

**Berufsbildende Schulen II Göttingen - Kompetenzzentrum für Technik und Gestaltung**  
StD Dr. Eric Manshusen, Mob. 0163-8637485, Email: [e.manshusen@bbs2goe.de](mailto:e.manshusen@bbs2goe.de)

## **Abschlussbericht**

Projekt:

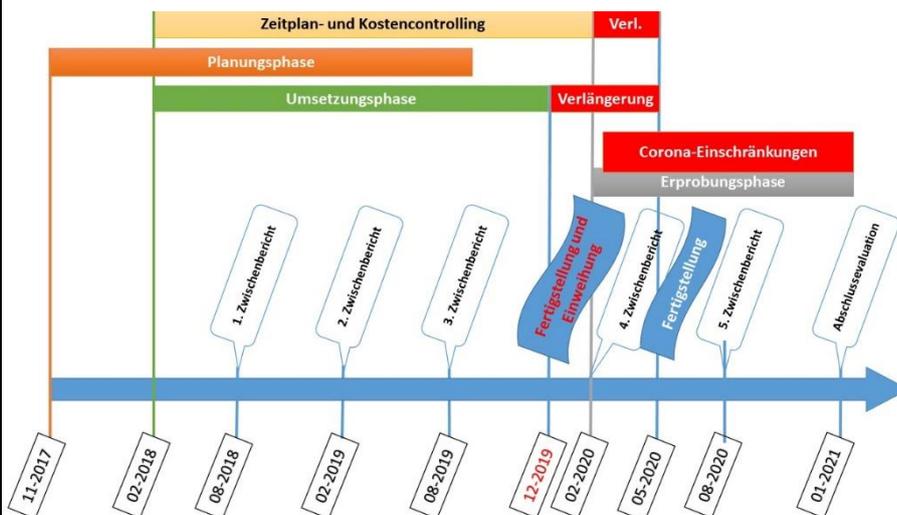
**„Klima- und Ressourcenschonendes Bauen:  
Erstellung und Einsatz eines Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovati-  
onshauses (ESIH) für Bildungszwecke im Berufsbildenden  
Bereich“**

**AZ 34391/01**

## 1 Projektkennblatt

06/02		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>				
Az	<b>34391/01</b>	Referat	Fördersumme <b>38.600,07 €</b>			
<b>Antragstitel</b>		„Klima- und Ressourcenschonendes Bauen: Erstellung und Einsatz eines Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshauses (ESIH) für Bildungszwecke im Berufsbildenden Bereich“				
<b>Stichworte</b>		<b>Energieeffizienz, Klimaschutz, Ressourcenschonung, Berufsbildung, Handwerk</b>				
Laufzeit		Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
<b>35 Monate</b>		<b>08.02.2018</b>	<b>08.01.2021</b>	<b>3</b>		
Zwischenberichte		fünf				
<b>Bewilligungsempfänger</b>	BBS II Göttingen		Tel	0163-8637485		
	Berufsbildende Schule II des Landkreises Göttingen		Fax	0551-4961-774		
	für Technik & Gestaltung		Projektleitung			
	Godehardstraße 11		Dr. Eric Manshusen			
	37081 Göttingen		Bearbeiter			
OStD Bernd Wübbenhorst						
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>						
<p>Durch die Verwirklichung des Projekthauses ESIH und die darauf abgestimmte Gestaltung des Versorgungstechnik-Labors sollen innovative Unterrichts- und Weiterbildungsprojekte u.a. in den Bereichen ressourcenschonende Wärmeerzeugung (Wärmepumpe, BHKW, Heizen mit CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoffen), Kontrollierte Wohnraumlüftung und Gebäudeautomation entstehen. Im Sinne von „Smart Home“ wird die Haustechnik des Gebäudes durch modernste Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt. Als weiterer Schwerpunkt werden die für Energieeffizienz- bzw. Passivhäuser relevanten Wandaufbauten und deren Gestaltungsmöglichkeiten in der Form dargestellt, dass sie als Unterrichts- und Anschauungsobjekte dienen.</p> <p>Der Bau des Projekthauses soll als Berufs- und schulformübergreifendes Projekt realisiert werden, an dem Auszubildende und Schüler/innen der Gewerke/Bereiche Bautechnik, Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Energie- und Gebäudetechnik, Informationstechnik und Farbtechnik beteiligt werden.</p> <p>Nach Fertigstellung des Projekthauses sollen verschiedene Arbeits- und Unterrichtstechniken in einem räumlich/didaktisch zusammenhängenden Rahmen eingesetzt werden. Das Lernen in Kleingruppen an unterschiedlichen Themen und Aufgabenstellungen, mit der Möglichkeit der inneren und äußeren Differenzierung zur individuellen Förderung der Lernenden, ist wesentliches Ziel des Projektes. In der unmittelbaren Umgebung des Projekthauses entstehen hierfür Lerninseln und Trainingswände, die der Erarbeitung und Vertiefung komplexer Themen dienen.</p> <p>Neben der Schulung von Auszubildenden und Schüler/-innen ist ein Weiterbildungs- und Qualifizierungsangebot vorgesehen, das sich an Fachkräfte von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Lehrkräfte aus den Bereichen SHK-Technik und Elektrotechnik richtet.</p>						

## Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden



Die Umsetzungsphase besteht im Wesentlichen aus dem Bau des Effizienzhauses mit unterschiedlichen Projektbeteiligten. Das sind neben Auszubildenden und Schüler/innen auch Fachfirmen und Lehrkräfte. Die Erprobungsphase beinhaltet den Einsatz des ESIH als Schulungshaus für die Aus- und Weiterbildung von Schülern, Gesellen und Lehrkräften.

Die Evaluation der Zielerreichung erfolgt u.a. anhand von Fragebögen für die genannten Anspruchsgruppen.

## Ergebnisse und Diskussion

Das in 2017 gestartete Projekt „Klima- und Ressourcenschonendes Bauen: Erstellung und Einsatz eines Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshauses (ESIH) für Bildungszwecke im Berufsbildenden Bereich“ wurde erfolgreich durchgeführt.

Mit dem Bau des ESIH innerhalb des Versorgungstechnik-Labors ging die Neugestaltung des Labors mit modernen Trainingswänden und einer förderlichen Lernumgebung, einher. Die Umsetzungsphase des Projektes wurde Mai 2020 abgeschlossen. Durch das Projekt können heute und in Zukunft innovative Unterrichts- und Weiterbildungsprojekte u.a. in den Bereichen ressourcenschonende Wärmeerzeugung (Wärmepumpe, BHKW, Heizen mit CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoffen), kontrollierte Wohnraumlüftung und Gebäudeautomation umgesetzt werden. Im Sinne von „Handwerk 4.0“ ist die Haustechnik des Gebäudes durch modernste Bustechnik verzahnt. Darüber hinaus werden die für Energieeffizienzhäuser relevanten Wandaufbauten und deren Gestaltungsmöglichkeiten in der Form dargestellt, dass sie als Unterrichts- und Anschauungsobjekte dienen können.

Die Gestaltung des ESIH und der Laborumgebung wurde auf ein didaktisches Konzept hin ausgerichtet, in dem das ESIH das technisch innovative Zentrum innerhalb einer schülergerechten Lernumgebung mit Lerninseln, Rechnerarbeitsplätzen und Trainingswänden bildet. Diese Lernumgebung kann dazu beitragen, adressatengerechte Differenzierungsangebote zu ermöglichen und damit

- einer wachsenden Heterogenität der Schülerschaft mit extrem unterschiedlichen Lernvor-aussetzungen,
- der dynamisch fortschreitenden Entwicklung der Technik und
- der Erfordernis von nachhaltigem und schonendem Umgang mit Ressourcen

angemessen zu begegnen.

Zur Umsetzung des Projektes wurden finanzielle Mittel und Sachspenden aus unterschiedlichen Quellen generiert. Neben der finanziellen Unterstützung durch den Schulträger, den Landkreis Göttingen, und der Förderung durch die DBU, wurden umfängliche Sachspenden von Herstellern und Großhändlern akquiriert.

Der Bau des Projekthauses wurde als Berufs- und schulformübergreifendes Projekt realisiert, an dem neben Fachfirmen auch Auszubildende und Schüler/innen der Bereiche Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Farbtechnik, Energie- und Gebäudetechnik und Bautechnik beteiligt waren. Die beteiligten Schüler/innen äußerten sich sehr positiv über ihre Aufgaben, ihre Erfahrungen und ihren Lernerfolg in und mit dem Projekt.

Durch die Komplexität des Projekthauses ESIH und der enthaltenen innovativen Techniken soll es auch für die Weiterbildung eingesetzt werden. Leider konnten in der Erprobungsphase des Projektes aufgrund der durch die Corona-Pandemie bedingten Einschränkungen keine Veranstaltungen mit Externen

durchgeführt werden. Sie wurden auf das Schuljahr 2021/22 verschoben. Vorgesehen sind Fortbildungen für Fachhandwerker und Lehrkräfte zu unterschiedlichen Themen, u.a. aus den Bereichen ressourcenschonende Wärmeerzeugung, Gebäudeautomation und Energiebilanzierung.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Während der Umsetzungsphase wurden drei Artikel in regionalen Tageszeitungen veröffentlicht:

- Innovatives Projekt der BBS II: Projekt in Göttingen: Energieeffizienzhaus und Labor für den Unterricht. In: Hessische/Niedersächsische Allgemeine (HNA) vom 29.03.2018. Online: <https://www.hna.de/lokales/goettingen/goettingen-ort28741/projekt-in-goettingen-energieeffizienzhaus-und-labor-fuer-unterricht-9735010.html>.
- BBS II Göttingen baut Energieeffizienzhaus. In: Göttinger Tageblatt vom 27.03.2018. Online: <https://www.goettinger-tageblatt.de/Die-Region/Goettingen/BBS-II-Goettingen-baut-Energieeffizienzhaus>.
- Berufsbildende Schulen II in Göttingen entwickeln Energieeffizienzhaus. In: Stadtradio Göttingen am 27.03.2018. Online: [https://www.stadtradio-goettingen.de/redaktion/nachrichtenarchiv/2018/maerz\\_2018/berufsbildenden\\_schulen\\_ii\\_in\\_goettingen\\_entwickeln\\_energieeffizienzhaus/](https://www.stadtradio-goettingen.de/redaktion/nachrichtenarchiv/2018/maerz_2018/berufsbildenden_schulen_ii_in_goettingen_entwickeln_energieeffizienzhaus/).

