



**IMST – Innovationen machen Schulen Top**

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

# **EINBINDUNG EINER BESTEHENDEN PHOTOVOLTAIKANLAGE IN DEN LABORUNTERRICHT**

ID 1931

**Michael Tanzer**

**Tiroler Fachberufsschule für Elektrotechnik, Kommunikation und Elektronik  
Pädagogische Hochschule Tirol**

Innsbruck, am 12.5.2017

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2 ZIELE .....</b>	<b>5</b>
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene.....	5
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene.....	5
2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen .....	5
<b>3 DURCHFÜHRUNG .....</b>	<b>6</b>
3.1 Projektvorbereitungen.....	6
3.2 Projektdurchlauf.....	7
3.2.1 Aufgabenstellung 1: Netzgekoppelte Anlage .....	8
3.2.2 Aufgabenstellung 2: Netzautarke Photovoltaikanlage .....	9
3.2.3 Aufgabenstellung 3: Koppelung einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit einem Energiespeicher .....	10
<b>4 EVALUATIONSMETHODEN .....</b>	<b>12</b>
<b>5 ERGEBNISSE.....</b>	<b>13</b>
5.1.1 Evaluierungen der Ziele auf Schüler/innenebene .....	13
5.1.2 Evaluierungen der Ziele auf Lehrer/innenebene .....	24
<b>6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK.....</b>	<b>26</b>
<b>7 ANHANG.....</b>	<b>27</b>
7.2 Aufgabenstellung 1.....	35
7.3 Aufgabenstellung 2.....	37
7.4 Aufgabenstellung 3.....	39
7.5 Fragebogen .....	41
7.6 Auszug aus Beobachtungsbogen .....	43
7.7 Fotos von den Projektarbeiten.....	45

## ABSTRACT

*Ziel dieser Arbeit war es, im Laborunterricht an der Tiroler Fachberufsschule für Elektrotechnik, Kommunikation und Elektronik die Unterrichtsmethode „problem-based-learning“ anhand von problemorientierten Lernaufgaben anzuwenden und zu evaluieren. Es wurde ein Projekt ins Leben gerufen, anhand welchem eine bestehende Photovoltaikanlage in den Laborunterricht durch spezielle Lernaufgaben miteingebunden wurde. Diese Lernaufgaben wurden anhand der Lernmethode „problem-based-learning“ entwickelt, im Laborunterricht durchgeführt und evaluiert. Im theoretischen Teil dieser Arbeit wurden die berufliche Handlungskompetenz sowie die Problemlösekompetenz theoretisch aufbereitet. Im praktischen Teil wurden die problemorientierten Lernaufgaben, die die Planung und Umsetzung von verschiedenen Photovoltaik-Anlagenkonzepten beinhalteten, von den teilnehmenden Schülern ausgearbeitet. Der empirische Teil dieser Arbeit umfasste die Evaluation dieser problemorientierten Lernaufgaben, inwieweit diese die berufliche Handlungskompetenz respektive Problemlösekompetenz der teilnehmenden Schüler förderten. Für die Evaluation wurden Fragebögen entwickelt, welche nach jeder von drei Lernaufgaben von den Schülern beantwortet wurden. Dazu wurde durch die durchführende Lehrperson ein Beobachtungsbogen erstellt, womit die getätigten Beobachtungen während der Projektphase erfasst wurden. Zudem wurde am Ende des Projekts eine abschließende Gruppendiskussion durchgeführt. Die Auswertung ergab insgesamt eine signifikante Steigerung der beruflichen Handlungskompetenz sowie bei zwei von drei Lernaufgaben eine Steigerung der Problemlösekompetenz der teilnehmenden Schüler.*

Schulstufe:	13. Schulstufe
Fächer:	Elektrotechnisches Projektlabor
Kontaktperson:	Michael Tanzer
Kontaktadresse:	Lohbachufer 6, 6020 Innsbruck
Zahl der beteiligten Klassen:	1
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	8

### **Urheberrechtserklärung**

*Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.*

12.5.2017

# 1 EINLEITUNG

Dieses Projekt wurde unter dem Themenprogramm „Kompetent durch praktische Arbeit – Labor, Werkstatt & Co“ bei der Institution IMST eingereicht und genehmigt. Bisher wurden Laborübungen im elektrotechnischen Projektlabor großteils mittels fix vorgegebenen Abhandlungsschritten durchgeführt, wodurch dementsprechend nur einheitliche Lösungen möglich waren. Durch diese Vereinheitlichung wurden individuelle Problemlösungen nur schwer möglich gemacht und zudem fehlt dabei die Förderung der Problemlösekompetenz beziehungsweise der Teilkompetenzen der beruflichen Handlungskompetenz. Aus diesem Grund sollen für den Unterricht im elektrotechnischen Projektlabor neue, handlungsorientierte Aufgabenstellungen eingesetzt werden, anhand welcher ebendiese heutzutage essentiellen Kompetenzen gefördert werden. Dieses Projekt soll vor allem die berufliche Handlungskompetenz sowie die Problemlösekompetenz anhand der Methode „problem-based-learning“ steigern. Dahingehend werden mittels verschiedener vorgegebener Problemstellungen die vier Teilkompetenzen der beruflichen Handlungskompetenz untersucht.

Dadurch, dass für das Spezialmodul „Erneuerbare Energien“ bisher ebenfalls keine dementsprechenden Laborübungen zur Verfügung standen, wurden die Aufgabenstellungen für dieses Spezialmodul entwickelt und angewandt. Diese Aufgaben befassen sich mit dem Themenschwerpunkt des Spezialmoduls für erneuerbare Energien: dem Gebiet der Photovoltaik. Die fachlichen Schwerpunkte beziehen sich dabei auf die Planung, Installation und Durchführung von elektrotechnischen Messungen von verschiedenen Anlagenvarianten. Diese Varianten reichen von einer netzgekoppelten über eine netzautarke Photovoltaikanlage bis hin zu einer Koppelung von beiden Varianten: einer Kombination aus netzgekoppelter Anlage mit elektrochemischen Speicher und bidirektionalem Ladegerät. Dies ist in Zeiten von „smart homes“, sprich intelligentem Energiemanagement in Wohngebäuden, zukunftsweisend und bringt in der Ausbildung der Schüler/innen einen erheblichen Mehrwert.

## 2 ZIELE

Ein jedes Projekt braucht Ziele, um positiv und strukturiert abgehandelt werden zu können. Diese Ziele werden zwischen Ziele auf Schüler/innenebene bzw. Lehrer/innenebene unterschieden beziehungsweise als solche deklariert.

### 2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

- Sensibilisierung der Schüler auf die Wichtigkeit und Vorteile von erneuerbaren Energieformen, um einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten.
- Förderung der Problemlösekompetenz sowie Fachkompetenz bzw. berufliche Handlungskompetenz der Schüler durch die Methodik des problembasierten Lernens.
- Die Schüler/innen sollen befähigt werden, Problemstellungen anhand handlungsorientierten Aufgaben technisch korrekt und zielgerichtet zu lösen und zu analysieren.

### 2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

- Erweiterung meiner didaktisch-methodischen Fertigkeiten in Bezug auf handlungsorientierten Unterricht, im Speziellen jene von „problem-based-learning“.

### 2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

- Vorstellung des Projekts bei der Lehrgangskonferenz
- Präsentation der Anlage und der Ergebnisse beim nächstfolgenden Tag der offenen Tür
- Vorstellung des Projekts beim IMST-Workshop
- IMST-Präsentation an der Pädagogischen Hochschule Tirol
- Veröffentlichung auf der Website der PH Tirol [imst-projekt.tsn.at](http://imst-projekt.tsn.at)
- Veröffentlichung im IMST - Wiki

## 3 DURCHFÜHRUNG

Die Projektdurchführung war mit vielen Emotionen, Herausforderungen und auch Problemen bzw. unvorhersehbaren Schwierigkeiten verbunden. Auf diese Punkte wird im Folgenden genauer eingegangen.

### 3.1 Projektvorbereitungen

Vor Projektbeginn wurden die für die empirische Erhebung notwendigen Fragebögen sowie der Beobachtungsbogen für die Lehrperson vorbereitet. Die Befragung der Lernenden erfolgte dabei nach jeder der drei Aufgabenstellungen, während die Beobachtung mittels Beobachtungsbogen während der gesamten Projektdauer durchgeführt wurde. Am Ende der Projektphase fand eine gemeinsame Besprechung der Schüler und der Lehrperson über zu optimierende Punkte der Aufgabenstellung statt.

Ursprünglich war das Projekt für den ersten Lehrgang 2016/17 geplant. Aufgrund der für die Durchführung nicht kompatiblen Stundenplansituation der Lehrperson wurde der Projektstart, um ein für diese Arbeit ansprechendes Ergebnis zu erzielen, auf den zweiten Lehrgang verschoben. Die Projektdauer wurde mit der gesamten Dauer des Lehrgangs im Umfang von neun Wochen anberaumt. Dabei wurde dem Projektleiter eine Laborgruppe der vierten Klasse Elektro- und Gebäudetechnik mit Spezialmodul Gebäudeleittechnik zugewiesen, was sich als passend für die herausfordernde Projektarbeit herausstellte. Zudem hatte dies den Vorteil, dass eine entsprechende Adaptierung der Photovoltaikanlage, auf welcher die Projektarbeit basiert, bis zum Start des zweiten Lehrgangs insoweit fortgeschritten war, dass eine positive Abarbeitung des Projektes anhand dieser Photovoltaikanlage als wahrscheinlich galt. Somit startete das Projekt mit der Laborgruppe, bestehend aus acht männlichen Teammitgliedern, mit Beginn des zweiten Lehrgangs 2016/17 am 21. November 2016. Nach einer Eingewöhnungsphase der Schüler an den Schulbetrieb konnte dann das Projekt gemeinsam vorbereitet, besprochen und gestartet werden.

Das zur Durchführung des Projekts benötigte Labor, in welchem sich der Schaltschrank der Photovoltaikanlage befindet, wurde schon vor Beginn des zweiten Lehrgangs dem Projektleiter während der Projektphase für vier Unterrichtsstunden pro Woche zugewiesen. In diesem Labor fand somit die praktische Durchführung der Projektarbeiten statt, wohingegen in der restlichen Unterrichtszeit des Unterrichtsfaches „Elektrotechnisches Projektlabor“ die theoretische Ausarbeitung in anderen Laborräumlichkeiten durchgeführt wurden.

Weitere Vorbereitungsarbeiten bestanden dann im Wesentlichen aus dem Vorbereiten der Projektmappen, in welcher sich die grundlegenden Informationen zum Projekt wie beispielsweise eine kurze Projektbeschreibung, Erläuterungen zum Thema „problem-based-learning“, ein Zeitplan, Projektziele- und Ablauf, sowie eine zu unterfertigende Einverständniserklärung befanden. Die Einverständniserklärung dient der Sicherung der Nutzungsrechte von entstandenen Bildern, Fotos und sonstigen Ausarbeitungen, die während der Projektphase entstanden sind. Aufgrund der volljährigen Schüler, die am Projekt teilnahmen, konnte die Unterfertigung durch die Schüler persönlich erfolgen, was den Weg über die Erziehungsberechtigten somit ersparte.

Schon bei der Vorstellung beziehungsweise Besprechung des Projekts wurde ersichtlich, auf welches Interesse dieses Projekt bei den Schülern stieß. Eine hohe Motivation der Beteiligten war von Anfang an deutlich spürbar, was sich auch während des Projektdurchlaufs so fortsetzen sollte.

## 3.2 Projektdurchlauf

Nach sämtlichen Vorbereitungsarbeiten konnte nun mit voller Motivation der Projektdurchlauf gestartet werden. Zu Beginn der Projektphase erfolgte eine Erfassung des bestehenden Vorwissens der einzelnen Schüler, in diesem Fall handelte es sich dabei um acht Burschen, durch ein Schüler-Lehrergespräch. Dieses Vorwissen wurde dabei mit technischen Informationen, die für das Projekt notwendig waren, ergänzt.

Während der Projektphase wurden die einzelnen Aufgabenstellungen teils in Gruppenarbeit, teils in Einzelarbeit so selbständig wie möglich durchgeführt. Auf den Teilaspekt der Selbständigkeit sowie die Herangehensweise bei der Lösungsfindung wurde dabei besonderes Augenmerk gelegt. Zudem wurden weitere Projektziele, sowohl auf Lehrerebene, als auch auf Schüler-ebene angegeben, sowie die Verbreitung der Projekterfahrungen untersucht.

Dabei war geplant, die Laborgruppen in zwei Teams einzuteilen. Dabei gestaltete sich die Teamauswahl als schwieriger als gedacht, da die Schüler vom Projektleiter noch nie unterrichtet wurden und somit ein genaues Leistungsvermögen der einzelnen Schüler nicht bekannt war. Für einen groben Überblick verhalfen dabei die bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten, von diesem Projekt unabhängigen Laborunterrichtseinheiten, anhand welcher ein erster Eindruck von den Schülern gewonnen werden konnte. Auf Basis dieser Erfahrungen war schnell klar, dass um jene zwei Schüler die Teams aufgebaut werden sollten, welche sich aufgrund ihrer fachlichen und sozialen Leistung bis dato hervorgehoben hatten. Dazu wurden jeweils Schüler jedes Leistungsspektrums gleichmäßig auf diese zwei „Auserwählten“ aufgeteilt. Zusätzlich dazu wurde darauf geachtet, dass zwei Schüler, welche aufgrund ihrer gemeinsamen schulischen Vergangenheit sichtlich Schwierigkeiten miteinander hatten, nicht Bestandteil des gleichen Teams waren. Dadurch war auch eine potenzielle Störquelle für die Projektarbeiten von vorne herein beseitigt. Somit konnten die Aufgabenstellungen mit den Schülern abgehandelt werden, welche nachfolgend detailliert beschrieben werden.

### 3.2.1 Aufgabenstellung 1: Netzgekoppelte Anlage

Bei der Aufgabenstellung 1 handelt es sich um die Planung, die Verdrahtung und Inbetriebnahme einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage. Das bedeutet, dass diese Anlage direkt mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden wird.

Nach den allgemeinen Projektinformationen und der Teameinteilung wurde von der Lehrperson nun die erste von drei Aufgabenstellungen ausgehändigt, damit die Schüler die Aufgabenstellung studieren konnten. Danach wurde von der Lernperson noch eine gemeinsame Besprechung einberufen, bei welcher Unklarheiten über den Ablauf der Aufgabenstellung aus dem Weg geräumt werden sollten. Da vorerst keiner der Schüler Fragen zur Aufgabenstellung hatte, begann somit die Ausarbeitungsphase innerhalb der Teams, wobei jene zwei Schüler, um welche herum die Teams aufgebaut wurden, die Teamleitung innehatten.

