



carl-schaefer-schule

**Lernfabrik
Green-Energy 4.0**

Konzeption der Anlage und didaktische Umsetzung

1 Die **Green Energy 4.0-Lernfabrik** verbindet „Digitalisierung“ und „Nachhaltigkeit“

Mit der **Green Energy 4.0-Lernfabrik** werden Technologien gezeigt und erlernt, die regenerativ, ressourcenschonend und damit nachhaltig sind:

Mittels Photovoltaik wird die Sonne als Energiequelle für die Stromerzeugung genutzt, die Thermische Solaranlage wiederum nutzt sie als Quelle zur Wärmeengewinnung.

Die Demonstrationsanlage bildet ab, was heutzutage in einem modernen 1-/2-Familienhaus (Passivhausstandard) an Technik installiert werden kann und bietet die Möglichkeit, verschiedene Komponenten zusammen zu betreiben und hinsichtlich der Investitions- und der Betriebskostenseite, der Kosten-Nutzenseite und hinsichtlich der Ökobilanz zu betrachten sowie verschiedene Kombinationen miteinander zu vergleichen.

Nachhaltige Stromerzeugung

Der durch die Photovoltaik-Anlage erzeugte Strom kann über einen Batteriespeicher gepuffert werden. Dieser selbst erzeugte Strom wird in das Schulnetz eingespeist und dort verbraucht. Zudem soll für E-Autos eine Ladestation installiert werden, die sich aus dem Strom der Photovoltaik-Anlage speist.

Die Anlage wird auf einen Rechner aufgeschaltet, der den erzeugten Strom erfasst und die CO₂-Reduzierung ausrechnet. Die Daten werden auf einem Bildschirm visualisiert.

Eine auf der Wärmeerzeugungsseite installierte Brennstoffzelle speist den erzeugten Strom ebenfalls in den Batteriespeicher ein. Der erzeugte Strom steht den Aggregaten auf der Wärmeerzeugungsseite zur Verfügung.

Nachhaltige Wärmeerzeugung

Die Wärme für Heizung und Brauchwasser kann auf vier verschiedene Arten erzeugt werden, die in der Anlage gezeigt werden.

- Thermische Solaranlage (Vakuurröhrenkollektoren)
- Brennstoffzelle (Entstehende Wärme bei der Stromerzeugung) mit Spitzenlastkessel (Gas-Brennwertgerät)
- Luft/Wasser-Wärmepumpe
- Pelletskaminofen

Alle Aggregate speisen die erzeugte Wärme in einen Pufferspeicher ein.

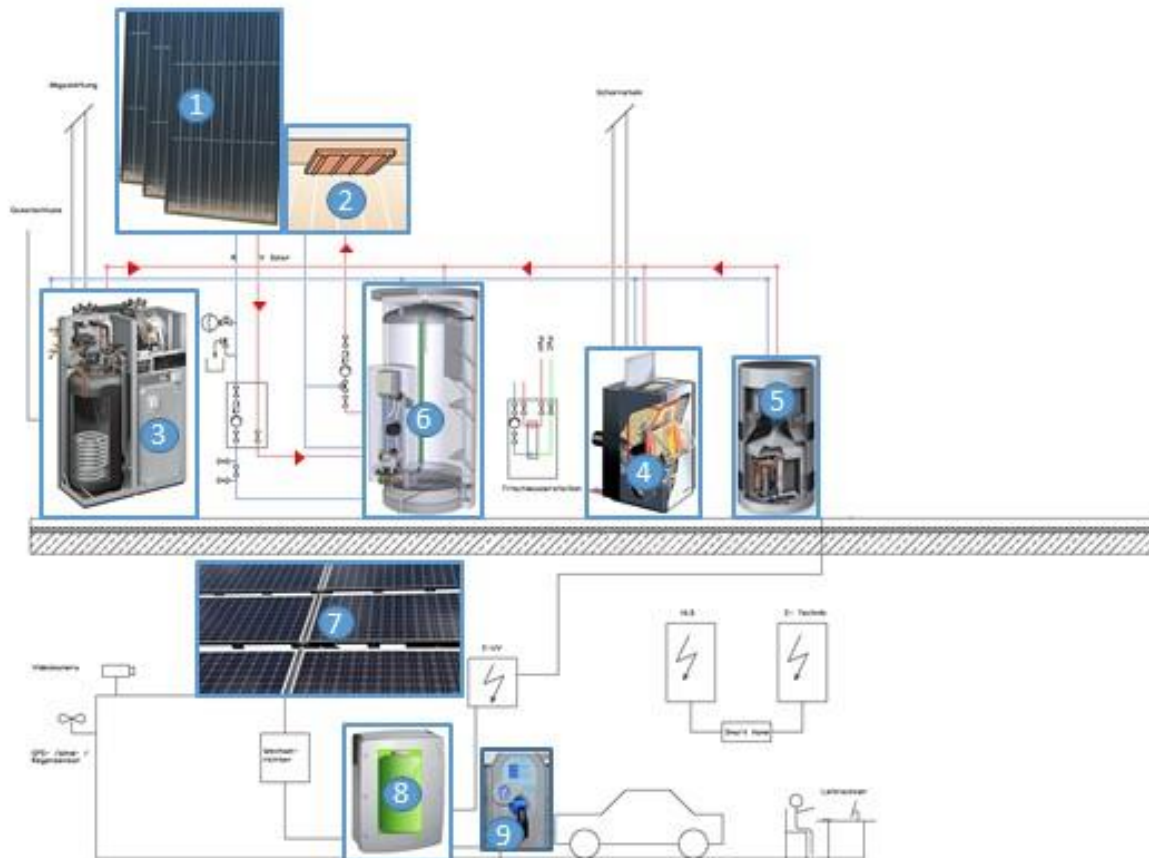
Der Raum, in dem die Lernfabrik untergebracht wird, soll entweder mit Deckenstrahlplatten oder mit einer Wandheizung ausgestattet werden. Der Pufferspeicher versorgt diese Flächenheizung mit Wärme.