Die Einweihungsfeier des ESIH (und damit einhergehend die Präsentation vor Presse und Stakeholdern) musste Corona bedingt auf den Sommer 2021 verschoben werden. Eine Präsentation des didaktischen Konzeptes vor Fachpublikum war für März 2020 auf der 12. Fachtagung Versorgungstechnik in Hamburg vorgesehen. Sie musste aus dem selben Grund auf September 2021 verlegt werden.

Teile des Projektes sind einsehbar auf <http://www.shk-unterricht.de>. Außerdem wurden zwei Artikel über das ESIH in Fachzeitschriften veröffentlicht:

- Manshusen, Eric (2020): Lernumgebung zur Berufsorientierung. Das Projekt »Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshaus (ESIH)«. In: Schulverwaltung Niedersachsen, 12/2020.
- Manshusen, Eric (2021): Umgang mit Differenzierung/Heterogenität im Unterricht SHK, Didaktisches Konzept und Umsetzung im „Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshaus (ESIH)“ an den BBS II Göttingen. In: Lernen & Lehren, 1/2021.

### **Fazit**

Die hier aufgezeigte Gestaltung des ESIH und seiner Laborumgebung soll als Beispiel dafür dienen, wie wir einen Weg gefunden haben, möglichst viele der von uns benannten Kriterien des aufgeführten didaktischen Rahmens für das Unterrichten in heterogenen Lerngruppen zu verfolgen. Sehr unterstützend wirkt dabei das Raumkonzept des SHK-Labors, wodurch das Arbeiten in Kleingruppen und schnelle Wechsel einzelner Gruppen zwischen Theorie und Praxis ermöglicht werden. Das oberste Ziel dabei ist, die Chancen der Schüler/innen zu erhöhen, einen erfolgreichen Berufs(schul)abschluss zu erreichen und den nachhaltigen und schonenden Umgang mit Ressourcen im Blickfeld zu haben.

## Inhalt

1	Projektkennblatt .....	I
2	Zusammenfassung .....	1
3	Gegenstand und Zielsetzung des Projektes .....	2
4	Beschreibung des Projekthauses und der Laborumgebung .....	2
4.1	Beschreibung des ESIH .....	3
4.2	Beschreibung der Laborumgebung .....	4
5	Evaluation des Projektes .....	5
5.1	Beurteilung der Zielerreichung in der Umsetzungsphase .....	6
5.1.1.	Ergebnisse der Schüler- und Lehrkräfte-Befragung .....	6
5.1.2.	Sachstand und Beurteilung der Umsetzungsphase durch die Projektleitung .....	8
5.1.3.	Kostensituation .....	9
5.2	Beurteilung der Zielerreichung der Erprobungsphase .....	10
6	Exemplarische Umsetzung des didaktischen Konzepts .....	12
7	Multiplikation und Perspektiven .....	15
8	Abbildungsverzeichnis .....	16
	Anhang I: Fragebogen für Schüler/innen und Auszubildende (Umsetzungsphase) .....	A
	Anhang II: Fragebogen für Lehrkräfte (Umsetzungsphase) .....	B
	Anhang III: Impressionen zum ESIH und der Laborumgebung .....	C

## 2 Zusammenfassung und Fazit

Das in 2017 gestartete Projekt „Klima- und Ressourcenschonendes Bauen: Erstellung und Einsatz eines Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshauses (ESIH) für Bildungszwecke im Berufsbildenden Bereich“, gefördert unter dem AZ 34391/01 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), wurde vom Team Versorgungstechnik der BBS II Göttingen erfolgreich durchgeführt.

Mit dem Bau des ESIH ging die Neugestaltung des SHK-Labors mit modernen Trainingswänden und einer förderlichen Lernumgebung einher. Die Umsetzungsphase des Projektes wurde Mai 2020 abgeschlossen. Durch das Projekt können heute und in Zukunft innovative Unterrichts- und Weiterbildungsprojekte u.a. in den Bereichen ressourcenschonende Wärmezeugung (Wärmepumpe, BHKW, Heizen mit CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoffen), Kontrollierte Wohnraumlüftung und Gebäudeautomation umgesetzt werden. Im Sinne von „Handwerk 4.0“ ist die Haustechnik des Gebäudes durch modernste Bustechnik verzahnt. Darüber hinaus werden die für Energieeffizienzhäuser relevanten Wandaufbauten und deren Gestaltungsmöglichkeiten in der Form dargestellt, dass sie als Unterrichts- und Anschauungsobjekte dienen können.

Die Gestaltung des ESIH und der Laborumgebung wurde auf ein didaktisches Konzept hin ausgerichtet, in dem das ESIH das technisch innovative Zentrum innerhalb einer schülergerechten Lernumgebung mit Lerninseln, Rechnerarbeitsplätzen und Trainingswänden bildet. Diese Lernumgebung kann dazu beitragen, adressatengerechte Differenzierungsangebote zu ermöglichen und damit

- einer wachsenden Heterogenität der Schülerschaft mit extrem unterschiedlichen Lernvoraussetzungen,
- der dynamisch fortschreitenden Entwicklung der Technik und
- der Erfordernis von nachhaltigem und schonendem Umgang mit Ressourcen

angemessen zu begegnen.

Zur Umsetzung des Projektes wurden finanzielle Mittel und Sachspenden aus unterschiedlichen Quellen generiert. Neben der finanziellen Unterstützung durch den Schulträger, den Landkreis Göttingen, und der Förderung durch die DBU, wurden umfängliche Sachspenden von Herstellern und Großhändlern akquiriert.

Der Bau des Projekthauses wurde als Berufs- und schulformübergreifendes Projekt realisiert, an dem neben Fachfirmen auch Auszubildende und Schüler/innen der Bereiche Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, Farbtechnik, Energie- und Gebäudetechnik und Bautechnik beteiligt waren. Die beteiligten Schüler/innen äußerten sich sehr positiv über ihre Aufgaben, ihre Erfahrungen und ihren Lernerfolg in und mit dem Projekt.

Durch die Komplexität des Projekthauses ESIH und der enthaltenen innovativen Techniken soll es auch für die Weiterbildung eingesetzt werden. Leider konnten in der Erprobungsphase des Projektes aufgrund der durch die Corona-Pandemie bedingten Einschränkungen keine Veranstaltungen mit Externen durchgeführt werden. Sie wurden auf das Schuljahr 2021/22 verschoben. Vorgesehen sind Fortbildungen für Fachhandwerker und Lehrkräfte zu unterschiedlichen Themen, u.a. aus den Bereichen ressourcenschonende Wärmezeugung, Gebäudeautomation und Energiebilanzierung.

### 3 Gegenstand und Zielsetzung des Projektes

Durch die Verwirklichung des Projekthauses ESIH und die darauf abgestimmte Gestaltung des Versorgungstechnik-Labors sollten innovative Unterrichts- und Weiterbildungsprojekte u.a. in den Bereichen ressourcenschonende Wärmeerzeugung (Wärmepumpe, BHKW, Heizen mit CO<sub>2</sub>-neutralen Brennstoffen), Kontrollierte Wohnraumlüftung und Gebäudeautomation entstehen. Im Sinne von „Smart Home“ sollte die Haustechnik des Gebäudes durch modernste Informations- und Kommunikationstechnik verzahnt werden. Die Vernetzung der Haustechnik führt über den Anlagenmechaniker SHK und die Elektroniker für Energie- und Gebäudetechnik bis hin zu den IT-Berufen, die eine Steuerung des Gebäudes über Bussysteme ermöglichen. Technische Grundlage hierfür sind „smarte“ Häuser, die zur Verringerung des Energiebedarfs eines Gebäudes beitragen können.

Als weiterer Schwerpunkt wurde festgelegt, die für Energieeffizienz- bzw. Passivhäuser relevanten Wandaufbauten und deren Gestaltungsmöglichkeiten in der Form darzustellen, dass sie als Unterrichts- und Anschauungsobjekte dienen können. Dafür sollten die verschiedenen Baumaterialien und -techniken (von moderner Massivbauweise mit Wärmedämmverbundsystem bis zu Holzständerkonstruktionen mit ökologischen Dämmstoffen) teilweise freigelegt oder halbhoch gebaut werden, so dass der Wandaufbau sichtbar ist.

Während der Bauphase des ESIH sollten Auszubildende aus den gewerblich-technischen Berufen die Möglichkeit erhalten, durch die Integration von praktischen und theoretischen Ausbildungsinhalten mit neuesten Materialien, Techniken und Anordnungen zu arbeiten. Wie auf einer realen Baustelle sollten die Schüler/innen nicht nur die fachgerechte Ausübung des eigenen Gewerkes erlernen, sondern auch die Kooperation mit anderen und die Ausführungen von Schnittstellen (z.B. Holzständerwand mit Installationsebene: Zimmerleute/Tischler, Installateure SHK/ET, Maler).

Klimaschutz: Die Entscheidung für das Projekt fand auch vor dem aktuellen Hintergrund statt, sich der Herausforderung des Klimawandels zu stellen und damit einhergehend, den Wandel der SHK-Branche hin zu ressourcenschonenden Technologien der Gebäudebeheizung aufzuzeigen. Neben der Sensibilisierung und Information über den Klimaschutz für Schüler/innen allgemeinbildender Schulen, sollen mit dieser Maßnahme vor allem Auszubildende und Berufsfachschüler/innen angesprochen werden, die einen direkten Bezug durch ihre zukünftige berufliche Tätigkeit zum Problemfeld Klimaschutz haben.

### 4 Beschreibung des Projekthauses und der Laborumgebung

Die Konzeptionierung des ESIH und der Laborumgebung unterlag der Prämisse, möglichst Vielen für ihr Lernen geeignete Zugänge zu bieten und das Arbeiten und Lernen in Kleingruppen zu ermöglichen. Dafür soll das ESIH das technisch innovative Zentrum innerhalb einer schülergerechten Lernumgebung mit Lerninseln, Rechnerarbeitsplätzen und Trainingswänden bilden.

#### 4.1 Beschreibung des ESIH

Das Projekthaus ESIH wurde als offenes Gebäude innerhalb des Versorgungstechnik-Labors (SHK-Labor) geplant und gebaut. Es handelt sich also um ein „Indoor“-Haus, das ohne Dach und Türen auskommt. Das Gebäude ist ca. 9 m lang und 5,50 m breit. Die für die Energieeffizienz des Gebäudes maßgeblichen Außenwände wurden in Holzständerbauweise ausgeführt und in 1,40 m Höhe mit Plexiglas abgedeckt, damit der Wandaufbau sichtbar bleibt. Da auch die meisten Innenwände halbhoch gefertigt wurden, ist ein Blick durch das Gebäude von außen und innen möglich (siehe Abbildung 1). Diese Gegebenheit erleichtert die Kommunikation während des Unterrichts.