Rasch übernahmen beide Teamleiter das Kommando in der Gruppe und gaben grob die Richtung vor, wie ihrer Meinung nach vorgegangen werden sollte. Die zwei Teams begannen anschließend mit der selbstständigen Recherche nach dem Begriff einer „netzgekoppelten PV-Anlage“. Großteils wurde dazu das Smartphone zur Internetrecherche genutzt, nur ein Schüler versuchte sein Glück in einem einschlägigen Schulbuch. Der Begriff der netzgekoppelten Anlage und weitere unklare Begriffe wurden zum Teil in Einzelarbeit, zum Teil miteinander recherchiert und anschließend in der Gruppe abgeklärt. Anschließend begann die Diskussionsrunde in den Teams, wie die Aufgabenstellung abgehandelt werden soll und wie die Photovoltaikanlage zu projektieren wäre. Speziell Team 2 zog dabei die Lehrperson zu Rate, ob es die Aufgabenstellung wohl richtig verstanden habe. Dabei wirkten diese Schüler relativ unsicher, wohingegen Team 1 im Klaren bezüglich der Aufgabenstellung zu sein schien. Die Erstellung von Lernfragen wurde lediglich durch Stichworte erarbeitet und diese bezogen sich auf die laut Aufgabenstellung vorgegebenen Teilbereiche. Nachdem die Schüler der einzelnen Teams sich jeweils einig waren, wie das Anlagenkonzept zu erstellen war, wurde jedem Teammitglied eine Lernfrage laut Aufgabenstellung zugeteilt, wobei aufwändigere Teilbereiche von zwei Schülern bearbeitet wurden. In diesem Arbeitsschritt konnte sehr gut beobachtet werden, welche Schüler bereits ein gewisses Maß an Selbstständigkeit aufwiesen und welche noch stark von der Mithilfe von Mitschülern bzw. der Lehrperson abhängig waren. Dabei mussten immer wieder Hinweise auf zuverlässige Literaturquellen gegeben und mehrmals auf die zur Verfügung stehenden Datenblätter verwiesen werden. Die Art und Weise der Recherchetätigkeiten wurde ebenfalls von der Lehrperson beobachtet. Es konnte dabei festgestellt werden, dass elektronische Datenblätter, welche laut Originaldateiname nicht exakt die Namen der Komponenten beinhalteten, von den Schülern sehr schwer gefunden wurden.

Nach dem zeitlich gesehen hohen Aufwand der Informationsbeschaffung wurden die erlangten Informationen wieder in der Gruppe ausgetauscht. Dieser hohe Zeitaufwand war jedoch notwendig, um einen Grundstock an Fachwissen aufzubauen. Von der Lehrperson kam daraufhin der Hinweis, diese Informationen noch einmal genau mit der Aufgabenstellung zu vergleichen, damit nichts übersehen wurde. Die Stromlaufpläne wurden von den Teams unterschiedlich erstellt, wobei Team 1 diesen einmal gemeinsam entwarf und ihn über die Fotofunktion der Smartphones an die Teammitglieder zum Abzeichnen weitergab. Diese Variante war schneller als jene von Team 2, welches gemeinsam nur einen schematischen Aufbau erstellte und jeder für sich einen detaillierten Stromlaufplan entwarf, was zu vielen Zwischenfragen und Doppelgleisigkeiten führte.

Diese zeitliche Versetzung der Teams hatte den Vorteil, dass die Präsentation der Stromlaufpläne laut Aufgabenstellung hintereinander erfolgen konnte und es bei diesem Schritt zu keinen „Wartezeiten“ eines Teams kam. Team 1 begann somit schon mit dem Aufbau der Anlage früher

und konnte dies aufgrund der genauen Planung schnell abhandeln. Nach der Kontrolle der Verdrahtung der Anlage und der Kontrolle der Parameter des Wechselrichters durch die Lehrperson wurde die Anlage korrekt in Betrieb gesetzt und die geforderten Messungen durchgeführt. Dass die Anlage nun tatsächlich Energie ins öffentliche Netz einspeiste, war ein großer Erfolg für die Schüler und dementsprechend zufrieden schienen sie mit ihrer Arbeit. Nachdem auch Team 2 die Anlage erfolgreich in Betrieb setzen konnte, wurden noch die Laborberichte im jeweiligen Team erstellt und mit der Lehrperson zum Abschluss dieser Aufgabenstellung ein Fachgespräch geführt, um dieser einen Überblick über den Lernzuwachs der einzelnen Schüler zu verschaffen.

Nach dem erfolgreichen Abschluss dieser Aufgabenstellung wurde noch der Fragebogen ausgeteilt und von den Schülern ausgefüllt. Somit konnten auch schon die Vorbereitungen für die zweite Aufgabenstellung getroffen werden.

### **3.2.2 Aufgabenstellung 2: Netzautarke Photovoltaikanlage**

Für Aufgabenstellung 2, die die Planung, Installation sowie Inbetriebnahme einer netzautarken Photovoltaikanlage beinhaltete, konnten die Schüler bereits auf das erworbene Grundwissen von Aufgabenstellung 1 zurückgreifen. Dieses Grundwissen musste jedoch mit den Besonderheiten für photovoltaische Inselanlagen erweitert werden. Die Teams blieben dabei unverändert, um eine gewisse Kontinuität in die Projektarbeit zu bringen. Nach Austeilen der Aufgabenstellung gingen beide Teams sofort an die Arbeit, wobei anschließend ebenfalls wieder eine gemeinsame Besprechung von der Lehrperson einberufen wurde, um Unklarheiten schon vorab beseitigen zu können. Da der Aufbau bzw. Ablauf der Aufgabenstellung 2 auf jener von Aufgabenstellung 1 basierte, gab es diesbezüglich kaum Fragen. Deutlich zu spüren war die freudige Erwartung der Schüler, wieder an diesem Projekt weiterarbeiten zu können und somit übernehmen nach der Besprechung die jeweiligen Teamleiter sofort wieder das „Kommando“. Sie begannen mit der Bekanntgabe, wie die Aufgabenstellung abgehandelt werden sollte. Rasch bemerkten die Teams, dass einige Komponenten bereits Teil von Aufgabenstellung 1 waren, woraufhin die Informationen daraus übernommen wurden. Bei der Funktion des Wechselrichters, welche fälschlicherweise von Team 1 als gleichwertig wie bei der netzgekoppelten Anlage angesehen wurde, gab die Lehrperson den Hinweis auf eine genaue Recherche zu dessen Funktion in einer netzautarken Photovoltaikanlage, um das Team in die richtige Richtung zu lenken. Team 2 bekam diese Information ebenfalls mit und so konnten beide Teams dementsprechend weiterarbeiten. Durch die Erfahrungen aus der Aufgabenstellung 1 konnte festgestellt werden, dass die Schüler selbstbewusster an die Arbeit gingen und schneller mit der Analyse des Problems beziehungsweise mit der Formulierung der Lernfragen fertig wurden. Die leistungsschwächeren Schüler agierten in der Ausarbeitung eher passiv und waren nach wie vor stark von ihren Teammitgliedern abhängig. Somit wurden diesen Schülern sowohl in Team 1 als auch in Team 2 von den Teamleitern einfachere Teilaufgaben zugewiesen. Deutlich zu beobachten war bei der Abarbeitung von Aufgabenstellung 2 eine Reduktion an Fragen an die Lehrperson, was bereits in diesem Stadium bei einem Großteil der Schüler auf eine verbesserte Selbständigkeit hinwies. Die Hilfestellung sowie der Austausch von Informationen innerhalb der Gruppe sanken dabei kaum, die Schüler unterstützten sich in der Ausarbeitungsphase stark. Lediglich in Team 1 kam es zu einem leichten Konflikt, da ein eher leistungsschwacher Schüler permanent um Unterstützung durch den Teamleiter bat und dieser in seinem Aufgabengebiet dadurch eingebremst und leicht aus dem Konzept gerissen wurde. Doch auch dieser Konflikt konnte innerhalb des Teams gelöst werden, indem diesem Schüler ein Partner zur Verfügung gestellt wurde, welcher seinen eigenen Teilbereich bereits abgearbeitet hatte. Für die Lehrperson als „Lernbegleiter“ war diese eigenständige Abarbeitung eine ungewohnte Situation, welche in leichten Gedanken der eigenen Überflüssigkeit mündete. Diese Gedanken sollten sich jedoch später als Fehlinterpretation

der Lage erweisen. Nach der individuellen Wissensaneignung wurden analog zu Aufgabenstellung 1 die neu beschafften Informationen in der Gruppe präsentiert und besprochen. Daraufhin gingen beide Gruppen zum Erstellen der Stromlaufpläne über, wobei sich diesmal die Teams bei der Erstellung austauschten, was zu Diskussionen führte, welche der zwei Varianten als die bessere erschien. Mit dem Hinweis des Lernbegleiters, dass es grundsätzlich abweichende Lösungsmöglichkeiten geben kann, beruhigte sich die Lage wieder und die Teams blieben bei den eigenen Anlagenkonzepten.

Um beiden Teams die Funktionalität von beiden Anlagenkonzepten zu verdeutlichen, welche sich eigentlich nur durch die unterschiedliche Verschaltung der Photovoltaikmodule unterscheiden, wurden beide Stromlaufpläne in der gesamten Gruppe mit dem Lernbegleiter besprochen. Da an der adaptierten Photovoltaikanlage im Labor nicht mehrere Gruppen gleichzeitig die Verkabelung durchführen konnten, wurde Team 2 vom Lernbegleiter mit dem Beginn der Erstellung des Laborberichtes beauftragt. Team 1 konnte die Verdrahtung beziehungsweise Installation der Komponenten zügig und eigenständig durchführen, wobei wiederum die zwei leistungsstärkeren Schüler den Großteil der Arbeiten durchführten und dabei den anderen beiden Schülern den gesamten Aufbau erklärten, da dies scheinbar noch nicht im Vornhinein geschehen war. Durch die vielen gemeinsamen Ausarbeitungen und den Besprechungen in den Teams konnte eine wesentlich verbesserte Gruppendynamik und Kommunikation innerhalb der Gruppe festgestellt werden, was als sehr positiv für zukünftige Gruppenarbeiten zu bewerten ist. Als weniger positiv für den Verlauf der zweiten Aufgabenstellung zu bewerten war die anschließende Parametrierung von Wechselrichter und Laderegler, welche an den neuartigen Akkumulator angepasst werden mussten. Dabei war ersichtlich, dass die Lesekompetenz der Schüler bis auf wenige Ausnahmen für ein detailliertes Studieren der Betriebsanleitungen dieser Komponenten kaum ausreichend war. Um den Erfolg des Projektes nicht zu gefährden und die elektrischen Komponenten aufgrund falscher Parametrierung vor Defekten zu schützen, wurde auf Bitte der Schüler der Lernbegleiter zu Hilfe gerufen. Diese Parametrierung für den Akkumulator war für diese Schüler eine zu große Herausforderung, da nicht auf voreingestellte Werte von handelsüblichen Akkumulatoren zurückgegriffen werden konnte, was wesentlich einfacher und für die Schüler realisierbar gewesen wäre. Dieser Punkt der Parametrierung ist somit für die Verbesserung von Aufgabenstellung 2 in Zukunft detailliert zu beschreiben.

Nach erfolgreicher Parametrierung von Wechselrichter und Laderegler konnten schlussendlich die netzautarke Photovoltaikanlage laut Aufgabenstellung in Betrieb genommen und dementsprechende Messungen durchgeführt werden. Dasselbe gilt für Team 2, welche die Installation und Inbetriebnahme ebenfalls meistern konnten, auch unter Mithilfe bei der Parametrierung.

Nach dem Finalisieren der Laborberichte wurde im Fachgespräch vom Lernbegleiter und der Schülergruppe noch einmal ein Rückblick auf die Ausarbeitung der Aufgabenstellung gewagt, um die Veränderungen und den Lernzuwachs richtig realisieren zu können.

Zu beobachten war bei dieser Nachbesprechung vor allem, dass diese Aufgabenstellung den Schülern alles abverlangt hatte und sie durchwegs einen müden, aber zufriedenen Eindruck auf den Lernbegleiter machten. Abschließend wurde der Fragebogen für die zweite Aufgabenstellung ausgeteilt und von den Schülern ausgefüllt.

### **3.2.3 Aufgabenstellung 3: Koppelung einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit einem Energiespeicher**

Mit Beginn einer neuen Unterrichtseinheit von vier Stunden wurde die letzte der drei Aufgabenstellungen in Angriff genommen und sogleich ausgeteilt. Da seit der letzten Projektausarbeitung wieder eine Woche vergangen war, wick die Erschöpfung nach der zweiten Aufgabenstellung

wieder der Vorfreude auf die letzte Aufgabe, die es zu bewältigen galt. Diese Aufgabenstellung war eine Kombination aus einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit einem Energiespeicher, welche in der Praxis zur Steigerung des Eigenverbrauchsanteils der selbsterzeugten Solarenergie in Zukunft immer öfter in Gebäuden zu finden sein wird. Aufgrund der Komplexität dieser Aufgabenstellung, vor allem bei der Abstimmung von Lade/Entladeeinheit und Akkumulator, stellte diese Aufgabenstellung laut Meinung des Projektleiters die höchste Herausforderung für die Schüler dar. Nach der Begriffsrecherche und der anschließenden Besprechung mit dem Lernbegleiter stellte sich heraus, dass die technische Verknüpfung der zwei Anlagenteile offensichtlich schwer zu verstehen war und von den Schülern mehrmals Fragen dazu gestellt wurden. Mit der Erklärung, dass diese Variante eigentlich als zwei getrennte Anlagen zu verstehen sei, die nur über das öffentliche Netz miteinander verbunden werden müssen, konnte zumindest bei einigen Schülern Licht ins Dunkel gebracht werden. Diese Schüler übernahmen dann sogleich die Führung in ihren Teams und begannen die Recherche nach dem grundsätzlichen Anlagenkonzept. Die Erstellung von Lernfragen zu den Teilbereichen der Aufgabenstellung wurde aufgrund der bisherigen Erfahrungen gut gemeistert und so wurden diese Lernfragen dem Leistungsvermögen der einzelnen Schüler zugeteilt. Bei der anschließenden Recherche kamen die Schüler mit technisch gesehen einfacheren Aufgaben besser zurecht als jene, welche für die Ausarbeitung der Lade/Entladeeinheit zuständig waren. Da diese Schüler keine Informationen über die Verkabelung finden konnten, wurde der Lernbegleiter diesbezüglich um Rat gebeten. Dazu musste die exakte Quelle angegeben werden, damit die Schüler die Informationen auch erlangen konnten.

