

- **Entwurf**

Klimaschutzkonzept

**Realschule am Giersberg/
Schulzentrum**

Stand November 2021

Dr. Sebastian Albert-Seifried
Dieter Seifried

Büro Ö-quadrat GmbH
November 2021

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Danksagung und Weckruf	9
2.1	Danksagung	9
2.2	Weckruf zur Klimaneutralität	9
3	Zielsetzung und Hintergrund des Projektes	11
4	Ergebnisse der CO ₂ -Bilanz für das Jahr 2019.....	13
4.1	Abgrenzung innerhalb des Schulzentrums Dreisamtal	14
4.1.1	Abgrenzung Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien.....	15
4.1.2	Abgrenzung Verkehr & Mobilität	15
4.1.3	Abgrenzung Ernährung & Beschaffung	15
4.2	Emissionsfaktoren	15
4.3	Bewertung von Öko-Strom.....	16
4.4	Vergleich der CO ₂ -Bilanz mit anderen Schulen	17
5	Klimaschutzkonzept Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien.....	19
5.1	Heizenergie.....	19
5.1.1	Derzeitige Situation und Wärmebrücken	19
5.2	Handlungsansatz Wärmebedarf und Heizungsaustausch	21
5.2.1	Sonstige Maßnahmen zur Reduktion der Heizungsemissionen	24
5.2.2	Alternative BHKW.....	24
5.3	Handlungsansatz Stromverbrauch	25
5.3.1	Beleuchtung.....	26
5.3.2	Pumpen: Leistungsreduktion durch hydraulischen Abgleich und Vermeidung von Heizzeiten.	35
5.3.3	Kleininvestive Maßnahmen und Verhaltensänderungen zur Einsparung von Strom ...	36
5.4	Stromerzeugung durch Solaranlage	37
5.5	Zusammenfassung Klimaschutzkonzept Bereich Strom.....	40
5.6	Zusammenfassung Gebäudeenergie	40
5.7	Ein Blick über den Tellerrand hinaus	43
6	Verkehr & Mobilität.....	44
6.1	Vorgehen und Erstellen der Mobilitätsumfrage.....	44
6.2	Emissionen für Schulweg Schüler*innen.....	44
6.2.1	Verkehrsmittelwahl und zurückgelegte Personenkilometer.....	44

6.2.2	Berechnung der Emissionen	45
6.3	Emissionen für Schulweg Lehrer*innen	47
6.4	Emissionen für Klassenfahrten	48
6.5	Zusammenfassung CO ₂ -Emissionen Verkehr	49
6.6	Vorschläge für die Vermeidung von Emissionen im Verkehrsbereich	49
6.6.1	Hemmnisse abbauen	50
6.6.2	Anreize schaffen	51
6.6.3	Schwachstellenanalyse und ihre Möglichkeiten zur Beseitigung	51
6.7	Auswirkungen auf die CO ₂ -Bilanz im Verkehr	54
6.7.1	Umsteigen aufs Rad	54
6.7.2	Klassenfahrten	54
6.7.3	Sonstige Aspekte	54
7	Ernährung & Beschaffung	56
7.1	Emissionen Schulkantine	56
7.1.1	Situation der Essensversorgung an der Schule	56
7.1.2	Welche Emissionen sind mit der Herstellung der Speisen verbunden?	56
7.2	Emissionen Beschaffung	58
7.2.1	Papierverbrauch der Schule	58
7.2.2	Abschätzung der Emission	58
7.3	Maßnahmen im Bereich Schulkantine und Beschaffung	59
7.3.1	Dem Klima ist nicht egal, was wir essen	59
7.3.2	Zusammenfassung Ernährung	64
7.3.3	Maßnahmen Beschaffung	66
7.4	Sonstige Maßnahmen	66
8	Mehr Klimaschutz	67
8.1	Mehr Klimaschutz an Schulen	67
8.2	Zusammenstellung der Maßnahmen	68
8.3	Über die Schule hinaus	68
8.4	Modellprojekt für den Klimaschutz	69
9	Zusammenfassung und Bewertung der Einsparpotentiale	70
9.1	CO ₂ -Einsparpotential Variante Holzhackschnitzel	70
9.2	CO ₂ -Einsparpotential Variante BHKW	71
9.3	Begründung für die Marginal-Betrachtung	73
10	Kosten-Nutzen-Abschätzung der investiven Maßnahmen	75
11	Anhang	77

11.1	Fragebogen Verkehr	77
11.2	Das Prinzip der Merit Order und die Marginalbetrachtung	78
12	Referenzen:	80

1 Zusammenfassung

Das hier vorliegende Klimaschutzkonzept der Realschule am Giersberg wurde im Rahmen des Projektes Schools4Future erstellt. Mitgewirkt haben das Wuppertal Institut, Büro Ö-quadrat, sowie Schüler*innen der Klasse 9c.

Kapitel 2 umfasst die Danksagung an alle Beteiligten am Klimaschutzkonzept und ist gleichzeitig ein Weckruf an den Schulträger, an die Schule und alle Eltern, jetzt ernst zu machen mit den Maßnahmen gegen die Klimaveränderung.

In Kapitel 3 wird der Hintergrund des Projektes sowie die Zielsetzung beschrieben. Aufbauend auf den Ergebnissen der CO₂-Bilanz (siehe Kapitel 4) werden in Kooperation mit einer Schülerarbeitsgruppe Überlegungen angestellt, Vorschläge entwickelt und Aktionen umgesetzt, um die Schule zu einem klimaneutralen Lernort zu entwickeln. Mit dem hier vorgelegten Klimaschutzkonzept werden in den folgenden Kapiteln konkrete Maßnahmen zur Umsetzung vorgeschlagen sowie die Wirkung der Maßnahmen auf die CO₂-Bilanz quantitativ ermittelt, bzw. abgeschätzt.

In Kapitel 4 (Ergebnisse der CO₂-Bilanz) wird ein Rückblick auf die wichtigsten Ergebnisse der CO₂-Bilanz gegeben, die ebenfalls im Rahmen des Projektes Schools4Future erstellt wurde. Die CO₂-Emissionen betrugen im Referenzjahr 2019 insgesamt 479 kg CO₂ pro Schüler*in. Die höchsten Emissionen entstanden im Bereich „Gebäudeenergie und Erneuerbare Energien“ mit 62%, gefolgt von „Verkehr und Mobilität“ mit 32% und „Ernährung und Beschaffung“ mit 6%. Auch wenn die Schule im Vergleich zu anderen Bildungseinrichtungen nicht schlecht abschneidet, gibt es in einigen Bereichen große Einsparpotentiale.

Kapitel 5 (Klimaschutzkonzept Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien) widmet sich den Themen Wärmeerzeugung und Verbrauch an der Schule, Stromverbrauch und PV-Potential. Wir zeigen in welchen Bereichen mit geringem Aufwand Wärme eingespart werden kann und wie die CO₂-Emissionen im Heizungsbereich um über 70% gesenkt werden können. In Abschnitt 5.3 zeigen wir Handlungsansätze für die Reduktion des Stromverbrauchs. Auch wenn in den letzten Jahren schon einiges im Beleuchtungsbereich verbessert wurde, lässt sich der Stromverbrauch durch relativ einfache Maßnahmen um weitere 30% reduzieren – und dies bei einem günstigen Kosten-Nutzenverhältnis. Das größte Klimaschutzpotential im Gebäudebereich liegt im Bereich der Erneuerbaren Energien. Die Dachflächen auf dem Schulgebäude und der Turnhalle sind groß genug um eine PV-Anlage mit mehr als 400 kW Leistung zu installieren. Mit dem gewonnenen Solarstrom könnten die kompletten CO₂-Emissionen kompensiert werden, die im Gebäudebereich nach Umsetzung der Einsparmaßnahmen und der Heizungsumstellung auf Holzhackschnitzel oder BHKW noch anfallen (Abschnitt 5.4 bis 5.6).

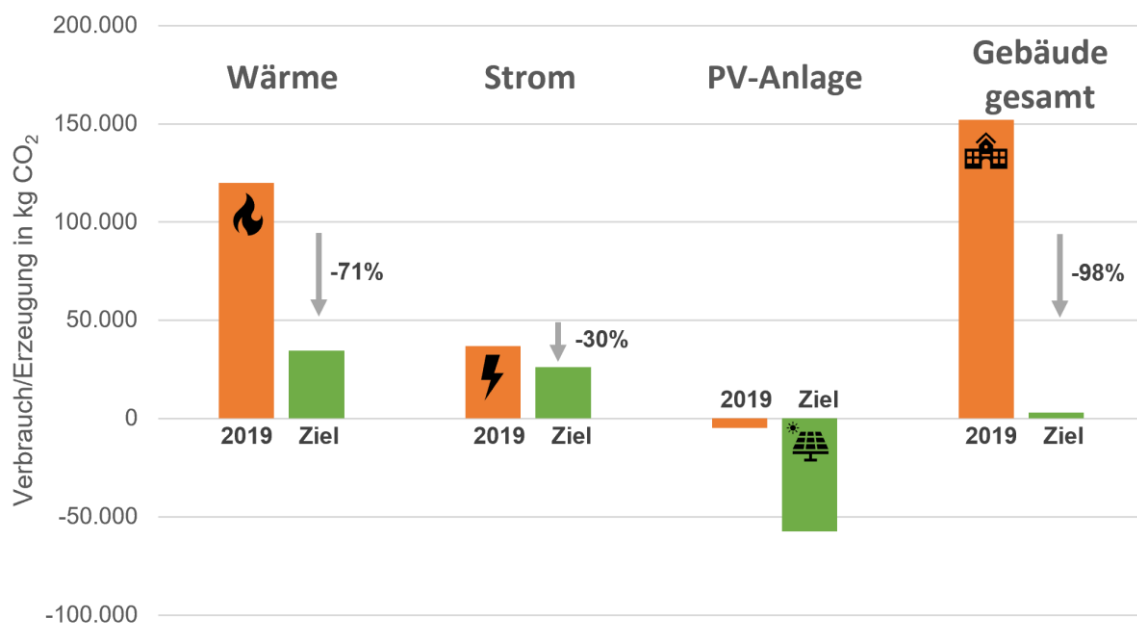


Abbildung 1: Gebäudebezogene CO₂-Emissionen der Realschule Kirchzarten in kg CO₂/Jahr vor und nach Sanierung. „Ziel“ stellen hier die Emissionen dar, die nach Umsetzung der dargelegten Maßnahmen anfallen werden. Es sind also keine gesetzten Ziele, sondern die erwarteten Ergebnisse nach Sanierung.

In Kapitel 6 (Verkehr & Mobilität) haben wir über eine Umfrage das Mobilitätsverhalten von Schüler*innen und Lehrer*innen abgefragt und ausgewertet. 446 der 513 Schüler*Innen der Realschule am Giersberg (87 Prozent) nahmen an der Umfrage teil. So konnte durch die Umfrage ein sehr klares Bild über die Verkehrswege der Schüler*innen sowie über die genutzten Transportmittel erstellt werden.