Überschüssige Wärme im Pufferspeicher wird in das Schul-Heizungsnetz eingespeist.

Da die Wärmepumpe auch kühlen kann, werden die Deckenstrahlplatten bzw. die Wandheizung im Sommer mit diesem Kühlmedium versorgt.

Aufgrund der heutigen Dichtigkeit von Gebäuden (Vorgaben der Energie-Einsparverordnung) ist in Neubauten eine kontrollierte Wohnraumlüftung erforderlich, die ebenfalls Teil der Anlage ist.

Die Anlage im Überblick



1. Thermische Solaranlage
2. Deckenstrahlplatten
3. Brennstoffzelle
4. Pelletofen
5. Luft/Wasser-Wärmepumpe
6. Pufferspeicher
7. Photovoltaik-Anlage
8. Batteriespeichersystem
9. Ladestation

Anlagenkonzept Green Energy 4.0

Digitalisierung durch Gebäudeautomation / Vernetzung / Monitoring

Der Raum der Lernfabrik wird mit einer Jalousieanlage (Sonnenschutz) und einer dimmbaren Beleuchtung ausgestattet, die über eine Regeleinheit gesteuert wird.

Ein GPS-Sensor erkennt den Gebäudestandort, Jahreszeit, Uhrzeit, Sonnenstand etc. und gibt die Daten an die Regeleinheit weiter. Diese verändert den Winkel der Jalousielamellen, so dass im Sommer die Lamellen eher zufahren. Damit werden die Räume durch die Sonnenenergie nicht so stark aufgeheizt. Im Winter bleibt die Jalousie eher oben, so können die solaren Wärmegewinne zur Raumheizung genutzt werden. Gleichzeitig erkennt ein Sensor die Beleuchtungsstärke und passt die dimmbare Beleuchtung je nach Bedarf an. Über einen Präsenzmelder erkennt die Steuerung außerdem, ob der Raum belegt ist oder nicht und kann Licht und Jalousie sowie Heizung entsprechend steuern und damit energieeffizient einsetzen.

Alle vorgenannten Module im Bereich der Strom- und Wärmeerzeugung und auch die Lüftungsanlage sowie die Komponenten im Bereich der Elektrotechnik werden regelungstechnisch miteinander verbunden.

Die Stromerzeugung wird jeweils mittels Stromzähler erfasst. Mittels Wärmezähler wird bei allen Komponenten die erzeugte und verbrauchte Wärmemenge ermittelt. Alle Module werden auf einen Leitrechner aufgeschaltet. Jede Anlage wird im Rechner mit allen Messwerten visualisiert.

Alle gesammelten Daten fließen in eine sogenannte Monitoring-Anlage, d.h. Werte werden über das Jahr mitgeschrieben, werden archiviert und können z.B. zu Wirtschaftlichkeitsberechnungen herangezogen werden.

Weiterhin kann man mit der Anlage über Smart-Phone kommunizieren, man erhält den aktuellen Status, kann von außen eingreifen, bekommt Störmeldungen aufs Handy etc.

Die Anlage kann auf eine Wartungsfirma aufgeschaltet werden, so dass bei Störungen oder Fälligkeit der Wartung eine Meldung an diese ergeht.