Nach der selbstständigen Recherche, die auch bei diesem Beispiel hauptsächlich mittels Smartphone oder PC erfolgte, wurden die Ergebnisse innerhalb der Teams präsentiert und die Anlagenkonzepte diskutiert. Im Gegensatz zu den zwei vorherigen Beispielen wurde jedoch vom Lernbegleiter eine leichte Unsicherheit innerhalb der Teams festgestellt. Zudem berieten sich die Teams gegenseitig über das jeweilige Anlagenkonzept. Die präsentierten Ergebnisse waren zufriedenstellend und es konnte mit der Verdrahtung der Anlage begonnen werden. Team 1 hingegen startete mit der Erstellung des Laborberichtes, da nicht gleichzeitig an den Komponenten gearbeitet werden konnte. Bei Team 2 sollte nach erfolgreicher Verkabelung nun die Parametrierung der Lade/Entladeeinheit stattfinden. Doch mit dieser Aufgabe waren die Schüler sichtlich überfordert, da dabei die elektrischen Daten des Akkumulators für die Parametrierung der Lade- und Entladeeinheit herangezogen werden mussten. Zusätzlich dazu konnte die Parametrierung nicht wie bisher mittels Dip-Schalter erfolgen, sondern musste mittels Software eingespielt werden. Nach längerem Studieren der Betriebsanleitung kamen die Schüler zum Schluss, dass sie die Anlage nicht erfolgreich in Betrieb nehmen konnten. Auch die Hinzuziehung von Team 1 änderte dabei nichts mehr. Aus diesem Grund wurde, auch aufgrund von zeitlichem Engpass, auf die Inbetriebnahme der Lade/Entladeeinheit verzichtet und nur die netzgekoppelte Einspeiseanlage in Betrieb genommen, um den Schülern zumindest ein kleines Erfolgserlebnis zu bieten. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung 3, speziell was die Parametrierung betrifft, wird in Zukunft die Parametrierung der Lade/Entladeeinheit schon im Vornhinein von der Lehrperson durchgeführt und zudem eine detaillierte Anleitung dazu erstellt werden. Nach der Dokumentation der Ergebnisse erfolgte dementsprechend das Ausfüllen der Fragebögen für Aufgabenstellung 3 und eine abschließende Besprechung in der Gruppe, welche Verbesserungen getroffen werden könnten.

## 4 EVALUATIONSMETHODEN

Für die Evaluierung der Projektarbeit wurden mehrere Evaluationsmethoden angewandt. Auf Schüler/innenebene war dies die Evaluation mittels Fragebögen, welche nach jeder der drei Aufgabenstellungen von den Schülern ausgefüllt wurden. Zudem wurde laut Beobachtungsbogen eine detaillierte Beobachtung von der Lehrperson durchgeführt, um den Schülern auch ein dementsprechendes Feedback geben zu können. Ergänzend dazu wurde eine abschließende Gruppendiskussion mit dem Lernbegleiter durchgeführt, um die Vor- und Nachteile dieser Projektarbeit intensiv besprechen zu können. Auf Lehrer/innenebene erfolgte die Evaluation mittels Selbstbeobachtung.

### **Fragebögen**

Um die Ziele auf Schüler/innenebene evaluieren zu können, wurde nach jeder der drei Aufgabenstellungen ein identer Fragebogen von den Schülern beantwortet. Darin wurde neben der Verständlichkeit und Praxistauglichkeit der Aufgabenstellungen speziell die Steigerung der Problemlösekompetenz und der beruflichen Handlungskompetenz evaluiert. Die Befragung mittels Fragebögen wurde gewählt, um anonyme, ehrliche Antworten von den Schülern zu erhalten. Für die Beantwortung der Fragen wurden jeweils vier Antwortmöglichkeiten definiert, um keine neutralen Standpunkte zuzulassen und somit eine positive oder negative Tendenz erfassen zu können.

### **Beobachtung**

Während der Projektphase wurde vom Lernbegleiter eine eingehende Beobachtung der Schüler durchgeführt. In erster Linie wurden die Schüler dabei beobachtet, inwieweit sich ihre Problemlösefähigkeit während der Projektphase entwickelt hat. Zudem wurde auch die soziale Kompetenz durch Beobachtungen des Verhaltens im Team und in Einzelarbeit erfasst. Dabei konnten auch die Teamkonstellationen überprüft werden, um in ähnlichen Projektarbeiten die Teameinteilung gegebenenfalls besser treffen zu können. Hinzu kommen Beobachtungen von Recherchetätigkeiten, Motivation während der Projektphase und eigenverantwortliches Handeln.

Diese Beobachtungen wurden in einem Beobachtungsbogen zusammengefasst und mit den Schülern besprochen. Somit konnte den Schülern ein eingehendes Feedback über ihre Leistungen gegeben werden.

### **Gruppendiskussion**

Am Ende der Projektphase wurde eine eingehende Gruppendiskussion durchgeführt. Darin wurde im Schüler-Lehrergespräch den Schülern konstruktives Feedback gegeben und in der Gruppe mögliche Verbesserungsvorschläge besprochen. Dadurch bekam der Lernbegleiter einen Einblick über die Sichtweise der Schüler zum problemorientierten Unterricht, um auch in diesem Bereich Verbesserungen durchführen zu können. Durch dieses persönliche Gespräch innerhalb der Gruppe konnte zudem eine gute zwischenmenschliche Beziehung zwischen Schülern und Lernbegleiter aufgebaut werden.

### **Selbstbeobachtung**

Die Ziele auf Lehrer/innenebene wurden durch Selbstbeobachtung evaluiert. Dabei stand die Erweiterung der eigenen didaktisch-methodischen Fertigkeiten der Lehrperson in Bezug auf handlungsorientierten Unterricht unter Beobachtung. Zudem wurde gezielt auf den Ausbau der Lehrmethode „problem-based-learning“ geachtet, und wie die Lehrperson mit der neuen Rolle als Lernbegleiter zurechtkam. Rückmeldungen der Schüler über die Lehrperson konnten für das Erreichen der Ziele auf Lehrer/innenebene als willkommenen Vergleich herangezogen werden.

## 5 ERGEBNISSE

Diese Evaluationsergebnisse wurden von der Projektgruppe der Klasse 4b EGT/GLT, bestehend aus acht Schülern, erfasst.

### 5.1.1 Evaluierungen der Ziele auf Schüler/innenebene

Die Schüler wurden mittels Fragebögen nach jeder der drei Aufgabenstellungen um ihre Einschätzung der nachfolgend angeführten Punkte befragt und dies wurde mit den Ergebnissen der Beobachtung und der Diskussionsrunde verglichen.

#### Verständlichkeit der Problemstellungen

Um die Ergebnisse auch als zuverlässig werten zu können, wurde als erstes die Verständlichkeit der Problemstellungen hinterfragt. Ohne ein Verständnis für die Aufgabenstellungen würde eine Ausarbeitung der jeweiligen Aufgabe nicht die erwünschten Ergebnisse bringen.

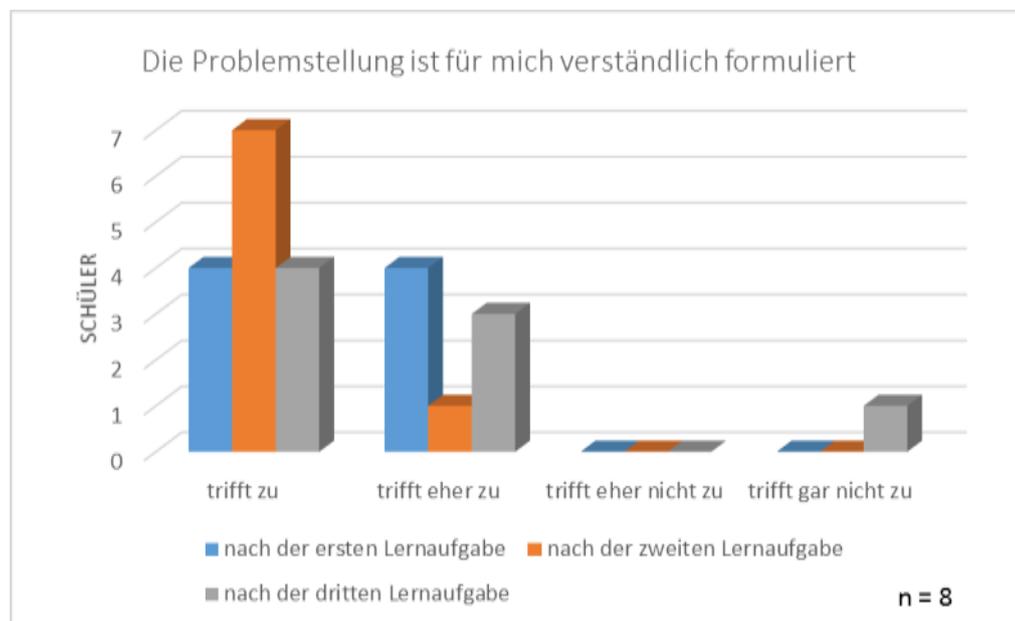


Abb. 1: Verständlichkeit der Problemstellungen

Nach der ersten Lernaufgabe beantworteten jeweils vier Schüler die Frage mit „trifft zu“ und mit „trifft eher zu“. Die zweite Lernaufgabe wurde von sieben Schülern mit „trifft zu“ und nur von einem Schüler mit „trifft eher zu“ beantwortet. Nach der dritten Lernaufgabe bewerteten vier Schüler die Verständlichkeit der Lernaufgabe mit „trifft zu“, drei Schüler mit „trifft eher zu“ und ein Schüler mit „trifft gar nicht zu“.

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass speziell die Lernaufgabe 2 verständlich formuliert wurde und inhaltlich gut interpretiert werden konnte. Lernaufgabe 1 wurde ebenfalls positiv bewertet, obwohl diese Lernaufgabe als erstes ausgeteilt und bearbeitet wurde. Dadurch konnten die Schüler nicht auf Erfahrungen mit ähnlichen Angaben zurückgreifen. Lediglich bei Lernaufgabe 3 konnte offensichtlich ein Schüler den Inhalt und die Angabe der Lernaufgabe nicht verstehen. Dies deckt sich mit den Beobachtungen des Lernbegleiters, der diese Lernaufgabe aufgrund ihrer Komplexität als am schwierigsten zu erfassen einstufte. Zudem wurden zu Beginn der dritten Lernaufgabe viele Fragen zum richtigen Verständnis an den Lernbegleiter gestellt.

Nicht nachzuvollziehen ist somit, dass trotzdem der Großteil der Schüler diese Lernaufgabe mit „trifft zu“ oder „trifft eher zu“ beantworteten.

### Eignung der Problemstellungen für den Laborunterricht

Ein weiterer wichtiger Punkt, um die Aufgabenstellungen auch in Zukunft sinnvoll verwenden zu können, ist die Einschätzung der Schüler, ob sich die Problemstellungen für den Laborunterricht eignen.

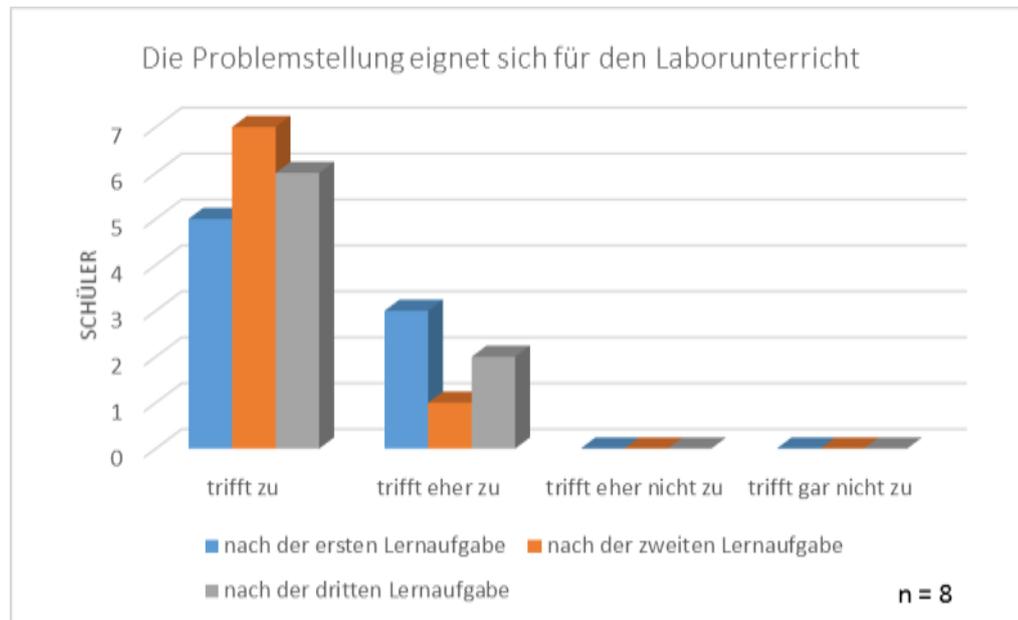


Abb. 2: Eignung für Laborunterricht

Die erste Lernaufgabe wurde von fünf Schülern mit „trifft zu“ und von drei Schülern mit „trifft eher zu“ beantwortet. Die zweite Lernaufgabe bewerteten die Schüler mit sieben Mal „trifft zu“ und einmal mit „trifft eher zu“. Die dritte Lernaufgabe führte zu einem ähnlichen Ergebnis: Sechs Schüler beantworteten die Frage mit „trifft zu“ und zwei Schüler mit „trifft eher zu“. Jeweils keiner beantwortete die Fragen mit „trifft eher nicht zu“ oder „trifft nicht zu“.

Dieses durchwegs positive Ergebnis zeigt somit, dass diese Lernaufgaben gut für den Laborunterricht geeignet sind. Bei der Diskussionsrunde am Ende der Projektphase wurde jedoch von den Schülern angeregt, den theoretischen Arbeitsaufwand leicht zu kürzen oder teilweise in Theoriefächer zu verschieben, um mehr Zeit für praktische Arbeiten zur Verfügung zu haben. Somit ist das Ergebnis der Fragestellung laut Fragebogen differenziert zu sehen.

