüber den sozialen Aspekten. Dagegen hat die Wirkung nach außen für sie eine hohe Priorität und wird benutzt, um ein Angebot aufzuwerten. Was alle Angebote gemeinsam haben, ist die unbewusste Annahme, dass ein nachhaltiges Konzept ohne eine persönlich bzw. gesellschaftliche Verhaltensänderung funktionieren kann. Das entspricht den Ergebnissen von Zeyer & Roth (2009). Sie fanden u.a. in ihrer Studie heraus, dass die Vorstellung Umweltschutz kann ohne gesellschaftliche Veränderungen und nur mit technischen Veränderungen stattfinden.

Welches Verständnis eines Nachhaltigkeitsbegriffs lässt sich daraus erkennen?

Mithilfe der Analyse der Gruppendiskussionen besteht der Nachhaltigkeitsbegriff der Schülerinnen und Schüler aus den ökologischen und ökonomischen Aspekten während des sozialen Kontextes ignoriert wird. Diese Erkenntnisse stimmen mit den erforschten Vorstellungen von Zeyer & Roth (2009) sowie der Aussage von Schuler, dass soziale Probleme in Bezug auf nachhaltige Entwicklung und Klimawandel nicht erkannt werden (Schuler, 2009, S.5)

Abschließend wende ich mich noch der Frage zu welchen Stellenwert Mobilität als sogenannte „Energiesparmaßnahme“ hat, zu.

Das abschließende Argument bei der Entscheidungsfindung in einer Diskussion beantwortet diese Frage perfekt: **„...Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen. Also das lassen wir noch, aber das mit dem Wärmeschutz werden wir auch machen.“**

Es könnte sein, dass Energie und Mobilität für viele ÖsterreicherInnen zwei Themenbereiche sind, die keinen gemeinsamen Durchschnitt haben. Betrachtet man die derzeitigen Entwicklungen im Verkehrssektor und die obige Aussage wird deutlich, dass den meisten nicht bewusst ist, dass eine Bewegung ohne Energie nicht möglich ist. Interessant ist auch, dass in allen Gruppen eine nachhaltige Lösung des Energiemanagements mit Energieautarkie durch eine Photovoltaikanlage gleichgesetzt wird. Bei den Schülerinnen und Schülern herrscht die Vorstellung, dass eine Steigerung der Energiebereitstellung kombiniert mit neuen energieeffizienten Technologien eine nachhaltige Lösung für das Energieproblem ist. Eine Analyse des Energiebedarfes und des Konsums sowie eine Verhaltensänderung kommt nicht vor. Diese Verhaltensweisen decken sich wieder mit den erforschten Vorstellungen von Zeyer & Roth (2009). Laut Zeyer & Roth relativieren viele auch die Handlungsoptionen als Einzelnen was einen nachhaltigen

Lebensstil betrifft und den Einfluss, den man damit hat (Zeyer & Roth, 2009, S.962). Auch dieses Phänomen kann man in den Analysen beobachten. Ein wiederkehrendes Argument gegen das Mobilitätskonzept ist das Relativieren des Einflusses einer einzigen Autofahrt. „**Also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht.** Es ist jedoch nicht wurscht. Es ist nicht eine einmalige Fahrt, die stattfindet, sondern regelmäßige Fahrten von vielen Menschen auf einmal. Beachtet man oder frau dies beim Erstellen eines Mobilitätskonzepts oder eines Nachhaltigen Energiemanagement, hat man nicht mehr eine Fahrt, sondern sogar tausende Fahrten pro Tag. Die Summe dieser Einzelfahrten ist für den Einfluss auf die Umwelt und auf den Energiebedarf ausschlaggebend.

Die inhaltlichen Analysen der Präsentationen und Diskussionen bringen das Bild hervor, was die Gesellschaft mit großer Wahrscheinlichkeit unter Mobilität versteht. Mobil sein, bedeutet mit dem Auto zu fahren. Den Arbeitsweg mit dem Auto zu bestreiten und vor allem der Besitz eines Autos ist nicht diskutierbar. Das Auto ist ein Statussymbol. Alleine in drei Diskussionsgruppen war es wichtig den Stellenwert der einzelnen Automarken zu diskutieren. In allen Gruppendiskussionen war Image ein Hauptargument beim Bewerten des Mobilitätskonzepts. Alternativen wie Carsharing oder der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel wird selten in Betracht gezogen. Auch wenn laut VCÖ die Nutzung von Carsharing & Co in Österreich steigt¹⁸, braucht es für eine Energiewende ein Umdenken und eine Verhaltensänderung der Menschen.

Aufgrund dieser Ergebnisse gewinnt der Lernpfades noch mehr an Bedeutung. Nachhaltige Mobilität setzt hauptsächlich auf Maßnahmen, die eine Änderung des Mobilitätsverhaltens bewirken. Damit liegt der generelle Schwerpunkt in der EcoQuest 2 Mobilität auf der sozialen Komponente der Nachhaltigkeit. Hier sind Lösungen gefragt, die vor allem ohne technische Erneuerungen auskommen, sondern die Menschen und ihr Verhalten einbinden. Die Schülerinnen und Schüler- die sich als TechnikerIn, die/der soziale Aspekte weglendet- verstehen- haben große Probleme damit Lösungen für komplexe Problemstellungen zu finden, vorzuschlagen und auch in der Diskussion zu verteidigen, die keine technologischen Prestigeprojekte sind. Darum ist es umso wichtiger, dass das Thema Nachhaltige Mobilität Einzug in den Unterricht findet.

Zum Abschluss möchte ich hier noch kurz Einschränkungen der Arbeit sowie einen Ausblick aufspannen.

Aufgrund der Datenmenge sind Generalisierungen der Erkenntnisse nur beschränkt möglich. Manche Aufnahmen waren auch aufgrund von Hintergrundgeräuschen nicht transkribierbar. Dazu kommt, dass nicht jede Arbeitsphase der EcoQuest 2 durch Video- oder Audioaufnahmen dokumentiert ist. Außerdem würde die Analyse dieser Daten den Umfang einer Diplomarbeit bei weitem sprengen. Eine Testung des überarbeiteten Lernpfades sowie ein weiterer Durchgang der EcoQuest 2 wäre ein weiterer Punkt, der über den Arbeitsaufwand einer Diplomarbeit hinausgehen würde.

¹⁸ <https://www.vcoe.at/themen/sharing-und-neue-mobilitaetsangebote>, aufgerufen am 02.07.2020

Ein physikdidaktisch spannender Ausgangspunkt für weitere Forschungsarbeiten sind die SchülerInnenvorstellungen zum Themengebiet Energie- Mobilität und dem fehlenden Bewusstsein, dass man für Bewegung Energie benötigt. Auch die Vorstellungen zu Mobilität im Nachhaltigkeitskontext sind es wert näher untersucht zu werden.

Literaturverzeichnis

- Baalmann, W., Kattmaan, U., Gropengießer, H., Weitzel, H., & Frerichs, V. (10 2004).
Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung-Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen
der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 7-28.
- Bartosch, I., Avalos Ortiz, R., Steiner, R., Stelzmüller, G., & Streissler, A. (2014). *BLUKONE Blended
Learning Unterrichtskonzept zur Kompetenzentwicklung Nachhaltiges Energiemanagement*. Von
<https://blukone.univie.ac.at/> abgerufen
- Bartosch, I., Avalos Ortiz, R., Steiner, R., Stelzmüller, G., & Streissler, A. (2014). *BLUKONE Didaktisches
Konzept*. Von [https://blukone.univie.ac.at/wp-content/uploads/2015/01/Didaktisches-
Konzept.pdf](https://blukone.univie.ac.at/wp-content/uploads/2015/01/Didaktisches-Konzept.pdf) abgerufen
- Bloemen, A. (2009). *Fachliche Vorstellungen und Schülervorstellungen zum Thema Nachhaltigkeit: Ein
Beitrag zur Politikdidaktischen Rekonstruktion*. Oldenburg: BIS Verlag.
- BMB. (18. 08 2014). *Grundsatzterlass Umweltbildung für Nachhaltige Entwicklung*. Wien: BMBF,
Bundesministerium für Bildung und Frauen. Von
[https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/bine.html#heading_Bildung_f_r_Nachhaltige_Ent-
wicklung_2](https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/ba/bine.html#heading_Bildung_f_r_Nachhaltige_Entwicklung_2) abgerufen
- Bögeholz, S. (2007). Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen
Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In V. H. Krüger D., *Theorien in der
biologiedidaktischen Forschung* (S. 209-220). Springer, Berlin, Heidelberg: Springer-Lehrbuch.
- Brundtland, G. (1987). *Report of the World Comission on evironment and development " our common
future"*. United Nations.
- Bundesministerium für Umwelt, N. u. (1992). Agenda 21. Dokument der Konferenz der Vereinigten
Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rop de Janiero. Bonn: Köllen Drucj+Verlag
GmbH.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E Instructional Model and 21st century skills*. The National Academies.
- Bybee, R. W., A., T. J., & Gardner, A. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*.
Colorado Springs: BSCS.
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht.Habilitationschrift*. Kiel: Universität Kiel, IPN.
- e.V., F.-A. 1.-u. (1995). *Öffentlicher Personennahverkehr - Mobilitätsmanagement - ein neuer Ansatz zur
Umweltschonenden Bewältigung für Verkehrs-probleme - FGSV-Arbeitspapier 38*. FGSV-Verlag.
- EPOMM. (2009). *Mobilitätsmanagement: eine Definition. Definition des Mobilitätsmanagements und
Kategorisierung der Mobilitätsmanagement-Maßnahmen, bestätigt durchMAX-Konsortium und*

- EPOMM. Von epomm.eu:
http://epomm.eu/old_website/docs/mmttools/MMDefinition/MMDefinition_DE.pdf abgerufen
- Gebhard, U. (2007). Intuitive Vorstellungen bei Denk und lernprozessen: Der Ansatz der "Alltagsphantasien". In D. Krüger, & H. Vogt, *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. (S. 117-128). Berlin, Heridelberg, New York: Springer.
- Götz, K. (2011). Nachhaltige Mobilität. In M. Groß, *Handbuch Umweltsoziologie* (S. 325-347). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual Physics 9th edition*. Pearson Education, Inc.
- Höble, C., & Menthe, J. (2013). Urteilen und Entscheiden im Kontext Bildung für nachhaltige Entwicklung. Bewerten lernen als Bildungsaufgabe. In D. H. Jürgen Menthe, *Handeln in Zeiten des Klimawandels*. (S. 36-63). Waxmann Verlag.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (3 1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion- Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 3-18.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik - Theorie und Praxis*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kircher, E., Girwidz, R., & Häußler, P. (2015). *Physikdidaktik Theorie & Praxis, 3. Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kroon, S., & Sturm, J. (2002). 'Key Incident Analyse' und 'internationale Triangulierung' als Verfahren in der empirischen Forschung. *Empirische Unterrichtsforschung und Deutschdidaktik*, S. 96-112.
- Krüger, D., & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse- eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Pachmann, & H. Schecker, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133-145). Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Kühn, M. (2010). *Die richtige Vorstellung vom elektrischen Strom*. Hannover: Didaktik der Physik. Frühjahrstagung.
- Künzli, C. D. (2007). *Zukunft mitgestalten. Bildung für nachhaltige Entwicklung- Didaktisches Konzept und Umsetzung in der Grundschule*. Bern: Haupt Verlag.
- Lachmayer, N., & Henkel, S. (kein Datum). *Pilotstudie „Bildung für nachhaltige Entwicklung an berufsbildenden Schulen“*. Wien: FORUM Umweltbildung.
- Langer, M. (2005). *Bildung für nachhaltige Entwicklung: Kompetenzen-Schwerpunkte- Checklisten*. Wien: FORUM Umweltbildung.

- Matzig, J., & Reddeck, P. (Juli 2005). Von Schülervorstellungen zum Thema Lichtverschmutzung:
https://www.uni-kassel.de/fb10/fileadmin/datas/fb10/physik/didaktik/pdf_dateien/Schuelervorstellungen/Schuelervorstellungen.pdf abgerufen
- Mauthner, C. (2010). *Schülervorstellungen zum Klimawandel als Basis für einen schülerorientierten Chemieunterricht*. Wien: Universität Wien.
- Mayring, P. (Juni 2000). *Qualitative Inhaltsanalyse [28 Absätze]*. Von Forum Qualitative Sozialforschung/ Forum: Qualitative Social Research [On-line Journal],1(2): <http://qualitative-research.net/fqs/fqs-d/2-00inhalt-d.htm> abgerufen
- Niebert, K. (2009). "Es wird wärmer, weil mehr Sonne auf die Erde scheint!" Wie Lernende sich die Erwärmung vorstellen. *Unterricht Physik Nr.111/112*, S. 20-23.
- Niebert, K. (2010). *Den Klimawandel verstehen Eine theoriegeleitete und evidenzbasierte Entwicklung von Interventionen*. Von resarchgate.net:
https://www.researchgate.net/publication/238745153_Den_Klimawandel_verstehen_Eine_theoriegeleitete_und_evidenzbasierte_Entwicklung_von_Interventionen abgerufen
- Niebert, K., & Gropengießer, H. (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum.
- Prehl, A.-L. (2018). Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Grundschulen im Fach Sachunterricht – Schwerpunkt Physik . *Erhebung von Schülervorstellungen zur Energie in der Grundschule* . Frankfurt am Main: Goethe-Universität Frankfurt am Main , Institut für Didaktik der Physik.
- Rauch, F., & Steiner, R. (2013). *Grundsatzpapier zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung*. Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung.
- Reinfried, S., Mathis, C., & Kattmann, U. (3 2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 27, S. 404-414.
- Reusser, K. (3 2009). Von der Bildungs- und Unterrichtsforschung zur Unterrichtsentwicklung.– Probleme,. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 27, S. 295-312.
- Rost, J. (2005). Messung von Kompetenzen Globalen Lernens. *ZEP-Zeitschrift für Internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, S. 14-18.
- Sakschewski, M., Eggert, S., Schneider, S., & Bögeholz, S. (2014). Students' Socioscientific Reasoning and Decision-making on Energy-related Issues-Development of a measurement instrument. *International Journal of Science Education*, S. 36:14.

- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin: Springer Spektrum.
- Schuler, S. (April 2009). Schülervorstellungen zu Bedrohung und Verwundbarkeit durch den globalen Klimawandel. *Geographie und ihre Didaktik* 37(1), S. 1-28.
- Shin-Cheng, Y., Jing-Yuan, H., & Hui-Ching, Y. (März 2017). Analysis of Energy Literacy and Misconceptions of. *Sustainability*, 9, S. 423-452.
- Steiner, R. (2005). *Bildung und nachhaltige Entwicklung- eine Einführung*. Wien: FORUM Umweltbildung.
- Steiner, R. (2011). *Kompetenzorientierte Lehrer/innenbildung für Bildung für Nachhaltige Entwicklung. Kompetenzmodell, Fallstudien und Empfehlungen*. Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG Münster.
- Thaller, S. (2016). *Schülervorstellungen zum Thema Lichtverschmutzung - ein Beitrag zur Didaktischen Rekonstruktion*. Graz: Karl-Franzens-Universität Graz.
- Umweltbildung. (17. 08 2017). *die Definition für nachhaltige Entwicklung*. Von <http://www.umweltbildung.at/aktiv-werden/archiv/nachhaltige-entwicklung-als-herausforderung-fuer-die-zukunft/was-ist-nachhaltigkeit/die-definition-fuer-nachhaltige-entwicklung.html> abgerufen
- VCÖ Factsheet: Gesamtbilanz zeigt die wahren Umweltschäden durch den Verkehr. (2011). In VCÖ „Gesamtbilanz Verkehr – Rohstoffe, Fahrzeuge, Infrastruktur“, Schriftenreihe „Mobilität mit Zukunft“. Wien: VCÖ.
- Weber, A. (2007). *Problem-Based Learning – Ein Handbuch für die Ausbildung auf der Sekundarstufe II und der Tertiärstufe*. Bern: hep Verlag.
- Weinert, F. (2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Zeyer, A., & Roth, W.-M. (14. Mai 2009). A mirror of society: a discourse analytic study of 15- to 16-year-old Swiss students' talk about environment and environmental protection. *Cultural Studies of Science Education*, 4(4), S. S. 961-998.

Abbildungsverzeichnis

1: Kompetenzmodell BLUKONE aus (Bartosch et al, 2014).....	19
2 EcoQuest und Kompetenzentwicklung. Quelle: Bartosch et al., 2014, S. 9, eigene Darstellung	22
3: Das Beziehungsgefüge im Modell der didaktischen Rekonstruktion	24
4 Der Carnot'sche Kreisprozess	37
1 Viertaktverfahren Ottomotor. Quelle: http://www.chemienet.info/4-mot.html , aufgerufen am 26.07.2020	39
5 Betrachtung verschiedener Antriebstechnologien (Eigene Darstellung nach Daimler AG - Research And Technology	41
1 Gegenüberstellung Aufbau des Lernpfades (links) und der überarbeiteten Version (rechts) Quelle: Eigene Darstellung	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Überblick der Aufgabenblocks, Quelle: Eigene Darstellung	51
5. Tabelle 2 Überblick Aufgabenblock Soziale Aspekte Mobilität. Quelle: Eigene Darstellung	52
Tabelle 4 Überblick Aufgabenblock Ökologische Aspekte. Quelle: Eigene Darstellung	54
Tabelle 5 Überblick Ökonomische Aspekte & Abschluss. Quelle: Eigene Darstellung	55
Tabelle 6 Kodierleitfaden- Quelle: Eigene Darstellung	63
Tabelle 7: Ausschnitt Kodierleitfaden. Quelle: Eigene Darstellung	65

ANHANG

ECOQUEST 2 Mobilität

EQ2: Expertenrunde

Mobilität

Mobilität- Einführung

Herzlich Willkommen

bei der
Expertengruppe Mobilität!

Ihr seid auf dem Gebiet Mobilität
spezialisierte Firma, die ein Angebot für
den ÖAMTC vorbereiten soll!

Einführungsbeispiel

- Löse das Einführungsbeispiel
- Dazu hast du 15min Zeit

Expertise entwickeln

Erarbeite den Lernpfad
Blukone:Mobilität

Aufgabe Mobilitätskonzept

Der **ÖAMTC** hat eine gewisse Summe an finanziellen Mitteln zur Verfügung und möchte dieses Geld in ein **nachhaltiges Projekt** investieren.

Dabei hat der ÖAMTC 4 Firmen aus den Bereichen Bau/Licht/Mobilität/Photovoltaik um gebeten, entsprechende **Angebote** vorzubereiten.

Aufgabe Mobilitätskonzept1

Eure Aufgabe ist es, ein passendes Angebot vorzubereiten um euer Produkt

„Elektro-Tankstelle“

eurem potentiellen Kunden vorzustellen.

Teilt euch dazu auf:

- 1 Person bereitet einen Infofolder vor
- 1 Person bereitet das Angebot vor
- 2 Personen arbeiten an der Präsentation

Aufgabe Mobilitätskonzept2

Eure Aufgabe ist es, ein passendes Angebot vorzubereiten um euer Produkt

„Alternative Mobilitätskonzepte“

eurem potentiellen Kunden vorzustellen.

Teilt euch dazu auf:

- 1 Person bereitet einen Infofolder vor
- 1 Person bereitet das Angebot vor
- 2 Personen arbeiten an der Präsentation

Aufgabe Mobilitätskonzept

- Beachtet vor allem die
 - **ökologischen**
 - **ökonomischen und**
 - **sozialen Aspekte**
 - **sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen!**
- WICHTIG:
Die **Inhalte** von **Infolder & Anbot** müssen ebenso in der **Präsentation** vorkommen, allerdings noch mehr im Detail!

ACHTUNG

- Beachtet vor allem die
 - **ökologischen**
 - **ökonomischen und**
 - **sozialen Aspekte**
 - **sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen!**
- WICHTIG:
Die **Inhalte** von **Infolder & Anbot** müssen ebenso in der **Präsentation** vorkommen, allerdings noch mehr im Detail!

Infofolder Mobilitätskonzept

SchülerIn S3 erarbeitet einen **Infofolder**, der die Informationen zur Firma kurz und prägnant präsentiert. Denke daran, dass nur wenig Platz auf dem Folder ist und dass die Infos optisch ansprechend sein soll. Vor allem für potentiellen Kunden muss der Folder interessant sein.

Alternativ zum Infofolder könnte die Information in einem **Prospekt** oder auf einer **Website** präsentiert.

Anbot Mobilitätskonzept

SchülerIn S4 (& SchülerIn S5) bereiten ein **Anbot** vor, das ihr einem potentiellen Kunden legt:

Dieses Anbot soll deutlich machen, wieso euer Anbot dazu führt, dass das Unternehmen ein Beitrag zum nachhaltigen Umgang mit Energie leistet. Natürlich müsst ihr das Pflichtenheft erfüllen

Denkt daran, mit einem „**Zuckerl**“ euer Anbot ansprechender zu machen als das der Konkurrenz.

Jeder Kunde wird bei einer größeren Investition klarerweise mehrere Angebote einholen, und eures muss gegenüber der Konkurrenz besonders attraktiv sein, damit ihr den Zuschlag bekommt. (Daher sind nicht automatisch besonders billige Angebote gut, sondern solche, die besonders auf den nachhaltigen Umgang mit Energie achten!)

Präsentation Mobilitätskonzept

- SchülerInnen S1 und S2 arbeiten zusammen an einer **Präsentation**.
Die Präsentation soll 10 - 20 Folien umfassen und ca. 15 – 20 Minuten dauern.
- S1 hat den Part der Hintergrundinformation über und achtet darauf, dass in der Präsentation technisch Interessierte über die Technologie und eure Firma im Speziellen informiert. Berichtet auch über Möglichkeiten, Vorteile und Einschränkungen dieser Technologie und eurer Firma. S1 arbeitet eng mit S3(Infofolder) zusammen.
- S2 arbeitet mit S4(Anbot) zusammen und achtet darauf, dass das Anbot auch in der Präsentation gut erklärt wird.
- Die Präsentation wird schließlich vor der ganzen Klasse gehalten, ihr informiert/„schult“ die anderen auf eurem Fachgebiet.

ECOQuest:

Wie hoch wäre der Spareffekt in CO₂, wenn Du zu Fuß oder mit dem Fahrrad zur Schule kommen würdest?“

Aufgabe

Berechne dir wie viel CO₂ & Geld du sparen würdest, wenn du ein Jahr zu Fuß oder mit dem Fahrrad zur Schule kommen würdest.

- Daten zum Abschätzen des Schulweges

Für 1 Kilometer braucht man ungefähr

- 10-15 Min. zu Fuß
- 6-8 Min. mit dem Roller
- 5 Min. mit dem Fahrrad
- 2-3 Min. mit dem Auto.

- Daten zum Ermitteln des CO₂-Ausstoßes

- PKW: ca. 160 g CO₂/km
- Öffis: ca. 70 g CO₂/km
- Lösung
- Wegstrecke x CO₂-Ausstoß x Anzahl der Schultage in einem Jahr = Ersparnis

Einführungsbeispiel 2

EQ Mobilität

Das mobile Verhalten der Schule

EQ Mobilität

Aufgabe: Du willst das mobile Verhalten und den CO₂-Ausstoß der Schule erfassen und in einer Datenbank festhalten.

Dazu wirst du eine Umfrage starten und auswerten. Mit den Daten wirst du Verbesserungsvorschläge entwickeln und präsentieren.

Nach 2 Monaten befragst du einzelne Personen um zu sehen ob sich das Mobilitätsverhalten verändert hat.

EQ Mobilität

Folgende Punkte sollst du erarbeiten:

- Erstelle einen Fragebogen
- Führe die Umfrage aus
- Erstelle eine Datenbank mit den gesammelten Daten
- Berechne dir den CO₂-Ausstoß deiner Klasse und des Lehrkörpers und stelle sie graphisch in einem Plakat gegenüber.
- Erarbeitet Möglichkeiten zur Minimierung des CO₂-Ausstoßes und präsentiert sie.

Erstelle einen Fragebogen

- Welche Daten sind relevant?
- Als Hilfestellung steht dir der Leitfaden zum Erstellen eines Fragebogens zur Verfügung.
- Wie wird der Fragebogen verteilt? (Email, Zettel,...)

Datenbank erstellen und auswerten

- Welches Programm benützt du zur Datenerfassung?
- Wie wird der CO₂-Ausstoß berechnet
- Stelle deine beiden Gruppen graphisch dar und präsentiere deine Ergebnisse mit Verbesserungsvorschlägen.

Nach 2 Monaten

- Befrage einzelne Personen der beiden Gruppen. Finde heraus, ob und weshalb sie ihr mobiles Verhalten verändert haben
- Präsentiere deine Ergebnisse.

Argumentationskommode

Aufgabenstellung

Jede Gruppe bearbeitet ein Thema und bereitet Vor- und Nachteile für die Argumentationskommode vor!

GRUPPE 1: Fahrrad oder Öffis für den Schulweg?

GRUPPE 2: Der mobile CO₂-Ausstoß der Schule

GRUPPE 3: Keine Alternative zu Autos?
Treibhauseffekt & Mobilität

GRUPPE1: Fahrrad oder Öffis für den Schulweg?

Bereitet eine Schulungspräsentation (15 min) für die anderen Gruppen vor. Folgende Themen sollen in der Präsentation behandelt werden:

- ▶ Vergleich des ökologischen Fußabdrucks der einzelnen Verkehrsmittel
- ▶ Kostenanalyse bei Umstieg auf Fahrrad oder zu Fuß gehen
- ▶ Analyse: Bei welchen Strecken ist Fahrrad/ Fuß gut umsetzbar
- ▶ Ausstattung Fahrradwege
- ▶ E-Mopeds & E-Fahrrad

GRUPPE1: Fahrrad oder Öffis für den Schulweg?

Einige Links, die euch helfen könnten:

- ▶ http://klima-tour.de/fileadmin/user_upload/redakteur/cdrom/Umwelt_und_Verkehr.pdf
- ▶ <http://www.wienenergie.at/eportal/ep/programView.do/pageTypeld/11893/programId/23662/channelId/-30127>
- ▶ http://www.elektro-rad.com/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=25
- ▶ <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/sicherheit/tipps.html>

GRUPPE1: Fahrrad oder Öffis für den Schulweg?

Einige Links, die euch helfen könnten:

- ▶ http://klima-tour.de/fileadmin/user_upload/redakteur/cdrom/Umwelt_und_Verkehr.pdf
- ▶ <http://www.wienenergie.at/eportal/ep/programView.do/pageTypeld/11893/programId/23662/channelId/-30127>
- ▶ http://www.elektro-rad.com/index.php?option=com_content&task=view&id=30&Itemid=25
- ▶ <http://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/sicherheit/tipps.html>

GRUPPE3: Keine Alternative zu Auto?

Treibhauseffekt & Mobilität

- ▶ Was versteht man unter dem Treibhauseffekt?
- ▶ Zusammenhang Mobilität Treibhauseffekt
- ▶ Überblick Elektromobilität
- ▶ Wie umweltfreundlich ist der Strom aus der Steckdose? (Zusammensetzung Strom)
- ▶ Ökobilanz unterschiedlicher Fahrzeuge
- ▶ Ist das Auto heutzutage immer noch ein Statussymbol

GRUPPE3: Keine Alternative zu Auto?

Treibhauseffekt & Mobilität

Einige Links, die euch helfen könnten:

- ▶ <http://www.emobil-elektrofahrzeuge.at/>
- ▶ <http://www.zukunft-mobilitaet.net/5201/analyse/elektromotor-versus-verbrennungsmotor-marktanalyse-marktbetrachtung/>
- ▶ <http://www.zukunft-mobilitaet.net/7102/analyse/elektroautos-co2-wahrer-ausstoss-stromerzeugung/>
- ▶ <http://klimaohne Grenzen.de/klimawissen>
- ▶ <http://www.nachhaltigleben.de/24-energie-klima/11-klimawandel-ursachen-und-auswirkungen-auf-die-umwelt>
- ▶ <http://www.zukunft-mobilitaet.net/thema/treibhausgase/>
- ▶ http://www.fairenergy.at/fair_energy/page/427893408492425309_801763916202848014_837724608563133118_de.html
- ▶ http://www.smart-mobility.at/download.php?url=uploads/media/Gesamtverkehrsplan_122012.pdf

BLUKONE: Mobilität

BLUKONE: Mobilität

BLUKONE: Lernpfad MOBILITÄT

Herzlich Willkommen!