Das Bad ist barrierefrei gebaut, in ihm sind sämtliche versorgungstechnischen Installationen hinter transparenten Wänden sichtbar. Für die Wandheizung in der Küche und die Fußbodenheizung im Bad wurden Sichtfenster ausgespart. Der Grundriss des ESIH ist in Abbildung 2 dargestellt, aus ihm ist die Anordnung der technischen Komponenten ersichtlich. Zur Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung wurden ausschließlich Wärmeerzeuger gewählt, die sich ressourcenschonend auswirken (Wärmepumpe, BHKW, Holzpellet-Ofen, Solarthermie). Die drei abgebildeten Wärmeerzeuger und die (nicht abgebildete) thermische Solaranlage laden den Pufferspeicher, der seine Wärme bei Bedarf an die Heizflächen des ESIH, die umliegenden Heizkörper des SHK-Labors oder die Trinkwasserstation zur Bereitung von Warmwasser abgibt. Im



Abbildung 1 ESIH mit Technikraum im Vordergrund, Esszimmer mit Holzpellet-Ofen und Touchscreen im Hintergrund

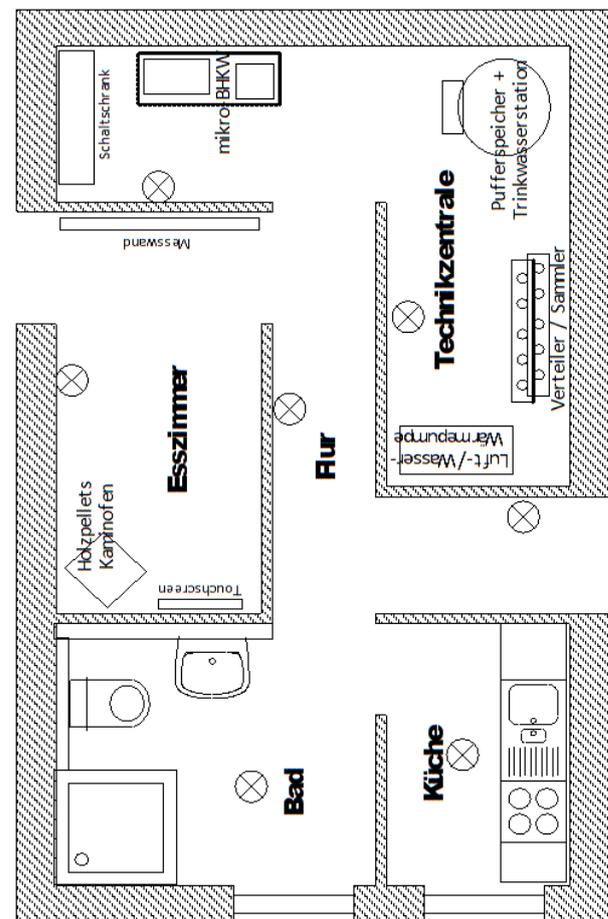


Abbildung 2 Grundriss des ESIH mit technischen Komponenten (ohne KWL + Solarthermie)

Sinne von „Smart Home“ wurde die Haustechnik des Gebäudes durch KNX-Bustechnik vernetzt. Die Beleuchtung und einige Heizungs- und Lüftungsfunktionen sind sowohl über Touchscreen als auch über Sprachsteuerung bedienbar. Außerdem befinden sich in allen Räumen KNX-programmierte Taster.

Die Installation von Temperaturfühlern und Wärmemengenzählern ermöglicht den Lernenden die Energieflüsse im ESIH zu analysieren und die Effektivität z.B. der solaren Erträge oder der Wärmepumpe zu bilanzieren und zu reflektieren.

#### 4.2 Beschreibung der Laborumgebung

Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, wird das ESIH von Trainingswänden umgeben, an denen obligatorische und weiterführende Themen der Lernfelder des Berufes Anlagenmechanik SHK geübt und vertieft werden können. Diese betreffen die Gasfeuerung, die Trink- und Abwasserinstallation, die Solarthermie, die Holz- und Ölfeuerung, die Kontrollierte Wohnraumlüftung und den hydraulischen Abgleich von Heizungsanlagen.

Für die Bearbeitung von Aufgabenstellungen in Kleingruppen sind zwei Lerninseln mit PCs ausgestattet. Ein weiterer Gruppentisch befindet sich auf dem Podest „Kontrollierte Wohnraumlüftung“, außerdem sind sechs Stehtische im Labor verteilt.

Der Nachbarraum ist als Klassenraum für die Fachstufen vorgesehen, um einen schnellen Wechsel einzelner Gruppen zwischen Theorie und Praxis zu ermöglichen. Abbildung 4 zeigt Fotos der Laborumgebung des ESIH.

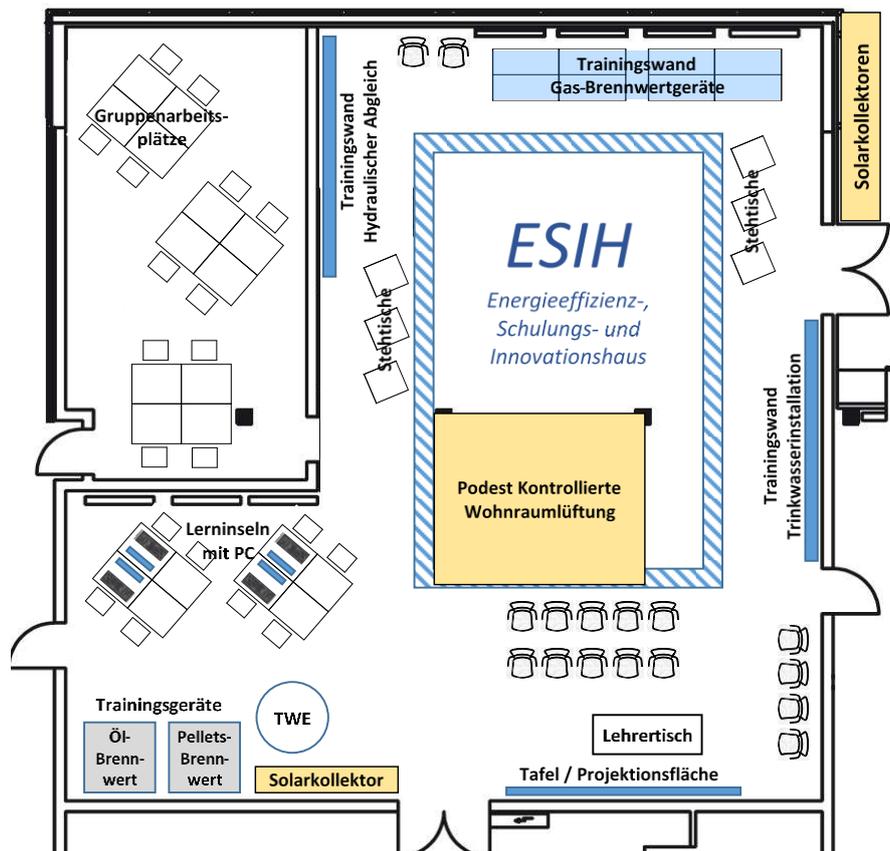


Abbildung 3 SHK-Labor mit ESIH (W121) und Nachbarraum (W122)



Abbildung 4 SHK-Labor mit den Trainingswänden Gas-Brennwertgeräte und Trinkwasserinstallation und dem ESIH im Zentrum (von links nach rechts)

## 5 Evaluation des Projektes

Der in Abbildung 5 dargestellte zeitliche Ablauf verweist auf die Meilensteine des mit Erprobungsphase ca. 3 Jahre andauernden Projektes.

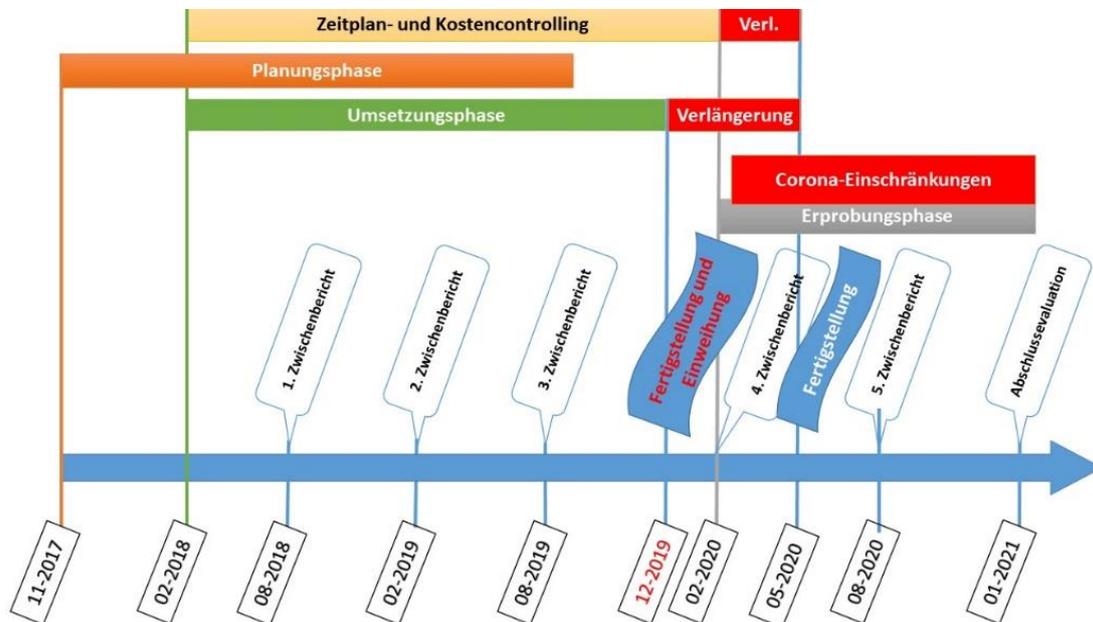


Abbildung 5 Zeitstrahl des Projektes mit Meilensteinen

Die Evaluation des Projektes ist in zwei Phasen gegliedert. Phase 1 bezieht sich auf die Bau- bzw. Umsetzungsphase des ESIH, Phase 2 auf die darauffolgende Erprobung des Projekthauses für Aus- und Weiterbildung.