### Verbindung zwischen Theorie und Praxis

Um den Schülern für die Zukunft praxisnahes Wissen und Erfahrung mit Photovoltaiksystemen mitgeben zu können, ist die Verbindung der Lerninhalte dieses Projekts mit den praktischen Tätigkeiten im beruflichen Alltag von hoher Priorität. Diese Praxistauglichkeit verhilft den Schülern, die erlernten Fertigkeiten und Fähigkeiten im beruflichen Alltag umsetzen zu können.

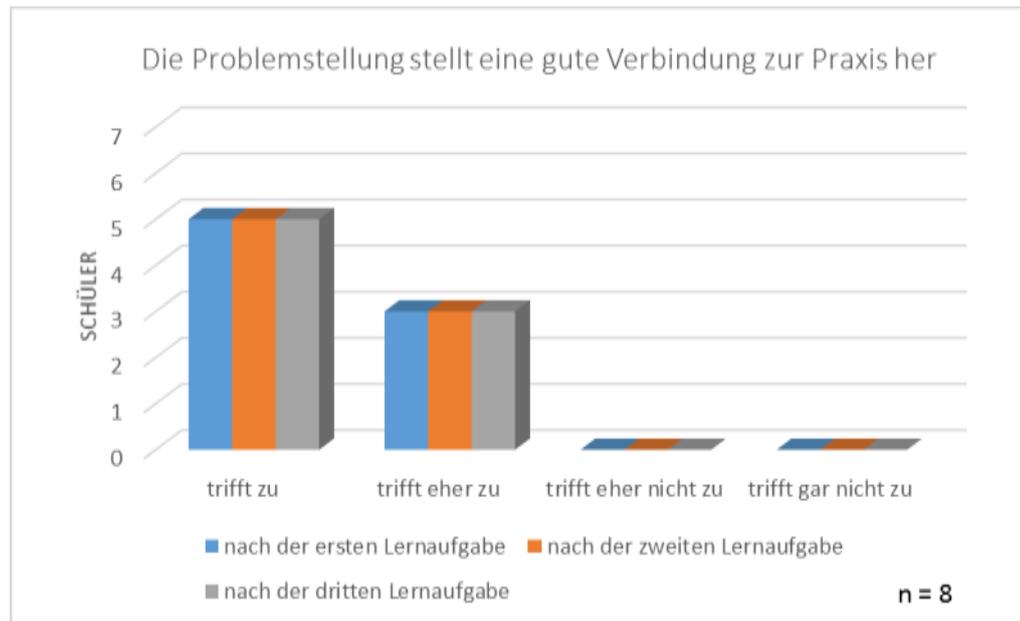


Abb. 3: Verbindung zur Praxis

Bei der Frage, ob diese Problemstellung eine gute Verbindung zur Praxis herstellt, antworteten bei allen drei Lernaufgaben fünf Schüler mit „trifft zu“ und drei Schüler mit „trifft eher zu“.

Dieses Ergebnis spiegelt die Erkenntnisse aus der Diskussionsrunde eindeutig wider, in der mehrere Schüler die Anwendbarkeit ihres erworbenen Wissens in der Praxis hervorstrichen. Die Theorie der Praxisnähe von problemorientiertem Unterricht wird hiermit mehr als bestätigt. Ein Unterschied im Ergebnis zwischen den Lernaufgaben besteht nicht.

#### **Anwendbarkeit ähnlicher Problemstellungen im Beruf**

Sinn einer solchen Projektarbeit ist es, gleichwertige oder ähnliche Problemstellungen im beruflichen Alltag anwenden und lösen zu können. Dies steigert somit sowohl die berufliche Handlungskompetenz als auch die Problemlösekompetenz und verhindert zudem den so genannten „Praxischock“.

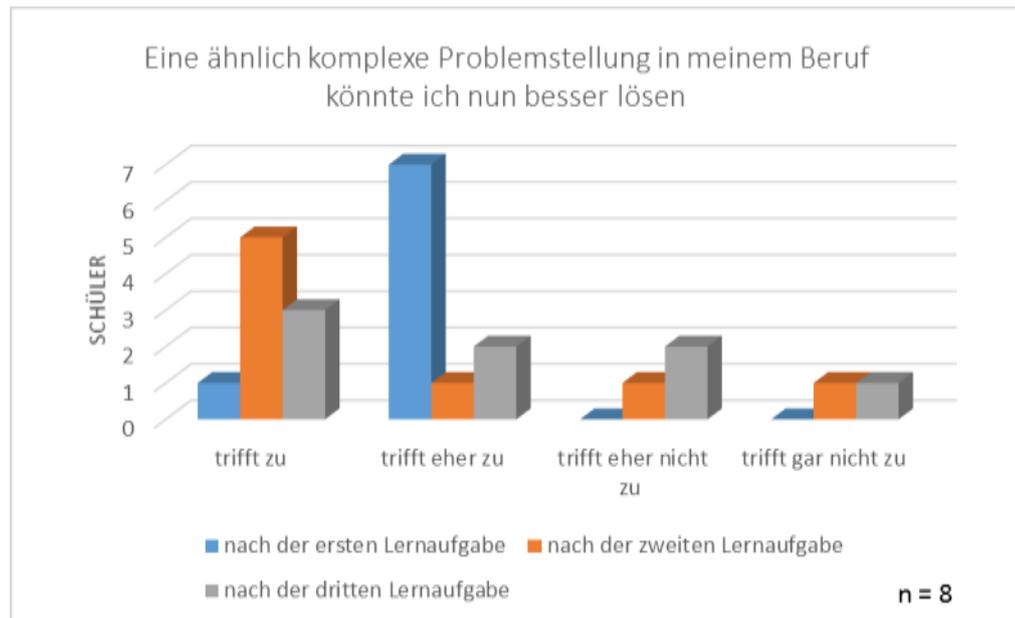


Abb. 4: Anwendbarkeit im Beruf

Die Frage, ob die Schüler eine ähnlich komplexe Problemstellung in ihrem Beruf nun besser lösen können, wurde nach der ersten Lernaufgabe mit einmal „trifft zu“ und siebenmal mit „trifft eher zu“ beantwortet. Nach der zweiten Lernaufgabe beantworteten fünf Schüler die Frage mit „trifft zu“ und je ein Schüler mit „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ und „trifft gar nicht zu“. Nach der dritten Lernaufgabe lautete das Ergebnis wie folgt: dreimal „trifft zu“, je zweimal „trifft eher zu“ sowie „trifft eher nicht zu“ und einmal „trifft gar nicht zu“.

Grundsätzlich unterscheiden sich diese drei Ergebnisse sehr stark voneinander. Während bei Lernaufgabe 1 noch alle Schüler eine positive Bewertung abgaben, so sank das Bewertungsergebnis mit Zunahme der Komplexität der Lernaufgaben. Aus den Ergebnissen der Diskussionsrunde sowie durch die Beobachtungen des Lernbegleiters geht hervor, dass hauptsächlich die komplexen Parametrierungen der elektrischen Komponenten als Grund angeführt werden. Die im Projekt mitwirkenden leistungsschwächeren Schüler konnten laut Beobachtungen durch den Lernbegleiter zwar ergänzende Arbeiten selbstständig durchführen, eine komplette Lernaufgabe führt jedoch laut Aussagen der betroffenen Schüler zu einer massiven Überforderung. Insgesamt betrachtet konnten die zwei ersten Lernaufgaben die Problemlösekompetenz steigern, bei der dritten Lernaufgabe konnte keine Steigerung festgestellt werden.

#### Vom Wissen der Teammitglieder profitieren

Die Projektarbeiten waren geprägt von Einzel-, aber auch von Gruppenarbeit. Ein wichtiger Indikator für eine erfolgreiche Lösung der Aufgabenstellungen ist das Verhalten der Schüler innerhalb der Gruppe und die gruppeninterne Kommunikation. Eine Förderung der Sozialkompetenz kann durch die Frage, ob man in der Teamarbeit vom Wissen der Teammitglieder profitieren kann, erforscht werden.

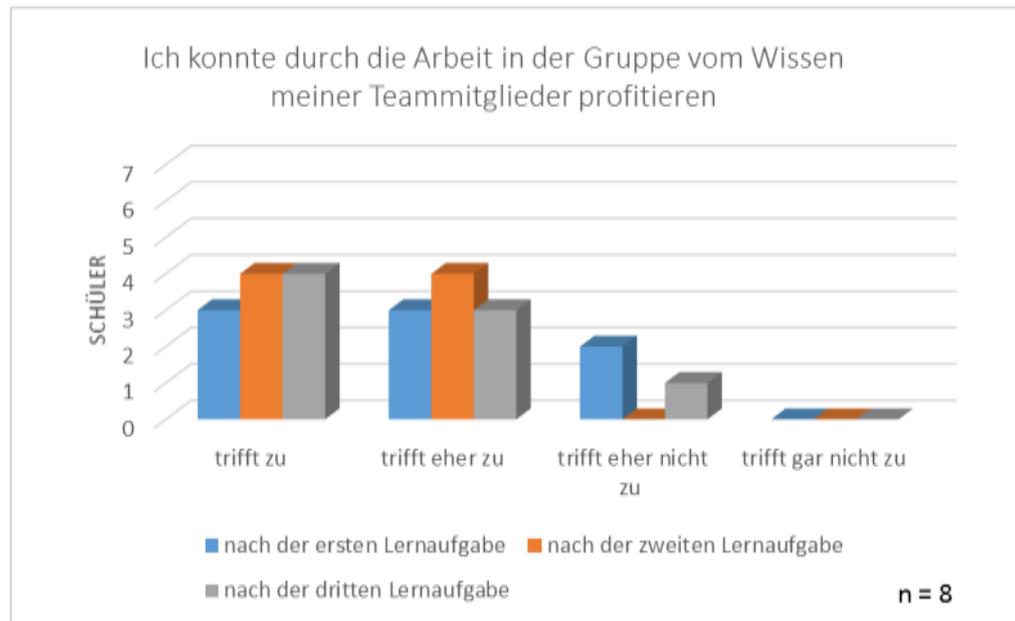


Abb. 5: Vom Wissen der Teammitglieder profitieren

Die Frage, ob durch die Arbeit in der Gruppe die Schüler vom Wissen der Teammitglieder profitieren können, wurde nach der ersten Lernaufgabe je dreimal mit „trifft zu“ bzw. „trifft eher zu“ und zweimal mit „trifft eher nicht zu“ beantwortet. Nach der zweiten Lernaufgabe antworteten jeweils vier Schüler mit „trifft zu“ und „trifft eher zu“. Die dritte Lernaufgabe wurde viermal mit „trifft zu“, dreimal mit „trifft eher zu“ und einmal mit „trifft eher nicht zu“ beantwortet.

Diese Frage ist dahingehend interessant, ob auch selbstständig arbeitende, gute Schüler von ihren Teammitgliedern mit weniger Fachwissen profitieren können. Dabei ist eine positive Veränderung bei den Ergebnissen der Fragebögen zwischen erster und zweiter Lernaufgabe feststellbar, da nach der zweiten Lernaufgabe die Frage keiner mehr mit „trifft eher nicht zu“ beantwortet hat. Die Beobachtungen zeigen bei dieser Frage, dass leistungsschwächere Schüler sehr stark von dem Wissen der Teammitglieder profitieren. Leistungsstärkere Schüler griffen während der Projektphase jederzeit den leistungsschwächeren Schülern unter die Arme und erklärten die Sachverhalte in äußerst verständlicher Art und Weise. Leistungsstärkere Schüler hingegen konnten nicht in diesem Ausmaß vom Wissen der Mitschüler profitieren und werden durch die Erklärungsarbeiten an einem zusätzlichen Wissenserwerb gehindert. Dies könnte der Grund sein, warum nach der ersten und dritten Lernaufgabe die Antwort „trifft eher nicht zu“ gegeben wurde. Insgesamt ist ein leicht positiver Trend beim Profitieren vom Wissen der Teammitglieder feststellbar.

#### Technisch korrekte Problemlösung

Im Rahmen dieser Erhebung sollte auf den Grund gegangen werden, ob durch dieses Projekt die Fachkompetenz als Teil der beruflichen Handlungskompetenz gefördert wird. Dabei werden die Schüler befragt, ob sie sich in der Lage sehen, Problemstellungen technisch korrekt lösen zu können.

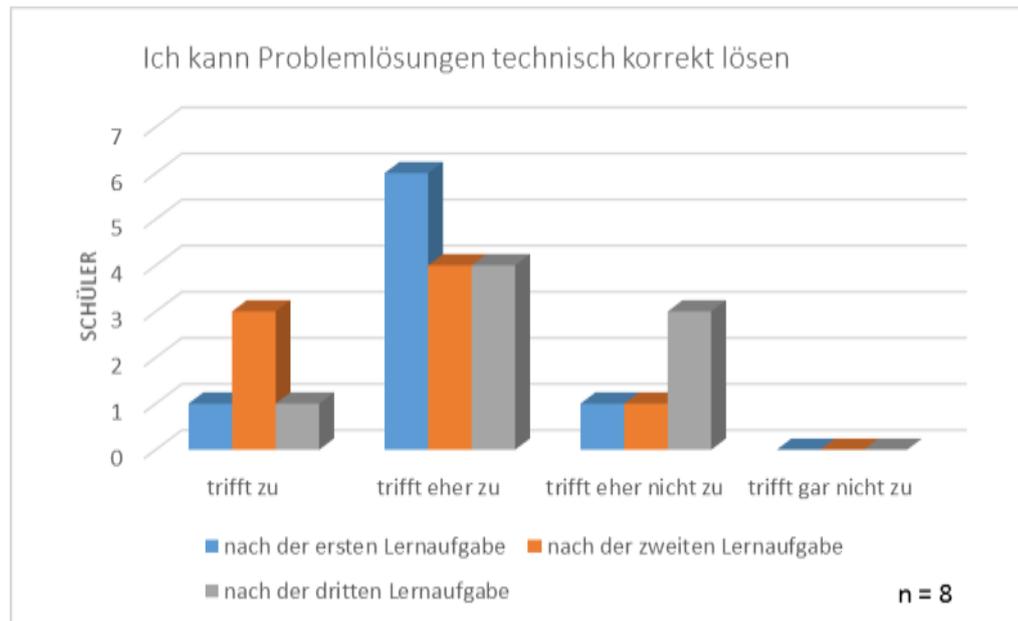


Abb. 6: Technisch korrekte Problemlösung

Nach der ersten Lernaufgabe wurde die Frage, ob die Schüler Problemlösungen technisch korrekt lösen könnten, mit einmal „trifft zu“, sechsmal „trifft eher zu“ und einmal „trifft eher nicht zu“ beantwortet. Nach der zweiten Lernaufgabe beantworteten dies drei Schüler mit „trifft völlig zu“, vier Schüler mit „trifft eher zu“ und ein Schüler mit „trifft eher nicht zu“. Nach Lernaufgabe drei lautet das Ergebnis wie folgt: „trifft zu“ wurde von einem Schüler gewählt, „trifft eher zu“ von vier und „trifft eher nicht zu“ von drei Schülern.