Dieser Lernpfad beschäftigt sich mit dem Thema Mobilität. Mithilfe dieses Lernpfades bekommst du einen Überblick über Mobilität, Nachhaltigkeit und alternativen Antrieben. Zu den einzelnen Themen werden immer wieder Links und Videos bereitgestellt mit denen du dich beschäftigen kannst, wenn du dein Wissen zusätzlich vertiefen willst. Am Ende des Lernpfades gibt es ein Quiz um dein neu erlangtes Wissen zu testen.

Nach dem Erarbeiten des Lernpfades solltest du folgende Lernziele erfüllen:

- den Zusammenhang zwischen Mobilität, Treibhauseffekt und CO₂-Ausstoß kennen
- Bescheid wissen über derzeit übliche Antriebe und alternativen Antrieben
- sich die soziale, ökologische und ökonomische Komponente der Thematik bewusst machen und dies auch in Entscheidungen einsetzen können

Viel Spaß beim Erarbeiten des Lernpfades!

Was ist Mobilität?

Klima und Mobilität

Spricht man von Mobilität und Nachhaltigkeit muss man sich auch mit dem Thema Klima auseinandersetzen. Im

folgenden Abschnitt beschäftigst du dich mit dem Treibhauseffekt und dem CO₂-Ausstoß

Treibhauseffekt

Jeder wird täglich mit dem Begriff Treibhauseffekt konfrontiert. Aus Medien, wie Fernsehen oder Zeitung wissen wir, dass wir Menschen seit Beginn der Industriellen Revolution die Umwelt auf unterschiedliche Arten und Weisen mehr negativ als positiv beeinflussen. Außerdem konnte der Mensch über die Jahrhunderte beobachten, dass es ein Zusammenhang zwischen dem Anstieg der Temperatur an der Erdoberfläche und dem Treibhauseffekt besteht.

Der Treibhauseffekt ist absolut notwendig für das Leben auf der Erde., Die durchschnittliche Temperatur an der Erdoberfläche beträgt +15° C, ohne den **natürlichen Treibhauseffekt** läge sie bei -18° C. Um die Auswirkungen des anthropogenen, d.h. des **zusätzlich vom Menschen verursachten Treibhauseffekts**

begreifen zu können, beschäftigen wir uns zuerst allgemein mit der Funktionsweise des Treibhauseffekts. Im

Folgenden Link wird anschaulich die Funktionsweise des Treibhauseffekts dargestellt.

<http://www.treibhauseffekt.com/treibhauseffekt/index.htm>

CO2-Bilanz

CO2-Bilanz¹⁹

Unter CO2-Bilanz oder der CO2-Fußabdruck versteht man ein Maß für den Gesamtbetrag von Kohlendioxid-Emissionen die durch eine Aktivität oder durch Produktion eines Gegenstandes entsteht

Da es (Stand 2011) noch keine international anerkannte Definition gibt, werden in einige Berechnungen auch alle Treibhausgase oder auch zusätzliche Faktoren einbezogen.

Kohlendioxid-Emissionen (gemessen in CO₂) und Treibhausgas-Emissionen (gemessen in CO₂-Äquivalenten, CO₂-eq) werden oft in Tonnen pro Jahr – oder bei Fahrzeugen in Gramm pro Kilometer – angegeben.

Der CO2-Fußabdruck hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen, da er ein hilfreiches Mittel werden könnte, um die Klimaauswirkungen von Produkten, Dienstleistungen und anderen Geschehnissen im Alltag eines jeden Menschen zu ermitteln. Nur mit diesen Informationen lassen sich die Klimaauswirkungen derselben wirksam minimieren, was wiederum nötig ist, um angestrebte Klimaziele – zum Beispiel das Begrenzen der globalen Erwärmung auf 2 °C – zu erreichen.

Der CO2-Fußabdruck lässt sich auch für Personen, Organisationen, Länder und Events (z. B. eine Urlaubsreise) etc. berechnen. Wer die CO2-Fußabdrücke mehrerer Handlungsalternativen kennt, kann diese Zahlen mit anderen Faktoren abwägen und bei Entscheidungen berücksichtigen. Bei Personen, Organisationen oder Events wird oft auch angeboten, den CO2-Fußabdruck zu neutralisieren, indem man z. B., entsprechend dem Ergebnis der Berechnung, in Regenwaldaufforstungen, Erneuerbare Energien oder andere klimafreundliche Maßnahmen investiert

¹⁹ <https://de.wikipedia.org/wiki/CO2-Bilanz>

Der CO₂-Fußabdruck eines Produktes

Der CO₂-Fußabdruck eines Produkts hängt von seinem Produktlebenszyklus ab.

Der Produktlebenszyklus besteht aus folgenden Punkten:

Herstellung, Gewinnung und Transport der Rohstoffe und Vorprodukte

Produktion und Distribution

Nutzung, Nachnutzung

Entsorgung/Recycling

Der CO₂-Fußabdruck von Produkten der am detailliertesten untersucht. Der CO₂- Fußabdruck einzelner Lebensmittel liegt zwischen einigen Gramm bis zu mehreren Kilo CO₂, z.B. hat Rindfleisch einen Wert von 13 kg CO₂ pro Kilo Rindfleisch. Die Werte können ja nach Lagerung, Transport, etc. sehr variieren.

Der CO₂-Fußabdruck einer Person

Mit sogenannten CO₂-Rechnern lässt sich der eigene CO₂-Fußabdruck überschlägig errechnen. Die meisten unterscheiden folgende Lebensbereiche.

- Wohnen (CO₂-Ausstoß durch Heizen und Strom in der Wohnung),
- Mobilität (CO₂-Ausstoß durch Autofahren, Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel und Fliegen),
- Ernährung (Ess- und Trinkgewohnheiten, Herkunft der Nahrungsmittel),
- Privater Konsum (Kaufverhalten und Kriterien, auswärts Essen, Hotelübernachtung, Kosten für Kultur, Gesundheit oder andere Dienstleistungen) und
- Öffentlicher Konsum (Emissionen, die vom Staat verursacht und auf alle Bürger verteilt werden)

Mithilfe einer solche groben Berechnung kann man versuchen, den Fußbadruck zu verringern. Auf die Bereiche Privater Konsum, Heizung, Ernährung, Mobilität und Haushaltsgeräte hat man dabei den größten Einfluss. Der Bereich Öffentlicher Konsum ist vom Individuum wenig bis gar nicht beeinflussbar. Oft wird auch nach der Berechnung angeboten, durch eine Spende den eigenen CO₂-Ausstoß zu kompensieren

Auswirkungen und Prognosen

Welche Auswirkungen des Klimawandels sind in Zukunft zu erwarten?²⁰²¹

Die bereits zu beobachtenden negativen Auswirkungen der letzten Jahre werden sich in Zukunft verstärken. Bei einem Anstieg der mittleren globalen Temperatur um mehr als 1,5-2,5°C und einem gleichzeitigen Anstieg der CO₂-Konzentration in der Luft wird es erhebliche Veränderungen der Struktur und Funktion von Ökosystemen und der Verbreitung von Arten geben.

Projizierte Auswirkungen

Dabei werden viele der ärmsten Regionen der Welt aufgrund von Mehrfachbelastungen und niedriger Anpassungskapazität die verwundbarsten Regionen gegenüber Klimaschwankungen und -änderungen sein. Für Afrika wird projiziert, dass bereits bis zum Jahr 2020 bis zu 250 Millionen Menschen aufgrund der Klimaänderung unter zunehmender Wasserknappheit leiden. In einigen afrikanischen Ländern könnten sich die Erträge aus der vom Regen abhängigen Landwirtschaft bis 2020 um bis zu 50% reduzieren und somit die Nahrungsmittelknappheit auf dem Kontinent verstärken. Überhaupt werden sich von Dürre betroffene Gebiete weltweit flächenmäßig ausdehnen. Für nahezu alle Regionen Europas werden durch einige künftige Auswirkungen der Klimaänderung nachteilige Beeinträchtigungen erwartet.

Für die überwiegende Mehrheit von Ökosystemen wird sich eine Anpassung an den Klimawandel als schwierig erweisen. In den Gebirgsregionen wird es zu einem weiteren Rückzug der Gletscher, einem Rückgang der Schneefälle und zu einem erheblichen Verlust der Arten (in Hochemissions-Szenarien in manchen Gebieten um bis zu 60% bis 2080) kommen. Für Südeuropa werden schlechtere Lebensbedingungen durch hohe Temperaturen und geringere Wasserverfügbarkeit projiziert. In Mittel- und Osteuropa werden die Niederschläge im Sommer abnehmen und das gesundheitliche Risiko als Folge von Hitzewellen zunehmen. Alle Auswirkungen sind stark vom Temperaturverlauf abhängig

Welche Entwicklung der CO₂-Emissionen wird prognostiziert?

Die weltweiten Treibhausgasemissionen haben seit der Zeit vor der Industrialisierung stark zugenommen (zwischen 1970 und 2004 mit einem Anstieg von 70%). Über den Zeitraum 1970 – 2004 haben sich die Emissionen des Energieversorgungssektors und des Verkehrs verdoppelt. Die Industrie steigerte ihre Emissionen um 65% und für Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft stieg der Wert um 40%.²² In einigen Ländern und Sektoren führten politische Maßnahmen zu Emissionsrückgängen. Der Umfang dieser Maßnahmen war jedoch zu gering, um den weltweiten Emissionszuwachs zu stoppen. Ohne stärkere politische Anstrengungen (insbesondere auch hinsichtlich eines internationalen Folgeabkommens zum 2012 auslaufenden Kyoto-Protokoll) werden die globalen Emissionen von Treibhausgasen über die nächsten Jahrzehnte weiter zunehmen. CO₂-Emissionen pro Kopf Ein überproportional hoher Anteil des Zuwachses wird dabei aus Entwicklungs- und

²⁰ https://bezirksschule.schule-wettingen.ch/get_file/display_document/942.pdf

²¹ https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_da113

²² https://bezirksschule.schule-wettingen.ch/get_file/display_document/942.pdf

Schwellenländern stammen, wobei deren durchschnittliche Pro-Kopf-CO₂-Emissionen immer noch wesentlich unter denen der Industrieländer liegen werden. Die globale atmosphärische Kohlendioxidkonzentration ist von einem vorindustriellen Wert von etwa 280 ppm auf 379 ppm im Jahre 2005 angestiegen. Die atmosphärische Kohlendioxidkonzentration im Jahre 2005 übertrifft die aus Eisbohrkernen bestimmte natürliche Bandbreite der letzten 650.000 Jahre (180 bis 300 ppm) bei Weitem. Um die Erderwärmung bis 2050 auf max. 2,0 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen muss der Wert dauerhaft auf 350ppm gesenkt werden²³.

Welche Maßnahmen können zur Vermeidung von CO₂-Emissionen beitragen?

Wir alle können zum Schutz des Klimas beitragen, indem wir regenerative Energiequellen nutzen und Verhaltensmuster hin zu mehr Ressourcenschutz ändern. Die Verringerung des Energiebedarfs steht dabei an erster Stelle und ist oft auch die kostengünstigste Maßnahme zum Schutz des Klimas. Insbesondere bei Gebäuden, im Verkehrssektor und in der Industrie können damit CO₂-Emissionen beträchtlich reduziert werden. Investitionen in die Energieversorgung in Entwicklungs- und Schwellenländern basierend auf regenerative Energieträger tragen aufgrund des dort sehr stark steigenden Energiebedarfs ebenfalls wesentlich zur Emissionsminderung bei. Darüber hinaus helfen diese Projekte klimafreundliche Technologien zu verbreiten und die volkswirtschaftlichen Kosten (und damit auch die eines jeden Einzelnen) für das Erreichen von Klimaschutzzielen zu minimieren. Beispiele hierfür sind die von Klima ohne Grenzen geförderten CO₂-Kompensationsprojekte. Ende 2012 läuft der Vertragszeitraum des Kyoto-Protokolls Ab 2020 gelten die verbindlichen Maßnahmen und das Regelwerk des Pariser Abkommen (2016) Ziel ist es, die Klimaerwärmung unter 2°C, bestenfalls unter 1,5°C zu halten. Dieses Ziel kann nur mit einer starken Reduktion von Kohlenstoffdioxidemissionen erreicht werden.. Gerade deshalb ist jetzt jeder Einzelne gefragt, eigenverantwortlich zu handeln und CO₂- Emission zu reduzieren²⁴.

Was versteht man unter Elektromobilität?

Elektromobilität bezeichnet die Nutzung von Elektrofahrzeugen für die Erfüllung der unterschiedlichen individuellen Mobilitätsbedürfnisse.

Warum ist Elektromobilität so ein wichtiges Thema in unserer Zeit?

Mithilfe der Elektromobilität hofft man, die globale Erwärmung zu bremsen. Aufgrund des weltweiten immer stärkeren Anstiegs der Benutzung von PKW oder LKW, steigt auch die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, was zu einer Erwärmung der Erdoberfläche führt. Weltweit haben sich die politischen

²³ https://www.planet-schule.de/mm/die-erde/Barrierefrei/pages/Die_Folgen_des_Klimawandels.html

²⁴ <https://www.myclimate.org/de/informieren/faq/faq-detail/was-sind-sinnvolle-massnahmen-und-loesungen-gegen-den-klimawandel>

Führungskräfte sich das Ziel vorgenommen die Erwärmung auf 2°C bis 2100 zu begrenzen. Dies ist jedoch nur mit alternativen Transportmöglichkeiten möglich.²⁵

Vor allem die Politik in Europa hat sich dazu folgende Vorgaben gegeben:

- Reduktion von CO₂
- Geringere Abhängigkeit von Öl und Gas
- Umstieg der Wirtschaft auf erneuerbare Energie
- Aktive Förderung alternativer Technologien
- Deutschland will Leitmarkt der Kfz-Industrie bleiben
- Arbeitsmarkt-Ziele in der Kfz-Industrie sind davon abhängig Zusätzlich hat die EU weitere Vorgaben veröffentlicht:
- Steigerung der Energieeffizienz
- Reduktion Verbrauch des Flottenschnitts der Neuzulassungen je Hersteller
 - o 140 CO₂/km heute
 - o 130 CO₂/km 2015 ~4,2l Diesel/100km, konventionell machbar
 - o 95 CO₂/km 2020 ~3,0l Diesel/100km, nur mit Hybriden machbar
 - o 75CO₂/km 2025 ~2,4l Diesel/100km

Weiters sind die Erdöl und Erdgas beschränkte Ressourcen, die sich zu Ende neigen.