Auf Basis der Mobilitätsumfrage wurde zunächst die gesamte Wegstrecke aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg für die einzelnen Verkehrsmittel für ein Jahr hochgerechnet. Durch den Schulweg aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg entstehen etwa 60 Tonnen CO₂ pro Jahr.

	Gesamtstrecke in km		Emissionsfaktor	Emissionen
	für Teilnehmer	für gesamte Schule	in gCO ₂ /km	in kg CO ₂
zu Fuß / Fahrrad	6.408	7.371	0	0 kg CO ₂
Fahrrad	241.137	277.362	0	0 kg CO ₂
Bus	741.344	852.712	32	27.287 kg CO ₂
andere ÖPNV (S-Bahn/Bahn,...)	99.080	113.964	58	6.610 kg CO ₂
E-Bike / E-Scooter	3.250	3.738	4	15 kg CO ₂
Moped / Motorrad	12.100	13.918	60	835 kg CO ₂
Auto (Kleinwagen)	18.222	20.959	120	2.515 kg CO ₂
Auto (Mittelklasse)	70.024	80.543	147	11.840 kg CO ₂
Auto (Oberklasse/SUV)	50.435	58.012	190	11.022 kg CO ₂
Sonstige	3.600	4.141		
Gesamtstrecke Schulweg:		1.432.719		60.124 kg CO₂

Abbildung 2: Berechnung der schulwegbedingten CO₂-Emissionen aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes wurden die Schwachstellen im Radwegenetz untersucht und Vorschläge zur Verbesserung entwickelt. Gleichzeitig werden Möglichkeiten aufgezeigt, das Radfahren noch attraktiver zu machen. Die Wirkung der vorgeschlagenen Maßnahmen im Verkehrsbereich können nicht genau im Voraus bestimmt werden. Für unsere Berechnungen gehen wir davon aus, dass 25 Prozent der Schüler*innen und Lehrer*innen, die derzeit mit dem Auto zur Schule kommen, aufs Rad umsteigen. Dies hätte zur Folge, dass die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen der Schulwege um 12 % sinken.

Kapitel 7 des Klimaschutzkonzeptes behandelt das Thema Ernährung & Beschaffung. Bereits für die Erstellung der CO₂-Bilanz für die Realschule am Giersberg haben die Schüler*innen auf der Basis von Emissionsfaktoren der einzelnen Zutaten und mithilfe des CO₂-Rechners und Arbeitsblätter die Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Gerichte im Schülerhaus ermittelt. Mit den täglich etwa 150 verkauften Essen im Schülerhaus ergeben sich für die Schulessen Emissionen von insgesamt 12.800 kg CO₂ für das Bezugsjahr 2019. Zusammen mit den Schüler*innen haben wir vielfältige Möglichkeiten aufgezeigt, das Mensaessen weniger klimabelastend zu gestalten und das Wissen und das Bewusstsein für eine gesunde und klimafreundliche Ernährung bei Schüler*innen, Lehrer*innen und in der Öffentlichkeit zu stärken. Basierend auf diesen Ideen und Maßnahmen haben wir die erzielbare Reduktion der CO₂-Emissionen im Bereich Mensa mit 20 Prozent abgeschätzt.

In Kapitel 8 zeigen wir Möglichkeiten auf, wie das bisher an den meisten Schulen vernachlässigte Themen Klimawandel und klimagerechtes Verhalten stärker eingebracht werden könnte. Vor dem Hintergrund der immer stärker spürbaren Klimaveränderung ist das möglichst umgehend und weitreichend zu ändern. Das Klimaschutzkonzept zeigt auch die Handlungsmöglichkeiten des Schulträgers auf. Da der Landkreis über mehrere Schulen verfügt, die einer Sanierung bedürfen, könnte die Realschule am Giersberg als Modellprojekt herangezogen werden und interessante Erfahrungen für die Umsetzung von klimaneutralen Schulen liefern.

In Kapitel 9 werden zwei Lösungsansätze zur CO₂-Reduktion miteinander verglichen. Einerseits eine Heizungsumstellung auf Hackschnitzel, andererseits der Einbau eines Grundlast-BHKWs. Beide Ansätze führen zusammen mit den Effizienzmaßnahmen und dem Ausbau der Solarenergie zu einer weitreichenden CO₂-Einsparung bis hin zur Klimaneutralität. Entscheidend für die Beurteilung der beiden Varianten ist dabei, wie man die zusätzliche Stromerzeugung durch BHKW und PV im Hinblick auf die zukünftigen CO₂-Emissionen einschätzt. Zwei unterschiedliche Ansätze (Bewertung des erzeugten Stroms mit den durchschnittlichen CO₂-Emissionen des Strommixes sowie nach einem Mix aus Grenzkraftwerken) werden diskutiert und gegenübergestellt.

Abbildung 3 zeigt die CO₂-Gesamtbilanz der Schule bei Installation eines Erdgas-BHKW zur Abdeckung der Wärmegrundlast (70 Prozent) sowie unter Berücksichtigung der CO₂-Emissionen von einem Mix aus marginalen Kraftwerken.

Eine erste Kosten-Nutzen-Abschätzung der investiven Maßnahmen wird in Kapitel 10 vorgenommen.

Änderungen der Gesamtemissionen mit BHKW (marginale Betrachtung)

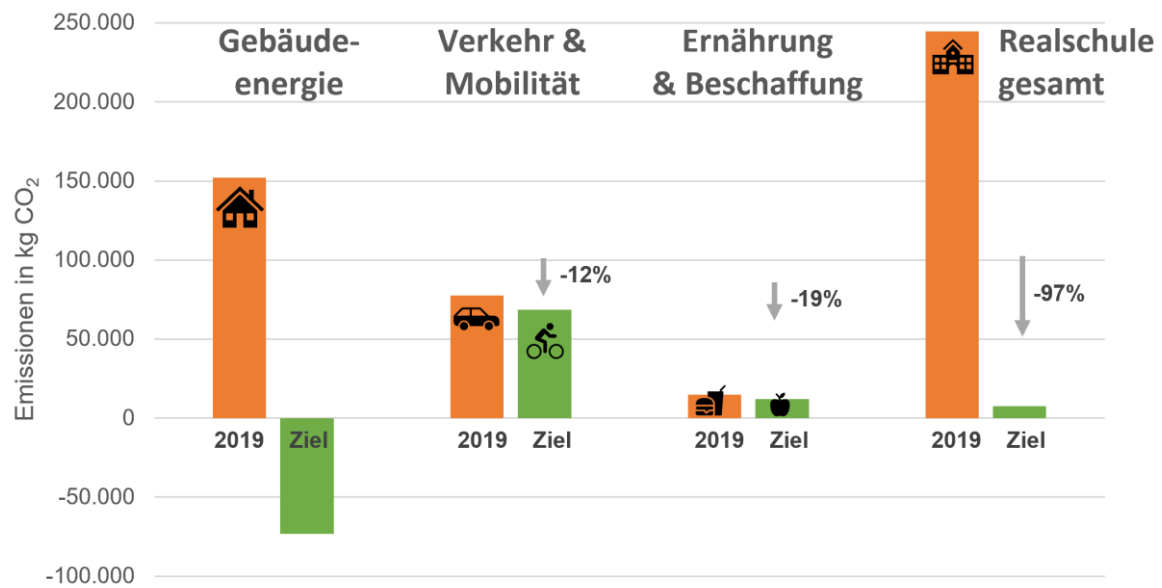


Abbildung 3: Gesamtemissionen mit BHKW mit Bewertung nach Grenzkraftwerk

2 Danksagung und Weckruf

2.1 Danksagung

Das hier vorliegende Klimaschutzkonzept ist im Rahmen des Projektes Schools4Future mit einer freiwilligen Arbeitsgruppe der Klasse 8c im Schuljahr 2020/21, bzw. 9c im Schuljahr 2021/22 entstanden.

Wir bedanken uns bei den Mitgliedern der Arbeitsgruppe, die ihre freien Nachmittage für dieses Projekt und für den Klimaschutz geopfert haben. Dies ist gerade vor der eingeschränkten Freizeit der Realschüler einer neunten Klasse keineswegs selbstverständlich. Mitgewirkt haben Annika, Kerstin, Laurelia, Livia, Lucia, Mia, Moritz, Sarah und Tobias. Das Projekt wurde begleitet vom Klassenlehrer Markus Reuß, der uns tatkräftig beiseite stand.

Bedanken möchten wir uns auch bei den beiden Hausmeistern, Herrn Figlestahler und Herrn Hauser, die uns kompetent viele Fragen zum Energiesystem des Schulzentrums beantworteten und uns viele Türen öffneten – und hinter uns wieder abschließen mussten....

Unser Dank geht auch an Schulleiter Ulrich Denzel, der unser Projekt von Anfang an interessiert aufgenommen und unterstützt hat und die Schüler*innen in der Gesamtlehrerkonferenz zu Wort kommen ließ.

2.2 Weckruf zur Klimaneutralität

Im Mai 2021 hat die Bundesregierung beschlossen, dass Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden soll. Klimaneutralität bedeutet im Sinne des Regierungsbeschlusses, dass keine fossilen Energieträger mehr verbrannt werden dürfen, sondern nur noch erneuerbare Energiequellen eingesetzt werden. Dort wo noch unvermeidliche Emissionen von CO₂-Äquivalente entstehen, müssen sie durch Kompensationsmaßnahmen (Befeuchtung Moore, Anpflanzen von Wäldern, Carbon Capture and Storage (CCS)) neutralisiert werden.

Um das gesellschaftliche Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, müssen alle Haushalte, alle Industriebetriebe, alle Verwaltungen und alle Schulen versuchen klimaneutral zu werden. Entsprechend müssen auch die 245 Tonnen CO₂-Emissionen, die dem Schulbetrieb der Realschule Giersberg zugerechnet werden können, bzw. die 463 Tonnen CO₂, die vom gesamten Schulzentrum verursacht werden, auf bilanziell Null reduziert werden.