Daraus ist zu schließen, dass speziell die zweite Lernaufgabe eine technisch korrekte Problemlösung fördert, eine Förderung der Fachkompetenz findet bei Lernaufgabe 3 – anders als vom Projektleiter erwartet – weniger statt. Der Projektleiter sieht darin den Grund, dass laut Beobachtungen die jeweiligen Teamleiter die Koordination der Arbeiten durchführten und als „Kontrollorgan“ bei den Gruppendiskussionen über die technisch einwandfreie Planung agierten. Der misslungene Abschluss der dritten Aufgabenstellung trug aus Sicht des Projektleiters zu einer Verunsicherung auf fachlicher Ebene bei.

#### Zusammenhang einzelner Fachthemen

Mit der Frage, ob die Schüler den Zusammenhang einzelner Fachthemen nun besser verstehen würden, soll ermittelt werden, ob die Vernetzung von Fachwissen und Themenbereichen anhand dieser Lernaufgaben gefördert wird. In der Berufswelt ist diese Fähigkeit, Wissen zu vernetzen, enorm wichtig, da speziell auf großen Anlagen eine Vielzahl von verschiedenen Technologien aufeinander treffen. Die Schüler müssen diese verschiedenen Technologien verknüpfen können, um den einwandfreien Betrieb einer Anlage sicherzustellen.

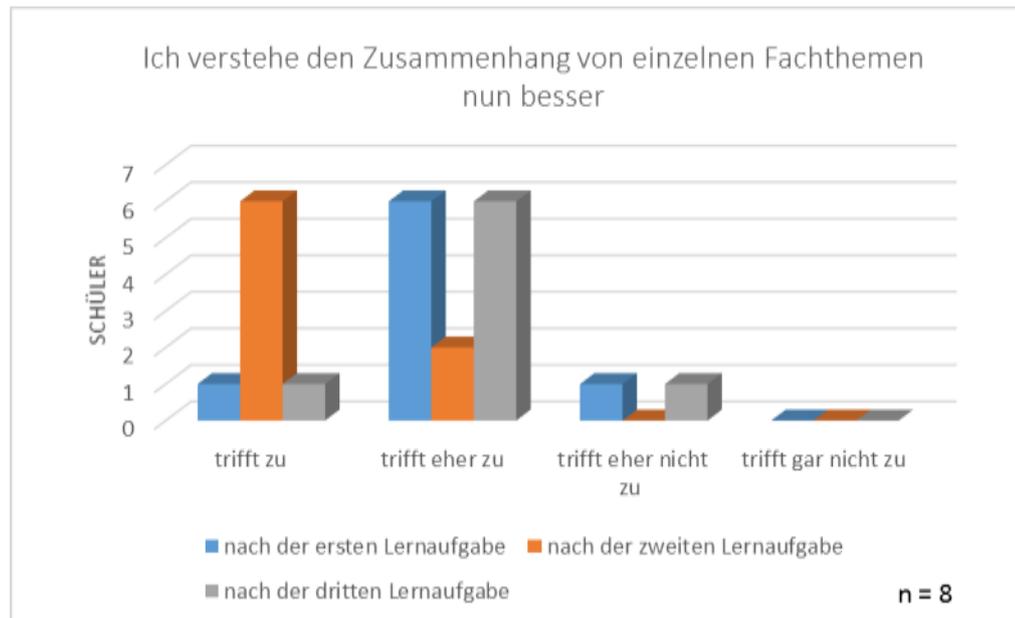


Abb. 7: Zusammenhang einzelner Fachthemen

Die Frage, ob die Schüler den Zusammenhang von einzelnen Fachthemen nun besser verstehen würden, beantwortete nach der ersten Lernaufgabe lediglich einer mit „trifft zu“, sechs Schüler mit „trifft eher zu“ und ein weiterer Schüler mit „trifft eher nicht zu“. Nach der zweiten Lernaufgabe sah das Ergebnis wie folgt aus: Sechs Schüler stimmten mit „trifft zu“ ab und zwei Schüler mit „trifft eher zu“. Die dritte Lernaufgabe wurde exakt gleich wie die erste Lernaufgabe bewertet.

Interessant bei der Beantwortung dieser Frage ist die Tatsache, dass die zweite Lernaufgabe vernetztes Denken sehr stark gefördert hat. Dies ist laut Meinung des Projektleiters darauf zurückzuführen, dass durch eine Vielzahl an entsprechender Literatur und die gemeinsame Ausarbeitung in den Teams die Verbindung zwischen Energie-Erzeugungsanlage und Energiespeicher eine kognitive Verknüpfung leichter stattfinden konnte. Zudem könnte ein möglicher Grund für die Vernetzung von Fachthemen die Vorerfahrungen mit Ladeeinheit und Energiespeicher sein, welche im alltäglichen Berufsleben häufig zu sehen sind. Solche Querverweise auf den beruflichen Alltag wurden zudem vom Lernbegleiter bei Erklärungen oder Unklarheiten während der Projektphase weitergegeben. Für den Projektleiter ist der Umstand jedoch nicht verständlich, dass die erste Lernaufgabe nicht besser abgeschnitten hat, da der Schwierigkeitsgrad der ersten Aufgabenstellung aus Sicht des Projektleiters am geringsten war. Hier ist eine mögliche Erklärung die bis dahin noch unbekanntere Unterrichtsmethode von „problem-based-learning“, bei der die Schüler das erworbene Wissen der einzelnen Themenbereiche untereinander nicht im geforderten Maße verbreiten konnten. Durch die sehr schwierige dritte Aufgabenstellung und das für den Projektleiter nicht erfreuliche Endergebnis musste mit einem schwächeren Ergebnis der dritten Befragung gerechnet werden.

#### „Problem-based-learning“ versus Frontalunterricht

Mit der Frage, ob die Problemstellungen die Fachkompetenz bzw. das Fachwissen der Schüler mehr fördern würden als beim Frontalunterricht, soll herausgefunden werden, ob die Unterrichtsmethode „problem-based-learning“ einen Mehrwert gegenüber Frontalunterricht darstellt.

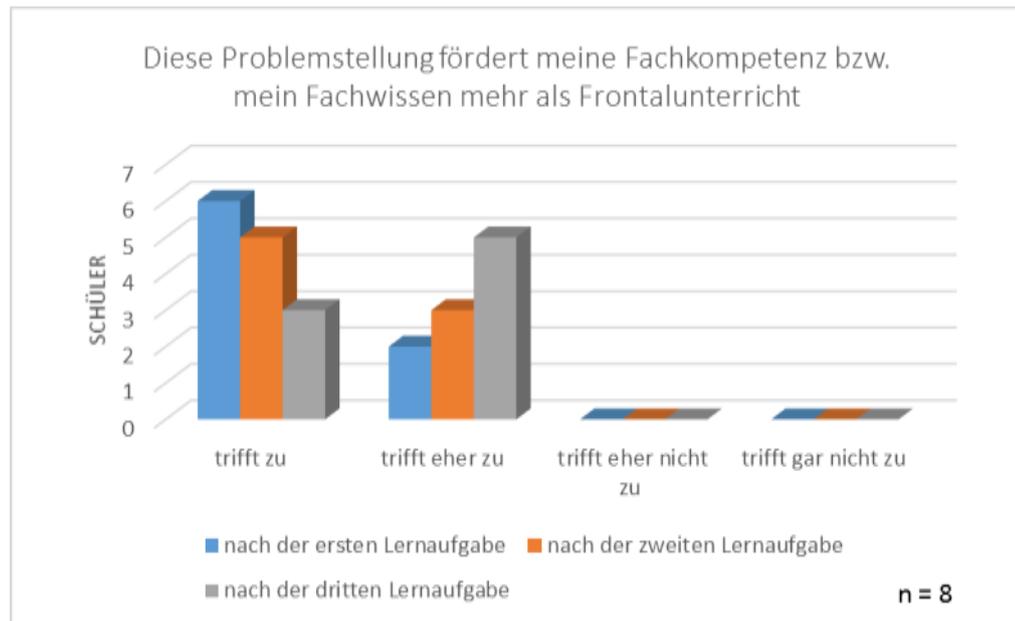


Abb. 8: "Problem-based-learning" versus Frontalunterricht

Das Ergebnis dieser Befragung spricht eine klare Sprache. Nach der ersten Lernaufgabe wurde die Frage von sechs Schülern mit „trifft zu“ und von zwei Schülern mit „trifft eher zu“ beantwortet. Nach der zweiten Befragung wurde fünfmal mit „trifft zu“ und dreimal mit „trifft eher zu“ geantwortet, nach der dritten Befragung lautete das Ergebnis: Dreimal „trifft zu“ und fünfmal „trifft eher zu“.

Dieses Ergebnis zeigt, dass Lernaufgaben mit „problem-based-learning“ als wesentlich besser für den Erwerb von Fachwissen und die Motivation angesehen werden als Frontalunterricht bzw. herkömmliches Lernen. Durch die selbstständige Ausarbeitung von Themengebieten und den Diskussionen in der Runde konnte auch durch den Lernbegleiter ein erheblicher Zuwachs an Fachkompetenz festgestellt werden. Dies zeigen auch die Ergebnisse der Gruppendiskussion nach der Projektphase, laut denen die Schüler mit mehr Spaß an der Sache waren und daraufhin mehr Freude an der Ausarbeitung von Aufgabenstellungen und der Erweiterung des Fachwissens hatten. Zudem konnte das erlernte Fachwissen durch das anschließende praktische Arbeiten an der Photovoltaikanlage direkt angewandt werden.

### **Eigenständige Problemlösung**

Die befragten Schüler schlossen unmittelbar nach Ende der Projektphase ihre Ausbildung an der Tiroler Fachberufsschule für EKE erfolgreich ab und werden zukünftig nach Bestehen der Lehrabschlussprüfung als Gesellen eigenständig Baustellen und Problemstellungen abwickeln müssen. Dabei ist es wichtig, eine entsprechend ausgeprägte Personalkompetenz zu besitzen. Die Frage, ob die Schüler aus ihrer Sicht eigenständig Problemstellungen lösen könnten, dient dazu, anhand der Aufgabenstellungen die Entwicklung der Personalkompetenz in Bezug auf ihre Selbstständigkeit zu hinterfragen.

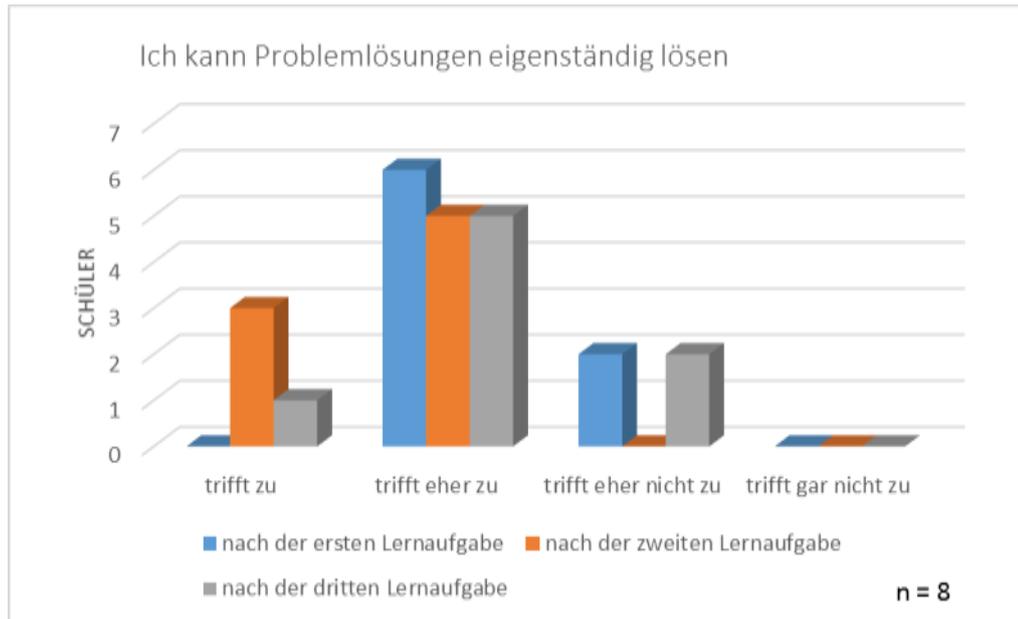


Abb. 9: Eigenständige Problemlösung

Nach der ersten Lernaufgabe wurde die Frage nach der Eigenständigkeit mit sechsmal „trifft eher zu“ und zweimal „trifft eher nicht zu“ beantwortet. Nach der zweiten Aufgabenstellung beantworteten drei Schüler die Frage mit „trifft zu“ und fünf Schüler mit „trifft eher zu“. Am Ende der dritten Lernaufgabe verschob sich das Ergebnis auf einmal „trifft zu“, fünfmal „trifft eher zu“ und zweimal „trifft eher nicht zu“.

Durch die getätigten Beobachtungen des Lernbegleiters während der Projektphase konnte ein beinahe identes Bild gezeichnet werden. Waren während der ersten Lernaufgabe der Großteil der Schüler noch etwas unsicher bei der Abwicklung einer solchen Problemstellung, so zog bereits die zweite Aufgabenstellung eine höhere Eigenständigkeit der meisten Schüler mit sich. Die Komplexität der dritten Lernaufgabe und die hohe Anforderung an die Schüler bezüglich Eigenständigkeit zur Lösung solcher Problemstellungen verunsicherten nach Meinung der Projektleitung die Schüler spürbar. Speziell die bekannt lernschwächeren Schüler konnten auch aus Sicht des Lernbegleiters - erkennbar durch das häufige Nachfragen bei der Ausarbeitung - eine solche Problemstellung nur schwer lösen.

### Defizite erkennen

Eine wohl für die Schüler schwierig zu beantwortende Frage wurde der Erkennung und Verbesserung der eigenen Defizite gewidmet. Diese Frage sollte ergänzend zur Eigenständigkeit der Schüler eine etwaige Steigerung der Personalkompetenz hinterfragen.