Elektromobilität

Während der Toyota Prius als Hybridelektrokraftfahrzeug bereits seit vielen Jahren in Großserie verfügbar ist, erweitert sich das Modellangebot für Vollhybride ebenso wie für reine Elektroautos und Elektro-Motorräder nur langsam. Auch elektrische Leichtkraftfahrzeuge mit deutlich reduzierten Gebrauchseigenschaften werden nur in Kleinserien produziert und sind entsprechend teuer.

Das Angebot an Elektroautos ist entgegen der Medienpräsenz des Themas derzeit (2011) nur gering. Im ersten Halbjahr 2011 wurden in ganz Europa ca. 5000 Neufahrzeuge zugelassen.

Vor allem die Elektroräder haben derzeit (2012) hohe Zuwachsraten. Auch verschiedene elektrisch angetriebene Kleinkraftträder wie das Elmoto, Elektromotorroller und Elektromotorräder sind schon erhältlich.

Förderwürdigkeit

Gegenstand der öffentlichen Debatte ist die ökologische Bewertung von Hybridfahrzeugen, Brennstoffzellenfahrzeugen und Elektrofahrzeugen, deren Traktionsbatterien mit Strom aus dem herkömmlichen Energiemix aufgeladen werden. Der deutlich höhere Wirkungsgrad und der wesentlich einfachere Aufbau des

Elektromotors im Vergleich zum Verbrennungsmotor führen zu einem geringeren fahrzeugbezogenen Energieverbrauch und insgesamt geringeren Wartungs- und Betriebskosten. Selbst in der Betrachtung von der Quelle (Primärenergie) zum Rad (Well-to-Wheel) ist die Energieeffizienz des Antriebs, unter anderem wegen des besseren Teillastverhaltens, bei Elektrofahrzeugen höher als die von Fahrzeugen mit konventionellem Verbrennungsmotor.²⁶ Bei der Gegenüberstellungen von Antriebskonzepten ist jedoch zu beachten, dass üblicherweise nur die für den Antrieb (also die Fortbewegung) genutzte Energie bilanziert wird. Der Energieaufwand für Heizung und Sicherheits- und Komfortsysteme (z. B. Entfrosten und Wischen der Scheiben, Ausleuchten der Fahrbahn, Fahrerassistenzsysteme, Klimatisierung und Beschallung des Fahrzeuginnenraumes) wird häufig nicht betrachtet. Die von diesen Nebenverbrauchern benötigte Energie hat jedoch Auswirkungen auf Energieeffizienz und Reichweite des Fahrzeuges.

Sein volles Potential für den Klimaschutz entfaltet das Elektrofahrzeug bei der Verwendung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen.

Diskutiert werden derzeit finanzielle Anreize zum Kauf von Elektrofahrzeugen, z. B. Markteinführungsprämien, welche die in der Anfangsphase noch verhältnismäßig hohen Anschaffungskosten abmildern und zu einer zügigen Marktdurchdringung beitragen sollen.

Potenziale und Probleme

Gegenüber dem auf Verbrennungsmotoren basierenden Verkehr bietet die Elektromobilität sowohl aus volkswirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht Vorteile und Potenziale:

- Verringerung der direkten Emissionen der Fahrzeuge (z. B. Abgase, Lärm)
- die Verringerung von CO₂-Emissionen durch die Nutzung von Strom aus nicht fossilen und erneuerbaren Energiequellen auch bei Einbeziehung der grauen Energie zur Herstellung der Batterie
- Sicherheit der Energieversorgung durch Nutzung verschiedener Energiequellen (Energiemix)
- mögliche Veränderung des Mobilitätsverhaltens durch neue Transportmittel (Elektroroller, Pedelec).

Einer allgemeinen Durchsetzung stehen noch eine Reihe, zumeist technische Probleme entgegen. Es fehlt bisher eine ausreichende, leistungsfähige und wirtschaftliche Infrastruktur zur Energieversorgung von Elektrofahrzeugen, darunter leistungsfähige, sichere und wirtschaftliche Akkumulatoren.

Situation in Österreich

²⁶ <https://de.wikipedia.org/wiki/Elektroauto>



Polizei-Elektroauto im Programm "VLOTTE", Quelle: Wikipedia

In Österreich wurden 2009 drei Programme zu Energieforschung, Automobilentwicklung und Marktvorbereitung begonnen. Jährlich wollen das Ministerium für Umwelt und das für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) 150 Mio. € an Fördergeldern bereitstellen. Der Schwerpunkt liegt auf R&D-Projekten und Prototypen der Elektromobilität.²⁷

Im Rahmen des Programms des Klima- und Energiefonds wurde 2010 die Förderung zweier weiterer Forschungsprojekte „Technologische Leuchttürme der Elektromobilität“ beschlossen. Auch die 2009 gestarteten Modellregionen "VLOTTE" in Vorarlberg und

„ElectroDrive“ in Salzburg werden fortgesetzt. 2009 wurde auch die Initiative e-connected für Elektromobilität und nachhaltige Energieversorgung gegründet. Die Initiative soll allen potentiellen Marktteilnehmern Information bereitstellen und Erfahrungsaustausch erleichtern. Neben der Website www.e-connected.at werden Informationen zur Elektromobilität präsentiert. Mehrere Expertengruppen arbeiten an Lösungsansätzen zur Einführung der Elektromobilität.²⁸ Neben den durch nationale Fördermittel errichteten Modellregionen hat sich in Kärnten eine Initiative Namens „Lebensland Kärnten“ gebildet. Treibende Kraft in dieser Initiative ist die Kärntner Landesregierung. „Lebensland Kärnten“ schafft es seit Herbst 2008 Schritt für Schritt den Markt für die aufkommende Elektromobilität zu bereiten. Erste messbare Erfolge waren über 14 % Marktanteil bei Mopedneuanmeldungen für elektrisch betriebene Mopeds im Jahr 2009. 2010 ist der Gesamtumsatz im Handel im Sektor Elektromobilität alleine in Kärnten auf weit über 2 Mio. € gestiegen.

Es wurde eine Website eingerichtet auf der versucht wird, alle relevanten Informationen für den Endkunden aufzubereiten.

Für 2010 sind von Seiten des BMVIT zusätzlich 60 Millionen Euro an Fördergeldern vorgesehen, zwei Drittel davon fließen in neue Technologien, mit Schwerpunkt E-Mobilität, Hybridtechnologie, Materialforschung und Batterietechnologie.

Antriebstechnologien

²⁷ <https://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/2342267> 117

²⁸ <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/Geschaeftsbericht2009.pdf>

In der hier befindenden Grafik werden die aktuellen Antriebe kurz vorgestellt.

System Elektromobilität Fahrzeuge

Antriebstechnologien

Klimafreundliche Mobilität wird auf absehbare Zeit durch verschiedene Antriebstechnologien ermöglicht



Quelle + Grafik: VDA

8Quelle: <https://www.tu-chemnitz.de/wirtschaft/bwl3/DownloadAllgemeinOffen/Publikationen/Elektromobilitaet.pdf>

Verbrennungsmotoren

Auf der folgenden Website findest du kurz erklärt wie ein Diesel- und Ottomotor funktionieren. Weiters befindet sich eine Grafik, wo beide Motoren verglichen werden mit den jeweiligen Vor- und Nachteilen.

<http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/waermekraftmaschinen/ausblick#Vergleich Ottomotor Dieselmotor>

Elektrotankstelle- Was ist das?

Als Elektrotankstelle versteht man eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge. Diese kann öffentlich oder nicht-öffentlich zugänglich sein und ist im einfachsten Fall eine Steckdose (230 V, 16 A), an welcher der Akkumulator eines elektrisch angetriebenen Fahrzeugs über eine Kabelverbindung aufgeladen werden kann. Es gibt kostenpflichtige und sogar zahlreiche kostenlose Stromtankstellen. Mittlerweile gibt es vermehrt Stromtankstellen mit Drehstromanschluss, damit entweder mehrere Fahrzeuge gleichzeitig oder ein Fahrzeug beschleunigt geladen werden kann.

Bei einer Stromtankstelle als Solartankstelle ist der Betreiber zusätzlich dafür verantwortlich, dass die bezogene elektrische Energie in ihrer Herkunft direkt zur Sonne zurückverfolgt werden kann, beispielsweise mit Hilfe einer Solarstromanlage.

Im unten angeführten Link findest du weitere Informationen zu Elektrotankstellen in Österreich

http://www.fairenergy.at/fair_energy/page/427893408492425309_80176391620284801



Hybride

Ein Hybridelektrokraftfahrzeug ist ein Kraftfahrzeug, das von mindestens einem Elektromotor und einem weiteren Energiewandler angetrieben wird und die Energie aus einem Betriebskraftstofftank und einer Speichereinrichtung (im Fahrzeug) für elektrische Energie bezieht.²⁹

Die entsprechende EU-Richtlinie bezeichnet das als Hybridelektrofahrzeug. Meist wird nur von Hybridfahrzeug, Hybridauto oder Fahrzeug mit Hybridantrieb gesprochen.

Der elektrische Hybridantrieb zum Kraftfahrzeugbetrieb ist einer von vielen möglichen Hybridantrieben unterschiedlicher Zusammenstellung und Einsatzbereiche. Doch auch dieser spezielle Hybridantrieb kann in vielen unterschiedlichen Variationen gestaltet werden. Der Hybridantrieb wird im Serienautomobilbau eingesetzt, um die Effizienz zu verbessern, den fossilen Kraftstoffverbrauch zu verringern oder die Leistung im niedrigen Drehzahlbereich zu steigern. Gegenwärtig werden Verbrennungsmotoren mit Elektromotoren und Akkumulatoren kombiniert, es lassen sich aber beispielsweise auch Brennstoffzellen beziehungsweise Doppelschicht-Kondensatoren einsetzen.

Die Funktionsweise eines Elektromotors

Hier wird kurz die Funktionsweise eines Elektromotors erklärt.

Im Gehäuse eines solchen Motors befindet sich ein Permanentmagnet, welcher den sogenannten "Anker" oder "Rotor" umgibt.

Dieser wiederum besitzt eine Spule. Wird durch die Spule ein elektrischer Strom geschickt, so erzeugt diese ihrerseits auch ein Magnetfeld. Die Spule funktioniert also wie ein Elektromagnet.

Vielleicht kennen Sie schon die Wirkung, welche mehrere Magnetfelder zueinander zeigen. Entweder stoßen sie sich ab oder sie ziehen sich an. Genau diese Wirkung der Magnetfelder zueinander ist es, welche für die Drehbewegung des Motors genutzt wird. Nehmen Sie einmal an, die beiden Magnetfelder stoßen sich ab.

Nun fängt der Rotor an, sich zu drehen, und zwar so weit, bis er eine Stellung erreicht hat, in der beide Magnetfelder sich anziehen.

Normalerweise würde die Drehbewegung an dieser Stelle aufhören. Der Rotor besitzt allerdings eine Einrichtung, welche die Polung des Elektromagnets automatisch wechselt. Dies geschieht genau an dieser Stelle.

Die Folge davon ist, dass sich die Magnetfelder wiederum abstoßen, was zu einer erneuten Drehbewegung führt.

Der Rotor dreht sich also weiter, bis sich die Magnetfelder wieder gegenseitig anziehen. Dann wird wiederum die Polung des Elektromagnets geändert.

Dieser Vorgang wiederholt sich ständig, sodass die Drehbewegung weitergeht.

Im unten stehenden Link wird die Funktionsweise nochmals mit Hilfe eines Applets dargestellt

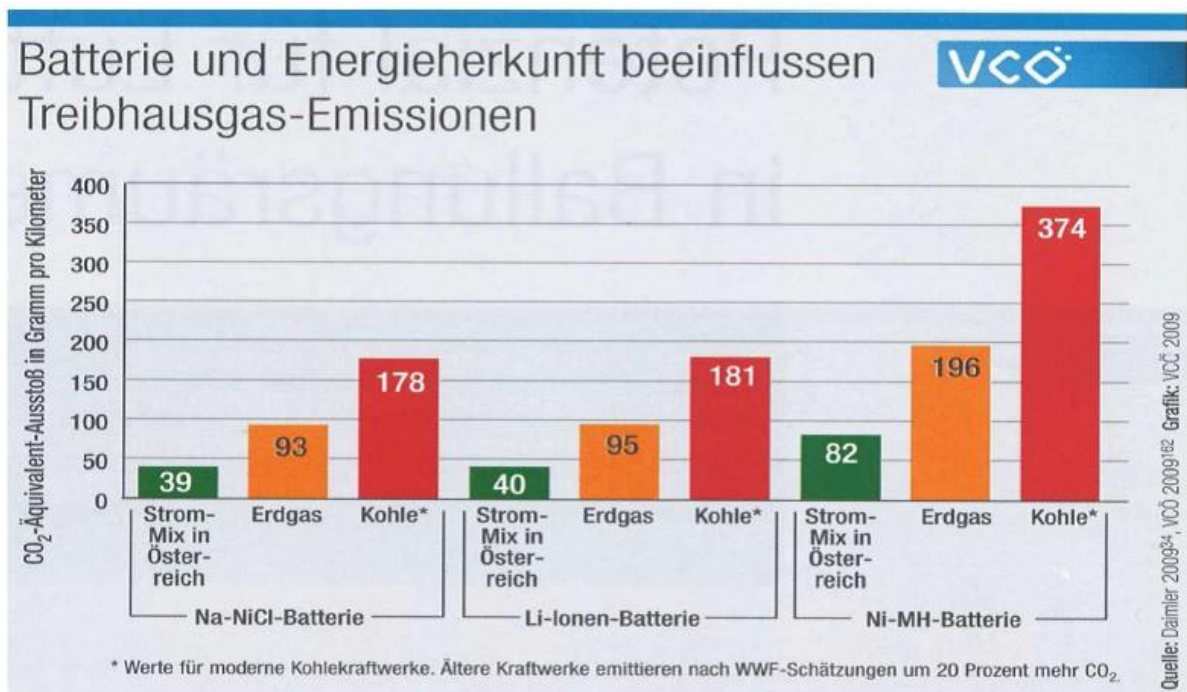
<http://edufish-physik.blogspot.co.at/2007/05/der-elektromotor.html>

Recherchiert eigenständig im Internet die Vor- und Nachteile von Elektroautos! Postet auf der Blukone-Seite mindestens drei Vor- und Nachteile!