In Phase 1 erfolgten neben einem kontinuierlichen Zeitplan- und Kostencontrolling, drei formative Evaluationen, durch die die Erfahrungen von Schüler/innen und Lehrkräften erkundet werden, die während des Bauens und Lernens am ESIH gesammelt wurden. Hierfür wurde ein Fragebogen<sup>1</sup> entwickelt, der nach Abschluss bestimmter Bauabschnitte von den Akteuren beantwortet wurde und sich auf folgende Indikatoren bezieht:

1. Zufriedenheit mit den Aufgaben, dem Lernzuwachs und der realen Baustellensituation,
2. Zufriedenheit mit der Organisation auf der Baustelle,
3. Gewerke übergreifende Schnittstellen und Gesamteindruck.

Phase 2 fokussiert in einer summativen Evaluation die Verwendung des ESIH und der Laborumgebung in einer einjährigen Erprobungsphase (siehe Abbildung 5). Folgende Fragestellungen stehen dann im Zentrum:

1. Wie viele Veranstaltungen mit Externen haben stattgefunden, mit welchen Themen?
2. Wie ist die Zufriedenheit der Teilnehmer mit der jeweiligen Veranstaltung?
3. Wie häufig und von welchen Klassen wird das ESIH für Unterrichtszwecke genutzt?
4. Wie ist die Zufriedenheit der Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte mit dem Unterricht im ESIH? Welche Verbesserungsbereiche ergeben sich?

<sup>1</sup> Siehe Anhang I und Anhang II.

Für die Bewertung von Phase 2 werden folgende Zielwerte festgelegt:

- ⇒ Es finden mindestens 4 Veranstaltungen mit Externen statt. Die Zufriedenheit wird von den Teilnehmern mit mindestens „gut“ bewertet.
- ⇒ Mindestens 20 % der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit der Fachstufen der Anlagenmechaniker/in SHK werden im ESIH bzw. der Laborumgebung durchgeführt. Die Zufriedenheit wird von den Schülerinnen, Schülern und Lehrkräften mit mindestens „gut“ bewertet.

Voraussetzungen / Maßnahmen:

- ☞ Die Veranstaltungen für die Externen werden vom Team Versorgungstechnik der BBS II Göttingen konzipiert und organisiert. Es müssen sich hinreichend Teilnehmer anmelden (mind. 8 pro Veranstaltung).
- ☞ Für jedes Lernfeld der Fachstufen (LF 5 – 15) des Ausbildungsberufes Anlagenmechaniker/in SHK liegt mindestens eine komplexe, leistungsdifferenzierende Lernsituation vor, die für die Gegebenheiten des ESIH und/oder der Laborumgebung entwickelt wurde.
- ☞ Für den Politikunterricht wurde eine umfassende Unterrichtseinheit zum Thema Klimaschutz und Erneuerbare Energien entwickelt, welche die Gegebenheiten des ESIH einbezieht und mit dem Fachunterricht verzahnt ist (Umfang ca. 10 Unterrichtsstunden).

## 5.1 Beurteilung der Zielerreichung in der Umsetzungsphase

### 5.1.1. Ergebnisse der Schüler- und Lehrkräfte-Befragung

Die Erfahrungen von Schülern und Lehrkräften, die während des Bauens und Lernens am ESIH während der Umsetzungsphase gesammelt wurden, haben wir im Frühjahr 2018, Winter 2018/19 und Sommer 2019 anhand eines Fragebogens ermittelt. Beteiligt waren 9 Schüler/innen der Berufsfachschule Bautechnik, 16 Schüler/innen der Berufsfachschulen Elektro- und Farbtechnik und 8 Schülerinnen des Ausbildungsberufes Anlagenmechaniker/in für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK), 3. Lehrjahr. Außerdem wurde jeweils eine Lehrkraft aus den beteiligten Bereichen Bautechnik, Farbtechnik und Elektrotechnik befragt. Die Lehrkräfte aus dem Bereich SHK wurden in diese Befragung nicht einbezogen, da sie als Initiatoren und Leiter des Projektes agierten und somit alle angesprochenen Punkte als positiv erachten.

Folgende Themen standen dabei im Fokus, sie strukturieren die nachfolgende Auswertung:

- I. Zufriedenheit mit dem Lernzuwachs, der realen Baustellensituation und den Aufgaben,
- II. Zufriedenheit mit der Organisation auf der Baustelle,
- III. Gewerke übergreifende Schnittstellen und Gesamteindruck

### **Allgemeine Hinweise zur Auswertung**

Für die Berechnungen der Mittelwerte wurde die Fünfer-Bewertungsskala den Zahlen 5 (sehr negativ bzw. --), 4 (eher negativ bzw. -), 3 (durchschnittlich bzw. 0), 2 (eher positiv bzw. +) und 1 (sehr positiv bzw. ++) zugeordnet (verallgemeinert).

Für die grafischen Darstellungen wurden Diagramme erstellt, die einen vom roten ins grüne übergehenden Farbverlauf aufweisen. Je weiter die Säulen oder Linien in den grünen Bereich hineinragen, desto größer ist die Zustimmung der Befragten zu den jeweiligen Items.

### I. Zufriedenheit mit dem Lernzuwachs, der realen Baustellensituation und den Aufgaben

Aus Abbildung 6 wird deutlich, dass die Schüler/innen aus den beteiligten Bereichen sowohl mit ihrem Lernzuwachs, dem Arbeiten in einer realen Baustellensituation als auch mit ihren Aufgaben zufrieden waren. Die jeweilige Lehrkraft der Klassen bestätigt diese positiven Eindrücke.

Ihre Aufgaben umfassten die typischen Arbeiten, wie sie beim Bau eines Gebäudes anfallen (siehe Tabelle).

Aufgaben bzw. Arbeiten am ESIH	n
Mauern / Steine setzen	9
Schnur spannen	6
Messen und Kennzeichnen	6
Kleber anrühren	5
Mörtel anrühren	2
Steine zusägen	3
Löcher für UP-/Steckdosen bohren	9
Löcher für Befestigungen bohren	3
Leitungen/Kabel verlegen	8
Messen und Anzeichnen	6
Leitungen befestigen	5
Wände spachteln	5
Malen/Streichen	5
Putz auftragen u. verreiben	3
Schleifen	2
Rohre für Heizung verlegen	6
Vorwandinstallation	3
Speichermontage	2
Messen und Anzeichnen	8
Schellen f. Rohrleitungen setzen	6
Rohrleitungen isolieren	4
Trinkwasserleitungen verlegen	5
Solarstation montieren	2
Wärmepumpe aufstellen/anschließen	2

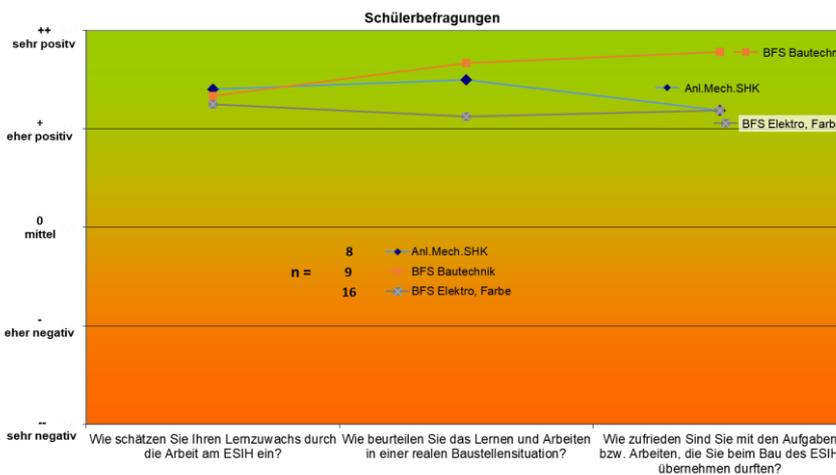


Abbildung 6 Aufgaben und Lernzuwachs

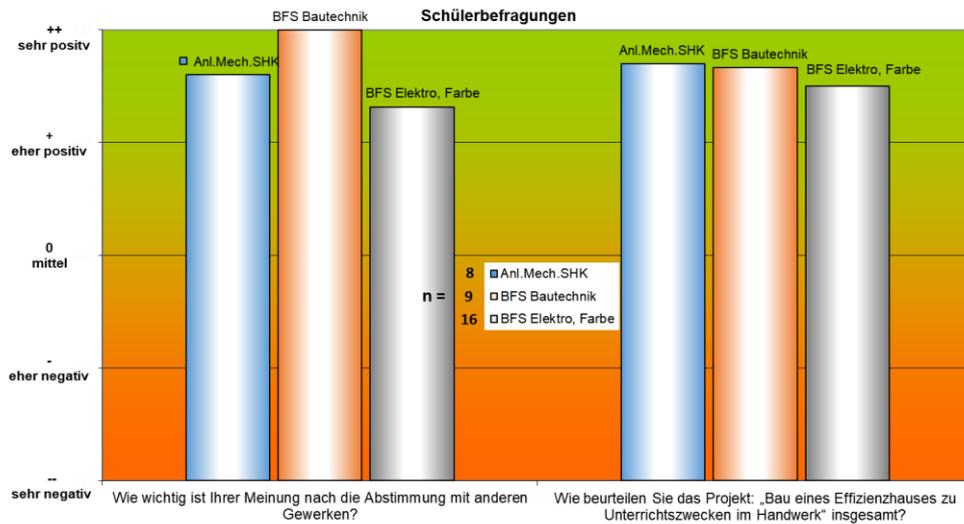
### II. Zufriedenheit mit der Organisation auf der Baustelle

Dasselbe positive Bild zeichnet sich in Bezug auf die Organisation auf der Baustelle. Die Einweisungen und Erklärungen der Lehrkräfte werden ebenso wie die Bereitstellung von Material und Werkzeug positiv bewertet.

### III. Gewerke übergreifende Schnittstellen und Gesamteindruck

Die Schüler/innen sind sich offensichtlich der Wichtigkeit der Abstimmung mit anderen Gewerken bewusst (siehe Abbildung 7). Berührungspunkte gab es vor allem mit dem Trockenbau (Fußboden) und den Elektroinstallationen, die von externen Firmen durchgeführt wurden. Elektroarbeiten wurden zwischenzeitlich verschoben, da einige für die Fühlersetzung erforderliche Rohrleitungen noch nicht verlegt waren. Außerdem musste ein Rohrleitungsverlauf erneuert werden, da die für den Fußbodenaufbau zulässige Höhe von maximal 10 cm überschritten war. Die benannten Probleme wurden vom Projektleiter erkannt und mit den Schüler/innen thematisiert.

Weitere Berührungspunkte gab es zwischen den Gewerken SHK und Farbtechnik, hierbei wurden aber keine nennenswerten Abstimmungsprobleme benannt.