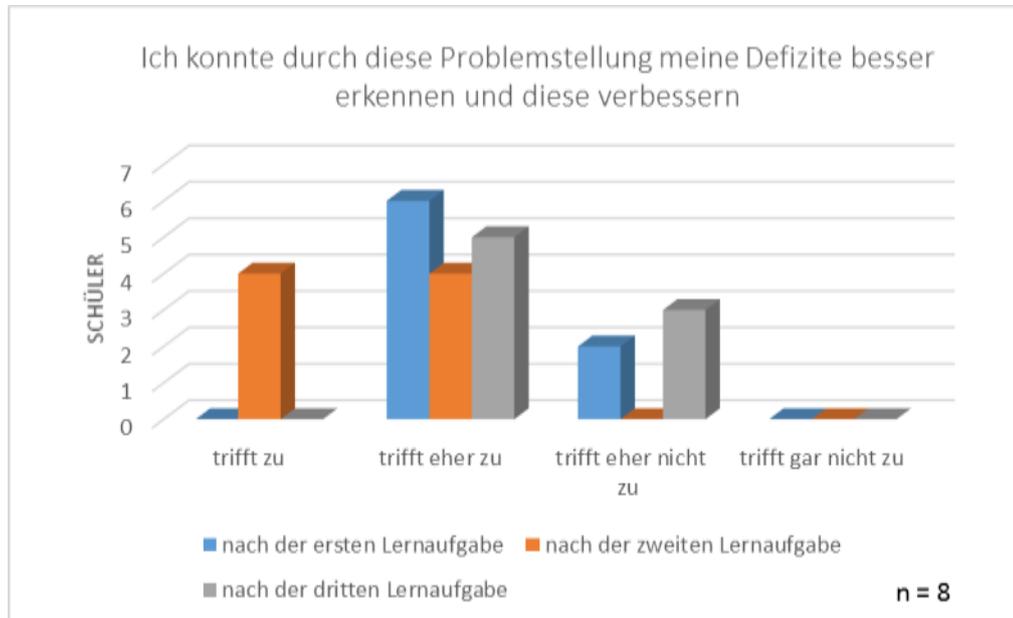


Abb. 10: Defizite erkennen und verbessern

Ein inhomogenes Ergebnis liefert die Beantwortung der Frage, ob die Schüler durch die Problemstellungen ihre Defizite besser erkennen und verbessern konnten. Während nach der ersten Lernaufgabe die Frage von den Schülern mit sechsmal „trifft eher zu“ und zweimal „trifft eher nicht zu“ beantwortet wurde, änderte sich das Ergebnis nach der zweiten Lernaufgabe auf je viermal „trifft zu“ bzw. „trifft eher nicht zu“. Nach der dritten Lernaufgabe lautet die Beantwortung der Frage wie folgt: Fünf Schüler kreuzten die Frage mit „trifft eher zu“ und drei Schüler mit „trifft eher nicht zu“ an.

Speziell durch die zweite Lernaufgabe konnten die Schüler ihre Defizite erkennen und verbessern, was als sehr positiv zu bewerten ist. Gegenüberstellend konnte keine Verbesserung durch die dritte Lernaufgabe erzielt werden. Laut Einschätzung des Projektleiters liegt der Grund darin, dass diese Aufgabenstellung nicht entsprechend gelöst werden konnte. Somit ist zwar eine Erkennung von Defiziten möglich, eine Verbesserung fand dabei leider nicht statt. Durch Aufgabenstellung 1 konnte hingegen beim Großteil der Schüler eine leichte Verbesserung der eigenen Defizite erzielt werden. Insgesamt kann also sehr wohl eine Verbesserung der erkannten Defizite mittels „problem-based-learning“ erzielt werden, dies hängt jedoch stark von einer an die Schüler angepassten Lernaufgabe ab. Bei einer Überforderung der Schüler durch die Lernaufgabe können Defizite zwar erkannt, aber nicht verbessert werden.

### Problemstellungen analysieren

Mit dieser Frage soll eruiert werden, ob die Schüler Problemstellungen besser analysieren können. Die Analyse von Problemstellungen ist in der Praxis speziell bei der Fehlerbehebung von Elektrotechnikern sehr wichtig, da durch eine rasche Erkennung von Problemen oder Fehlern diese schneller behoben und technische Anlagen schneller wieder in Betrieb genommen werden können.

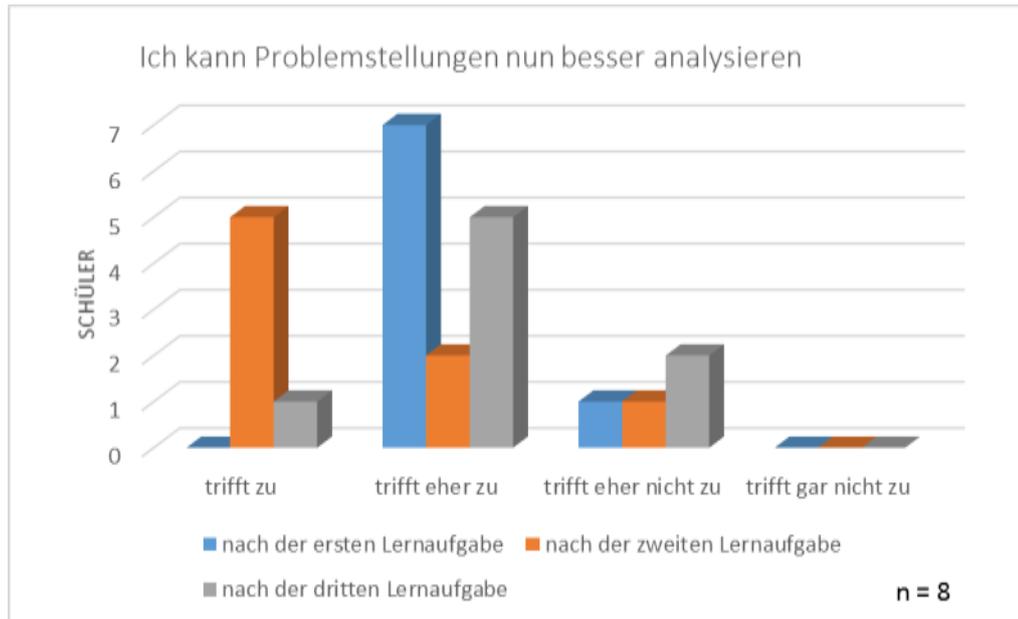


Abb. 11: Problemstellungen analysieren

Die Frage, ob die Schüler Problemstellungen nun besser analysieren können, beantworteten nach der ersten Lernaufgabe sieben Schüler mit „trifft eher zu“ und ein Schüler mit „trifft eher nicht zu“. Nach der zweiten Lernaufgabe kreuzten fünf Schüler „trifft zu“ an, zwei Schüler „trifft eher zu“ und ein Schüler „trifft eher nicht zu“. Nach der dritten Lernaufgabe beantworteten die Schüler diese Frage mit einmal „trifft zu“, fünfmal mit „trifft eher zu“ und zweimal mit „trifft eher nicht zu“.

Dieses Ergebnis ist laut Projektleiter vermutlich darauf zurückzuführen, dass bei Lernaufgabe 2 bereits auf Erfahrungen von der ersten Lernaufgabe zurückgegriffen werden konnte. Durch die Komplexität der dritten Lernaufgabe und die dadurch schon bei vorigen Auswertungen erkennbare Verunsicherung, trauten sich nach der dritten Lernaufgabe weniger eine korrekte Analyse solcher Problemstellungen zu. Eine klare Verbesserung kann hier lediglich von der ersten zur zweiten Lernaufgabe erkannt werden.

### Zusammenfassung der Evaluationsergebnisse

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass das Projekt für die Schüler und die Lehrperson ein voller Erfolg war. Während der Projektphase war die Stimmung der Schüler erstaunlich gut und sie gingen zudem äußerst motiviert an die Arbeit. In den beiden Teams wurde zielstrebig an der erfolgreichen Abwicklung der einzelnen Lernaufgaben gearbeitet. Die Auswirkung der Lernaufgaben auf die Selbstständigkeit der Schüler hängt jedoch stark vom individuellen Leistungsvermögen der Lernenden ab. Insgesamt gesehen konnte sowohl aus Sicht der Schüler, als auch aus Sicht des Projektleiters, eine wesentliche Steigerung der Personalkompetenz erzielt werden. Um in Zukunft die Personalkompetenz noch mehr zu verbessern, wird die dritte Lernaufgabe je nach Vorwissen und Leistungsfähigkeit der Schüler/innen speziell bei der Parametrierung vereinfacht, um die Schüler/innen nicht unnötig zu verunsichern und eine Verbesserung der Defizite zu ermöglichen. Zudem wird an der Verständlichkeit der dritten Lernaufgabe gearbeitet werden.

Die Auswertung von den Frage- und Beobachtungsbögen und der abschließenden Gruppendiskussion ergab zudem, dass auch die Sozialkompetenz der einzelnen Schüler positiv beeinflusst wurde. Durch die Abwechslung von Einzelarbeit und Gruppenarbeit konnte das Verhalten der einzelnen Teammitglieder sehr gut beobachtet werden. Den Leistungsschwächeren wurde Hilfe angeboten und auch gegeben, es herrschte ein respektvoller Umgang untereinander und auch

das Verhältnis mit dem Lernbegleiter konnte von beiden Seiten mehr als positiv beurteilt werden. Somit herrschte ein sehr angenehmes Arbeitsklima und es kam nur zu unwesentlichen Differenzen zwischen einzelnen Schülern.

Durch die für die Schüler neue Thematik der Photovoltaik und das Recherchieren, Ausarbeiten, Vergleichen und somit Erwerben von „neuem“ Fachwissen konnte mit der Fachkompetenz ein weiterer wesentlicher Bereich der beruflichen Handlungskompetenz erweitert werden. Das Fachwissen konnte durch verschiedene Quellen wie Schulbücher, Internet, aber auch durch Befragung und Diskussion mit Mitschülern und des Lernbegleiters erweitert werden. Die Verbindung zwischen den Lernaufgaben und der Praxis wurde von den Schülern klar erkannt. Ein Vergleich mit der herkömmlichen Methode des Frontalunterrichts zeigt, dass durch die Unterrichtsmethode von „problem-based-learning“ die Fachkompetenz stärker gefördert werden kann.

Diese einzelnen Fachthemen wurden speziell durch die ersten beiden Lernaufgaben im Zusammenhang gesehen. Bei Lernaufgabe 3 war dies weniger der Fall, jedoch ebenfalls mit positiver Tendenz. Die Anwendbarkeit des erlernten Fachwissens hängt stark von der fachlichen Leistungsfähigkeit der Schüler ab. So können laut Auswertung wahrscheinlich nicht von jedem Schüler die erworbenen Lerninhalte in einer ähnlichen Lernaufgabe oder in der Praxis technisch korrekt und eigenständig gelöst werden. Laut Beobachtungen können aber auch diese Schüler durch Recherchetätigkeiten und erworbenem Wissen ihre Erfahrungen im Team einbringen und einen positiven Einfluss auf das Endergebnis sorgen, speziell wenn die Problemanalyse durch andere Teammitglieder erfolgt. Zusammenfassend kann man sagen, dass die Methodenkompetenz, also die Anwendung von Fachwissen in eine berufliche Handlungssituation, nicht bei allen Schülern gesteigert werden konnte.

Durch das Zusammenspiel von Fach-, Methoden-, Sozial- und Personalkompetenz konnte mit diesen problemorientierten Lernaufgaben das Ziel, die berufliche Handlungsfähigkeit sowie die Problemlösekompetenz zu steigern, erreicht werden.

Die Lernaufgaben anhand der Lernmethode „problem-based-learning“ stellen somit eine sinnvolle Alternative zum herkömmlichen Laborunterricht dar, jedoch muss speziell die dritte Lernaufgabe an die Leistungsfähigkeit und an das Vorwissen der Schüler noch genauer angepasst werden. Das Ziel, anhand dieses Projekts die Schüler zu befähigen, handlungsorientierte Aufgaben technisch korrekt und zielgerichtet lösen und analysieren zu können, wurde mit kleinen Einschränkungen ebenfalls erfüllt. Die Sensibilisierung der Schüler auf die Wichtigkeit sowie die Vorteile von erneuerbaren Energieformen wurde zwar nicht empirisch untersucht, jedoch konnte eine Auseinandersetzung mit dieser Technologie und deren Vorteilen erreicht werden.

### **5.1.2 Evaluierungen der Ziele auf Lehrer/innenebene**

Das Ziel auf Lehrer/innenebene war die Erweiterung der didaktisch-methodischen Fertigkeiten der Lehrperson in Bezug auf handlungsorientierten Unterricht, im Speziellen jene von „problem-based-learning“. Durch die anfangs ungewohnte Situation, als Lernbegleiter nicht aktiv den Schülern Wissen zu vermitteln, sondern durch entsprechende Rahmenbedingungen ein selbstständiges Lernen zu ermöglichen, ergaben sich Schwierigkeiten für die Lehrperson, in diese Rolle hineinzufinden. Nach und nach wich jedoch diese Unsicherheit einer Freude, auf diese Art unterrichten zu dürfen. Die Schüler selbstständig arbeiten und lernen zu lassen, und gleichzeitig doch da zu sein für eventuelle Rückfragen, Lösungsvorschläge und der gleichen ermöglichte es, die Schüler viel genauer beobachten und ein Bild von deren Leistungsfähigkeit machen zu können. Der Aufwand verschiebt sich bei der Unterrichtsmethode mehr auf die exakte Vorbereitung der eigentlichen Projektphase, was anfangs von der Lehrperson leicht unterschätzt wurde. Ein exaktes Erforschen des Vorwissens der Schüler und eine optimale Anpassung der Lernaufgaben an diese Schüler stellen die größten Herausforderungen dar. Der Spaß am Unterrichten stieg für

die durchführende Lehrperson sehr stark, da diese „gezwungene Hierarchie“ einem Miteinander im Unterricht wich. Dieses Miteinander wurde von den Schülern sehr stark gewürdigt und es wurde in Frage gestellt, warum solche Unterrichtspraktiken nicht öfter an der Schule zum Einsatz kommen. Ein am Ende des Lehrgangs von den mitarbeitenden Schülern am Projekt durchgeführte Lehrerevaluation (QIBB) zeigte dem Projektleiter, dass der Weg hin zu mehr problembasierten Lernaufgaben und „problem-based-learning“ ein richtiger und wichtiger Schritt ist. Das Ziel der Steigerung von didaktisch-methodischen Fähigkeiten in Bezug auf handlungsorientierten Unterricht und „problem-based-learning“ konnte eindeutig erreicht werden.