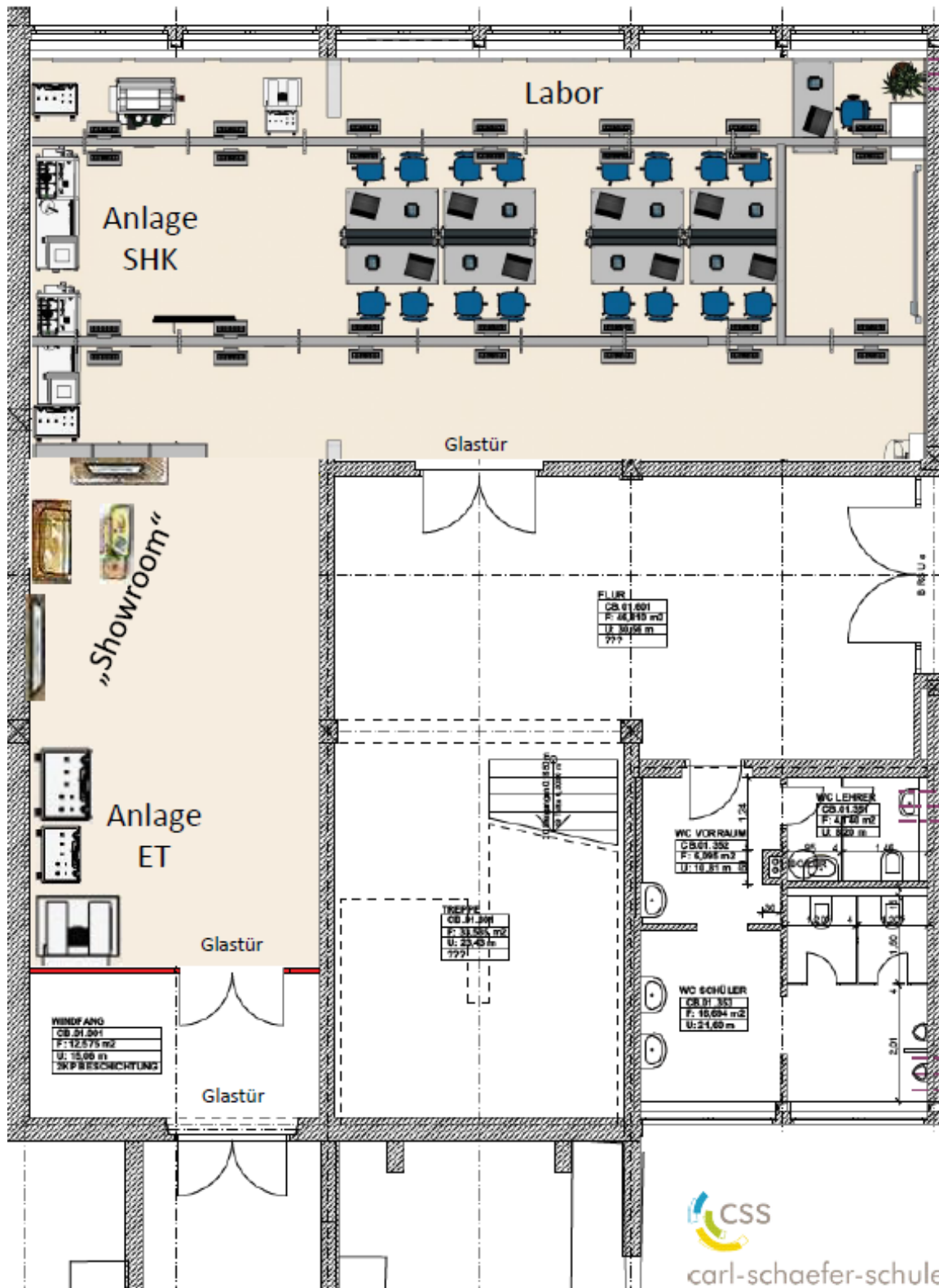
Enge Verknüpfung von Anlage und Labor

Die Grundlagen der in der Gesamtanlage wirksamen Technologien und einzelne Komponenten daraus werden anhand von Versuchs- und Demonstrationsständen im Labor den Schülern didaktisch aufbereitet modular vermittelt.