**Abbildung 7 Schnittstellen und Gesamteindruck**

Insgesamt wird das Projekt „Bau eines Effizienzhauses...“ von den befragten Schüler/innen und Lehrkräften sehr positiv bewertet. Daher stellen diese Ergebnisse für uns eine motivierende Bestätigung der Projektkonzeption dar.

### 5.1.2. Sachstand und Beurteilung der Umsetzungsphase durch die Projektleitung

Die Umsetzungsphase konnte mit leichter Verzögerung im Mai 2020 abgeschlossen werden. Mit einer Ausnahme (siehe nachfolgend) wurden alle festgelegten Arbeitspakete fertiggestellt. Die Verzögerung ergab sich im Wesentlichen durch Arbeitspakete, die sich erst im Laufe des Projektes ergeben haben, wie z.B.

- die Installation eines Trainingsgerätes Holz-Pelletkessel mit TW-Speicher und Solarkollektor als Ersatz für einen Ölkessel (siehe Abbildung 14, Anhang C) und
- die Installation eines Holz-Pellet-Kaminofens für das Wohn-/Esszimmer des ESIH (siehe Abbildung 16, Anhang E).

Das Arbeitspaket für die Beschriftung der Fassade des Gebäudes mit dem Schriftzug „**ESIH** - Energieeffizienz-, Schulungs- und InnovationsHaus“ musste leider wiederum verschoben werden, da die zuständige Lehrkraft aufgrund der Corona-Pandemie auf Distanzunterricht gewechselt hat. Somit bleibt die Aufgabe bis auf Weiteres offen.

Die Arbeiten, die durch den Schulträger zu organisieren waren, sind noch immer nicht abgeschlossen. In dem zum Raumkonzept des Projektes gehörenden Nachbarraum W122 (siehe Abbildung 3) fehlt weiterhin eine neue Innendecke und die Beleuchtung. Infolge dessen konnte der Raum noch nicht renoviert und eingerichtet werden. Wir hoffen, dass wir den Raum nach den kommenden Osterferien nutzen können.

Von den beiden zuletzt genannten Vakanzen abgesehen, beurteilen wir die Umsetzungsphase als sehr erfolgreich. Es ist ein Energieeffizienzhaus mit Laborumgebung entstanden, das aktuellen technischen Anforderungen gerecht wird und ausgezeichnet für Schulungszwecke einsetzbar ist. Nicht

nur für die beteiligten Schüler/innen boten sich umfangreiche Mitwirkungsmöglichkeiten, sondern auch für uns Lehrkräfte. Da wir im SHK-Bereich sämtliche Installationen begleitet oder selbst ausgeführt haben, konnten wir nicht nur unsere Kompetenzen zum Lösen von Problemen weiterentwickeln, wie sie sich bei der Installation technischer Anlagen zwangsläufig ergeben, sondern uns ebenso in den Bereichen weiterbilden, in denen wir bis Dato noch keine praktische Erfahrung hatten. Dies betrifft z.B. die Holzpelletfeuerung oder die KNX-Bustechnik.

### 5.1.3. Kostensituation

Wie aus der nachfolgenden Auflistung des Finanziellen Projektcontrollings der DBU hervorgeht, wurde der kalkulierte Gesamtbetrag für das Projekt unterschritten. Zwar sind die Kosten für Fremdleistungen mit 34.608,98 € um rund 8500 € höher ausgefallen als erwartet. Dies liegt zu einem größeren Teil an den Trockenbauarbeiten für den Fußbodenaufbau und die Dusche des ESIH, die wir aus zeitlichen Gründen an Fachfirmen vergeben haben. Hingegen konnten auf der Seite der Sachkosten mit 41.038,63 € rund 14.500 € eingespart werden. Folglich wurde der Gesamtbetrag für Sachkosten und Fremdleistungen, der auf 81.685 € festgelegt war, um rund 6000 € unterschritten. Mit dem abschließenden Verwendungsnachweis wurde eine entsprechende Anpassung der Kostenstellen bzw. Übertragung der Mittel beantragt.

DBU-Projekt Az.	34391/01
Bewilligungsempfänger	BBS II Göttingen - Dr. Eric Manshusen
Projektlaufzeit	08.02.2018 - 08.01.2021

Gesamtkosten (€)	143.427,00
Bewilligungssumme (€)	41.092,00
Eigenanteil (€)	102.335,00
Effektive Auszahlung (€)	32.383,26
Stornierung (€)	0,00
max. Restzahlung (€)	8.708,74

#### Kostenplan (Bewilligung)

Bewilligungsempfänger/ Kooperationspartner	bewilligte Gesamtkosten	bewilligte Förderquote	bewilligte Fördermittel (max.)
	€	%	€
BBS II Göttingen - Herr Dr. E	143.427,00	28,65%	41.092,00
	143.427,00		41.092,00

#### Verwendungsnachweis (Fördermittel)

aktueller Nachweis vom 16.11.2020	Gesamt- nachweis	nachgewiesene Fördermittel
€	€	€
59.528,70	134.729,74	38.600,07
59.528,70	134.729,74	38.600,07

Nachweise vom	Bruttoarbeits- entgelte / Personalkosten	Gemeinkosten	Sachkosten	Fremd- leistungen	Reisekosten	Gesamt
	€	€	€	€	€	€
10.04.2019	19.626,30	1.962,63	12.738,82	8.894,79	0,00	43.222,54
24.10.2019	14.676,76	1.467,68	9.973,13	5.860,93	0,00	31.978,50
16.11.2020	19.407,96	1.940,80	18.326,68	19.853,26	0,00	59.528,70
<b>Istwerte</b>	<b>53.711,02</b>	<b>5.371,11</b>	<b>41.038,63</b>	<b>34.608,98</b>	<b>0,00</b>	<b>134.729,74</b>
<b>Sollkosten</b>	<b>55.902,00</b>	<b>5.590,00</b>	<b>55.589,00</b>	<b>26.096,00</b>	<b>250,00</b>	<b>143.427,00</b>
Differenz - absolut	-2.190,98	-218,89	-14.550,37	8.512,98	-250,00	-8.697,26
Differenz - prozentual	-3,92%	-3,92%	-26,17%	<b>32,62%</b>	-100,00%	-6,06%

Abbildung 8 Nachweistabelle DBU

## 5.2 Beurteilung der Zielerreichung der Erprobungsphase

Wegen der Einschränkungen, die sich aus der Corona-Pandemie ergeben haben, mussten zu unserem Bedauern alle geplanten Veranstaltungen mit Externen abgesagt und auf das Schuljahr 2021/22 verlegt werden. Aus demselben Grund wurde die Einweihungsfeier des ESIH (und damit einhergehend die Präsentation vor Presse und Stakeholdern) mehrfach verschoben und kann frühestens im Sommer 2021 stattfinden.

Aufgrund dieser Gegebenheiten kann sich die Beurteilung der Zielerreichung der Erprobungsphase leider nur auf bestimmte Bereiche des Unterrichts mit Schüler/innen im Zeitraum September bis Mitte Dezember 2020 beziehen.

Im Folgenden strukturieren die zu Beginn des fünften Kapitels genannten Fragestellungen für die Evaluation der Erprobungsphase die Beurteilung.

### I. Wie viele Veranstaltungen mit Externen haben stattgefunden, mit welchen Themen?

Zielwert: Es finden mindestens 4 Veranstaltungen mit Externen statt.

- Es hat keine Veranstaltung mit Externen stattgefunden. Beide durch das NLQ (Niedersächsische Landesinstitut für Lehrerbildung) ausgeschriebenen Kurse wurden zunächst von Frühjahr auf Herbst 2020 verlegt und dann abgesagt:
  - Unterricht mit digitalen Medien im Bereich Metalltechnik – Handwerk. Fortbildung für BBS-Lehrkräfte aus Niedersachsen für max. 16 Teilnehmer.
  - Einstieg in den Berufsbereich Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik (SHK) - Teil 6: "Versorgungstechnische Anlagen einstellen und energetisch optimieren". Fortbildung für BBS-Lehrkräfte aus Niedersachsen für max. 16 Teilnehmer.
- Die Veranstaltungen sollen im Herbst 2021 nachgeholt werden.

### II. Wie ist die Zufriedenheit der Teilnehmer mit der jeweiligen Veranstaltung?

Zielwert: Die Zufriedenheit wird von den Teilnehmern mit mindestens „gut“ bewertet.

- Eine Bewertung konnte nicht erfolgen (s.o.).

### III. Wie häufig und von welchen Klassen wird das ESIH für Unterrichtszwecke genutzt?

Zielwert: Mindestens 20 % der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit der Fachstufen werden im ESIH bzw. der Laborumgebung durchgeführt. Für jedes Lernfeld der Fachstufen (LF 5 – 15) des Ausbildungsberufes Anlagenmechaniker/in SHK liegt mindestens eine komplexe, leistungsdifferenzierende Lernsituation vor, die für die Gegebenheiten des ESIH und/oder der Laborumgebung entwickelt wurde.

- Der Zielwert wurde erreicht. Folgende Lernsituationen (LS) wurden in Teilen oder vollständig im ESIH und/oder der Laborumgebung durchgeführt:
  - LS 5.4 Analyse einer Trinkwasseranlage (Trainingswand Trinkwasserinstallation)
  - LS 6.6 Verlegen von Entwässerungsleitungen (Trainingswand Trinkwasserinstallation)
  - LS 7.5b Hydraulischer Abgleich (Trainingswand hydraulischer Abgleich)
  - LS 8.4 Planung einer Vorwandinstallation (Badezimmer ESIH)
  - LS 9.1 Typen von Trinkwassererwärmern (Solarspeicher, TW-Station im ESIH, Kombitherme)

- LS 9.5 Planung und Inbetriebnahme einer Solaranlage zur Trinkwassererwärmung (Solar-  
kollektor mit Solarspeicher)
- LS 10.1 Gas-Neuinstallation in einem EFH (Trainingswand Gasbrennwertgeräte)
- LS 10.3 Wartung einer Gas-Brennwerttherme (Trainingswand Gasbrennwertgeräte)
- LS 11.3 Installation eines KWB-Pelletkessels (Trainingsgerät Pelletkessel)
- LS 12.1 Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen (Wärmepumpe ESIH,  
exemplarische Ausführung der LS siehe Kapitel 6)
- LS 13.3: Installation und Inbetriebnahme einer kontrollierten Wohnraumlüftung (KWL)  
mit Wärmerückgewinnung (KWL-Anlage ESIH)
- LS 14.4 Installation einer neuen Kesselregelung (Trainingswand Gasbrennwertgeräte)
- Lernfeld 15, Stationenlernen zur Prüfungsvorbereitung (gesamtes SHK-Labor mit ESIH)

IV. Wie ist die Zufriedenheit der Schülerinnen, Schüler und Lehrkräfte mit dem Unterricht im ESIH? Zielwert: Die Zufriedenheit wird von den Schülerinnen, Schülern und Lehrkräften mit mindestens „gut“ bewertet.