Elektroauto und Umwelt

Sieh dir den Beitrag auf Homepage an!

<http://www.br.de/radio/bayern1/inhalt/experten-tipps/umwelt-elektroauto-benzin-diesel-100.html>



9Quelle: VCÖ,2009

Alternative Mobilitätskonzepte

Carsharing

Carsharing ist die organisierte gemeinschaftliche Nutzung eines oder mehrerer Automobile. Carsharing erlaubt anders als konventionelle Autovermietungen ein kurzzeitiges Anmieten von Fahrzeugen. Das Autoteilen unter Nachbarn und Bekannten fällt unter den Begriff Privates Carsharing.³⁰

Die Fahrzeuge einer Carsharing-Organisation sind entweder auf fest angemieteten Parkplätzen über eine Stadt oder einen größeren Ort verteilt oder parken frei (free floating) im öffentlichen Parkraum. Die festen Mietstationen befinden sich häufig an Verkehrsknotenpunkten des öffentlichen Verkehrs wie Bahnhöfen, Tramknoten,

³⁰ <https://de.wikipedia.org/wiki/Carsharing>

Endstationen von Buslinien usw., wo sie von den Mitgliedern gut erreichbar sind. Die vorab reservierten Fahrzeuge werden meist benutzt, um von diesen Knotenpunkten aus abgelegene Ziele zu erreichen. Die Fahrzeuge müssen nach Ablauf der gebuchten Zeit wieder an ihrem Standort bzw., beim flexiblen Carsharing, an einem beliebigen Parkplatz innerhalb des fest definierten Geschäftsbereichs.

Carsharing funktioniert also nur bei einem gut ausgebauten öffentlichen Verkehr und ist ein Mittel der „kombinierten Mobilität“. Es kann und will den öffentlichen Verkehr nicht ersetzen, der als Zubringer zu den Parkplätzen dient. Für Pendler, die den ganzen Arbeitsweg nicht anders als mit dem Auto zurücklegen können, ist es in der Regel keine sinnvolle Alternative; dazu eignen sich eher Fahrgemeinschaften und Mitfahrgelegenheiten. Das Konzept ist mehr für unregelmäßige Fahrten oder Transporte vorgesehen.

Mitglieder der Carsharing-Organisationen gehen meist eine langfristige, zum Teil kostenpflichtige Mitgliedschaft in der Organisation ein. Die Organisation und nicht die einzelnen Teilnehmer sind Eigentümer der Autos und – im Unterschied zum nachbarschaftlichen Autoteilen – für die Wartung und Reparatur der Fahrzeuge verantwortlich. Ein Konzept, das dazwischen liegt, wird von Citycar angeboten: Hier können sich Kunden als sogenannte "Hosts" bewerben. Sie müssen einen Parkplatz vorweisen und übernehmen die Patenschaft für ein Fahrzeug, wobei sie für Sauberkeit und Wartung sorgen. Vergütet wird diese Tätigkeit mit einem Fahrguthaben.

Carsharing ist preisgünstiger als der Betrieb eines eigenen gleichartigen Fahrzeugs, solange die jährlich gefahrenen Kilometer und Nutzungszeiten unter der Rentabilitätsschwelle liegen. Diese ist bei den einzelnen Anbietern unterschiedlich, meist zwischen 10.000 und 20.000 Kilometern pro Jahr. Die Stiftung Warentest kam in einer Modellrechnung mit 5.000 Jahreskilometern auf Kosten von 138 Euro pro Monat, mit einem eigenen Wagen dagegen auf 206 Euro pro Monat.

Feste Kosten wie Anschaffungskosten, Stellplatz- oder Garagenmiete, Kraftfahrzeugsteuer und Versicherungsprämien entfallen. Bei Nichtbenutzung ist je nach Anbieter nur eine geringe oder gar keine Gebühr (z. B. Anmeldegebühr, monatlicher Beitrag) zu zahlen. Die meisten Anbieter integrieren einen Pannendienst, was eine zusätzliche Mitgliedschaft bei Verkehrsclubs überflüssig macht.

Mit Carsharing kann eine umfassende Mobilität gewährleistet werden, die das Auto als Ergänzung zu öffentlichem Verkehr, Fuß- und Fahrradverkehr versteht. Dadurch werden diese Verkehrsträger gefördert, und der Straßenverkehr insgesamt entlastet. Vor allem in städtischen Wohnquartieren, wo nicht für alle Fahrzeuge ein Parkplatz zur Verfügung steht, kann Carsharing eine Entlastung bringen.³¹

Carsharing eignet sich bisher nicht für den regelmäßig täglichen Gebrauch zu festen Zeiten, etwa durch Berufspendler. Für häufigere längere Strecken wie etwa Urlaubsfahrten können die Kosten verhältnismäßig höher als bei anderen Verkehrsmitteln sein.

Der Fahrer ist nicht an ein bestimmtes Fahrzeug oder einen bestimmten Fahrzeugtyp gebunden und kann diesen je nach Situation und Bedarf auswählen (z. B. Klein- oder Sportwagen, Kombi, Kleinbus oder Transporter). Bei manchen Anbietern hat der Fahrer allerdings erst ab einem bestimmten Alter Zugriff auf das gesamte Angebot.

Bei fast allen Anbietern muss die Nutzungsdauer des Fahrzeugs vorher festgelegt werden und kann nur verlängert werden, wenn das Auto anschließend noch nicht von anderen Nutzern gebucht ist. Andere Anbieter erlauben eine freie Nutzungsdauer, sind dann aber meist teurer.

Bei fast allen Anbietern ist es für den Benutzer nicht möglich, das Auto zu „personalisieren“: Er kann also keine Ziele in Navigationssystem oder Stationen im Radio dauerhaft speichern. Auch ist zum Teil eine Reinigung vorgesehen, weil der nächste Nutzer ein sauberes Auto vorfinden will.

³¹ <https://carsharing.at/was-ist-carsharing-eigentlich/>

Bis heute beschränkt sich erfolgreiches Carsharing oft auf dichter besiedelte und gut mit öffentlichem Verkehr erschlossene Gebiete. Dadurch ist das Konzept für auf dem Land lebende Personen nicht besonders interessant und kann sich dort nur schwer etablieren.

Für genauere Angebote und Informationen, geh auf die Seite von [carsharing.at](http://www.carsharing.at)

<http://www.carsharing.at/de/pub/idee/konzept.htm>

Park-and Ride-Systeme

Park and Ride bezeichnet ein Prinzip der Verkehrsplanung, in dem in der Nähe von Haltestellen des öffentlichen Nahverkehrs Abstellmöglichkeiten für Pkw, teilweise auch Motorräder und Busse, zur Verfügung gestellt werden. Vor allem Berufstätigen wird so die Möglichkeit gegeben, ihren Pkw am Stadtrand abzustellen und ohne Stau und Parkplatzprobleme mit öffentlichen Verkehrsmitteln in die Innenstadt zu gelangen.

Außerdem hilft P+R bei der Bewältigung von Verkehrsproblemen bei

Großveranstaltungen wie Fußballbundesligaspielen, Rockkonzerten und Innenstadtfesten.

Eine ähnliche Zielsetzung hat Bike and ride, die Bereitstellung von Fahrradständern oder -boxen an Haltestellen. An größeren Bahnhöfen gibt es überdachte Stellplatzanlagen oder Fahrradparkhäuser. Das im Fernverkehr angebotene Park and Rail hat jedoch eine andere Zielsetzung und ist nicht vergleichbar.

Ein politisches Ziel von P+R ist es, den Fahrzeugverkehr in den Ballungsräumen zu verringern und den Anteil des ÖPNV am Berufsverkehr zu erhöhen. Der Bau und Betrieb von P+R-Anlagen wird meist aus Steuergeldern finanziert. P+R ist politisch nicht unumstritten. Neben den Investitions- und Unterhaltskosten der Parkplätze wird bemängelt, dass P+R-Anlagen, insbesondere solche am Stadtrand, die Zersiedelung fördern, da sie ein attraktives Angebot für Pendler aus Regionen mit wenig entwickeltem ÖPNV darstellen. Es wird angenommen, dass der Wegzug aus den Zentren dadurch attraktiver gemacht und die Anlage von P+R-Anlagen daher stadt- und verkehrsplanerisch kontraproduktiv ist. Allerdings spielen sehr viele Faktoren für die „Stadtflucht“ eine Rolle, und so kann auch argumentiert werden, dass ohne P+R-Angebote das sowieso vorhandene Auto für die direkte Anfahrt ins Stadtzentrum genutzt würde.³²

Insbesondere durch kleine P+R-Anlagen wird eine kaum relevante Nachfragesteigerung für den ÖPNV erreicht: Im Berufsverkehr ist ein Pkw im Schnitt mit unter 1,5 Personen besetzt (bei P+R liegt der Besetzungsgrad meist sogar noch niedriger), so dass eine P+R-Anlage mit 200 Stellplätzen höchstens 300 Fahrgäste zum Zug bringen kann. Bereits ein kleiner S-Bahnhof erreicht jedoch mühelos täglich Zustiegezahlen im vierstelligen Bereich. P+R bleibt damit prinzipbedingt ein Nischenangebot und damit raumplanerisch ohne größeren Einfluss. Dagegen können vor allem bei größeren Anlagen die an P+R verlorenen Fahrgäste zur Ausdünnung oder gar Einstellung von Zubringer(Bus)Linien und damit einer Verschlechterung des öffentlichen Verkehrs in der Fläche führen.

³² https://de.wikipedia.org/wiki/Parken_und_Reisen

Mobilität im ländlichen Bereich

Welche Potenziale hat Elektromobilität im ländlichen Raum?

Das Potenzial von Elektromobilität wurde bisher vor allem in Städten und Ballungsräumen gesehen, wo es ohnehin ein gutes Angebot an Öffentlichem Verkehr, Radfahranlagen und Carsharing gibt. Doch gerade für den ländlichen Raum, wo es weniger Öffentlichen Verkehr gibt, birgt Elektro-Mobilität neue Chancen in Sachen klimafreundlicher und kostengünstiger Mobilität.³³

Elektro-Fahrzeuge können Gehen, Radfahren und Öffentlichen Verkehr gut ergänzen. Der Großteil der zurückgelegten Strecken ist auch am Land kurz genug, um problemlos mit Elektro-Fahrrädern, E-Mopeds oder E-Autos zurückgelegt zu werden. Die reinen Elektro-Fahrzeuge der ersten Generation kommen etwa 100 bis 200 Kilometer weit – und sind damit für den überwiegenden Teil der Autofahrten bestens geeignet. In Österreich sind rund 98 Prozent der Autofahrten kürzer als 100 Kilometer, 95 Prozent sogar kürzer als 50 Kilometer. 50 Prozent aller Wege sind kürzer als 5 Kilometer, also leicht mit Fahrrad oder Öffis zurückzulegen.

Elektro-Fahrzeuge bieten sich im ländlichen Raum auch als Zubringer zum Öffentlichen Verkehr an. Wichtig ist dabei, dass es an den Haltestellen sichere Abstellanlagen für Elektro-Fahrräder gibt.³⁴

Neben Problemen wie Platzverbrauch, Lärm, hohen Kosten und Verkehrssicherheit, die Elektroautos nicht lösen können, kann der Ersatz von Autos mit herkömmlichen Antrieb durch Elektro-Fahrzeuge unsere Mobilität nur dann umweltverträglicher machen, wenn der dafür aufgewendete Strom aus erneuerbaren Energieträgern kommt.

Das Auto- ein veraltetes Statussymbol?

Heutzutage kaufen sich immer weniger Menschen ein Auto. Das Statussymbol Auto verliert an Prestige. Im folgenden Video lernst du mehr dazu.

Weiters findest du hier noch einen Artikel, der sich mit dieser Thematik auseinandersetzt.

<http://www.tagesschau.de/wirtschaft/autobranche-zukunft100.html>

³³ <https://www.vcoe.at/service/fragen-und-antworten/welche-potenziale-hat-elektromobilitaet-im-laendlichen-raum>

³⁴ <https://www.klimafonds.gv.at/wp-content/uploads/sites/6/6JahreModellregionenE-MobWebVersion.pdf>

Transkripte Präsentationen Mobilität

Transkript schule1mic1

[0:00:00] **Person 1** Nehmt euch bitte auch für eure spätere Aufgabe sehr intensiv wahr, weil ihr müsst euch ja dann in den- ihr geht dann wieder in die Blukone-Gruppen zurück, in die Ursprungsgruppen und ihr müsst euch- X bitte pass auf- und ihr müsst euch ja dann für eins dieser Produkte entscheiden. Das Budget reicht nur für ein Produkt. Das heißt nehmt jetzt bitte schon wirklich intensiv wahr- was macht Sinn, wo investieren wir nachhaltig, bitte

Person 2 ist es nicht so, dass Sie entscheiden?

Person 1 nein, ihr geht in die Blukone-Gruppen zurück und dort wird dann diskutiert, dann kriegt ihr noch einen Arbeitsauftrag und da schauen wir dann, dass wir das wirklich gut umsetzen.

[0:01:23] **Person 3** Tag, mein Name ist A und wir sind die Rainbow Cooperation und wir haben das Thema Mobilität. Also, einmal was ist Mobilität. Mobilität setzt sich mit dem Thema Klima auseinander. das hat mit dem Treibhauseffekt zu tun und der für das Klima auf der Erde notwendig ist und die zwei Emissionen des Autos werden in Gramm pro Kilometer angegeben

Person 4 die Rainbow-Cooperation wurde von 6 HTL-Absolventen gegründet und "*Namen vorstellen*". Gegründet wurde sie 2006.