Wir werden zeigen, wie das gelingen kann: Durch Energie-, Wasser- und Stromeinsparung, durch Umstellung auf Holzhackschnitzel und PV-Strom können die Emissionen sehr stark reduziert werden. Auch der Verkehrsbereich kann CO₂-ärmer werden, wenn mehr Lehrer*innen und Schüler*innen klimafreundlich zu Fuß oder Rad zur Schule kommen und für die nicht anders zu bewältigenden Fahrten Fahrzeuge genutzt werden, die anstatt mit Benzin oder Diesel mit Strom aus erneuerbaren Energien angetrieben werden. Dies setzt jedoch voraus, dass in einem erheblichen Umfang zusätzliche regenerative Energiequellen erschlossen werden.¹ Für das Klimaschutzkonzept der Schule lässt sich daraus ableiten, dass mit Hilfe der Solaranlage ein Stromüberschuss erzielt werden sollte, damit Emissionen in anderen Bereichen kompensiert werden können. Dies kann jedoch nur dann

¹ Ein Bezug von Öko-Strom führt hingegen nicht zu einer CO₂-Reduktion

gelingen, wenn einerseits die vorhandenen Dachflächen so weit wie möglich genutzt werden und zudem der Stromverbrauch an der Schule durch den Einsatz effizienterer Technologien reduziert wird. Im Bereich Ernährung könnten sich Verbesserungen in der Bilanz ergeben, wenn nicht mehr jeden Tag ein Fleischgericht angeboten wird, mehr Schüler*innen und Lehrer*innen das vegetarische Gericht wählen und beim Angebot der Gerichte noch stärker auf saisonale und regionale Vorprodukte sowie auf Gemüse und Obst aus biologischem Anbau geachtet wird.

Der neueste Bericht des Weltklimarates IPPC ist ein weiterer Weckruf: Der Weltklimarat warnt in seinem neuen Sachstandsberichts vom 10.8.2021 vor einer deutlich rascheren globalen Erwärmung (IPCC 2021; tagesschau.de 2021). Diese schreite schneller voran als bislang angenommen. Die Erde werde sich bei der derzeitigen Entwicklung bereits bis 2030 um 1,5 Grad im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter erwärmen - und damit zehn Jahre früher als noch 2018 prognostiziert. Umweltministerin Thekla Walker (Grüne) hat besorgt auf den aktuellen Bericht des Weltklimarats IPPC reagiert.

"Der Klimawandel ist längst keine abstrakte Gefahr mehr, er trifft auch Baden-Württemberg und Deutschland in immer kürzeren Abständen und verändert das Leben aller Menschen." Das zeigten die jüngsten Überschwemmungen in Deutschland, aber auch die Hitzetoten in Kanada sowie die verheerenden Waldbrände in der Türkei und Griechenland. Die Umweltministerin Baden-Württembergs, Thekla Walker, forderte Maßnahmen gegen den Klimawandel einzuleiten, etwa den Ausbau der erneuerbaren Energien voranzutreiben. *"Die Zeit der schönen, folgenlosen Sonntagsreden ist vorbei. Es geht um nichts geringeres, als dass unsere Kinder und Enkel noch einen lebensfähigen Planeten vorfinden."* (S. W. R. Aktuell 2021)

Besser kann man es nicht ausdrücken. Jetzt muss nur noch gehandelt werden.

3 Zielsetzung und Hintergrund des Projektes

Im Dezember 2020 wurde eine CO₂-Bilanz für die Realschule am Giersberg in Kirchzarten vorgelegt. Die Zusammenstellung der CO₂-Emissionen wurde in Kooperation mit den Schüler*innen der Klasse 8c erstellt. Hintergrund ist ein Klimaschutzprojekt, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird und gemeinsam vom Wuppertal Institut und dem Freiburger Büro Öquadrat durchgeführt wird.

Aufbauend auf der CO₂-Bilanz wurden in Kooperation mit einer Schülerarbeitsgruppe Überlegungen angestellt, Vorschläge entwickelt und Aktionen umgesetzt, um die Schule zu einem klimaneutralen Lernort zu entwickeln. Mit dem hier vorgelegten Klimaschutzkonzept werden konkrete Maßnahmen zur Umsetzung vorgeschlagen. Weiterhin wird die Wirkung der Maßnahmen auf die CO₂-Bilanz quantitativ ermittelt, bzw. abgeschätzt.

Die erarbeiteten Ergebnisse sollen von den Schülern der Schulgemeinschaft (und gegebenenfalls auch dem Schulträger in einer Veranstaltung an der Schule vorgestellt und diskutiert werden.

Da in dem gesamten Projektvorhaben mehrere Schulen mitmachen werden, können die Schüler*innen im späteren Projektverlauf ihren CO₂-Fußabdruck mit dem Fußabdruck anderer Schulen vergleichen. Dazu werden die aktiven Schüler*innen der vier Pilotschulen miteinander vernetzt. Mit dem angestrebten Peer-to-Peer Learning-Konzept können die Schüler*innen viel voneinander lernen und werden gleichzeitig darin geschult, wie sie anderen Schulen in ihrer Nachbarschaft beibringen können, den CO₂-Verbrauch ihrer Schule zu ermitteln.

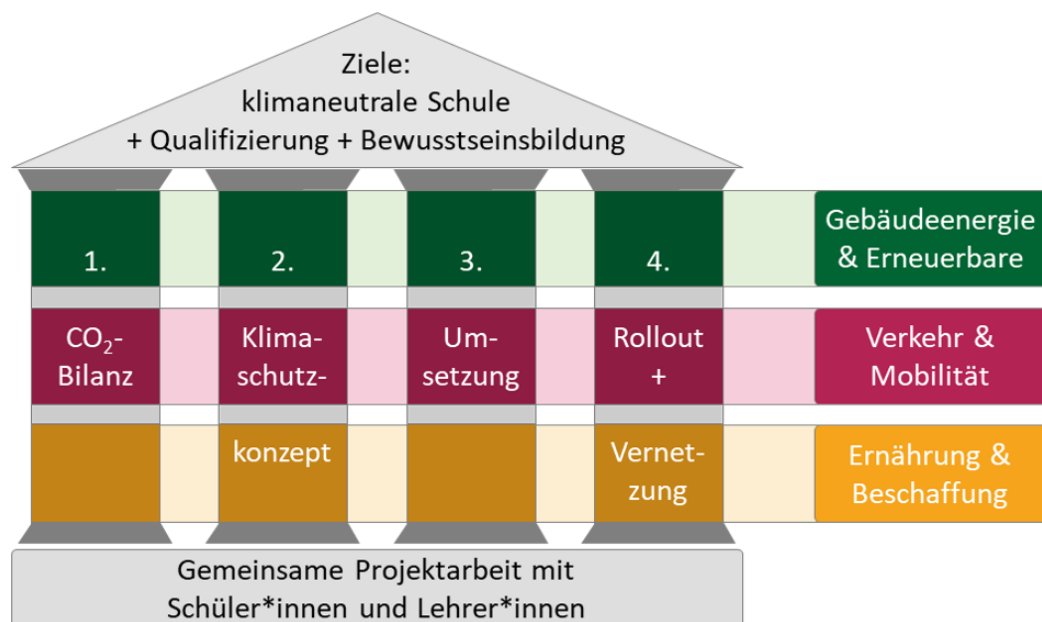


Abbildung 4: Projektstruktur von Schools4Future: Ziele, Grundlage, Projektphasen und Themenbereiche

Die wichtigsten Ziele und Bausteine des Gesamtprojektes werden hier nur skizziert:

Ziele (Dach)

- Wirksamer **Klimaschutz** durch das Gestalten von klimaneutralen Schulen
- **Qualifizierung** aller Teilnehmer*innen: Wie lässt sich Klimaschutz umsetzen und wo ist viel / wenig an CO₂-Einsparung zu holen.
- **Bewusstseinsbildung und Empowerment** im Umfeld: Jede*r kann und muss zum Klimaschutz beitragen

Grundlage des Projektes (Fundament)

- gemeinsame Projektarbeit mit Schüler*innen und Lehrer*innen
- Qualitätssicherung durch das Projektteam

Die Projektphasen (Säulen)

1. Erstellung einer **CO₂-Bilanz** der Schule. (Vermittlung der Grundlagen und Erstellung der CO₂-Bilanz durch Schüler*innen)
2. Erstellung eines **Klimaschutzkonzeptes** für die Schule (Sammlung von Ideen, Bewertung und Kosten-Nutzen-Analyse, Priorisierung)
3. Umsetzung der Maßnahmen (Umsetzung von Kleinmaßnahmen, Hinwirken auf Umsetzung größerer Maßnahmen durch Schulleitung und Schulträger)
4. Rollout und Vernetzung (Erfahrungsaustausch mit Pilotschulen der zweiten Stufe und Bereitstellung der Arbeitsmaterialien)

Die Themenbereiche (Bauklötze der 4 Säulen)

- Gebäudeenergie und Erneuerbare Energien (Heizenergie, Beleuchtung, Lüftung, Solaranlage, etc.)
- Verkehr & Mobilität (Fokus Schüler*innen und Lehrer*innen, Klassenfahrten, Konzepte für Fahrrad und ÖPNV-Anbindung)
- Ernährung & Beschaffung (CO₂-Bilanz Mensa/Kantine, regionale/vegetarische Produkte, Verschwendung, Papierverbrauch)

4 Ergebnisse der CO₂-Bilanz für das Jahr 2019

Die CO₂-Bilanz der Schule für das Jahr 2019 ergab folgendes Bild:

Insgesamt werden durch den Schulbetrieb an der Realschule am Giersberg ca. 245 Tonnen CO₂ pro Jahr verursacht. Die jährlichen CO₂-Emissionen pro Schüler*in betragen 479 kg CO₂.

Tabelle 1: Zusammenfassung der jährlichen CO₂-Emissionen die an der Realschule am Giersberg in den Bereichen Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien, Verkehr & Mobilität und Ernährung & Beschaffung anfallen.

Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien		Anteil in %
Wärmebedarf	119.786 kg CO ₂	
Stromverbrauch	36.992 kg CO ₂	
bestehende PV-Anlage	-4.672 kg CO ₂	
Zwischenbilanz Gebäudeenergie und EE:	152.107 kg CO₂	62%

Verkehr & Mobilität		
Schulweg Schüler*innen	60.124 kg CO ₂	
Schulweg Lehrer*innen	11.439 kg CO ₂	
Klassenfahrten	6.881 kg CO ₂	
Zwischenbilanz Verkehr & Mobilität	78.443 kg CO₂	32%

Ernährung & Beschaffung		
Schulkantine	12.824 kg CO ₂	
Beschaffung / Papier	2.097 kg CO ₂	
Zwischenbilanz Ernährung & Beschaffung	14.921 kg CO₂	6%

Gesamtemissionen	245.471 kg CO₂	
Gesamtemissionen pro Schüler*in	479 kg CO₂	

Eine grafische Darstellung der Aufteilung der jährlichen CO₂-Emissionen ist in Abbildung 2 zu sehen. Fast die Hälfte aller Emissionen (48%) entfallen auf den Heizenergiebedarf der Realschule am Giersberg. Um diesen Wert zu berechnen, wurden die CO₂-Emissionen für den Wärmebedarf für das gesamte Schulzentrum ermittelt und über das Verhältnis der Realschüler*innen im Vergleich zu allen Schüler*innen des Schulzentrums heruntergerechnet.