- Leider wurde aufgrund der vorzeitigen Schulschließung im Dezember keine schriftliche Befragung durchgeführt. Die mündlichen Bekundungen sind jedoch ausnahmslos positiv. Hier-  
nach würden gerne viele der Auszubildenden permanent im SHK-Labor unterrichtet werden. Wir Lehrkräfte beobachten eine deutliche Motivationssteigerung bei den Schüler/innen, so-  
bald Aufgaben im ESIH oder der Laborumgebung zu bearbeiten sind.

Für den Politikunterricht wurde eine umfassende Unterrichtseinheit zum Thema Klimaschutz und Erneuerbare Energien entwickelt. Diese bezieht die Gegebenheiten des ESIH mit ein und ist im Lern-  
feld 12 „Ressourcenschonende Anlagen installieren“ mit dem Fachunterricht verzahnt (Umfang ca.  
12 Unterrichtsstunden).

Über den Fach- und Politikunterricht für Auszubildende des Berufes Anlagenmechaniker/in SHK hin-  
ausgehend, haben wir ein Angebot für Schüler/innen allge-  
meinbildender Schulen entwickelt, das einerseits mit dem Klimawandel und bestimmten  
naturwissenschaftlichen Grundlagen aktuelle und allge-  
meinbildende Relevanz besitzt und andererseits aufzeigt, wie im SHK-Bereich den damit zu-  
sammenhängenden technischen und handwerklichen Herausforderungen begegnet werden  
kann. Das Angebot besteht aus sechs unterschiedlichen

### Lernstationen: Klimawandel & Handwerk

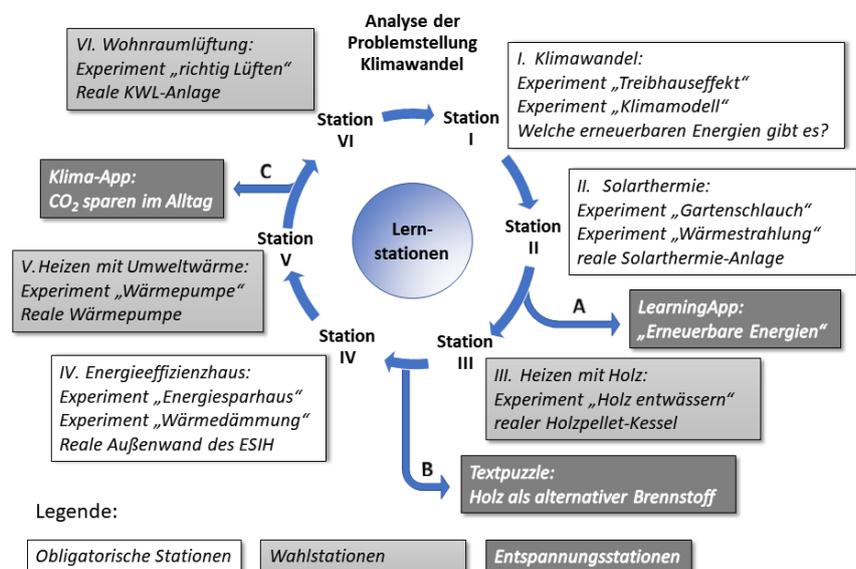


Abbildung 9 Lernstationen zum Thema Klimawandel & Handwerk

Lernstationen und drei Entspannungsstationen (siehe Abbildung 9). Der Aufbau der Lernstationen ist so konzipiert, dass der Einstieg in das Thema jeweils durch die Durchführung eines technischen Experimentes erfolgt, durch das die naturwissenschaftlichen Grundlagen erarbeitet und erkannt werden. Im Weiteren wird das Gelernte auf die reale Anlage übertragen.

## 6 Exemplarische Umsetzung des didaktischen Konzeptes

Leitmotiv für die Gestaltung des ESIH und der Laborumgebung war die Maxime, der Unterschiedlichkeit der Lernenden besser gerecht werden zu wollen. Der Unterricht soll so gestaltet werden, dass er möglichst Vielen für ihr Lernen geeignete Zugänge bietet, aber uns Lehrkräfte dabei in Bezug auf Vorbereitungs- und Materialaufwand sowie das Organisations- und Klassenmanagement nicht überfordert. Von diesen Voraussetzungen ausgehend haben wir einen didaktischen Rahmen gesetzt, der für die Entwicklung der Lernumgebung und des Unterrichts leitend ist:

- in der Grundstufe werden verstärkt grundlegende Lern- und Arbeitstechniken geübt, im weiteren Verlauf der Ausbildung finden zunehmend handlungsorientierte Methoden wie Gruppenpuzzle, Stationenlernen und technische Experimente Anwendung;
- ein Teil der Lernsituationen wird sprachsensibel vereinfacht und umgestaltet;
- alle Lernsituationen, die Aufgabenstellungen für die Bearbeitung im ESIH oder der Laborumgebung beinhalten, sind so zu konzipieren, dass in Kleingruppen gleichzeitig an unterschiedlichen Themen und Aufgabenstellungen gelernt und gearbeitet werden kann;
- zur Realisierung von innerer und äußerer Differenzierung entstehen an mehreren Orten Gruppenarbeitsplätze und Lerninseln mit PC;
- die Kompetenzdiagnose erfolgt neben Beobachtungsverfahren, Tests und Austausch der Lehrkräfte, über die Ergebnisse der Selbstbeurteilung durch die Lernenden mit Hilfe von „Kann-Listen“;
- das SHK-Labor sieht Trainingswände vor, an denen obligatorische und weiterführende (fakultative) Themen geübt und vertieft werden können;
- das ESIH und die Laborumgebung bieten für alle Lernfelder der Fachstufen Lern- und Trainingsmöglichkeiten der prüfungsrelevanten Themen.

Die Umsetzung des didaktischen Rahmens soll hier am Beispiel der Lernsituation „Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen“ dargestellt werden. Das Thema ist im Lernfeld 12 „Ressourcenschonende Wärmeerzeugungsanlagen installieren“ des Rahmenlehrplanes für Anlagenmechaniker/in SHK verortet.

Der Handlungsablauf der Lernsituation ist in Abbildung 10 dargestellt. Entlang der Phasen der vollständigen Handlung findet das Lernen in einer zeitlichen Abfolge von Lernschritten statt. Dabei durchlaufen die Lernenden Phasen von Einzel-, Partner-, und Gruppenarbeit sowie das Arbeiten im

Kundenauftrag: Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen

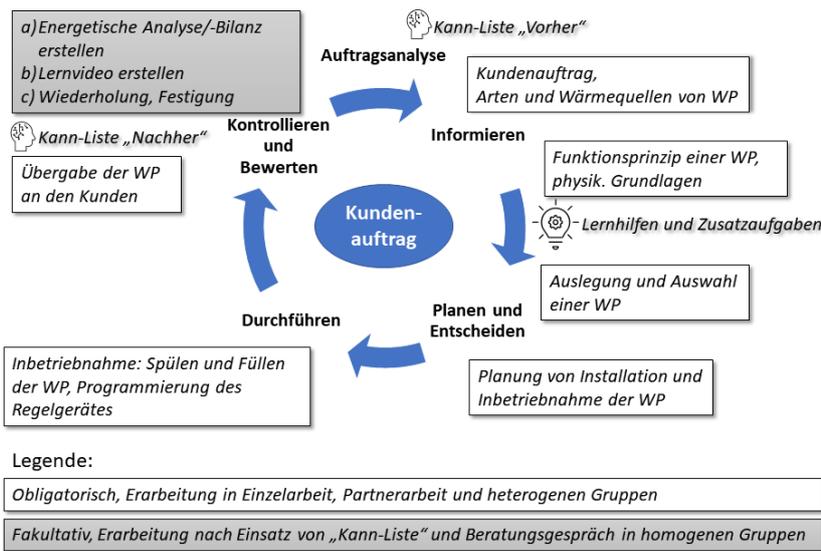


Abbildung 10 Handlungsablauf der Lernsituation zur Wärmepumpe

Herausforderung empfunden wird. Hierfür haben wir gute Erfahrungen mit dem Einsatz von digitalen Medien gemacht, mit denen die Lernenden z.B. ein „Kahoot“ oder eine „Learning-App“ erstellen, die in den weiteren Verlauf des Unterrichts eingebettet wird.

Der Einstieg in die Lernsituation erfolgt über die Analyse des Kundenauftrags und das Ausfüllen der Kann-Liste in den Spalten „Vorher“ (siehe Abbildung 13). Dadurch erfolgt eine Selbsteinschätzung der Lernenden über ihren Kompetenzstand zum Thema Wärmepumpe, bevor die Lernsituation bearbeitet wird. Diese Selbstreflexion soll den Lernenden dabei helfen, ihren Lernprozess besser steuern zu können. Den Lehrkräften werden dadurch erste Hinweise auf Vorkenntnisse für spätere Gruppenbildungen geliefert.

Das Anknüpfen an Vorwissen erfolgt, indem die Lernenden Argumente nennen, warum eine Wärmepumpe (WP) zu den ressourcenschonenden Technologien zählt (siehe Abbildung 11, Aufgabe 1). Im Weiteren informieren die Lernenden sich in (heterogen zusammengesetzten) Expertengruppen, arbeitsteilig, über mögliche Energiequellen von Wärmepumpen und finden Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Typen von Wärmepumpen heraus.

Plenum. Insbesondere in Phasen der Einzel- und Partnerarbeit werden den Lernenden Hilfen angeboten, die unterschiedliche Lernvoraussetzungen und Lernwege berücksichtigen. Der dadurch verursachten zeitlichen Schere für die Bearbeitung von Aufgabenstellungen wird durch ein Angebot an Zusatzaufgaben begegnet, das derart gestaltet sein soll, dass es von den leistungstärkeren Schüler/innen nicht als Strafe, sondern als

	LF 12: Ressourcenschonende Anlagen installieren	Name: _____
	LS 12.1: Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen	Klasse: MAM 3A Datum: _____

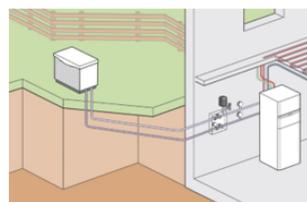


Abbildung 1 Wärmepumpe "FlexoTHERM" (Quelle: Vaillant)

**Kundenauftrag:**

Familie Meyer baut ein Einfamilienhaus und möchte sich von Ihrer Firma eine Wärmepumpe installieren lassen. Sie begleiten Ihren Meister zu einem Kundengespräch und bereiten sich fachlich auf das Thema Wärmepumpe vor, um den Kunden zu beraten.