Person 5 Über die Firma Rainbow-Cooperation. Wir sind europaweit tätig. Wir sind ISO 14001 und ISO 9001. Unsere App, das ist unser Angebot. Ist schon seit zwei Wochen auf Platz 1 von GooglePlay. Darüber wird mein Kollege mehr erzählen. wir haben gerade ein laufendes Projekt mit Greenpeace. Wir sind Hauptentwickler von Elektroautos- das ist unsere Zukunft und wir werden gesponsert von der EU.

Person 6 so, nun zu unserer App. Also unsere App ist eine Erweiterung der ÖAMTC-App. Man kann sich in der App gleich direkt mit seinem ÖAMTC-Account einloggen. Da steht

drinnen ob man einen Schutzbrief hat, wie lange der noch gültig ist und genaue Informationen über sich selbst und über das Auto auch, dass man fährt. Dann des weiteren gibt es einen Button, der eingebaut ist. Jeder von euch kennt sicher die ÖAMTC-Hilfe, also wenn er eine Panne hat oder so, kann er den ÖAMTC rufen und wenn man den Button drückt, wird das Handy geortet und der ÖAMTC weiß sofort, wo er hinfahren muss. Es wird direkt an die Zentrale gesendet und des weiteren haben wir eine Start-Ziel-Führung, die rechnet aus den energieeffizientesten Weg und den kürzesten und daraus einen Mischmach macht er dann und dann eine Route aus. Es gibt auch eine Tankstellenortung, das heißt man kann eingeben, wo man ist und die nächsten Tankstellen sind angezeigt mit den Benzinpreisen dazu. Und wir haben noch ein paar Zusatzfunktionen, wie etwa im Winter mit der Reifenpflicht etwas, nämlich wann muss man die Reifen wechseln und sind so im Moment die besten Angebote, wo könnte man hin. wo kauft man die besten Reifen. Dann wann muss das Pickerl aktualisiert werden. Nachdem man die Autodaten aktualisiert hat, weiß man dann immer, also die App, wann das Pickerl aktualisiert werden muss und zeigt es auch immer an und es steht auch drinnen in der App wann eine neue Vignette benötigt wird. So ungefähr.

Die App kann man verwenden für, also mit allen Smartphones, IOS oder Android und die Kosten habe ich mir auch schon ungefähr angesehen, bei 200 Mannstunden wären das so circa 10 000 Euro, aber die Kosten kann leicht wieder reinholen mit Werbungen und so in der App da drinnen.

[0:05:03] Fragen

Person 7 Ihr macht ja Elektroautos, also werden mit dieser App auch Tankstellen geortet, wo auch Elektro ,also

Person 2 Ja, man kann da angeben, was man tanken muss und dann werden die ersten Tankstellen angezeigt

Person 7 also ist die App nicht nur für Elektroautos, sondern

Person 2 für Elektroautos und auch normale Auto

Transkript schule2mic1

[0:00:00] Präsentation Mobilitätskonzept: Elektromobilität

Person 1 Also, wenn ich um die Aufmerksamkeit bitten darf. Wir möchten euch im Namen der Firma EL GmbH recht herzlich willkommen heißen. wir wollen euch heute unser Referat zum Thema Elektromobilität vorstellen. Worum wird es in diesem Referat überhaupt gehen. Warum macht man sich überhaupt Gedanken über die globale Erwärmung und über Elektromobilität.

Ein Beispiel wäre Fakten sagen Statistiken , dass die globale Erwärmung 0,13 Grad jede 10 Jahre sicher sich erwärmt. Jetzt frag man sich, warum ist das überhaupt wichtig? warum macht man sich drüber Gedanken? Was sind 0,13 Grad. 0,13 Grad sind aber wichtig, denn es ist jetzt nicht, dass ich sag bei uns in Österreich hats um ein paar Grad mehr , sondern das ist global gesehen. das bedeutet, dass hat einen Einfluss auf die Tierwelt , auf die Pflanzenwelt, auf ziemlich viel. Wodurch entsteht jetzt diese globale Erwärmung. Ein Großteil, circa 96% entsteht durch CO₂ Emissionen , die weit aus den Treibhauseffekt beschleunigen und diese Treibhausgase werden wiederum durch 80% von den Kraftstofffahrzeugen produziert und ein weiterer Punkt ist, die meisten Kraftfahrzeuge bestehen heutzutage aus fossilen Brennstoffen, also fahren mit Sprit, zum Beispiel Benzin, Diesel und diese Ressourcen gehen irgendwann einmal zu Neige. Deswegen müssen wir alternativ denken und uns alternative ahm also alternatives denken.

so, was können wir dafür tun? Wir haben uns ein dreistufiges System ausgedacht, das RSB- das sogenannte RessourcenSchutzProgramm. Es besteht aus drei Schritten. Schritt Nummer 1 wäre der Planungsschritt. das heißt man macht sich im Vorhinein Gedanken darüber was können wir machen, können wir vielleicht Fahrgemeinschaften bilden? wie , wo können wir Ressourcen einsparen.

Schritt 2 ist eben das Einsparen. Also wie setze ich es in der Realität um? wie könnte ich das Gedanken machen wie kann man das verwirklichen und Schritt 3. die Fahrzeuge ersetzen durch alternative Fortbewegung. Was für Alternativen gibts? Wir haben uns jetzt spezialisiert das Gebiet Elektrofahrzeuge und deswegen möchten wir kurz drauf eingehen was sind jetzt die Vor und Nachteile von Elektrofahrzeugen. Einerseits haben wir als Vorteil wir haben keine direkte CO₂ Emission. Das bedeutet, wir fahren mit Strom. Das heißt nur

zur Produktion von Strom wird eine CO2 Emission erzeugt. Dagegen der Nachteil, zum Beispiel, die Anschaffungskosten sind sehr teuer noch, weil es noch nicht so populär ist ein Elektrofahrzeug zu fahren und die Servicekosten sind bei weitem höher als bei einem herkömmlichen Kfz-Fahrzeug. Für die Stadt sehr große Vorteile. es hat eine geringe Lautstärke, weil Elektromotor eigentlich recht leise ist und im Winter vor allem, man hat mit der Zündung weniger Probleme, weil alles von der Batterie betrieben wird und braucht für die Zündkerze keine Extra Batterie, das kann man direkt abgreifen. Vorteil vom Fahrverhalten her: Man hat eine hohe Drehzahl in jedem Fahrbereich, bei niedriger Geschwindigkeit so wie bei hoher, das heißt es ist recht sportlich und eigentlich bequem zu fahren- auch für junge Leute recht praktisch. Nachteil ist natürlich immer, Elektrofahrzeug ist noch nicht so ausgereift. Wir haben jetzt keine so extrem hohe Reichweite im Vergleich zu einem normalen Kfz-Fahrzeug, das Diesel oder Sprit verbraucht. Ein Thema ist auch - Renault ist derzeit so, die bauen Akkus ein und man kann sich direkt die Akkus tauschen lassen gegen eine Gebühr von 70 Euro pro Jahr und leider haben diese Akkus eine begrenzte Lebensdauer. Das heißt irgendwann müssen sie sowieso gewechselt werden und das ist eher ein Nachteil. Sonst können wir dazu sagen, ein paar Fakten noch. Im Vergleich, diese Fakten sind jetzt statistikmäßig von Wikipedia als Quelle. Wenn man sich anschaut, wir haben den Verbrauch in Kilowattstunden umgerechnet und so ein Elektrofahrzeug verbraucht 14 kWh pro 100 km. Hingegen ein normalen Kraftstofffahrzeug, wenn man es umrechnet 60 kWh pro 100 km. Also von dem her ist der Verbrauch eines Elektrofahrzeuges wesentlich geringer. Die Reichweite ist natürlich auch ein Faktor, leider noch sehr gering- im Mittelklassebereich. Es gibt schon Fahrzeuge, die knapp an die an das normale Kfz-Fahrzeug herankommen, aber diese sind dann in sehr unerschwingliches Preisniveau. Deswegen für einen Durchschnittsbürger noch nicht ausgereift. Der Wirkungsgrad ist eigentlich das Allerwichtigste, das ist eigentlich, wenn man sich anschaut dreimal so hoch wie das Kraftfahrzeug. Deswegen sollte man wirklich überlegen für die Umwelt ist natürlich das Elektrofahrzeug bei weitem praktischer.

Jetzt möchten wir natürlich eingehen auf das Angebot- das hat der Herr ??? vorbereitet- was jetzt wirklich für die Schule praktisch wäre. was man zum Zeitpunkt bieten und ???

Person2 Dankeschön! warum sollte sich die HTL ein Elektroauto zulegen. Kurz gesagt, es ist mal billiger im Unterhalt und da auch die Spritpreise teurer werden- genauso wie die Versicherung. Unsere derzeitige Produktempfehlung ist der EDU. ??? revolutionäres Design

und die Technik ist auch sehr ausgearbeitet. die Dynamik ist dementsprechend sehr großzügig durch das starke Drehmoment des Elektromotors. sie sind vom unteren Drehzahlbereich bis zum höheren Drehzahlbereich gleichmäßig absteigend. Er ist uneingeschränkt alltagstauglich, hat eine Kapazität- also die Akkus haben eine Kapazität von 20 kWh- das entspricht circa einer Reichweite von 90-110 km. die Leistung 100 KW, das sind 136 PS. Er ist ein Allrounder- wenn man das so sagen darf- genau richtig für die HTL. ER ist mit haufenweisen Airbags ausgestattet. also beruhigende Sicherheit und elektrisch ist halt einfach die Zukunft und wenn man sich das kurz ausrechnet, dann kommt man auf einen Verbrauch von 100km gerade mal auf Kosten von 1,45., das heißt ein Liter Sprit. Im Jahr zu den Versicherungskosten ein normales Auto wird kaum unter 100 Euro im Jahr sein, manche sogar 100 Euro im Monat. Bei uns ist das Jahr zwischen 10 und 30 Euro. Also eine enorme Ersparnis und wir haben keine Emissionen und kein CO2 Ausstoß. Also sie sind leider sehr teuer. die Kleinstautos wieder der? Der Kaufpreis beträgt circa 23 000 Euro das ist schon recht teuer im Vergleich zu einem normalen Kfz.

Präsentation Autos

Transkript schule3mic1

1	Präsentation Angebot Mobilität
2	Mobilitätsfirma so, ich möchte mich auch kurz vorstellen. Ich bin der Lechner Gernot von der Firma Lechner & Partner und ich hab heute für Sie ein Angebot bezüglich Mobilität ausgearbeitet. Zuerst einmal ganz allgemein: Nun zur Schule. wir haben 1350 Schüler und 160 Lehrer und dann kann man sich denken, dass das einiges an CO2 jedes Jahr verbraucht. Deswegen auch die Zahlen dada.
3	Wenn man mit dem PkW kommt, braucht man 140g pro Kilometer, mit dem Bus 70g und mit dem Moped 80g. Und dann haben wir ein Beispiel vorgerechnet. Da wird angenommen, dass 100 Schüler jedes Jahr - jeden tag im Schuljahr 3 Kilometer weit an die Schule fahren anstatt dass sie mit dem Auto in die Schule gehen oder eben mit dem Rad fahren anstatt, dass sie mit dem Auto fahren und dann kann man eben im Jahr 1,5...6- 7,56 Tonnen CO2 einsparen. Jo, was ist noch gutu an der E-Tankstelle.Man kann es eben mit dem HTL-Logo versehen , was auch eine Werbung für uns ist.ahm, man kann es mit einer Diplomarbeit koppeln und ja. Es wird circa kosten 15.000 Euro. Dann ein paar andere Ideen, die wir da aufgelistet haben, wäre ein schuleigener Kleinbus. dass man Fahrgemeinschaften bildet und ahm Überdachung für die Busbucht. Was hat die Schule davon. ahm, ja, natürlich CO2-Einsparungen, wie wir schon gesehen haben.Dann hat man einen Lerneffekt durch die Diplomarbeit. Die Öffentlichkeitsarbeit und ahm man ??? was fürs Energiemanagement. Danke für eure Aufmerksamkeit.
4	Person 1 Ja, hat einer von euch Fragen?
5	Person1 ich hätte noch eine Frage. Würde die E-Tankstelle, da vorne bei der Schule hingebaut werden?
6	Mobilitätsfirma Ja
7	Person4 Hätte es auch Sinn auch für- jetzt nicht auch nur für Schüler, sondern auch für fremde Personen, was nicht in die Schule gehen.
8	Mobilitätsfirma Ja, das können wir auch machen, das andere auch aufladen können

Transkripte Rollenspiele

Transkript g1-schule2mic1

[0:00:00] **Person 1** :Also nachhaltig.... nachhaltig. was ist den nachhaltig

[0:11:44] **Person2** ja,....

Person 1 i tat sogn Beleuchtung ist nachhaltig, weils eigentlich... man braucht nichts zusätzlich produzieren oder so. also braucht halt weniger Energie

Person 1 und beim Mobilitätskonzept ist halt so, da braucht man für die Stromgewinnung schon mal sau viel... CO2... deswegen ist weniger nachhaltig tät i sogn

Person3 najo, wennst die kombinierts, wennst die Photovoltaik mit Mobilität kombinierst

Person 1 jo, dann ists aber ned kombiniert

Person2 des is einzeln

Person3 schau i sollt ja eine optimale Entscheidung herbeiführen

Person 1 ja, Photovoltaik.... Silizium ist viel vorhanden hats geheißen... des heißt

Person2 des hamma schon gelernt

Person4 ich find des bessere warat eigentlich das Licht, weil da hast davon was

??? Passivhaus

Person4 brauchst des ned oft aufdrehen

??? Passivhaus

Person3 was willst du mit Passivhaus machen bei der Schule? bei der Schule

[0:12:39] **Person2** ich tat der Mobilität , ah na Beleuchtungskonzept was ned.. 8 Punkte geben... was ned

Person 1 Herstellung, was i ned genau

Person2 herstellen, was willst denn herstellen

Person 1 LED hamma eh

Person3 des is ja a aus Silizium, oder

Person3 7 Punkte

Person2 ja, von mir aus

Person2 Photovoltaik auf 6, dem Passivhaus geb. ich 5 und Mobilitätskonzept mit 4. obwohl is nicht viel

Person4 nein, 5

Person2 ha?

Person4 gemma 5

Person2 Mobilität, sicher?