Die in der Anlage verbauten Elemente Solarthermie und Wärmepumpentechnologie sowie die Themen Internet of Things / Energieeffizienz und Gebäudeautomatisierung / Smart home finden sich als Versuchsstände bzw. Lernstationen im Labor wieder. Die Modelle ermöglichen es, die Abläufe in der realen Anlage nachzuvollziehen und direkt in die Konfiguration einzugreifen. Die Schülerinnen und Schüler lernen an der großen und komplexen Anlage ebenso wie in kleinteiligeren Lernsituationen in Gruppenarbeit und erhalten damit sowohl induktiv als auch deduktiv Zugang zum Lerngegenstand. So kann schrittweise das notwendige Detailwissen erlernt und die im Beruf erforderlichen Handlungskompetenzen anhand unterschiedlichster Lernsituationen erworben werden.

Als besondere Art des Lernens und der Veranschaulichung im Labor wird ein Modellhaus in Kleinformat als Showroom aufgebaut. In diesem wird in besonderer Weise der Smart-home-Gedanke realisiert und dargestellt. Hier kann z.B. das Zusammenspiel und die energieeffiziente Nutzung von Jalousiensteuerung, Tageslicht und künstlicher Beleuchtung sowie Raumtemperatur gezeigt werden.

Raumkonzeption von Anlage und Labor



2 Die **Green Energy 4.0-Lernfabrik** zeigt „Digitalisierung“ in Handwerks- und in Industrieberufen

Der Beruf Anlagenmechaniker Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik ist ein besonderes Beispiel dafür, dass die Digitalisierung im Handwerk bereits angekommen ist und umgesetzt wird. Anlagen zur Bereitstellung von Energie für die Trinkwassererwärmung, Beheizung und Lüftung von Wohnräumen werden zunehmend in Smart-Home-Konzepte eingebunden und zu Service-Zwecken mit Herstellern vernetzt. Beiden Aspekten wird in der Green-Energy 4.0-Lernfabrik Rechnung getragen.

An der realen, voll funktionstüchtigen Gesamtanlage, die ressourcenschonende Komponenten von unterschiedlichen Anbietern (Buderus, Paradigma, Viessmann) zusammenführt und datentechnisch vernetzt, werden anschaulich Funktionsweisen, Inbetriebnahme- und Wartungsvorgänge im wahrsten Sinne des Wortes begreifbar. Die häufig als sehr abstrakt empfundenen regelungstechnischen Abläufe und Zusammenhänge werden anschaulich visualisiert und mit konkreten Sensoren und Stellgliedern verknüpft.

Auch für Auszubildende des industriell geprägten Berufs des Elektronikers für Betriebstechnik ist die Anlage ein gut geeignetes Anschauungsobjekt und Übungsfeld. Der Elektroniker für Betriebstechnik soll in seiner Ausbildung u.a. lernen, Systeme und Anlagen der Energieversorgungstechnik, der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Kommunikationstechnik in Betrieb zu nehmen, in Stand zu halten und zu betreiben. An der Anlage können die Auszubildenden analysieren, wie die Steuerungen und Regelungen der unterschiedlichen Systeme ineinandergreifen und funktionieren. Im Labor sollen sie die verschiedenen Komponenten in immer komplexeren Systemen vernetzen, programmieren, in Betrieb nehmen und testen. Dies geschieht auf der Basis der KNX-Installationsbus-Technologie, dabei werden verschiedene Sensoren und Aktoren verwendet.

Neben den jeweils spezifischen fachlichen Kompetenzen wird über das

Ineinandergreifen von Elektrotechnik und Sanitär- Heizungs- und Klimatechnik auch die Notwendigkeit gewerkeübergreifenden Denkens und Handelns betont. Damit lernen Auszubildende verschiedener Berufe durch die gemeinsame Nutzung der Lernfabrik über ihr eigenes Berufsbild hinauszudenken und zu kooperieren.

Aufgrund der Vielseitigkeit der Anlage können Vor- und Nachteile der verschiedenen Konzepte betrachtet werden und fördern kritisches Auseinandersetzen mit der Werbung der Hersteller.

Die heute allgegenwertigen Themen der Datensicherheit und Dokumentationspflicht schaffen Verbindung zu den allgemeinbildenden Fächern und fordern den verantwortungsbewussten Handwerker, Facharbeiter und Bürger.

3 Die *Green Energy 4.0-Lernfabrik* ist ein schul- und schulartübergreifendes Projekt

Die Schüler des Technischen Gymnasiums sowohl der Oscar-Walcker-Schule als auch der Carl-Schaefer-Schule können die Anlage nutzen sowohl für profilbezogene Themen als auch für spezielle Themen aus dem profilübergreifenden Fach „Sondergebieten der Technik“. Hier werden zukunftsweisende Konzepte der Umwelt- und Energiewirtschaft sowie Elektromobilität behandelt. Die *Green Energy 4.0-Lernfabrik* eignet sich besonders für handlungsorientierten Unterricht. Dabei werden Erkenntnisse der Naturwissenschaften, der Technik und der Mathematik zusammengeführt.