Im weiteren Verlauf des Auftrages ist die Wärmepumpe zu planen, zu installieren und in Betrieb zu nehmen.

**Arbeitsaufträge:**

- Brainstorming: Nennen Sie Argumente, warum eine Wärmepumpe zu den ressourcenschonenden Technologien zählt. Verwenden Sie Ihr Smartphone und öffnen Sie: <https://oncoo.de/fgtx>. Schreiben Sie Ihre Argumente stichwortartig auf Karten. (EA, PL)
- Erarbeiten Sie in Expertengruppen die möglichen Energiequellen von Wärmepumpen mit Vor- und Nachteilen. Erstellen Sie hierfür eine Tabelle, in der die Vor- und Nachteile aufgeführt werden und präsentieren Sie Ihre Ergebnisse. (GA, PL)
  - Wärmequelle Erdreich (bei Sole-Wasser-Wärmepumpen)
  - Wärmequelle Wasser (bei Wasser-Wasserwärmepumpen)
  - Wärmequelle Luft (bei Luft-Wasser-Wärmepumpen)
- Erklären Sie das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe. Beschriften Sie hierfür den Aufbau der Wärmepumpe und erklären Sie das Funktionsprinzip schriftlich (Seite 2). (EA)
 

Hilfen: 1. Informationsblatt 1: Physikalische Grundlagen von Wärmepumpen  
2. Schütteltext  
3. Lernvideo
- Erklären Sie dem Kunden (Ihrem Sitznachbarn) das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe. Benennen Sie dabei auch die Vor- und Nachteile möglicher Energiequellen und empfehlen Sie dem Kunden einen Wärmepumpentyp für sein Gebäude. Präsentieren Sie anschließend Ihr Ergebnis. (PA, PL)



Abbildung 11 Arbeitsblatt der Lernsituation (Auszug)

Aufgabe 3 der Lernsituation sieht die Erarbeitung des Funktionsprinzips einer Wärmepumpe in Einzelarbeit vor. Erfahrungsgemäß wirkt sich für diese Aufgabenstellung die Heterogenität der Leistungsfähigkeit der Lernenden besonders stark aus, da physikalische Vorkenntnisse und Abstraktionsvermögen erforderlich sind. Um dieser Situation entgegenzukommen, werden drei unterschiedliche Lernhilfen angeboten, die wahlweise oder sukzessiv verwendet werden können. Die Hilfen bestehen aus

- einem in einfacher Sprache verfassten Informationsblatt,
- einem Schütteltext (siehe Abbildung 12), in dem vier aussagekräftige Sätze zur Funktion einer WP gebildet und den passenden Abbildungen zugeordnet werden müssen, und
- einem Erklär-Video, das sich die Lernenden bei Bedarf über ihr Smartphone ansehen können.

An dieser Stelle des Unterrichts läuft die Bearbeitungsdauer der Aufgabenstellung stark auseinander, da keine, ein, zwei oder drei Hilfen in Anspruch genommen werden können. Die schnelleren Lerner erhalten deshalb die Zusatzaufgabe, eine Lernanwendung mit dem Smartphone oder Tablet zum Thema Wärmepumpe zu erstellen. Darin können Zuordnungsaufgaben oder Lückentexte gelöst werden. Dies ist z.B. auf LearningApps.org sehr einfach möglich und in wenigen Minuten erlernbar. Alternativ können die lernstarken Schüler/innen als Unterstützer für die lernschwächeren eingesetzt werden.

Im weiteren Verlauf der Lernsituation wird die WP über eine vereinfachte Ermittlung der Heizlast des Gebäudes ausgelegt und anhand von Herstellerunterlagen im Plenum ausgewählt. Die Planung der Inbetriebnahme der WP, mit den Tätigkeiten Spülen, Füllen und Entlüften von Heiz- und Solekreis, erfolgt über die Installations- und Wartungsanleitung des Herstellers in Partnerarbeit (Helferprinzip). Hierbei ist ein Ablaufplan zu erstellen und

	LF 12: Ressourcenschonende Anlagen installieren	Name: _____
	LS 12.1: Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen	Klasse: MAM 3A Datum: _____

**Hilfe 2: Schütteltext - Funktion einer Wärmepumpe**

**Arbeitsaufträge:**

1. Schneiden Sie die abgebildeten Worte der vier Schüttelsätze aus. (EA)
2. Bringen Sie die Wörter jedes einzelnen Schüttelsatzes in die richtige Reihenfolge, damit sinnvolle Aussagesätze zum Thema „Funktion einer Luft-Wasser-Wärmepumpe“ entstehen. (EA)
3. Kleben Sie die Lösungssätze neben den passenden Bauteilen auf Seite 3 auf. (EA)
4. Vergleichen Sie Ihre Lösungen mit einem Mitschüler. Erarbeiten Sie bei Unstimmigkeiten eine gemeinsame Lösung. (PA)
5. Füllen Sie die schematische Abbildung auf Seite 4 mit den gesuchten Begriffen aus und erklären Sie sich gegenseitig das Funktionsprinzip. (PA)

**Schüttelsatz 1**

Kältemittel	bei	Druck.	Wärmeaufnahme	Dadurch
flüssige	Das	Außengerät	wird	aus
durch	Umwelt	Temperatur	niedrigen	steigt
beim	verdampft.			der

**Schüttelsatz 2**

Druck-und Temperaturniveau	Scroll-Verdichter	wird	die
vom Kältemittel	angesaugt	hohes	und
auf ein dampfförmige	komprimiert.	Das	über
Saugleitung			

**Schüttelsatz 3**

Kältemittel	Dadurch	wobei	Druck	bleibt.	der
Verflüssiger	Im	die	Wärmeenergie	vom	
den	auf	Heizkreis	sich	übertragen.	das

**Abbildung 12 Hilfe 2: Schütteltext - Funktion einer Wärmepumpe (Auszug)**

	LF 12: Ressourcenschonende Anlagen installieren	Name: _____
	LS 12.1: Eine Wärmepumpe installieren und in Betrieb nehmen	Klasse: MAM 3A Datum: _____

**Selbsteinschätzung der vorhandenen/erworbenen Kompetenzen**

	Vorher				Nachher				Nachweis
	sicher	überwiegend sicher	eher unsicher	nicht	sicher	überwiegend sicher	eher unsicher	nicht	
Ich ...									
... kann mindestens zwei Argumente nennen, eine Wärmepumpe zu den ressourcenschonenden Technologien zählt.									
... kann die unterschiedlichen Wärmequellen von Wärmepumpen aufzählen.									
... kann Vor- und Nachteile von Luft-Wasser-Wärmepumpen nennen.									
... kann Vor- und Nachteile von Wasser-Wasser-Wärmepumpen nennen.									
... kann Vor- und Nachteile von Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdkollektoren nennen.									
... kann Vor- und Nachteile von Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsonden nennen.									
... kann die Faktoren, die die Höhe des Wärmegewinns bei Luft-Wasser-Wärmepumpen beeinflussen, aufzählen.									
... kann die wesentlichen Bauteile einer Wärmepumpe nennen.									
... kann das Funktionsprinzip einer Wärmepumpe erklären									
... kann beispielhaft Drücke und Temperaturen nennen und dem Kreisprozess einer Wärmepumpe zuordnen									

**Abbildung 13 Kann-Liste zur Selbsteinschätzung des Gelernten (Auszug)**

nach Fertigstellung mit dem eines weiteren Schülerpaares zu vergleichen und ggf. anzupassen. Im Anschluss erfolgt die praktische Durchführung der Inbetriebnahme im ESIH des SHK-Labors in Gruppenarbeit. Da nicht alle Gruppen gleichzeitig an der Wärmepumpe arbeiten können, werden währenddessen die Parameter für die Einstellungen am Regelgerät festgelegt und die Kriterien für die Übergabe der WP an den Kunden ermittelt.

Nach der Phase des Kontrollierens und Bewertens (Ablaufplan war stimmig/muss korrigiert werden; Wärmepumpe läuft/läuft nicht) ist die Kann-Liste erneut durch die Lernenden in den Spalten „Nachher“ auszufüllen. Dabei ist eine kritische Selbstreflexion der eigenen Lernfortschritte vorzunehmen und ggf. auf einen Nachweis in den Lernunterlagen zu verweisen (siehe Abbildung 13, Spalte Nachweis). Die Auswertung der Kann-Liste führt in einem kurzen Beratungsgespräch je nach Lernfortschritt entweder in eine Wiederholungs- und Festigungsschleife oder zu einer der beiden weiterführenden Aufgaben. Für die Bearbeitung der weiterführenden Aufgaben ist die Bildung von relativ homogenen Gruppen, mit ähnlichem Leistungsvermögen, vorgesehen.

Als erste weiterführende Aufgabe kann eine energetische Analyse der Luft-Wasser-Wärmepumpe erfolgen, in der der Gewinn an Umweltwärme bilanziert wird. Hierfür müssen zahlreiche Daten im ESIH erfasst und ausgewertet werden, die von Wärmemengenzählern, Temperaturfühlern und Stromzähler geliefert werden. Als Alternative dazu kann als zweite weiterführende Aufgabe per Smartphone und Tablet ein kurzes Lernvideo erstellt werden, auf dem z.B. einzelne reale Bauteile einer Wärmepumpe vorgestellt oder deren Inbetriebnahme vorgeführt werden.

Die hier skizzierte Gestaltung einer Lernsituation ist für uns Lehrende in Bezug auf den Vorbereitungsaufwand und das Managen des Unterrichtsprozesses durchaus fordernd, aber nicht überfordernd. Für die Lernenden stellt sie bedeutsame und komplexe Aufgaben in Bezug zum Lernfeld bereit, eröffnet Freiräume durch Wahlmöglichkeiten (Lernhilfen, weiterführende Aufgaben), ermöglicht unterschiedliche Lernzugänge, den Erwerb von Lern- und Reflexionsstrategien sowie einen flexibleren Umgang mit Zeitressourcen. Darüber hinaus werden Theorie und Praxis miteinander verknüpft. Sehr unterstützend wirkt dabei das Raumkonzept des ESIH und der Laborumgebung, das die praktische Durchführung der Inbetriebnahme und einen schnellen Wechsel einzelner Gruppen zwischen Theorie und Praxis ermöglicht.