Person3 bei der Herstellung-

Person2 5... zwischen 0 und 10. sind 4 zu wenig

Person3 ??? des ist auch grad nicht gut für die Umwelt

Person2 lass ma 4. Ökonomie. wirtschaftlich..... was ist der Unterschied zwischen nachhaltig und wirtschaftlich?

Person 1 wirtschaftlich...ahm.. der Preis... gewinn bringend.. ja, der Preis, weiß nicht-

Person2 ach so

Person 1 Photovoltaik ist eher weniger Punkte, weil das dauert recht lang

Person2 ja, nach 15 Jahre

Person 1 das ist schon viel

Person3 LED ???

Person 1 LED ja okay, das kostet ... sau viel

Person2 deswegen ist auch nicht

Person3 15 mal mehr als eine Glühbirne

Person 1 ja, bis sich das mal rentiert...

???Strom schon mehr

Person3 aber alles als ein leuchtstab ist billiger als eine LED

Person2 aber dafür kost, was weiß ich -

Person3 des stimmt ja nicht , dass jede zweite.... ein Jahr 10 Lampen

Person 1 ja, sicher

Person4 ja, sie haben zwar a längere Lebenszeit

Person3 ja, gerechnet mit 1000 Stunden mit 24h pro Tag das es leuchtet

Person 1 und bei Mobilität...ja, das kostet halt sau viel-

Person3 Batterie wird halt ständig hin

Person2 wenn du jedes Monat

Person 1 das ist weniger dir

Person2 ja, gib 4

Person 1 ich geb 5.Hab schon vorher 4 geben

Person3 Punkte Ergonomie und Soziales

Person 1 da geb ich 8 für das Mobilitätskonzept [] oder nein

Person2 Da bei Soziales tät i Mobilitätskonzept 9 geben

Gemurmelperson2 Ich geb 9

Berechnungen

[0:18:41] **Person2** Ja, was sollen wir jetzt machen?

Person3 Naja, überlegen...

Person2 Sollen wir dem Mobilitätskonzept mehr geben, oder was?

Person3 nein, quatsch

Person2 Ein Elektroauto wäre schon praktisch für die Schule

Person4 ja, die brauchen

Person 1 ich find die 3er eh ganz gut für die Schule.... ja die Beleuchtung

Person2 Beleuchtung ist schon wichtig

Person 1 Beleuchtung, Mobilität und Photovoltaik

Person3 Wennst mal Beleuchtung und Photovoltaik hast, ist schon super [] wennst Beleuchtung hast, wennst LED hast, dann brauchst bei der Photovoltaik viel weniger Stromverbrauch

Person2 Was geb ich jetzt mehr? Beleuchtung geb ich mehr, oder

Person3 Beleuchtung 20 oder so

[0:19:48] **Person2** wir lassen Mobilitätskonzept so wie es ist?

Person3 ich bin da für 7

Person2 hey, lassen wir jetzt Mobilitätskonzept? lassen wir einfach

Person 1 ich bin dabei für Photovoltaik

Person2 Photovoltaik ist schon ??? sollen wir auf 20 rauf tun, Photovoltaik

[0:20:26] **Person4** ich find die Kombination aus den 3, irgendwie besser

Person2 ich will Passivhaus hinter dem Mobilitätskonzept

Person 1 ich eh auch, aber es hat die Punkte

Person2 scheiß drauf, 1,2,3,

Transkript g2-schule2-mic2

[0:00:00] Lehrer erklärt den Arbeitsauftrag: Ihr müsst euch überlegen was ist das sinnvollste Projekt für die Schule ist. ist es das Elektrofahrzeug, die Beleuchtung, ist es das Passivhaus für den Direktor

Person 1 Theoretisch wäre es ja schlau, wenn man Solar und das Elektrofahrzeug-

Person2 Nein, tun wir. das müssen wir diskutieren

Person3 wir haben nur für eins Geld. wir müssen uns entscheiden

Person4 Also, Also, fangen wir von Anfang an

Person2 Elektroauto ist dann eher unnötig

Person3 Also ich bin der Moderator

Person 1 P. du machst mal gar nichts. Wir schließen jetzt mal alle Sachen aus, die wir ausschließen können

[0:08:36] **Person4** Also was für Möglichkeiten stehen im Raum. Was sagt jetzt jeder persönlich Meinung, was taugt euch am meisten

Person3 ähm.

Person 2 solar

Person 3 also ich find, am sinnvollsten auf jeden Fall mal... also was man ausschließen kann, ist dieses Passivhaus, weil das bringt ja nur was für einen Raum und wir haben eigentlich genug Räume. deshalb braucht [] willst etwa die ganze HTL umbauen. das wird viel zu teuer

Person 1 nein, das Passivhaus schau. wir haben ja Container-

Person3 das kannst einfach nicht umsetzen.

Person2 das geht wirklich

Person3 das kannst nicht

Person 1 ich hab nicht gesagt, ich mag die ganze HTL umbauen, ich hab gesagt-

Person3 ja, du kommst eh gleich zu Wort. Also Passivhaus schließ ich aus. Solar-

Person2 was würden Sie empfehlen?

Person3 Solar find ich gut. Elektroauto find ich auch okay, aber ich wär eher noch für Solar, weil man da viel von der HTL einfach abdecken kann und Automobil ist sinnvoll, aber halt auch wieder fraglich. Jetzt möchten wir als zweiten interviewen unseren Herrn Betriebsrat. Was finden sie ähm was ist für sie das Praktischste oder was würden Sie ausschließen?

Person2 also meiner Meinung nach, nach dem was ich alles gehört habe über die ganzen Referatsthemen und da wir eh schon eine Photovoltaikanlage haben, ist das mal komplett unnötig.-

Person 1 was? find ich nicht. wir haben keine

Person4 ja, sicher haben wir eine. bist du besoffen

Person3 der Energiemanager ist heute wieder betrunken

Person 1 nein, wär für mich eigentlich die sinnvollste Möglichkeit

[0:10:06] Unterbrechung spielen mit Aufnahmegerät, Geflüster

[0:10:20] **Person3** Licht ist auch unnötig. Wir haben genug Licht.

Person1 also was würden sie jetzt ausschließen?

Person2 ja, das Licht. und das

Person 1 also unser Betriebsrat schließt das Licht aus. als nächstes würden wir gern unseren Energiemanager. was würden Sie ausschließen und was würden Sie empfehlen?

Person4 aber ja aber nein ähm aber ja aber nein [] Ich würde ausschließen die Mobilität, weil... Es ist meiner Meinung nach nicht sinnvoll, dass man sich jetzt extra ein Elektroauto statt einem Diesel- oder Benzinauto anschafft, weil-

Person2 noch nicht genug ausgereift ist

Person4 genau. weil es erstens noch nicht genug ausgereift ist und zweitens mal- nein- es geht eher darum wie viele Wege werden jetzt maximal von der HTL Hollabrunn gemacht.-

Person2 Das ist nicht das Entscheidende. Das Entscheidende-

Person4 der fährt vielleicht zweimal pro Tag fährt der we

Person2 das entscheidende

?? Du kommst eh gleich zu Wort

Person4 Meiner Meinung nach wäre eine ausgereifte Solartechnikanlage am sinnvollsten.

Das mit den Lampen [lange Pause, pfeifen]

?? ist ja wurscht oida

Person 1 so, jetzt möchten wir noch den vierten Manager befragen, unseren PR-Manager

Person 1 also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich gesagt wurscht. wenn man jetzt ein Auto umstellt auf Elektro, das macht nichts großartiges, sag ich mal. deswegen find ich das jetzt nicht wirklich klug, wenn man das macht und ich würde ehrlich gesagt auch sagen Solar, weil das einfach Strom erzeugt. die HTL Hollabrunn wirds sicher noch länger geben als 15 Jahre und dann rentiert sich das auch und dann passt das auch so.

Transkript g3-schule2-mic3

[0:00:00]

[0:12:17] **Person 1** so, weiter. Gehen weiter das Nächste. Mobilität

Person2 Mobilität. Es ist nicht das Sinnvollste, deswegen geben wir weniger (Punkte)

Person3 und was geben wir jetzt an Punkten?

Person4 also bei Ökologie ist es eigentlich schon gut

Person2 da tät i sogn 4 , nein 2.

Person4 was 2 , nein. 10 ist das beste. da kannst schon 8 Punkte

Person 1 Nein, 7,8. Ich tät 7 machen.

Person2 Photovoltaik kriegt mal überall 10

Person 1 nein

Person2 sicher

Person4 nein, Ökonomie ist nur 3 Punkte

Punkte rechnen von Beleuchtung

[0:13:21] **Person 1** Mobilität. Schauen wir uns die Zetteln von der Mobilität an

Person2 achso, das E-Car.

Person3 Das ist meiner Meinung nach unnötig, weil der Schulwart wird nicht so viel fahren.

Das Auto wird eigentlich nicht so viel benützt

Person 1 das ist zu teuer

Person3 bei 20 000 km im Jahr bei so einem Auto vielleicht, das ist zu teuer

Person2 Ja, aber für die Umwelt ist besser

Person3 ja, nichts. das rentiert sich einfach nicht

Person4 es ist ein fetter Bonuspunkt. Prestigemäßig

Person 1 ja, Prestige, super. Dann sollen sie selber ein Auto entwickeln.

Person3 dann sollen sie das Auto, das sie haben umbauen.

Person2 Für eine HTL mit Elektrotechnik wäre das-

Person4 Wenn es mehrere Autos gebe ja, aber wegen einem Auto. Bei einem Fuhrpark von 10 Autos ja, aber

Person3 Herr Betriebsrat, ja [] schauens her, wenn Sie jetzt dafür wären, dass wir da ein Elektroauto einsetzen, dann soll die HTL selber ein Konzept wie es vielleicht ist. derzeitige Auto in Elektroauto umbauen können, weil das wäre vielleicht auch eine Diplomarbeit für ein paar Schüler. Es geht jetzt nicht ums billiger- weil sie jetzt das Prestigeobjekt angesprochen haben-

Person1 Das hab nicht angesprochen, sondern der Betriebsrat

Person3 ja, aber. Ein Prestigeobjekt für Schule wäre es, wenn sie es selber entwickeln, nicht wenn sie es kaufen, weil kaufen kann es sich jeder

Person4 das müssen wir jetzt rausschneiden sonst-

Person3 wir haben da unten eine Elektrotankstelle. Für was?

Person2 Für was. stimmt. das ist eine gute Frage

Person3 Jeder der in Hollabrunn ein Elektrofahrzeug, Elektrofahrrad-

Person 1 Wer hat in H ein Elektrofahrauto?

Person3 Weiß ich nicht. Ich kenn diese Leute nicht.

Person4 Es wird schon welche geben. Sonst wäre nicht am Hauptplatz auch eines (Elektrotankstelle). Es wird schon welche geben

Person 1 es wird schon welche geben

Person3 haben sie schon welche gesehen?

Person 1 ja,

Person3 haben sie schon mal ein Benzfahrzeug gesehen?

Gelächter, mehrere gleichzeitig

Person1 oja, den Reno. den kleinen Reno und den Fiat

Person2 ja, trotzdem sinds 2 Elektroautos in ganz Hollabrunn

Person 1 2 Elektrotankstellen für zwei Auto. Das passt super

Person2 da braucht keiner warten

Person3 ja, ich mein, das rentiert sich für die Schule einfach nicht, dass sie sich ein Elektroauto zulegt

Person 1 vor allem, das ist so scheiß teuer.

Person3 erstens das und zweitens - schau dir mal das Auto an.

Person 1 Das ist schirch ,oida. und ein Fiat auch noch

Person4 also Punkte Ökologie- bringt nichts, weil es zu wenig ??? 4 Punkte Ökonomie- das Auto ist einfach viel zu teuer- machen wir 2 Punkte.

Person2 Sozialdings 8

Person4 sozial ist es eigentlich schon gut, deswegen machen wir da 7

Transkript g1-schule3-mic1

[0:00:00] **Person 1** Also ich möchte euch alle recht herzlich begrüßen. Wir sind hier da an der HTL Pinkafeld. Mein Name ist M und ich bin der Direktor von der HTL. Es geht heute um das Thema Energiemanagement, weil wir wollen ein bisschen was verändern oder erneuern und für die Sache haben wir 250 000 Euro zur Verfügung. Ähm es sind heute ein paar Firmen da, die werden uns verschiedene Angebote vorstellen und dann entscheiden wir, also diskutieren wir darüber und entscheiden dann, was wir eben also nehmen. Ich hätte jetzt gesagt, dass sich jeder von euch mal vorstellt, bitte.

Person2 Also ich bin der B und ich bin der der Elternvertreter

Person3 Mein Name ist N und ich bin der Schülervertreter

Person4 Ich bin in der Schule hier der Energiemanager und mein Name ist T

Person5 Mein Name ist M und ich bin der Betriebsrat

Person6 Mein Name ist L und ich bin die PR-Managerin

Person 1 Danke und ich hätte gesagt, dass wir mit dem ersten Angebot anfangen und also bitte

[0:02:18] Präsentation Angebot Photovoltaik

[0:03:47] **Person 1** Hat wer Fragen?

Gemurmel

Person 1 Also ist es möglich, dass man das mit einer Diplomarbeit koppeln kann? dass das die Schüler planen und ausführen

Photovoltaikfirma Absolut.

Person 1 okay, dann müssen wir uns dann in Verbindung setzen. Passt. Dann sag ich Danke.

[0:04:31] Präsentation Angebot Mobilität

Mobilitätsfirma so, ich möchte mich auch kurz vorstellen. Ich bin der Lechner Gernot von der Firma Lechner & Partner und ich hab heute für Sie ein Angebot bezüglich Mobilität ausgearbeitet. Zuerst einmal ganz allgemein: Nun zur Schule. wir haben 1350 Schüler und 160 Lehrer und dann kann man sich denken, dass das einiges an CO2 jedes Jahr verbraucht. Deswegen auch die Zahlen dazu.