Darüber hinaus eignet sich die Anlage auch dafür, im Fach BWL Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchzuführen, Investitions- und Finanzierungsalternativen aufzuzeigen. Außerdem kann am Leitbeispiel der *Green Energy 4.0-Lernfabrik* sowohl im Fach BWL als auch im Fach Projektmanagement die tarif- und arbeitsrechtliche Situation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Unternehmen mit hohem Digitalisierungsgrad kontrovers diskutiert werden.

Neben den Kooperationsmöglichkeiten innerhalb der verschiedenen Profile des Beruflichen Gymnasiums an beiden Schulen bieten sich auch schulartübergreifend Kooperationen zwischen der Berufsschule und dem Beruflichen Gymnasium an. In gemeinsamen Projekten können Auszubildende ihr berufsspezifisches Wissen und Können weitergeben, damit ihren Beruf professionell präsentieren und auch die Wertigkeit der Berufsausbildung zeigen.

Für Fachschüler bietet die Lernfabrik Themenfelder für Technikerarbeiten durch Erweiterungs-, Optimierungs- oder Vertiefungsmöglichkeiten der Anlage oder des Labors. Z.B. können angehende Techniker des Elektrotechnikbereichs in der Datenanalyse und –aufbereitung und des Monitorings lohnende Themen für Technikerarbeiten finden.

4 Die **Green Energy 4.0-Lernfabrik** bedeutet, **Digitalisierung umfassend zu betrachten**

Nicht nur die technische Seite, die durch die Anlage und das Labor gezeigt wird, steht im Zentrum der Betrachtung. Die Lernfabrik wird flankiert durch Unterrichtsprojekte zum Thema Datensicherheit. Dies geschieht beispielsweise im Projekt „Datensicherheit im Netz“ (DsiN) in der Berufsschule, wodurch die Auszubildenden auf eine sichere und souveräne Nutzung digitaler Technologien im Berufsalltag vorbereitet werden.

Zudem sind ethische Fragestellungen zur Auswirkung der Digitalisierung auf den Menschen in der Arbeitswelt und im privaten Bereich in allen Schularten Gegenstand der Auseinandersetzung.

Zur kritischen Auseinandersetzung mit den Folgen der Digitalisierung gehört es auch, neben den negativen Auswirkungen auf die Umwelt auch die Chancen und positiven Möglichkeiten für den Klimaschutz und die Energienutzung zu betrachten. Damit wird erneut die Verknüpfung mit dem Thema „Nachhaltigkeit“ sichtbar. Nachhaltiges Wirtschaften kann anschaulich am Thema Energiegewinnung und –verbrauch der Anlage und anhand der dort ermittelten Daten gezeigt werden. Damit führt die

Green Energy 4.0-Lernfabrik ein bereits im vergangenen Schuljahr durchgeführtes Schwerpunktthema „REdUSE“ weiter, bei dem bereits Möglichkeiten der Ressourceneinsparung durch Recycling, Upcycling, Reusing usw. in kleineren Projekten behandelt wurde.

5 Die **Green Energy 4.0-Lernfabrik** an der Carl-Schaefer-Schule ist vielfältig nutzbar

Im Labor der Lernfabrik lassen sich die physikalisch-technischen Grundlagen und deren Umsetzung in der Anlage vom einfachsten Prinzip bis zur komplexen Durchdringung auf jedem Niveau durchspielen. Daher ist die Lernfabrik vielfältig nutzbar und für ein breites Publikum attraktiv.

Ressourcenschonende Energiegewinnung und Smarte Haustechnik sind von allgemeinem Interesse und so soll die Lernfabrik sowohl von den Fachleuten der SHK-Innung, von Unternehmen und Studierenden der Hochschule genutzt werden als auch ein Schulungsort für interessierte Nicht-Fachleute werden. Für sie werden vom Verein der Freunde der Carl-Schaefer-Schule organisierte Fachseminare angeboten.

Es ist ebenso denkbar, dass Allgemeinbildende Schulen die Anlage und das Labor nutzen können im Sinne der Berufsorientierung oder für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Insbesondere im Labor könnten Schüler der Berufsschule oder des Beruflichen Gymnasiums Schülern Allgemeinbildender Schulen die Anlage zeigen oder die Funktionsweisen einzelner Bereiche der Energie- und Wärmetechnik erläutern. Dies kann im Rahmen bereits bestehender Schulkooperationen geschehen und auch darüber hinaus.