## 6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Ein mit vielen Höhen, aber auch Tiefen gespicktes Projekt konnte nun endlich positiv abgeschlossen werden. Die Neugier auf neue Unterrichtsmethoden und mein Hang zur Sonnenenergie veranlassten mich vor gut einem Jahr, im Zuge meines Bachelorstudiums für das Lehramt an Berufsschulen dieses Projekt zu starten. Die Unsicherheiten am Anfang des Projekts wichen bald der Vorfreude auf die mich erwartenden Aufgaben. Meine didaktisch-methodischen Fähigkeiten zu erweitern, und das noch auf meinem fachlichen Spezialgebiet, war das anerkannte Ziel. Doch es stellte sich bald heraus, dass das Ganze mir mehr abverlangen sollte als erwartet. Terminliche Schwierigkeiten beim Bau der Anlage und das Ergattern der richtigen Laborräumlichkeiten waren jene Punkte, die mir am meisten Kopfzerbrechen bereiteten. Doch sobald diese Steine auf dem Weg zu einer positiven Abhandlung des Projekts weggeräumt werden konnten, war es schön zu sehen, mit welchem Engagement und Eifer, aber auch mit welcher Eigenständigkeit meine Schüler bei dem Projekt bei der Sache waren. Sie unterstützten und motivierten sich gegenseitig und meine Erwartungen an sie wurden deutlich übertroffen. Das positive Feedback von Seiten der Schüler war Lohn genug für die Strapazen, die man während eines solchen Projekts auf sich nehmen muss. Die Tatsache, dass wir durch dieses Projekt nun eine für den Unterricht nutzbare Photovoltaikanlage und passende Lernaufgaben dazu erstellen konnten, stimmt mich positiv für die Ausbildung unserer Schüler/innen an der Tiroler Fachberufsschule für Elektrotechnik, Kommunikation und Elektronik.

Für die Zukunft gilt es nun, diese Anlage sowie die problembasierten Lernaufgaben stetig zu erweitern und zu aktualisieren, um auch in Zukunft eine ansprechende Ausbildung an unserer Schule sicherzustellen. Bei der Erstellung der Aufgabenstellungen werde ich verstärkt auf eine leistungsgerechte Anpassung der Lernaufgaben achten, um die Schüler/innen damit nicht zu stark zu überfordern. Mein persönlicher Anspruch ist es, meine didaktisch-methodischen Fertigkeiten für eine erfolgreiche Zukunft als Berufsschullehrer zu verbessern und zu erweitern.

## 7 ANHANG

### 7.1 Projektmappe



# Projektmappe

## Einbindung einer bestehenden Photovoltaikanlage in den Laborunterricht

**Projektleiter:** Ing. Michael Tanzer

**Schule:** TFBS für Elektrotechnik, Kommunikation und Elektronik

**Klasse:** 4. Klasse Elektro- und Gebäudetechnik - Laborgruppe

## Inhalt

1	Das Projekt.....	29
2	„problem-based learning“ – Was ist das? .....	29
3	Projektziele.....	30
4	Zeitplan .....	30
5	Projektablauf .....	30
6	Aufgabenstellungen.....	31
7	Einverständniserklärung.....	31
8	Beurteilung .....	33
9	Literaturverzeichnis .....	34

# 1 Das Projekt

An der Tiroler Fachberufsschule für Elektrotechnik, Kommunikation und Elektronik (TFBS EKE) gibt es seit kurzer Zeit die Ergänzung der Ausbildung bei den angehenden Elektrotechniker/innen mit dem Hauptmodul Elektro- und Gebäudetechnik durch das Spezialmodul Erneuerbare Energien. Aus diesem Grund ist es notwendig, für diese Ausbildung und erweitert für das Hauptmodul Elektro- und Gebäudetechnik, dementsprechende Laborübungen und Gerätschaften bereit zu stellen.

Mein Plan ist es, im Zuge eines IMST-Projektes für diese angebotene Ausbildung durch dieses Vorhaben einen möglichst praxisnahen Labor-Unterricht zu entwickeln und diesen mit euch Schülerinnen und Schülern der TFBS EKE zu testen und dementsprechend zu evaluieren (beurteilen) und zu verbessern. Dafür wird die bestehende Photovoltaikanlage an der Fassade unseres Schulgebäudes in unseren Labor-Unterricht eingebunden. Die Aufgabenstellungen werden nach der Methodik von „problem-based learning“ erstellt.

## 2 „problem-based-learning“ – Was ist das?

„Problem-based-learning“ ist eine handlungsorientierte Ausbildungsmethode, bei der die Lehrperson Herausforderungen (Problemstellungen) formuliert und diese durch die Schüler/innen anhand deren vorhandenen Ressourcen (Wissen) unter Aneignung von neuen Kenntnissen aus Büchern, Internet,... gelöst werden. Das Abhandeln der Problemstellung erfolgt von einer Schüler/innengruppe überwiegend selbständig, die Lehrperson übernimmt die Rolle eines lernbegleitenden Coaches.

### 3 Projektziele

Mein persönliches Ziel für dieses Projekt ist es, meine unterrichtsbezogenen Fähigkeiten um „problem-based learning“ zu erweitern und die Lernaufgaben im fachpraktischen Laborunterricht für erneuerbare Energien zu vertiefen und zu erweitern.

Die Schüler/innen sollen auf die Wichtigkeit und die Vorteile von erneuerbaren Energieformen sensibilisiert werden und durch ihre Tätigkeiten einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz leisten. Hinzukommend soll durch die Methodik des problembasierten Lernens speziell die Problemlöse-Kompetenz sowie Fachkompetenz bzw. berufliche Handlungskompetenz mit diesem Projekt gefördert werden: Die Schüler/innen sollen befähigt werden, Problemstellungen anhand handlungsorientierten Aufgaben technisch korrekt und zielgerichtet zu lösen und zu analysieren.

### 4 Zeitplan

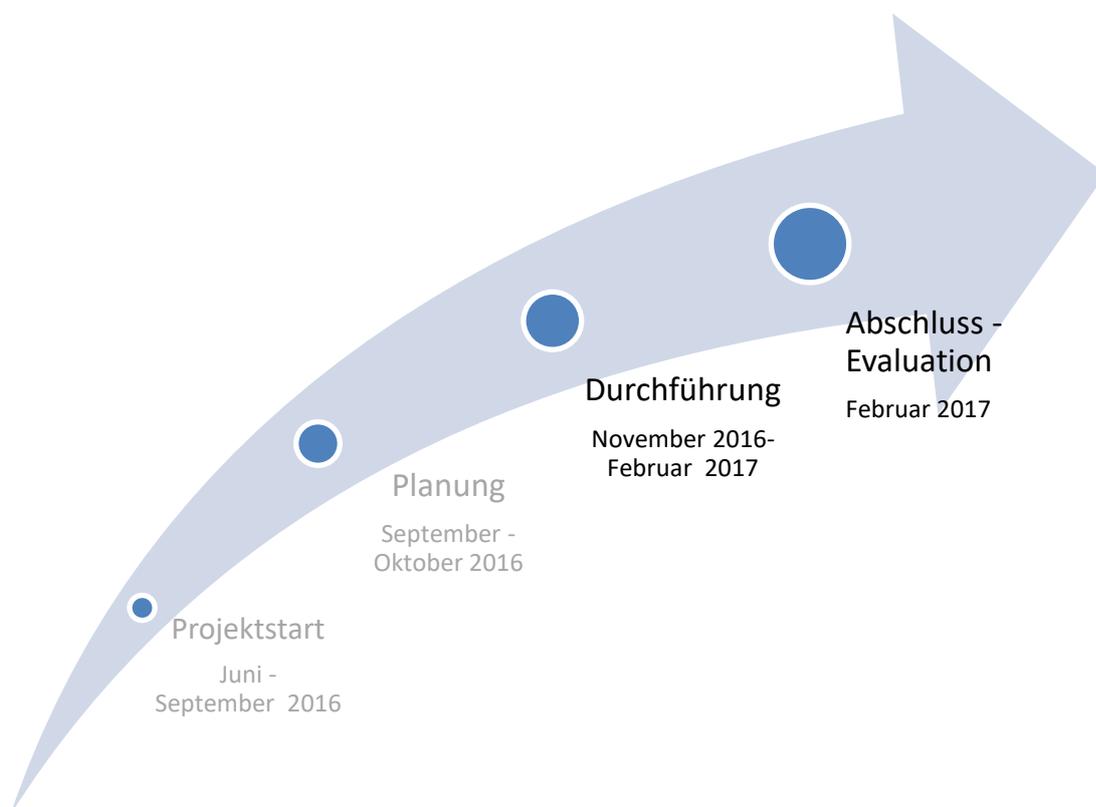


Abbildung 1: Zeitplan (eigene Darstellung)

### 5 Projektablauf

Grundsätzlich wird das Projekt in drei Phasen gegliedert.

Die Inputphase am Beginn des Lehrgangs umfasst die Erklärung des Projektes und der Lernaufgaben, sowie den Input über den grundsätzlichen Aufbau und Bauteile von Photovoltaikanlagen mit deren Funktion. Nach dieser Inputphase erfolgt die aufwändigste Phase dieses Projekts, die Ausarbeitungsphase der einzelnen Lernaufgaben im Laborunterricht. Nach der Ausarbeitungsphase wird abschließend eine Bewertung der Aufgabenstellungen bzw. des Lernfortschrittes der Schüler/innen durchgeführt (Evaluation). Diese Evaluation erfolgt durch Ausfüllen von Fragebögen durch die Schüler/innen bzw. durch laufende Beobachtungen durch die Lehrperson während der Ausarbeitungsphase. Die Ergebnisse der Fragebögen werden gesammelt und zur Verbesserung der Lernaufgaben herangezogen.

## **6 Aufgabenstellungen**

Dieses Projekt umfasst mehrere Aufgabenstellungen, anhand welcher die Photovoltaikanlage an der Fassade der TFBS EKE genutzt werden kann.

Folgende Nutzungen sind dafür vorgesehen:

- Nutzung als netzgekoppelte Anlage
- Nutzung als netzautarke Anlage mit Speicherlösung (E-Speicher)
- Koppelung einer netzgekoppelten PV-Anlage mit einem Energiespeicher

Die Problemstellungen werden separat ausgeteilt und sind dieser Projektmappe anzufügen.

## **7 Einverständniserklärung**

Um dieses Projekt entsprechend zu dokumentieren, entstehen während der Projektphasen laufend Fotos, Videos, Bilder, Aufnahmen und Ähnliches, auf welchen die Schüler/innen und deren Tätigkeiten abgebildet sein werden.

Um dem Datenschutz bzw. Persönlichkeits- und Urheberrecht Rechnung zu tragen, wird von allen Schüler/innen eine Einverständniserklärung benötigt. Im Falle der Minderjährigkeit benötige ich die Zustimmung einer erziehungsberechtigten Person. Die so entstehenden Bilder, Fotos, usw. werden bei diversen Präsentationen, Publikationen und in der Bachelorarbeit von Michael Tanzer veröffentlicht werden.

Ich bitte darum, die nachstehende Einverständniserklärung zu unterschreiben (gegebenenfalls durch eine erziehungsberechtigte Person) und an den Projektleiter Michael Tanzer abzugeben.

<h2>Einverständniserklärung</h2>	
<p>Mit meiner Unterschrift erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich bzw. meine Tochter / mein Sohn und meine / deren Ausarbeitungen im Zuge dieses Projekts in schulischen Medien, auf Internetseiten und in der Bachelorarbeit von Michael Tanzer abgebildet werden dürfen.</p>	
Familiename der Schülerin / des Schülers:	
Vorname der Schülerin / des Schülers:	
Klasse:	
Datum:	
Eigene Unterschrift oder Unterschrift der/des Erziehungsberechtigten:	

## 8 Beurteilung

Für die Beurteilung der Lernaufgaben werden die nachfolgenden Beurteilungsschlüssel und Beurteilungsstufen angewandt, welche die Erfassung und Anwendung des Lehrstoffes, die Durchführung der Aufgaben, die Eigenständigkeit sowie das selbständige Anwenden des Wissens und Könnens auf neuartige Aufgabenstellungen bewerten.

### Beurteilungsschlüssel:

Prozent	Note
0 – 49 %	Nicht genügend
50 – 64 %	Genügend
65 – 79 %	Befriedigend
80 – 89 %	Gut
90 -100 %	Sehr gut

### Beurteilungsstufen:

Note	Erfassung und Anwendung des Lehrstoffes; Durchführung der Aufgaben.	Eigenständigkeit	Selbständige Anwendung des Wissens und Könnens auf neuartige Aufgaben.
Sehr gut	Anforderungen werden in <b>weit über</b> das Wesentliche hinausgehendem Ausmaß erfüllt.	Muss <b>deutlich</b> vorliegen.	Muss vorliegen.
Gut	Anforderungen werden in <b>über</b> das Wesentliche hinausgehendem Ausmaß erfüllt.	<b>Merkliche</b> Ansätze.	Bei entsprechender Anleitung.

<b>Befriedigend</b>	Anforderungen werden in den <b>wesentlichen</b> Bereichen zur <b>Gänze</b> erfüllt.	Mängel in der Durchführung der Aufgaben werden durch merklliche Ansätze ausgeglichen.	
<b>Genügend</b>	Anforderungen werden in den <b>wesentlichen</b> Bereichen <b>überwiegend</b> erfüllt.		
<b>Nicht genügend</b>	Anforderungen werden <b>nicht</b> einmal in den <b>wesentlichen</b> Bereichen überwiegend erfüllt.		

(Neuweg, 2009, S. 83)

## 9 Literaturverzeichnis

Neuweg, G. H. (2009). *Schulische Leistungsbeurteilung*. Linz: Trauner Verlag und Buchservice GmbH.

## 7.2 Aufgabenstellung 1

### „Problem-based-learning“

#### Aufgabenstellung 1: Netzgekoppelte Photovoltaikanlage



Der Kunde Ferdinand Haselwanter aus Ellbögen hat bei der Firma Elektropfusch GmbH eine netzgekoppelte Photovoltaikanlage bestellt. Nach der Lieferung und Bezahlung der Komponenten ging die Firma jedoch in Konkurs und die Anlage konnte nicht mehr fertiggestellt werden. Der Chef deiner Firma hat den Auftrag zur Fertigstellung erhalten und gibt eurem Team nun den Auftrag, die Anlage zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

Die gelieferten Unterlagen beinhalten die Datenblätter der einzelnen Komponenten, jedoch keinen Stromlaufplan.