Der tägliche Schulweg aller Schüler ist mit fast einem Viertel aller Emissionen (24%, bzw. 60 Tonnen CO₂) der zweitgrößte Verursacher, gefolgt vom Stromverbrauch der Realschule sowie den CO₂-Emissionen, die durch die Lebensmittelproduktion für die Mensa bedingt sind.

Eine Gutschrift erhält die Realschule durch den erzeugten PV-Strom. Die ins öffentliche Netz eingespeiste Solarproduktion in Höhe von ca. 30.000 Kilowattstunden führt zu einer Vermeidung von 12 Tonnen CO₂ pro Jahr. Hiervon wurden 4,7 Tonnen für die Realschule angerechnet.

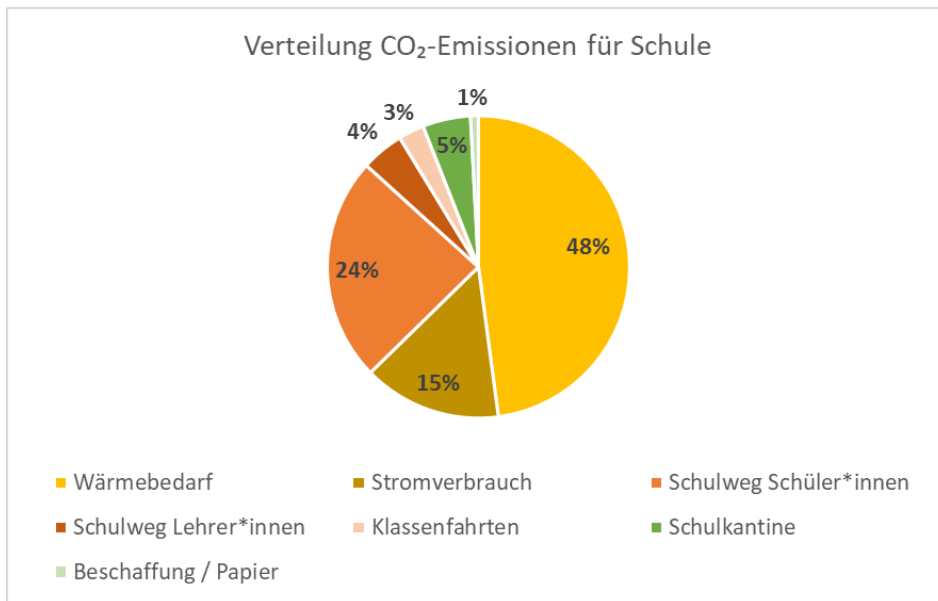


Abbildung 5: Aufteilung der jährlichen CO₂-Emissionen die an der Realschule am Giersberg anfallen.

Zählt man die verschiedenen Emissionsbereiche zusammen und berechnet sie pro Realschüler*in, so ergibt sich ein Wert von 479 kg CO₂ und Jahr.

4.1 Abgrenzung innerhalb des Schulzentrums Dreisamtal

Die Realschule am Giersberg in Kirchzarten ist Teil des Schulzentrums Dreisamtal. Zwei weitere Schulen sind in dem Schulzentrum, das 1980 fertiggestellt wurde, untergebracht: das Marie-Curie-Gymnasium und die Werkrealschule Dreisamtal. In dem Schulzentrum werden insgesamt ca. 1.250 Schüler*innen unterrichtet. Im Schuljahr 2020/21 besuchen 513 Schüler*innen die Realschule am Giersberg. Abbildung 6 zeigt eine Außenansicht und einen Übersichtsplan des Schulzentrums.

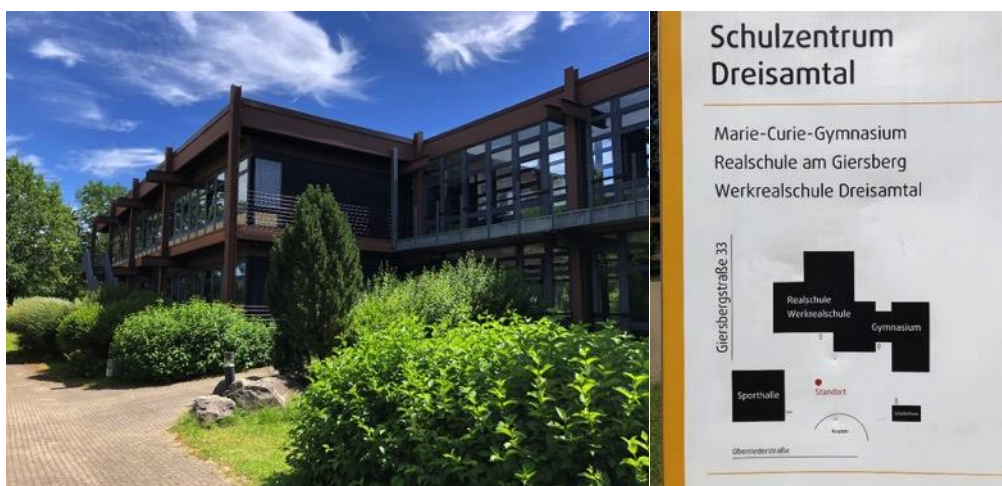


Abbildung 6: Außenansicht und Übersichtsplan des Schulzentrums Dreisamtal.

Die drei Ausbildungsstätten verfügen über ein gemeinsames Schulgelände und auch ein Schülerhaus², das von allen Schüler*innen genutzt werden kann.

4.1.1 Abgrenzung Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien

Der Erdgas- sowie der Stromverbrauch des ganzen Schulzentrums wird über jeweils einen Erdgas-, bzw. über einen Stromzähler gemessen. Strom- und Wärmeverbrauch der Turnhalle werden durch Unterzähler gemessen. Um den Wärme- und Stromverbrauch der Realschule zu ermitteln, wurde der Gesamtverbrauch des Schulzentrums entsprechend der jeweiligen Schüler*innenzahl im Verhältnis zur Gesamtschülerzahl ermittelt. Da 41 Prozent der Gesamtschüler*innenzahl des Schulzentrums die Realschule besuchen, wurden 41 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen für Wärme und Strom der Realschule zugeschlagen. Eine Aufteilung des Energieverbrauchs entsprechend der genutzten Flächen wurde für weniger zielführend eingeschätzt, da größere Flächen im Schulzentrum (Aula, Turnhallen, Schülerhaus, Fahrradkeller) gemeinsam von den drei Schulen im Gebäude genutzt werden.

4.1.2 Abgrenzung Verkehr & Mobilität

Für den Bereich Verkehr & Mobilität wurde eine Befragung durchgeführt, die jeweils nur Schüler*innen und Lehrer*innen der Realschule einbezog.

4.1.3 Abgrenzung Ernährung & Beschaffung

Für den Bereich der Ernährung wurde davon ausgegangen, dass die Schüler*innen und Lehrer*innen aller Schulen gleichhäufig das Schülerhaus besuchen. Daher wurden 41 Prozent der verkauften Essen der Realschule zugeschlagen, entsprechend der Schülerzahl Realschule im Verhältnis zur Gesamtschülerzahl.

Die Beschaffung von Kopierpapier wird für die Realschule eigständig vorgenommen. Bei Papierhandtüchern und Klopapier erfolgt eine gemeinsame Beschaffung für das Schulzentrum. Auch hier wurden die Verbrauchsmengen in der Realschule entsprechend der Schüler*innenzahl der Realschule im Verhältnis aller Schüler*innen des Schulzentrums ermittelt.

4.2 Emissionsfaktoren

Um über Verbrauchsmengen die entstandenen CO₂-Emissionen zu ermitteln, bedarf es für jeden Energieträger, für Strom und auch für die Verkehrsmittel und jedes Mensagericht sogenannte CO₂-Emissionsfaktoren. Diese geben an, wieviel CO₂ bei der Verbrennung eines Liter Heizöls oder beim Verbrauch einer Kilowattstunde Strom, beim Verzehr einer Mahlzeit oder pro Kilometer Fahrstrecke entsteht.

Im Bereich Landwirtschaft und Ernährung entstehen bei der Produktion von Nahrungsmittel neben CO₂ auch Methan und Distickstoffmonoxid (auch als Lachgas bezeichnet). Diese Klimagase sind sehr wirkungsvoll. Um ihre Wirksamkeit mit den CO₂-Emissionen vergleichen zu können, werden sie in sogenannte CO₂-Äquivalente umgerechnet und in der CO₂-Bilanz entsprechend berücksichtigt.

² Im Schülerhaus ist neben der Mensa noch ein Hort untergebracht, in dem jüngere Schüler*innen bei den Hausaufgaben betreut werden und den Kindern im Alter von 10 bis 14 Jahren Spiel- und Sportangebote sowie Kreativ-/Kunst-Angebot gemacht werden.

Eine Zusammenstellung der verwendeten Emissionsfaktoren findet sich in der CO₂-Bilanz für die Schule.

Für den Stromverbrauch wird davon ausgegangen, dass der Strom mit Hilfe von verschiedenen fossilen und erneuerbaren Kraftwerken produziert wird. Es wird mit dem durchschnittlichen Strommix in Deutschland von 2019 gerechnet. Die Emissionen pro Kilowattstunde Stromnutzung betragen nach Umweltbundesamt 401 g CO₂/kWh. In vielen CO₂-Bilanzen von Kommunen und Unternehmen wird der Strombezug, sofern er mit „Öko-Strom“ erfolgt auf „Null“ gesetzt. Warum wird dies für falsch halten erklären wir im folgenden Abschnitt.

4.3 Bewertung von Öko-Strom

In den letzten Jahren haben viele private Haushalte, Unternehmen und auch Kommunen ihren Strombezug auf Ökostrom umgestellt, um ihre CO₂-Emissionen zu verringern. Der Bezug von Ökostrom kostet zwar kaum mehr als „Normalstrom“, hat allerdings auch keinen nachweisbaren Klimaschutzeffekt und sollte daher immer kritisch hinterfragt werden. Wegen einem großen Überangebot an Ökostrom aus skandinavischen und österreichischen Wasserkraftwerken kommt es durch die Umstellung auf Ökostrom nicht zum Bau neuer Stromerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energiequellen, sondern lediglich zu einem Tausch deutschen Kohle- und Atomstroms gegen Ökostrom aus diesen Ländern. Der Nettoeffekt für das Klima ist Null.

Mit Verweis auf Zertifikate vom TÜV oder anderen Organisationen oder auf den Herkunftsnachweis des Öko-Stroms rechnen sich die Akteure ihren bezogenen Öko-Strom- oder Grünstrom in ihrer CO₂-Bilanz mit „0“ an. Sie tun also so, als ob ihr Strombezug emissionsfrei wäre.