## 7 Multiplikation und Perspektiven

Die Ergebnisse des Projektes wurden und werden auf verschiedenen Wegen multipliziert und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Bis Dato wurden zwei Fachaufsätze in einschlägigen Fachzeitschriften veröffentlicht:

- Manshusen, Eric (2020): Lernumgebung zur Berufsorientierung. Das Projekt »Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshaus (ESIH)«. In: Schulverwaltung Niedersachsen, 12/2020.
- Manshusen, Eric (2021): Umgang mit Differenzierung/Heterogenität im Unterricht SHK, Didaktisches Konzept und Umsetzung im „Energieeffizienz-, Schulungs- und Innovationshaus (ESIH)“ an den BBS II Göttingen. In: Lernen & Lehren, 1/2021.

Interessierte Personen können über die Homepage [www.shk-unterricht.de](http://www.shk-unterricht.de) Informationen über Teile des Projektes und das didaktische Konzept erhalten.

Auf der bundesweiten Fachtagung SHK, die nach zweimaliger Verschiebung voraussichtlich im Herbst 2021 in Hamburg stattfinden wird, soll das Projekt einem Fachpublikum präsentiert werden.

Auf Fortbildungsveranstaltungen, die vom Niedersächsischen Institut für Schulische Qualitätsentwicklung (NLQ) akkreditiert sind, sollen interessierte Lehrkräfte berufsbildender Schulen und Ausbilder der Berufsbildungszentren des Handwerks über die Ergebnisse und Möglichkeiten des Projektes informiert werden.

Weitergeführt wird das Projekt federführend durch das Team Versorgungstechnik. Dabei werden weitere Lernsituationen und technische Experimente erstellt.

Die Konzipierung des Weiterbildungsangebotes für das regionale Handwerk erfolgt in enger Kooperation mit der SHK-Innung Südniedersachsen. Allen Sponsoren und Unterstützern wurde zugesagt, dass sie das ESIH für eigene Bedürfnisse nutzen können. Betriebe, Hersteller und Großhändler sind eingeladen, das ESIH für Kundengespräche, -schulungen oder Mitarbeiterfortbildungen zu nutzen, um ihnen hocheffiziente Wandgestaltung, Wärmeerzeugung, -verteilung und Regelung an einem realen Objekt begreifbar aufzuzeigen.

## 8 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 ESIH mit Technikraum im Vordergrund, Esszimmer mit Holzpellet-Ofen und Touchscreen im Hintergrund</i> .....	3
<i>Abbildung 2 Grundriss des ESIH mit technischen Komponenten (ohne KWL + Solarthermie)</i> .....	3
<i>Abbildung 3 SHK-Labor mit ESIH (W121) und Nachbarräum (W122)</i> .....	4
<i>Abbildung 4 SHK-Labor mit den Trainingswänden Gas-Brennwertgeräte und Trinkwasserinstallation und dem ESIH im Zentrum (von links nach rechts)</i> .....	4
<i>Abbildung 5 Zeitstrahl des Projektes mit Meilensteinen</i> .....	5
<i>Abbildung 6 Aufgaben und Lernzuwachs</i> .....	7
<i>Abbildung 7 Schnittstellen und Gesamteindruck</i> .....	8
<i>Abbildung 8 Nachweistabelle DBU</i> .....	9
<i>Abbildung 9 Lernstationen zum Thema Klimawandel &amp; Handwerk</i> .....	11
<i>Abbildung 10 Handlungsablauf der Lernsituation zur Wärmepumpe</i> .....	13
<i>Abbildung 11 Arbeitsblatt der Lernsituation (Auszug)</i> .....	13
<i>Abbildung 12 Hilfe 2: Schütteltext - Funktion einer Wärmepumpe (Auszug)</i> .....	14
<i>Abbildung 13 Kann-Liste zur Selbsteinschätzung des Gelernten (Auszug)</i> .....	14
<i>Abbildung 14 Holz-Pelletkessel mit Warmwasserspeicher und Solarkollektor</i> .....	C
<i>Abbildung 15 ESIH-Wohn/Esszimmer und Technikraum vom Podest aus fotografiert</i> .....	D
<i>Abbildung 16 ESIH-Wohn/Esszimmer mit Monitor für Anlagenschema und Steuerung der KNX-Geräte per Touch und Pellet-Kaminofen</i> .....	E
<i>Abbildung 17 Schüler arbeitet am Zentralgerät der KWL.-Anlage</i> .....	E
<i>Abbildung 18 Flächenheizung an der Trainingswand Hydraulischer Abgleich</i> .....	F
<i>Abbildung 19 Schüler warten einen Filter an der Trainingswand Trinkwasserinstallation (unter Corona-Bedingungen)</i> .....	F

## Anhang I: Fragebogen für Schüler/innen und Auszubildende (Umsetzungsphase)

<b>Beurteilen Sie bitte Ihren Unterricht innerhalb des Projektes „Bauen des Effizienzhauses ESIH“</b>						
<b>Zufriedenheit mit den Aufgaben und dem Lernzuwachs</b>		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
1.	Wie schätzen Sie Ihren Lernzuwachs durch die Arbeit am ESIH ein?	<input type="checkbox"/>				
2.	Wie beurteilen Sie das Lernen und Arbeiten in einer realen Baustellensituation?	<input type="checkbox"/>				
3.	Wie zufrieden sind Sie mit den Aufgaben bzw. Arbeiten, die Sie beim Bau des ESIH übernehmen durften?	<input type="checkbox"/>				
4.	Welche Aufgaben bzw. Arbeiten waren das? a) _____ b) _____ c) _____					
<b>Zufriedenheit mit der Organisation auf der Baustelle</b>		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
5.	Wie bewerten Sie die Einweisungen und Erklärungen für Ihre Aufgaben bzw. Arbeiten?	<input type="checkbox"/>				
6.	Wie beurteilen Sie die Bereitstellung Werkzeug zur Ausführung Ihrer Aufgaben?	<input type="checkbox"/>				
7.	Wie beurteilen Sie die Bereitstellung von Material zur Ausführung Ihrer Aufgaben?	<input type="checkbox"/>				
8.	Welche Bereiche der Organisation müssten Ihrer Meinung nach verbessert werden? a) _____ b) _____					
<b>Gewerke übergreifende Schnittstellen</b> Auf Baustellen müssen unterschiedliche Gewerke aufeinander Rücksicht nehmen und ihre Arbeiten zeitlich abstimmen.					ja	nein
9.	Hatten Sie während Ihrer Arbeiten Berührungspunkte mit anderen Gewerken, z.B. Maurern, Malern, Installateuren, Elektrikern oder anderen?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Wenn ja, welche Gewerke waren das a) _____ b) _____	Sehr wichtig	eher wichtig	mittel	eher unwichtig	Sehr unwichtig
11.	Wie wichtig ist Ihrer Meinung nach die Abstimmung mit anderen Gewerken?	<input type="checkbox"/>				
		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
12.	Wie beurteilen Sie das Projekt: „Bau eines Effizienzhauses zu Unterrichtszwecken im Handwerk“ insgesamt?	<input type="checkbox"/>				
13.	Haben Sie weitere Anmerkungen zu dem Projekt oder zu Ihrem Unterricht im Projekt?					

## Anhang II: Fragebogen für Lehrkräfte (Umsetzungsphase)

<b>Beurteilen Sie bitte Ihren Unterricht innerhalb des Projektes „Bauen des Effizienzhauses ESIH“</b>						
<b>Gewerk</b>						
1.	In welchem Bildungsgang sind Sie tätig?					
	Bautechnik	<input type="checkbox"/>				
	Elektrotechnik	<input type="checkbox"/>				
	Farbtechnik	<input type="checkbox"/>				
	Informationstechnik	<input type="checkbox"/>				
	Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik	<input type="checkbox"/>				
<b>Zufriedenheit mit den Aufgaben und dem Lernzuwachs</b>		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
2.	Wie schätzen Sie den Lernzuwachs Ihrer Schüler durch die Arbeit am ESIH ein?	<input type="checkbox"/>				
3.	Wie beurteilen Sie das Lernen und Arbeiten Ihrer Schüler in einer realen Baustellensituation?	<input type="checkbox"/>				
<b>Zufriedenheit mit der Organisation auf der Baustelle</b>		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
4.	Wie bewerten Sie die Organisation der Arbeiten durch die Projektleitung (Absprachen, Zeitplanung...)?	<input type="checkbox"/>				
5.	Wie bewerten Sie Ihre Organisation der Arbeiten (Vorbereitung der Arbeiten, Anleitung der Schüler...)?	<input type="checkbox"/>				
6.	Wie beurteilen Sie die Bereitstellung von Material durch die Projektleitung zur Ausführung der Aufgaben bzw. Arbeiten?	<input type="checkbox"/>				
7.	Welche Bereiche der Organisation müssten Ihrer Meinung nach verbessert werden?  c) _____  d) _____					
<b>Gewerke übergreifende Schnittstellen</b> Auf Baustellen müssen unterschiedliche Gewerke aufeinander Rücksicht nehmen und ihre Arbeiten zeitlich abstimmen.					ja	nein
8.	Hatten Sie während Ihrer Arbeiten Berührungspunkte mit anderen Gewerken, z.B. Maurern, Malern, Installateuren, Elektrikern oder anderen?				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Wenn ja, welche Gewerke waren das  c) _____  d) _____	Sehr wichtig	eher wichtig	mittel	eher unwichtig	Sehr unwichtig
10.	Wie wichtig ist Ihrer Meinung nach die Abstimmung mit anderen Gewerken?	<input type="checkbox"/>				
		<b>++</b>	<b>+</b>	<b>o</b>	<b>-</b>	<b>--</b>
11.	Wie beurteilen Sie das Projekt: „Bau eines Effizienzhauses zu Unterrichtszwecken im Handwerk“ insgesamt?	<input type="checkbox"/>				
12.	Haben Sie weitere Anmerkungen zu dem Projekt oder zu Ihrem Unterricht im Projekt?					

Anhang III: Impressionen zum ESIH und der Laborumgebung



Abbildung 14 Holz-Pelletkessel mit Warmwasserspeicher und Solarkollektor



Abbildung 15 ESIH-Wohn/Esszimmer und Technikraum vom Podest aus fotografiert



*Abbildung 17 Schüler arbeitet am Zentralgerät der KWL.-Anlage*



*Abbildung 16 ESIH-Wohn/Esszimmer mit Monitor für Anlagenschema und Steuerung der KNX-Geräte per Touch und Pellet-Kaminofen*



*Abbildung 19 Schüler warten einen Filter an der Trainingswand Trinkwasserinstallation (unter Corona-Bedingungen)*



*Abbildung 18 Flächenheizung an der Trainingswand Hydraulischer Abgleich*