Wenn man mit dem PkW kommt, braucht man 140g pro Kilometer, mit dem Bus 70g und mit dem Moped 80g. Und dann haben wir ein Beispiel vorgerechnet. Da wird angenommen, dass 100 Schüler jedes Jahr - jeden tag im Schuljahr 3 Kilometer weit an die Schule fahren anstatt dass sie mit dem Auto in die Schule gehen oder eben mit dem Rad fahren anstatt, dass sie mit dem Auto fahren und dann kann man eben im Jahr 1,5...6- 7,56 Tonnen CO2 einsparen. Jo, was ist noch gut an der E-Tankstelle. Man kann es eben mit dem HTL-Logo versehen , was auch eine Werbung für uns ist. ahm, man kann es mit einer Diplomarbeit koppeln und ja. Es wird circa kosten 15.000 Euro. Dann ein paar andere Ideen, die wir da

aufgelistet haben, wäre ein schuleigener Kleinbus. dass man Fahrgemeinschaften bildet und ahm Überdachung für die Busbucht. Was hat die Schule davon. ahm, ja, natürlich CO2-Einsparungen, wie wir schon gesehen haben. Dann hat man einen Lerneffekt durch die Diplomarbeit. Die Öffentlichkeitsarbeit und ahm man ??? was fürs Energiemanagement. Danke für eure Aufmerksamkeit.

Person 1 Ja, hat einer von euch Fragen?

Person1 ich hätte noch eine Frage. Würde die E-Tankstelle, da vorne bei der Schule hingebaut werden?

Mobilitätsfirma Ja

Person4 hätte es auch Sinn auch für- jetzt nicht auch nur für Schüler, sondern auch für fremde Personen, was nicht in die Schule gehen.

Mobilitätsfirma Ja, das können wir auch machen, das andere auch aufladen können

[0:07:10] Präsentation Passivbau

[0:09:44] **Person 1** also, ich hätte noch eine Frage und zwar die Kosten für das Projekt. 9 Ja, die Nordseite circa 100 000 Euro, aber für die ganze Schule, 1,5Millionen circa kosten, aber es müsste auf mehrere Jahre ausgebaut werden, dh. dass sie jedes Jahr ein neues Budget bekommen und dann wir immer wieder weiterarbeiten können

Person 1 und wie lange würde es dauern so was zu machen

Drei Jahre circa

[0:11:23] Präsentation Beleuchtung

Person4 wie viele LED-Lampen hätte man pro Klassenraum vorgesehen?

Ja es ist so, man hat in jedem Raum circa 10 Leuchtstoffröhren und dann würde man so circa 30-40 LED-lampen einbauen

Person2 und wie lange würde das einbauen dauern? damit die Schüler nicht gestört werden

Einbauen in den Sommerferien

Diskussionsrunde

[0:14:17] **Person 1** so, jetzt haben wir alle Angebote gehört und jetzt würde mich eure Meinung dazu interessieren- was euch am Sinnvollsten vorkommt und welches Investment a ????

Person4 also, ich hätt mal gesagt, dass wir das mit der Photovoltaikanlage nehmen, weil wir ja sehr viel Energie brauchen und im Sommer, zum Beispiel könnten wir es auch mit dem Internat- im Sommer ist das Internat besetzt-dass wir die Energie, die wir hier produzieren auch im Internat verwenden könnten. Dann find ich die Beleuchtung auch ziemlich gut, weil schon allein, abgesehen, dass wir 60% Energie einsparen, könnten wir das auch mit der Photovoltaikanlage kombinieren. Das heißt, wir könnten zum Beispiel eine kleinere statt die 100m² nur 80- 90m² brauchen und das wir auch mit dem Wärmeschutz, dass wir vorher einmal die Fenster austauschen lassen. wie gesagt, vom Budget her würde es sich nur mit der Nordseite ausgehen, aber wenn man in 1-2 Jahre das gleiche Budget zur Verfügung stehen haben, dass man auch die anderen Seiten angehen.

Person3 ja, ich bin auch mit der Meinung des Energiemanagers, dass die PV-Anlage am meisten Sinn macht. Es sind zwar die Kosten sehr hoch, aber es ist von mir als Schülervertreter positiv, dass das mit einer Diplomarbeit kombiniert werden kann. Also, dass da die Maturanten dort mitarbeiten können. Was für mich dann auch noch wichtig wäre, ist Mobilität und die Überdachung von der Busbucht, weil ich schon von mehreren Schülern gehört habe, dass, wenn es regnet, ziemlich blöd ist, wenn man dann im Regen zum Bus muss und dann in der Wartzone gibt es ziemlich viel Gedränge. Das wäre für mich noch ein Anliegen gewesen. das wars

Person2 Ich als Elternvertreter find ich auch, dass die Photovoltaikanlage sehr gut wäre, weil die Schüler, da mitarbeiten könnten. Und auch das Licht wäre eigentlich gut, weil auch wegen der Energieeinsparung. Der Wärmeschutz wäre eigentlich auch eine gute Möglichkeit, aber da müssen wir halt schauen, wenn man es weiter machen möchte und nicht nur die Nordseite, wo wir die Schüler hintun, weil es sich in den Sommerferien nicht ausgehen muss und ja, das wars.

Person6 Als PR-Managerin der HTL find ich die Mobilität gut, weil eben auch das Logo der HTL oben ist und der Wärmeschutz, weil es dann als Passivhaus auch wieder gut wäre.

Photovoltaik eben wegen der Diplomarbeit und die anderen ??? könnten wir auch gut als Werbung hertun, ja.

Person5 Ja, ich bin für die PV-Anlage und für die LED-Lampen, weil nämlich für die Arbeitskräfte ist es auch praktisch, wenn wir nicht nur Strom und LEDs bauen , sondern auch Eigenerzeugen und die Lichter sind halt auch besser, wenn man mit dem Giftstoffen, sondern a LEDs. Ja, beim Wärmeschutz ist halt, wenns sich wirklich ausgeht jedes Mal in den Sommerferien, aber das wird aber leider nicht, die Lehrerzimmer und alles. Die müssen halt auch irgendwann ausweichen.

Person 1 ja, okay, da eh die meisten für die PV-Anlage gekoppelt mit der Beleuchtung und ich glaube das werden wir auch so machen. das wir die PV-Anlage machen, gekoppelt mit Licht und das wir nur die Nordseite machen, jetzt vom Wärmeschutz her. Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen. Also das lassen wir noch, aber das mit dem Wärmeschutz werden wir auch machen.

Kodierleitfaden detailliert

Kategorie	1 Persönliche Einstellung zum Thema	2 Verständnis Nachhaltigkeit	
Unterkategorie	A Persönliche Gewichtung Mobilität in der Lebenswelt	B Nachhaltig bedeutet keine zusätzlichen Produktionen oder Ressourcen	C Nachhaltig bedeutet weniger Energie wird gebraucht
Regel	Immer, wenn direkt oder indirekt die persönliche Meinung zum Thema Mobilität/ Nachhaltigkeit in den Gesprächen auftaucht.	Immer, wenn Nachhaltigkeit mit Ressourcen schonen assoziiert wird	Immer, wenn Nachhaltigkeit mit Energie sparen assoziiert wird
Ankerbeispiel	wir haben da unten eine Elektrotankstelle. Für was?	ist stattdessen Beleuchtung ist nachhaltig, weils eigentlich... man braucht nichts zusätzlich produzieren oder so.	nachhaltig,weils eigentlich... man braucht nichts zusätzlich produzieren oder so. also braucht halt weniger Energie
Kodifizierung	G3-S2-R-1-A	G1-S2-R-2-A	G1-S2-R-2-C

Kategorie	3 Verständnis für Energie			
Unterkategorie	D Energie produzieren und Selbstversorger sein	E Verbrauchsgedanke	F Spargedanke	G Zusammenhang Energie, Auto & Akku
Regel	Immer, wenn vorgeschlagen wird, energieautark zu sein	Immer, wenn von Energie verbrauchen die Rede ist	Immer, wenn von Energie sparen die Rede ist	Immer, wenn Energie in Verbindung mit Auto oder Autoakku gebracht wird
Ankerbeispiel	und im Sommer, zum Beispiel könnten wir es auch mit dem Internat- im Sommer ist das Internat besetzt-dass wir die Energie, die wir hier produzieren auch im Internat verwenden könnten.	dass wir das mit der Photovoltaikanlage nehmen, weil wir ja sehr viel Energie brauchen	Dann find ich die Beleuchtung auch ziemlich gut, weil schon allein, abgesehen, dass wir 60% Energie einsparen	Der Wirkungsgrad ist eigentlich das Allerwichtigste, das ist eigentlich, wenn man sichs anschaut dreimal so hoch wie das Kraftfahrzeug. Deswegen sollte man wirklich überlegen für die Umwelt ist natürlich das Elektrofahrzeug bei weitem praktischer. (Präsentationen\HTL HL 3BHET EQ2d 20140131 Präsentation Mobilität_V (convert-vi: 5 - 5)
Kodifizierung	G1-S3-R-3-A	G1-S3-R-3-E	G1-S3-R-3-F	S2-P-3-A

Werte						
Kategorie	4Entwickelte Mobilitätskonzept			5 Soziale Aspekte		
Unterkategorie	H Änderungsvorschläge Angebot	I Elektromobilität	J alternative Mobilitätskonzepte	K Auswirkungen auf Schulleben	L Nutzen für die Schule	M persönliche Vor- und Nachteile
Regel	Immer, wenn im Rollenspiel vorgesprochen wird, die Angebote zu ändern	Immer, wenn Elektromobilität im Angebot einbaut ist	Immer, wenn alternative Mobilitätskonzepte eingebaut werden	Immer, wenn Auswirkungen auf den Schulalltag vorkommen	Immer, wenn ein Nutzen für die Schule/ Schülerschaft vorkommt	Immer, wenn Vor- und Nachteile für den Einzelnen sichtbar werden
Ankerbeispiel	naja, wennst die kombinierts, wennst die Photovoltaik mit Mobilität kombinierst Person 1 jo, dann ists aber ned kombiniert Person2 des is einzeln Person3 schau i sollt ja eine optimale Entscheidung herbeiführen	Ich würde ausschließen die Mobilität, weil... Es ist meiner Meinung nach nicht sinnvoll, dass man sich jetzt extra ein Elektroauto statt einem Diesel- oder Benzinauto anschafft, weil- Person2 noch nicht genug ausgereift ist	wäre ein schuleigener Kleinbus. dass man Fahrgemeinschaften bildet und ahm Überdachung für die Busbucht.	Ja, beim Wärmeschutz ist halt, wenns sich wirklich ausgeht jedes Mal in den Sommerrferien, aber das wird aber leider nicht, die Lehrerzimmer und alles. Die müssen halt auch irgendwann ausweichen.	Also ist es möglich dass man das mit einer Diplomarbeit kuppeln kann? dass das die Schüler planen und ausführen	Person2 und wie lange würde das einbauen dauern? damit die Schüler nicht gestört werden Einbauen in den Sommerferien
Kodifizierung	G1-S2-R-4-H	G2-S2-R-4-I	P-S3-4-J	G2-S2-R-5-K	G1-S3-R-5-L	G1-S3-R-5-M

Kategorie	6 ökologische Aspekte		
Unterkategorie	N umweltfreundlich	O Gesundheit	P Zusammenhang Mobilität Klima
Regel	Immer, wenn ein Argument als vorteilhaft für die Umwelt genannt wird.	Immer, wenn begründet wird, dass ein Argument Auswirkungen auf die Gesundheit hat	Immer, wenn die Auswirkungen von Mobilität auf das Klima genannt wird.
Ankerbeispiel	Person2 Mobilität, sicher? Person3 bei der Herstellung- Person2 5... zwischen 0 und 10. sind 4 zu wenig Person3 ??? des ist auch grad nicht gut für die Umwelt	es hat eine geringe Lautstärke, weil Elektromotor eigentlich recht leise ist	und beim Mobilitätskonzept ist halt so, da braucht man für die Stromgewinnung schon mal sauer viel... CO2... deswegen ist weniger nachhaltig tät i sogn
Kodifizierung	G1-S2-R-6-N	G1-S2-P-6-O	G1-S2-R-6-P

Kategorie	7 Image/ Prestige	8 technische Daten
Unterkategorie	Q Elektromobilität	R Automarken
Regel	Immer, wenn einen positiven Effekt auf das Image/ Prestige für Schule/Schülerschaft hat	Immer, wenn verschiedene Automarken bewertet werden
Ankerbeispiel	Als PR-Managerin der HTL find ich die Mobilität gut, weil eben auch das Logo der HTL oben ist (	Person 3 schau dir mal das Auto an. Person 1 Das ist schirch ,oida. und ein Fiat auch noch
Kodifizierung	G1-S3-R-7-G	G3-S2-R-8-R

Kategorie	9 ökonomische Aspekte		
Unterkategorie	S Kosten-Nutzen	T Rentabel	U Kosten
Regel	Immer, wenn die Kosten oder die Rentabilität des Projekts diskutiert und bewertet wird		
Ankerbeispiel	Dagegen der Nachteil, zum Beispiel, die Anschaffungskosten sind sehr teuer noch, weil es noch nicht so populär ist ein Elektrofahrzeug zu fahren und die Servicekosten sind bei weitem höher als bei einem herkömmlichen Kfz-Fahrzeug.	Solar, weil das einfach Strom erzeugt. die HTL wirds sicher noch länger geben als 15 Jahre und dann rentiert sich das auch und dann passt das auch so.	...ja, das kostet halt sau viel- Person3 Batterie wird halt ständig hin Person2 wenn du jedes Monat Person 1 das ist weniger dir Person2 ja, gib 4
Kodifizierung	G1-S2-P-9-S	G2-S2-R-9-T	G3-S2-R-9-U

Werte	Mobilität ist nicht relevant für ein nachhaltiges Energiemanagement	
Kategorie	10 Einfluss des Einzelnen ist vernachlässigbar	11 Mobilität steht in keinem Zusammenhang mit Energiebedarf
Regel	Immer, wenn jemand behauptet, dass sein Betrag zum Klimawandel vernachlässigbar ist	Immer, wenn Mobilität als nicht wichtig für das Energiemanagement betrachtet wird
Ankerbeispiel	also meiner Meinung nach ist das mit der Mobilität ziemlich schwachsinnig, weil auf ein Auto bezogen ist es ehrlich	Mobilität find ich, für mich jetzt persönlich nicht so wichtig wie dass wir Energie selber produzieren und auch einsparen
Kodifizierung	G2-S2-R-10	G1-S3-R-11