Diese Betrachtung hat jedoch nichts mit der Wirklichkeit zu tun. Dieser gehandelte Ökostrom³ ist schlicht ein Geschäftsmodell der Stromversorgungsunternehmen. Es beruht darauf, dass die Unternehmen in Norwegen, Schweden oder Österreich günstigen Wasserkraftstrom einkaufen. Dieser kommt aus bestehenden Wasserkraftwerken. Im selben Umfang wie die deutschen Stromversorger diesen Ökostrom kaufen, müssen die norwegischen Kund*innen entsprechende Mengen Kohlestrom aus Deutschland zurücknehmen. Der Strom fließt nicht von Norwegen nach Deutschland und auch nicht in die umgekehrte Richtung. Bei diesen Ökostrom-Lieferungen handelt es sich lediglich um ein Tauschgeschäft auf Papier, an dem sowohl die ausländischen Wasserkraftwerksbetreiber als auch die deutschen Stromlieferanten etwas verdienen.

In unserer CO₂-Bilanz wird Strom aus Erneuerbaren Energiequellen in der CO₂-Bilanz dann mit „0“ angesetzt, wenn der Strom von der Solaranlage auf dem Dach der Schule kommt oder die Schule (bzw. ein Förderverein oder die Elternschaft) in ein regeneratives Projekt investiert und damit eine zusätzliche Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen bewirkt wird. Dieser Strom verbessert die Bilanz der Schule, weil er die fossile Stromerzeugung an anderer Stelle verringert. Wie diese CO₂-Minderung zu bewerten ist wird in Abschnitt 9.1 dargelegt.

³ Davon abzugrenzen ist der Strom aus erneuerbaren Energiequellen, der über die im Erneuerbaren Energien Gesetz festgelegte Einspeisevergütung vergütet wird. Dieser Strom aus Erneuerbaren Energiequellen darf jedoch nicht gehandelt werden. Die Kosten der Einspeisevergütung werden über alle Stromverbraucher durch die EEG-Abgabe getragen.

4.4 Vergleich der CO₂-Bilanz mit anderen Schulen

Jede Schule in Deutschland ist einzigartig und hat andere Voraussetzung und Möglichkeiten zum Klimaschutz beizutragen. Ein Vergleich der Schulen hinsichtlich ihrer CO₂-Emissionen ist daher schwierig.

In Abbildung 7 sind dennoch die spezifischen CO₂-Emissionen pro Schüler*in für vier Projektschulen von Schools4Future dargestellt. Die Emissionen der Realschule am Giersberg liegen mit knapp 500 kg CO₂/Jahr und Schüler*in eher im unteren Bereich.

Ein detaillierterer Vergleich der Schulen in verschiedenen Bereichen ist in Abbildung 8 dargestellt.

Wärmeenergie:

Die Realschule am Giersberg hat die zweithöchsten Emissionen fürs Heizen, was jedoch daran liegt, dass die Schulen in Wuppertal und München ans Fernwärmenetz angeschlossen sind, was zu sehr niedrigen Emissionen für den Heizungsbereich führt.

Stromverbrauch:

Beim Stromverbrauch liegt Kirchzarten am unteren Verbrauchsende. Das hängt u.a. damit zusammen, dass nur die Turnhalle über eine Lüftungsanlage verfügt und im Bereich der Beleuchtung schon einige Effizienzmaßnahmen umgesetzt wurden. Der Stromverbrauch pro Schüler ist somit niedriger als in den anderen vier Schulen (vgl. Abb. 5).

Mobilität:

Trotz der langen Wege, die Schüler aufgrund des großen Einzugsgebietes der Realschule zurücklegen, sind die CO₂-Emissionen relativ gering, da viele Schüler*innen und Lehrer*innen mit dem Fahrrad zur Schule kommen. Insbesondere bei den Klassenfahrten und beim Schüleraustausch weist die Realschule die geringsten Emissionen im Vergleich zu anderen Schulen aus.

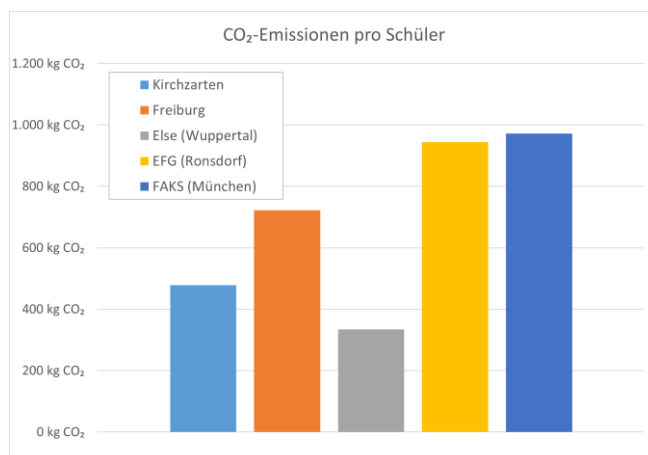


Abbildung 7: Vergleich der Emissionen zu anderen Schulen

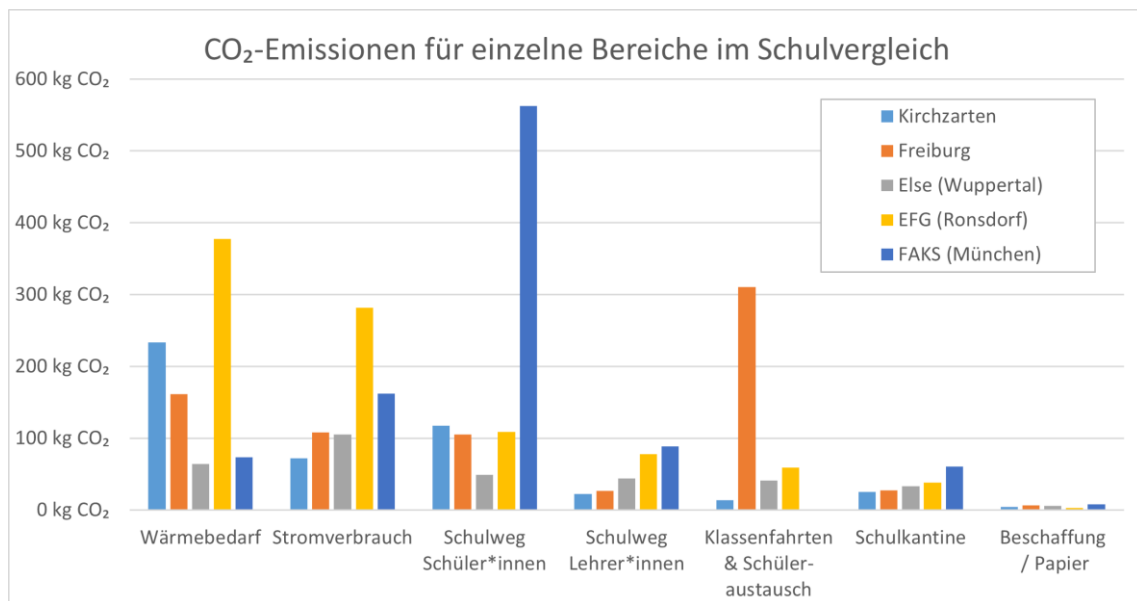


Abbildung 8: Vergleich der Emissionen zu anderen Schulen

5 Klimaschutzkonzept Gebäudeenergie & Erneuerbare Energien

5.1 Heizenergie

Das Heizungssystem der Schule versorgt das gesamte Schulzentrum, zu dem auch die große Dreifeld-Sporthalle mit zusätzlicher kleiner Gymnastikhalle gehört.

Der Heizenergieverbrauch des gesamten Schulzentrums belief sich im Jahr 2019 auf rund 117.600 Kubikmeter Erdgas sowie rund 500 Liter Heizöl. Dies entspricht einem Wärmebedarf von etwa 1,2 Mio. kWh. Davon entfallen über 99 Prozent auf Erdgas. Eine geringe Menge von ca. 500 Liter Heizöl jährlich wird verwendet, um die Funktionstüchtigkeit und Einsatzbereitschaft der beiden Kessel und Brenner mit dem Brennstoff Heizöl zu testen. Die beiden Kessel laufen im Regelbetrieb mit Erdgas, können jedoch auf Öl umgestellt werden, wenn bei der Gasversorgung ein Engpass auftreten sollte.



Abbildung 9: *Links: Heizungsanlage des Schulzentrums Dreisamtal, bestehend aus zwei Gas-/Ölbrennern mit Baujahr 1982 und zwei Heizkesseln mit Baujahr 1997 (blaue Farbe) Rechts: Wärmeverteilungssystem*

5.1.1 Derzeitige Situation und Wärmebrücken

Die Schule wurde in den 70 Jahren als Stahlbau-Konstruktion geplant. Die tragenden Elemente bestehen aus schweren T-Trägern aus Stahl, die in Abbildung 6 gut zu erkennen sind.



Abbildung 10: Außenhaut und tragende Stahlträger der Realschule am Giersberg

Diese Stahlträger sind sowohl vertikal als auch horizontal verbaut und führen aufgrund der hohen Wärmeleitfähigkeit von Stahl zu hohen Wärmeverlusten im Winter und zu Wärmeeintrag im Sommer. Die Außenhaut, das Trageskelett für die Fenster sowie ein Teil der Fensterrahmen besteht ebenfalls aus Metall und führen dazu, dass im Winter viel Wärme abfließt, während im Sommer Fenster und Fensterrahmen bei Sonneneinstrahlung sehr heiß werden (siehe Wärmebildfotos in Abbildung 11 und Abbildung 12).

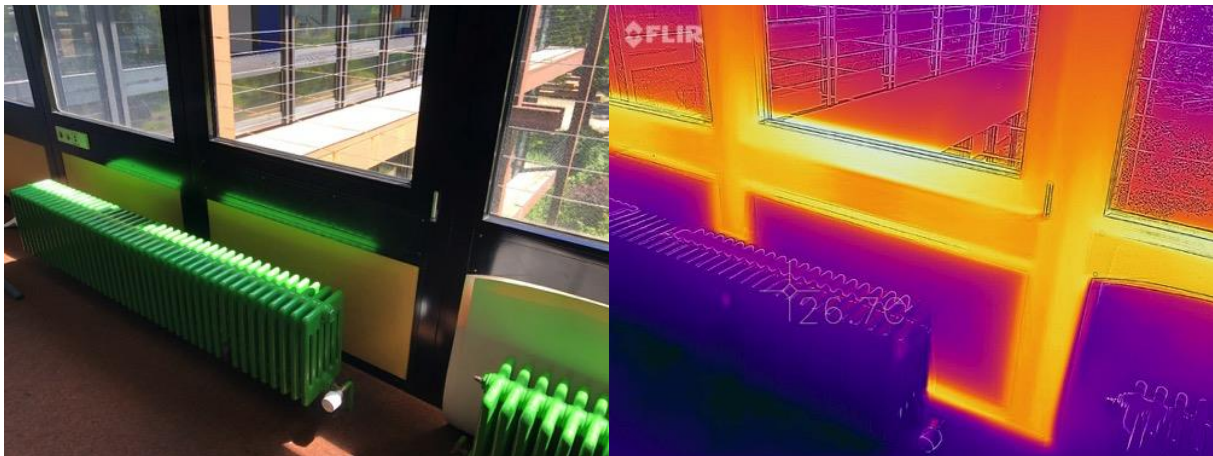


Abbildung 11: Messung bei warmen Außentemperaturen (Sommer) **Links:** Metall-Fensterrahmen in einem Klassenzimmer **Rechts:** Infrarot-Foto mit der gleichen Perspektive. Das Metallskelett und die Fensterrahmen stellen problematische Wärmebrücken im Gebäude dar.