#### Arbeitsschritte:

1. Informiert euch vorerst in Einzelarbeit über die Definition einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage und diskutiert anschließend über eure Erkenntnisse in der Gruppe. Verwendet dabei eure Fachbücher und das Internet.
2. Verschafft euch in der Gruppe einen ersten Überblick über die gelieferten Komponenten. Die Datenblätter und Anleitungen befinden sich im Projektordner.
  - a. Photovoltaikmodule: CNPV-300M (16 Stück)
  - b. DC-Hauptschalter: ABB OTDC32F4
  - c. Überspannungsableiter: Phoenix Contact Typ 2 - VAL-MS 1000DC-PV/2+V
  - d. Wechselrichter: FRONIUS SYMO 5.0-3-M mit WLAN/LAN Webserver
  - e. Energiezähler: FRONIUS SMART-METER 63A

3. Beginnt mit der Arbeitsplanung für alle notwendigen Arbeitsschritte. Teilt euch selbstständig auf einzelne Arbeitsbereiche auf. Eignet euch zu euren Arbeitsbereichen Expertenwissen an und präsentiert eure Erkenntnisse den anderen Teammitgliedern.
4. Erstellt gemeinsam einen Stromlaufplan für die geplante Photovoltaikanlage.
5. Präsentiert euren Stromlaufplan eurem Lernbegleiter.
6. Verdrahtet die einzelnen Komponenten zu einer funktionsfähigen PV-Anlage.
7. Nehmt die Anlage in Betrieb.
8. Führt eine Strom- und Spannungsmessung des PV-Generators in Betrieb durch.
9. Erstellt einen Laborbericht mit folgenden Inhalten:
  - a. Übersicht der netzgekoppelten Photovoltaikanlage
  - b. Funktionsbeschreibung der einzelnen Komponenten
  - c. Stromlaufplan der Photovoltaikanlage
  - d. Beschreibung der Inbetriebnahme
  - e. Messwerttabelle
10. Bereitet euch auf ein abschließendes Fachgespräch mit eurem Lernbegleiter vor.
11. Nun habt ihr alle Arbeiten abgeschlossen. Füllt bitte in Einzelarbeit den Fragebogen zu dieser Lernaufgabe gewissenhaft und ehrlich aus. Berücksichtigt bei der Ausarbeitung die sieben Schritte laut der Siebensprungmethode.

## 7.3 Aufgabenstellung 2

### „Problem-based-learning“

#### Aufgabenstellung 2: Netzautarke Photovoltaikanlage



Die Gemeindegutsagrargemeinschaft Oberberg möchte für eine Schutzhütte in netzfernem Gebiet eine netzautarke Photovoltaikanlage errichten lassen. Dein Chef hat bereits Laderegler, Wechselrichter und Akkumulator bestellt. Er beauftragt dich nun mit der weiteren Planung, der Installation sowie Inbetriebnahme der Inselanlage. Der PV-Generator soll auf den Bemessungsdaten des Ladereglers abgestimmt werden. Hierzu stehen dir die Komponenten und deren Datenblätter bzw. Betriebsanleitungen zur Verfügung.

#### Arbeitsschritte:

1. Informiert euch vorerst in Einzelarbeit über den Begriff einer netzautarken Photovoltaikanlage und diskutiert anschließend eure Erkenntnisse. Verwendet dazu eure Fachbücher und das Internet.
2. Verschafft euch in der Gruppe einen ersten Überblick über die gelieferten Komponenten. Die Datenblätter und Anleitungen befinden sich im Projektordner.
  - a. Photovoltaikmodule: CNPV-300M (8 Stück)
  - b. DC-Hauptschalter: ABB OTDC32F4 (2 Stück)
  - c. Laderegler: VICTRON ENERGY BlueSolar Lade-Regler MPPT 150/70
  - d. Wechselrichter: VICTRON ENERGY MultiPlus C 24/2000/50
  - e. Akkumulator: GARABAT Speicher 4.2 – 24V
3. Beginnt mit der Arbeitsplanung für alle notwendigen Arbeitsschritten. Teilt euch selbstständig auf einzelne Arbeitsbereiche auf. Eignet euch zu euren Arbeitsbereichen Expertenwissen an und präsentiert eure Erkenntnisse den anderen Teammitgliedern.
4. Erstellt gemeinsam einen Stromlaufplan der geplanten Photovoltaikanlage.
5. Präsentiert euren Stromlaufplan eurem Lernbegleiter.

6. Verdrahtet die einzelnen Komponenten zu einer funktionsfähigen PV-Anlage.
7. Führt die Parametrierung von Laderegler und Wechselrichter durch.
8. Nehmt die Anlage in Betrieb.
9. Führt eine Strom- und Spannungsmessung des PV-Generators im Ladebetrieb durch.
10. Führt eine Strom- und Spannungsmessung an der Eingangsseite des Wechselrichters bei einer Belastung von ca. 2kW durch.
11. Erstellt einen Laborbericht mit folgenden Inhalten:
  - a. Übersicht der netzautarken Photovoltaikanlage
  - b. Funktionsbeschreibung der einzelnen Komponenten
  - c. Stromlaufplan der Photovoltaikanlage
  - d. Beschreibung der Inbetriebnahme
  - e. Messwerttabelle
12. Bereitet euch auf ein abschließendes Fachgespräch mit eurem Lernbegleiter vor.
13. Nun habt ihr alle Arbeiten abgeschlossen. Füllt bitte in Einzelarbeit den Fragebogen zu dieser Lernaufgabe gewissenhaft und ehrlich aus.  
Berücksichtigt bei der Ausarbeitung die sieben Schritte laut Siebensprungmethode.

## 7.4 Aufgabenstellung 3

### „Problem-based-learning“

#### Aufgabenstellung 3: Koppelung einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit einem Energiespeicher



Familie Obersteiner aus Virgen möchte aufgrund der sonnigen Lage ihres Einfamilienhauses eine Photovoltaikanlage installieren. Da der aktuelle Stromanbieter von Familie Obersteiner zwar günstigen Strom liefert, für die eingespeiste Energie jedoch nur 4 Cent /kWh erstattet, entschloss sich die Familie, den Eigenverbrauch durch einen Energiespeicher zu erhöhen, um die am Tag selbst produzierte Energie auch in der Nacht nutzen zu können.

Deine Firma vertreibt neben Photovoltaikanlagen auch den neuen Akkumulator „E-Speicher“ und so erhält deine Firma den Zuschlag zum Bau von Photovoltaikanlage und Energiespeicher. Aufgrund der begrenzten Dachfläche beträgt die Leistung der Photovoltaikanlage maximal 4800Wp. Der Energiespeicher soll über die Lade/Entladeeinheit eine Bemessungsleistung von 2000W aufweisen. Da du bereits mit vielen Komponenten für Photovoltaikanlagen gearbeitet hast, beauftragt dich die Geschäftsleitung, die Anlage mit den zur Verfügung stehenden Komponenten zu planen, zu installieren und in Betrieb zu nehmen. Hierzu stehen dir die Komponenten und deren Datenblätter bzw. Betriebsanleitungen zur Verfügung.

#### Arbeitsschritte:

1. Informiert euch vorerst in Einzelarbeit über den Begriff einer netzgekoppelten Photovoltaikanlage und wie diese mit dem Energiespeicher verbunden werden kann. Diskutiert anschließend eure Erkenntnisse. Verwendet dafür eure Fachbücher und das Internet.
2. Verschafft euch in der Gruppe einen ersten Überblick über die gelieferten Komponenten. Die Datenblätter und Anleitungen befinden sich im Projektordner.

- a. Photovoltaikmodule: CNPV-300M (16 Stück)
  - b. DC-Hauptschalter: ABB OTDC32F4 (2 Stück)
  - c. Überspannungsableiter: Phoenix Contact Typ 2 - VAL-MS 1000DC-PV/2+V (2 Stück)
  - d. Wechselrichter: FRONIUS SYMO 5.0-3-M mit WLAN/LAN Webserver
  - e. Lade/Entladeeinheit: VICTRON ENERGY MultiPlus C 24/2000/50
  - f. Akkumulator: GARABAT Speicher 4.2 – 24V
  - g. Energiezähler: FRONIUS SMART-METER 63A
3. Beginnt mit der Arbeitsplanung für alle notwendigen Arbeitsschritten. Teilt euch selbstständig auf einzelne Arbeitsbereiche auf. Eignet euch zu euren Arbeitsbereichen Expertenwissen an und präsentiert eure Erkenntnisse den anderen Teammitgliedern.
  4. Erstellt gemeinsam einen Stromlaufplan der geplanten Photovoltaikanlage.
  5. Präsentiert euren Stromlaufplan eurem Lernbegleiter.
  6. Verdrahtet die einzelnen Komponenten zu einer funktionsfähigen PV-Anlage.
  7. Führt die Parametrierung von Lade-/Entladeeinheit und Wechselrichter durch.
  8. Nehmt die Anlage in Betrieb.
  9. Führt eine Strom- und Spannungsmessung des PV-Generators im Einspeisebetrieb durch.
  10. Belastet die Anlage mit mindestens 2000W und führt eine Leistungsmessung am Einspeisepunkt und an der Lade-/Entladeeinheit durch.
  11. Erstellt einen Laborbericht mit folgenden Inhalten:
    - a. Übersicht der netzgekoppelten Photovoltaikanlage mit Energiespeicher
    - b. Funktionsbeschreibung der einzelnen Komponenten
    - c. Stromlaufplan der Photovoltaikanlage
    - d. Beschreibung der Inbetriebnahme
    - e. Messwerttabelle
  12. Bereitet euch auf ein abschließendes Fachgespräch mit eurem Lernbegleiter vor.
  13. Nun habt ihr alle Arbeiten abgeschlossen. Füllt bitte in Einzelarbeit den Fragebogen zu dieser Lernaufgabe gewissenhaft und ehrlich aus.  
Berücksichtigt bei der Ausarbeitung die sieben Schritte laut Siebensprungmethode.

## 7.5 Fragebogen

### Fragebogen nach der ersten Lernaufgabe

Liebe Schülerinnen und Schüler!

Bitte füllt den Fragebogen ehrlich und gewissenhaft aus. Die Daten werden ausschließlich für die Erhebungen im Zuge dieses Projekts verwendet und haben keinen Einfluss auf die Beurteilung!

	Beantworte die Fragestellungen mit X	trifft völlig zu	trifft eher zu	trifft eher nicht zu	trifft gar nicht zu
1	Die Problemstellung ist für mich verständlich formuliert.				
2	Die Problemstellung eignet sich für den Laborunterricht.				
3	Die Problemstellung stellt eine gute Verbindung zur Praxis her.				
4	Ich konnte durch die Arbeit in der Gruppe vom Wissen meiner Teammitglieder profitieren.				
5	Eine ähnlich komplexe Problemstellung in meinem Beruf könnte ich nun besser lösen.				
6	Ich verstehe den Zusammenhang von einzelnen Fachthemen besser.				
7	Ich konnte durch diese Problemstellung meine Defizite besser erkennen und diese verbessern.				
8	Diese Problemstellung fördert meine Fachkompetenz bzw. mein Fachwissen mehr als Frontalunterricht.				
9	Ich kann Problemstellungen technisch korrekt lösen.				
10	Ich kann Problemstellungen eigenständig lösen.				
11	Ich kann Problemstellungen nun besser analysieren.				

12

Welche konkreten Verbesserungsvorschläge zu der Problemstellung hast du?  
Die Vorschläge werden am Ende des Projekts in der Gruppe diskutiert!

Vorschläge:

## 7.6 Auszug aus Beobachtungsbogen

### Lehrertagebuch: "Problem-based-learning" im Laborunterricht: Aufgabenstellung 1

Datum:	Name des Schülers:	Bemerkung / Beobachtung:
30.11.	Schüler 1	Wurde als Teamleiter von Team 2 von der Lehrperson bestimmt. Studiert die Aufgabenstellung und bespricht die Teamaufteilung mit dem Team. Recherchiert hauptsächlich den Überspannungsableiter und koordiniert die Teammitglieder und deren Aufgaben. Ist überall behilflich, freundlich und bestimmt in der Teamführung. Ruhig und strukturiert bei der Arbeit. Die für das Projekt nicht notwendigen Informationen wurden entfernt und in der Zusammenfassung der Ergebnisse nicht berücksichtigt.
	Schüler 2	Team 1 Mitglied, zuständig für den Energiezähler, mit Internetrecherche die Funktion eruiert, anschließend Nenndaten des Zählers und dessen Anschluss, arbeitet weitgehend selbständig, abschließend im Team seine Ergebnisse präsentiert. Vereinzelte Abklärungen mit Teamleiter. Ihm macht die Arbeit sichtlich Freude.
	Schüler 3	Team 1 Mitglied, wurde vom Teamleiter mit der Recherche der PV-Module beauftragt. Öfteren Nachfragen bei der Lehrperson und beim Teamleiter (unkonkrete Aufgabenverteilung). Vor allem die Internetrecherche fiel ihm schwer. Fragte dazu die Teammitglieder um deren Hilfe. Sah seine Lage am Anfang ziemlich aussichtslos,

		wurde mit der Zeit und Arbeitsfortschritt viel besser. Dadurch stieg auch die Motivation.
Schüler 4		Team 2 Mitglied: Übernahm die Recherche des Wechselrichters, öfters Nachfragen über Literaturquellen, Zusammenfassung von Wechselrichteranschluss und Energiezähler. Absprache im Team speziell mit Handle, Stromlaufplanerstellung nach Präsentation in der Runde.
Schüler 5		Team 2 Mitglied, wurde vom Teamleiter für die Recherche des DC-Hauptschalters beauftragt. Mittels Internetrecherche Datenblatt gesucht, tat sich mit der Recherche sichtlich schwer, holte sich zusätzlich Informationen (Vor- und Nachteile) des Schalters ein – immer in Absprache mit Fischer. Anschließend Recherche von monokristallinen Solarmodulen, diese Suche verlief einfacher als die des DC-Schalters. Vor- und Nachteile von monokristallinen Solarmodulen. Oft abgelenkt durch Smartphone.
Schüler 6		Team 2 Mitglied: Wurde vom Teamleiter für die Recherche des Energiezählers beauftragt, enge Absprache mit Schüler 7. Im Team diskussionsfreudig und verteilt sein erworbenes Wissen auch gerne in der Gruppe. Gemeinsame Erstellung des Stromlaufplanes der Anlage mit Schüler 7, DC-Hauptschalter nicht berücksichtigt. Bei der Präsentation der Ergebnisse an den Lernbegleiter gab dieser den Hinweis zur Notwendigkeit des DC-Schalters.

## 7.7 Fotos von den Projektarbeiten