Des Weiteren ist das Gebäude großzügig verglast (Zweifachverglasung), wodurch der Kunstlichtbedarf gering ist und eine vorteilhafte Tageslichtnutzung in den Klassenräumen ermöglicht wird. Gleichzeitig sind die Wärmeverluste durch die Fenster entsprechend hoch.

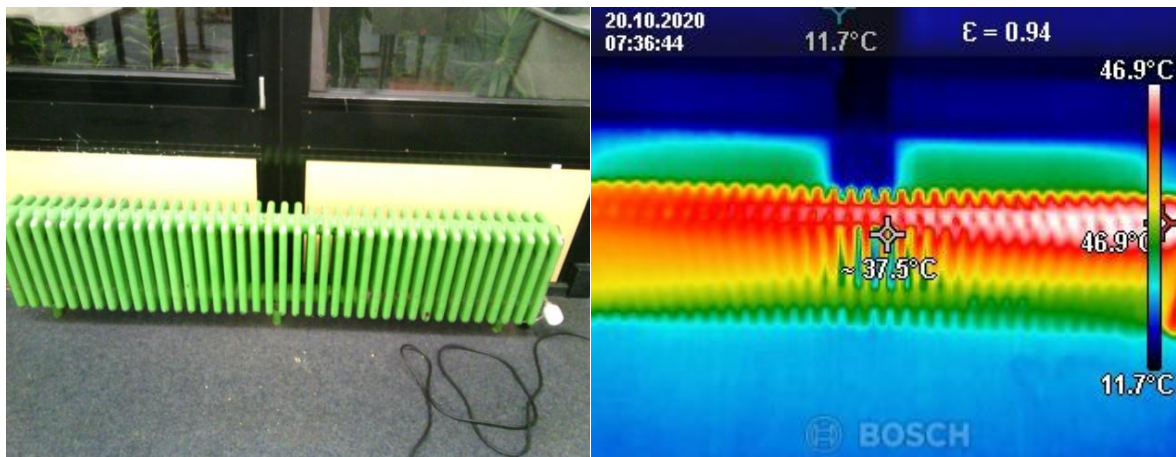


Abbildung 12: Messung bei kalten Außentemperaturen (Ende Oktober) Links: Metall-Gerippe und Fensterrahmen in einem Klassenzimmer Rechts: Infrarot-Foto mit der gleichen Perspektive.

5.2 Handlungsansatz Wärmebedarf und Heizungsaustausch

Die Schule wurde in den 80-Jahren gebaut und hat somit bald 40 Jahre „auf dem Buckel“. Mit Blick auf das Alter befindet sich die Schule in einem guten Zustand.⁴ Laufend werden auch abschnittsweise Verbesserungen durchgeführt und die Technik erneuert.

Da eine Totalsanierung der Außenhaut sehr aufwendig wäre und einen höheren zweistelligen Millionenbetrag in Anspruch nehmen würde, schlagen wir den folgenden, kostengünstigen aber zugleich klimawirksamen Stufenplan vor:

- 1.) **Wärmedämmung in Heizungs-nischen:** Wie in Abbildung 11 und Abbildung 12 gezeigt, geht über die schlechte Dämmung in den Heizkörpernischen viel Wärme verloren. Die Heizkörpernischen sollten daher gegenüber der Außenhaut durch eine verstärkte Wärmedämmung besser abgeschirmt werden, damit keine Heizkörper mehr direkt vor Glasflächen installiert sind. Werden die Heizkörper in den Fluren für den Frostschutz benötigt, sollte der Wärmedurchgang hinter den unteren Fenstersegmente durch die Anbringung von Wärmedämmplatten reduziert werden.
- 2.) **Ersatz von Dichtlippen an Fenstern:** Derzeit findet in einigen Klassenzimmer und Fluren eine ständige, unkontrollierte Be- und Entlüftung statt: Die Fensterdichtungen sind teilweise spröde geworden und haben sich abgelöst. Abhilfe könnte hier eine freiwillige Klima-AG schaffen, die zusammen mit dem Hausmeister die Dichtungen aufspüren und erneuern könnte. Das spart nicht nur Heizkosten, sondern gibt den Schüler*innen auch das Gefühl, dass man Handeln kann. Die Selbstwirkungsgefühl wird hierdurch gestärkt.

⁴ Andere, von der technischen Ausführung und vom Alter her vergleichbare Schulen, wie z.B. die Staudinger Gesamtschule in Freiburg, werden nicht saniert, sondern abgerissen.

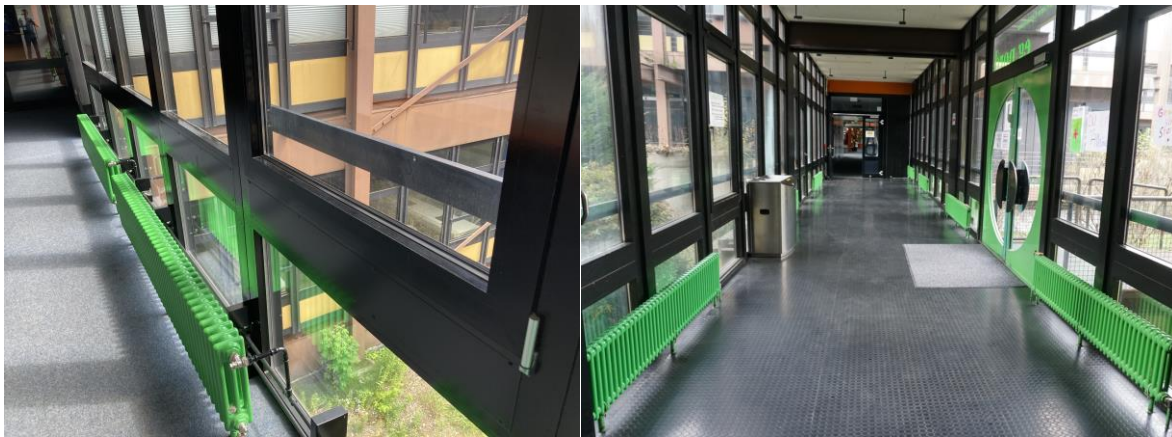


Abbildung 13: Zwei Bilder von den Verbindungsfluren zwischen den Gebäudeteilen

- 3.) **Optimierte Heizungssteuerung:** Die Schule verfügt über eine Einzelraumsteuerung. D.h. die Temperatur kann in jedem Klassenzimmer entsprechend seiner Belegung eingestellt und gesteuert werden. Dies ist insofern wichtig, da die Außenhaut der Schule einen hohen Wärmedurchgang aufweist. Deshalb muss versucht werden,
- a) die Zeiträume, in denen die Wärme nach außen abfließen kann, möglichst kurz zu halten und
 - b) durch eine Temperaturabsenkung im Klassenzimmer die Differenz zwischen Außen- und Innentemperatur durch eine Nacht- und Wochenendabsenkung möglichst gering zu halten.

Mit Temperaturloggern haben die Schüler*innen den Temperaturverlauf über eine Woche in verschiedenen Klassenzimmern gemessen und ausgewertet. Es konnte festgestellt werden, dass die Steuerung nicht in allen Räumen richtig funktioniert. Auch der Hausmeister der Realschule ist der Ansicht, dass die Pflege des Systems etwas besser sein könnte. Durch eine Optimierung der Steuerung der Wärmezufuhr in die Klassenzimmer können erhebliche Einsparungen erzielt werden. Schüler*innen und Lehrer*innen können durch Rückmeldungen an den Hausmeister sowie durch gezielte Messkampagnen einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung der Heizungssteuerung und somit zur CO₂-Einsparung leisten.

Bedingt durch die Corona-Pandemie wurde auch die Heizungssteuerung geändert. Während früher eine Nachtabsenkung der Temperatur in den Klassenräumen umgesetzt wurde, gab es zu Beginn der Corona-Pandemie vom Schulträger die Anweisung, die Nachtabsenkung außer Kraft zu setzen, damit die gewünschten Raumtemperaturen trotz intensiven Lüftens auch in den ersten Schulstunden am Morgen erreicht werden.

Durch eine **Optimierung der Nacht- und Wochenendabsenkung der Heizung** werden die Wärmeverluste gegenüber der Umwelt minimiert. Eine weitgehende Wochenendabschaltung erfordert das schnelle Hochfahren der Heizung am frühen Montagmorgen. Dies wiederum lässt sich nur mit einem hydraulischen Abgleich des gesamten Heizungssystems erreichen. Gleichzeitig wird durch den hydraulischen Abgleich Pumpstrom eingespart. Der zweite Aktionspunkt besteht deshalb in der Durchführung eines hydraulischen Abgleichs und einer Aktualisierung und Pflege der Heizungssteuerung mit den Belegungszeiten der einzelnen Klassenzimmer.

- 4.) **Vermeidung von Standby-Verluste im Wärmebereich:** Standby-Verluste im Wärmebereich (Boiler im Kunstraum und Heizraum, Heizkessel-Folgeschaltung) sollten systematisch untersucht und soweit möglich beseitigt werden.

- 5.) **Verhaltensänderungen:** Auch einfache Verhaltensänderungen können einen nicht unwesentlichen Beitrag zur Emissionsminderung leisten. Stoßlüften, Türen geschlossen halten und nur so stark wie nötig heizen sind einfache Maßnahmen, mit denen jeder einen Beitrag leisten kann.

Während der Corona-Pandemie haben die Schüler*innen gelernt wie wichtig richtiges Lüften ist. Um die Ansteckungsgefahr zu reduzieren, wurde während der Präsenzzeiten allerdings deutlich länger stoßgelüftet, als dies in normalen Zeiten der Fall sein sollte. Das Stoßlüften sollte jedoch auch in Zukunft beibehalten werden.

- 6.) **Holzhackschnitzel-Feuerungsanlage:** Die beiden Erdgas-Heizkessel haben bereits das letzte Drittel ihrer Nutzungsdauer erreicht. Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes schlagen wir vor, die fossilen Kessel durch eine **Holzhackschnitzel-Feuerungsanlage** zu ersetzen und einen der beiden Erdgaskessel nur als Spitzenlastkessel einzusetzen. Bei der Auslegung des Hackschnitzelkessel wird davon ausgegangen, dass die Spitzenlast in kalten Wintern von einem der beiden bestehenden Gaskessel übernommen wird. Insgesamt gehen wir davon aus, dass 70 Prozent der Wärmeenergie über den Hackschnitzelkessel erfolgt.

Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen ändern sich die CO₂-Emissionen im Bereich der Wärmeversorgung im folgenden Umfang:

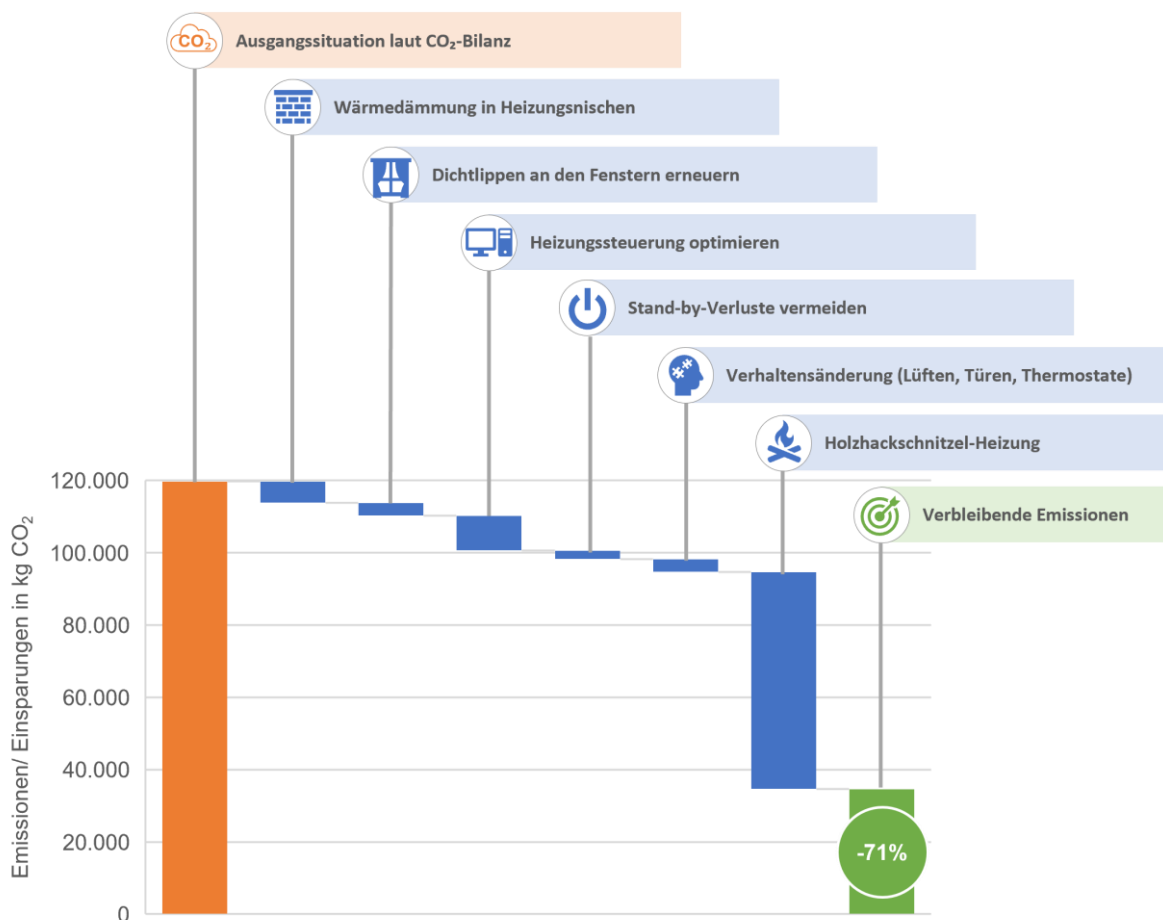


Abbildung 14: Reduktion der CO₂-Emissionen durch die vorgeschlagenen Maßnahmen im Klimaschutzkonzept

Nach Sanierung werden jährlich noch etwa 34,6 Tonnen CO₂ von der Wärmeversorgung verursacht (84 Tonnen für den gesamten Schulkomplex). Das entspricht einem Rückgang um 71 Prozent gegenüber den CO₂-Emissionen des heutigen Zustands.

Mit dem Umbau des Heizungssystems auf eine Holzhackschnitzel-Heizung sollten auch die drei jeweils 100.000 Liter fassenden Heizöltanks, die vor dem Gebäude in die Erde eingelassen sind, entsorgt werden. Da die Schule in einem Wasserschutzgebiet liegt, ist die Entsorgung der alten Öltanks auch ohne eine Umstellung des Heizungssystem notwendig.

5.2.1 Sonstige Maßnahmen zur Reduktion der Heizungsemissionen

Verhaltensänderung: Türen geschlossen halten

In normalen Zeiten sollten auch die Türen der Klassenzimmer in den Pausen und nach Unterrichtsschluss geschlossen sein, da das Gebäude eine Zonenregelung hat und die Flure eine niedrigere Temperatur aufweisen sollten, als die Klassenzimmer.

Warmwasserverbrauch Duschen

In den Duschen der Turnhalle ist einerseits die Durchflussmenge pro Zeiteinheit etwas hoch, als auch die Zeitdauer des Steuerungsmechanismus etwas lange. Hier könnte mit Hilfe der Klimaschutz-AG und des Hausmeisters eine Optimierung vorgenommen werden, zumindest was die Einstellung der Selbstschlussventile angeht.

5.2.2 Alternative BHKW

Eine Alternative bestünde darin, den Grundlastwärmebedarf durch ein BHKW (Blockheizkraftwerk) abzudecken. Auch wenn in diesem Falle für die Übergangsphase noch ein fossiler Energieträger eingesetzt wird, hätte die BHKW-Lösung ebenso wie die Holzhackschnitzel-Variante große Umweltvorteile.

Das zunächst mit Erdgas betriebene BHKW könnte später auf Wasserstoff umgestellt werden, sobald genügend regenerative Energiequellen für die Wasserstofferzeugung zur Verfügung stehen. Die Emissionswirkung dieser Lösung wird in Kapitel 9.1 analysiert und dargestellt.

5.3 Handlungsansatz Stromverbrauch

Das gesamte Schulzentrum bezog im Jahr 2019 insgesamt 225.000 kWh Strom von den Gemeindewerken Kirchzarten.

Der größte Anteil davon wird für die Beleuchtung der Schule benötigt. In den letzten Jahren wurden in einigen Teilen der Schule schon neue, effiziente LED-Leuchten installiert. Dies hat bereits zu einer Absenkung des Stromverbrauchs geführt.

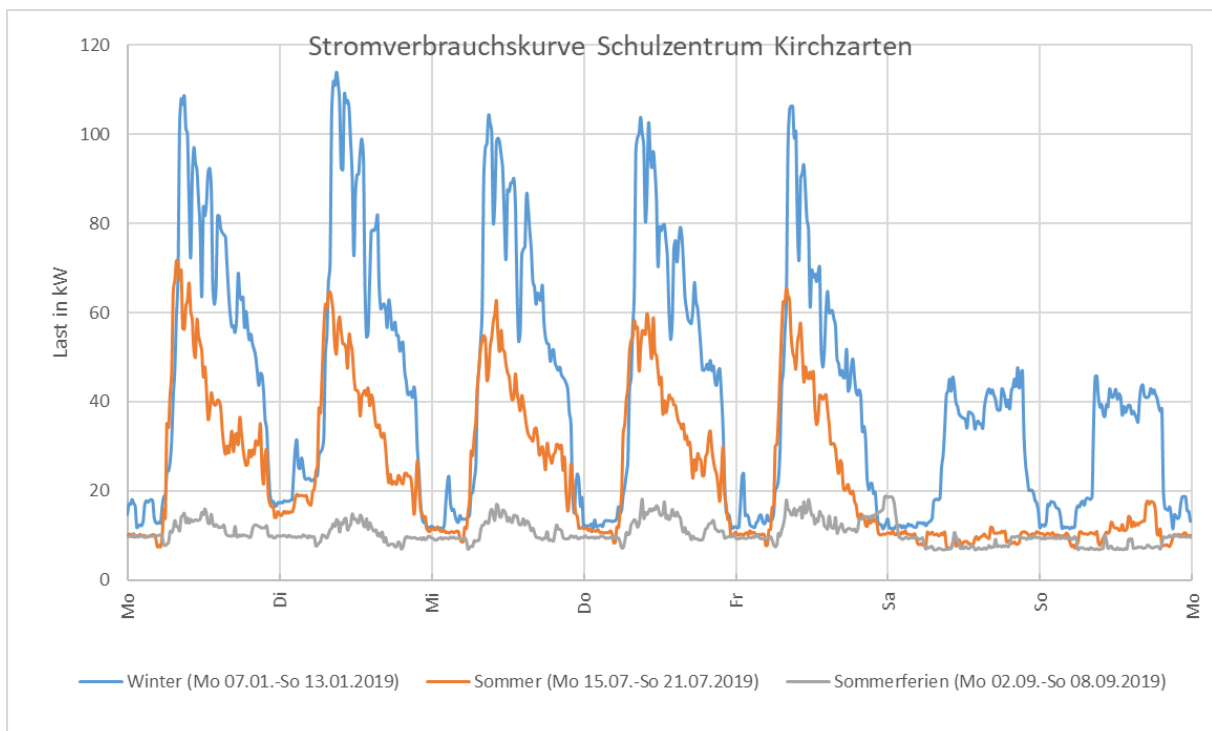


Abbildung 15: Stromverbrauchskurve Schulzentrum Kirchzarten für zwei typische Wochen mit Unterrichtsbetrieb (Winter und Sommer) und für eine Woche während den Sommerferien.

Abbildung 15 zeigt die Lastkurve (den Stromverbrauch über die Zeit) der Schule während einer Schulwoche im Winter und einer Schulwoche im Sommer. Zudem wurde eine Ferienwoche zum Vergleich eingeblendet. Die Verbrauchsunterschiede entstehen im Wesentlichen durch die künstliche Beleuchtung, die im Sommer wesentlich weniger genutzt werden muss als im Winter⁵. Die von der Beleuchtung geprägte Lastspitze führt dazu, dass mit Effizienzmaßnahmen im Bereich der Beleuchtung auch die Leistungsspitze reduziert werden kann. Dadurch ergeben sich über die Einsparung des durchschnittlichen Strompreises hinaus erhebliche zusätzliche Kosteneinsparungen, da die Lastspitze über die Netznutzungsentgelte zusätzlich bezahlt werden muss. Die Kosten für die maximal bezogene Leistung beträgt pro kW und Jahr 117 €. ⁶

⁵ Auch der geringere Stromeinsatz für die Heizungspumpen trägt zu einer Lastreduktion bei.

⁶ Das Schulzentrum bezieht seinen Strom von EWK. Stromrechnung Januar 2020

Die Kurven belegen aber auch, dass in den Sommerferien und auch in der Nachtzeit durchgängig mindestens 10 kW Leistung abgerufen werden. Das bedeutet, dass in jeder Stunde 10 kWh verbraucht werden, auch wenn sich niemand in der Schule befindet.

Im Rahmen des Klimaschutzkonzeptes sollten alle Möglichkeiten der Stromeinsparung systematisch genutzt werden. Folgende Schritte zur Reduzierung des Stromverbrauchs sollten gegangen werden. Beispielhaft zeigen wir im Bereich der Beleuchtung welche Maßnahmen umgesetzt werden sollten.

5.3.1 Beleuchtung

An der Schule werden seit Jahren schrittweise Verbesserungen bei der Beleuchtung vorgenommen. Dennoch ist ein Teil der Beleuchtung noch nicht saniert. Dies gilt insbesondere für Teilbereiche der Realschule (einige Klassenzimmer, Lehrerzimmer, Flure, Aula), sowie für große Bereiche des Gymnasiums.

Nach unserer Bestandsaufnahme im Dezember 2020 sind in der Schule noch rund 870 alte Leuchten zu ersetzen. Durch effizientere Beleuchtungstechnik (LED mit einer optimierten Beleuchtungsstärke und Regelung in Abhängigkeit des einfallenden Tageslichts) können rund 45.000 kWh/Jahr eingespart werden.

1. Beleuchtung in Klassenzimmern

Ein Teil der Klassenzimmer in der Realschule sowie im Gymnasium sind noch nicht saniert.

Durch eine neue Beleuchtung in den Klassenzimmern kann der Strombedarf um mehr als 70 Prozent reduziert werden. Die Verbrauchsreduktion ergibt sich zum einen durch den Einsatz von effizienten LED-Lampen, die eine um etwa 50 Prozent höhere Lichtausbeute pro Watt Leistungsaufnahme aufweisen. Zum Zweiten wird das Licht durch einen entsprechende Leuchtkörper mit Reflektoren dorthin gelenkt, wo es benötigt wird. Abbildung 16 zeigt ein nicht saniertes Klassenzimmer mit T8 Leuchtstoffröhren. Aufgrund der fehlenden Reflektoren wird viel Licht zur Seite und Decke abgestrahlt. Abbildung 17 zeigt ein Klassenzimmer mit sanierter Beleuchtung.



Abbildung 16: Nicht saniertes Klassenzimmer mit T8 Leuchtstoffröhren – ohne Leuchtkörper



Abbildung 17: **Links:** Klassenzimmer mit sanierter Beleuchtung **Rechts:** Moderne Leuchte mit LED-Technik

Während das oben abgebildete Klassenzimmer mit der alten Beleuchtung bei einer Benutzungszeit von 800 Beleuchtungsstunden pro Jahr etwa 1140 kWh Strom benötigt, verbraucht eine effiziente Beleuchtung nur noch 340 kWh pro Jahr. Pro Klassenzimmer kann so eine Einsparung von etwa 800 Kilowattstunden pro Jahr erreicht werden. In Euro ausgedrückt beträgt die jährliche Ersparnis rund 160 €. Über die Lebensdauer der Leuchte von 20 Jahren beträgt die Ersparnis pro Klassenzimmer rund 3.200 €. Das ist in etwa der Betrag, den eine neue Beleuchtung pro Klassenzimmer kosten würde. Zudem hat eine neue, effiziente Beleuchtung weitere Vorteile: Gute LED-Lampen sind flackerfrei und weisen geringere Wartungskosten auf.

2. Beleuchtung in Fluren, der Aula und den Verbindungsgängen

Auch die Beleuchtung in den Fluren der Realschule ist sanierungsbedürftig. Dies soll an mehreren Beispielen gezeigt werden:

- a) **Beleuchtung im Flur vor dem Lehrerzimmer:** Hier brennen tagsüber etwa 40 Spot-Strahler und Leuchten, in deren Inneren Stromsparlampen ihren Dienst tun. Trotz der vielen Leuchten ist es im Flur relativ dunkel, weil zum einen Boden und Wände in dunklen Tönen gehalten sind und zum anderen die Effizienz der Spots sehr niedrig ist. Mit effizienten LEDs bestückte Spot-Strahler würden eine Stromeinsparung von etwa 70 Prozent und eine höhere Beleuchtungsstärke erbringen. Da die Beleuchtung im Flur vor dem Lehrerzimmer hohe Benutzungsstunden aufweist, ist die absolute Einsparung entsprechend groß.



Abbildung 18: Beleuchtung im Flur vor dem Lehrerzimmer:

- b) **Beleuchtung im Flur im Gymnasium:** Eine ähnliche Situation findet sich auch im Flur des Gymnasiums. Auch hier lassen sich durch den Austausch der Spots erhebliche Strommengen einsparen.



Abbildung 19: Beleuchtung im Flur im Gymnasium

- c) **Beleuchtung in der Aula:** In der Realschule wurden in der Aula und in einigen Fluren die alten, stromfressenden Leuchtstofflampen entkernt. Hier bedarf es eines komplett neuen Beleuchtungskonzept, das einerseits den nötigen Lichtbedarf bei Veranstaltungen sicherstellt, aber im Normalbetrieb der Schule im Wesentlichen das Tageslicht nutzt. Nur an den Stellen wo eine höhere Beleuchtungsstärke benötigt wird (z.B. Schließfächer, Aushängetafeln, Plakate), sollten effiziente Leuchten und Spot-Strahler eingesetzt werden.

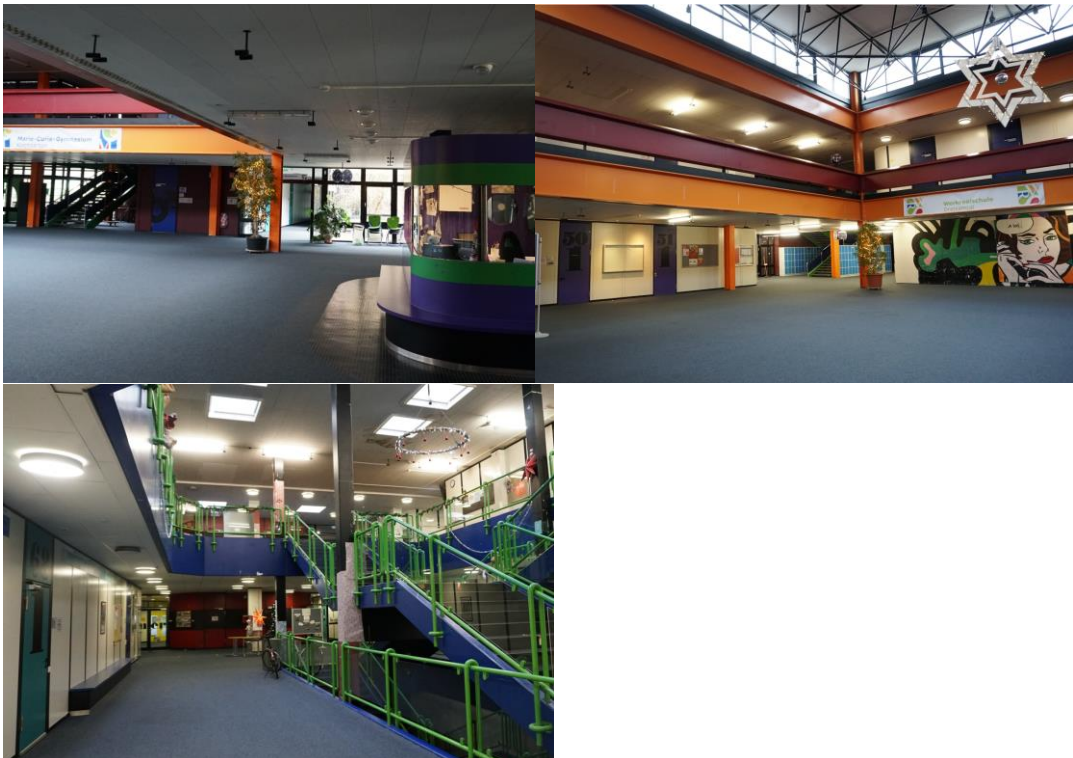


Abbildung 20: Beleuchtung in der Aula

- d) **Beleuchtung in den Verbindungsgängen:** In einigen Fluren sind ineffiziente Leuchten in Betrieb, die den ganzen Tag mit dem Tageslicht um die Wette scheinen und - wie man am Schattenwurf erkennen kann, dabei verlieren (siehe Abbildung 21).



Abbildung 21: Beleuchtung in den Verbindungsgängen. Das Foto rechts entstand bei der Messung durch die Schüler*innen.

3. Beleuchtung in der Turnhalle

Da der Stromverbrauch der Turnhallenbeleuchtung getrennt gemessen wird, ist bekannt, dass für die Beleuchtung in der Turnhalle und ihren Nebenräumen jährlich 24.000 Kilowattstunden Strom verbraucht werden (rund 10 Prozent des gesamten Stromverbrauchs des Schulzentrums). Dabei entfallen über 80 % auf die große Dreifeldhalle. Die jährliche Verteilung des Stromverbrauchs ist in Abbildung 23 zu sehen. Für die Beleuchtung der Dreifeldhalle wurde um die Jahrtausendwende ein Stromsparkonzept eingebaut, indem die Versorgungsspannung abgesenkt wurde. Diese Maßnahme ist jedoch gleichzeitig mit einer Verringerung der Beleuchtungsstärke verbunden. Mit dem Einbau der alten Stromspartechnik lässt sich die Beleuchtung in zwei Stufen schalten: In Stufe eins (Trainingsbetrieb) ist eine Lampe in jeder Leuchte aktiv. In Stufe zwei (Wettkampfbetrieb) brennen beide Lampen in jeder Leuchte. Die vorhandene Beleuchtung kann die Beleuchtungsstärke nicht stufenlos entsprechend des Tageslichteinfalls anpassen. Da sowohl die Leuchten als auch die Fluoreszenzlampen und die Regelungstechnik nicht mehr Stand der Technik darstellen, sollte die gesamte Beleuchtung in der Turnhalle und in den Nebenräumen (Umkleidekabinen, Duschen, WCs) erneuert werden. Da die Turnhalle auf der Nordseite und über das Dach sehr viel Tageslichtnutzung ermöglicht, sollte das neue Beleuchtungssystem unbedingt über eine tageslichtabhängige Steuerung verfügen.



Abbildung 22: Beleuchtung in der Turnhalle

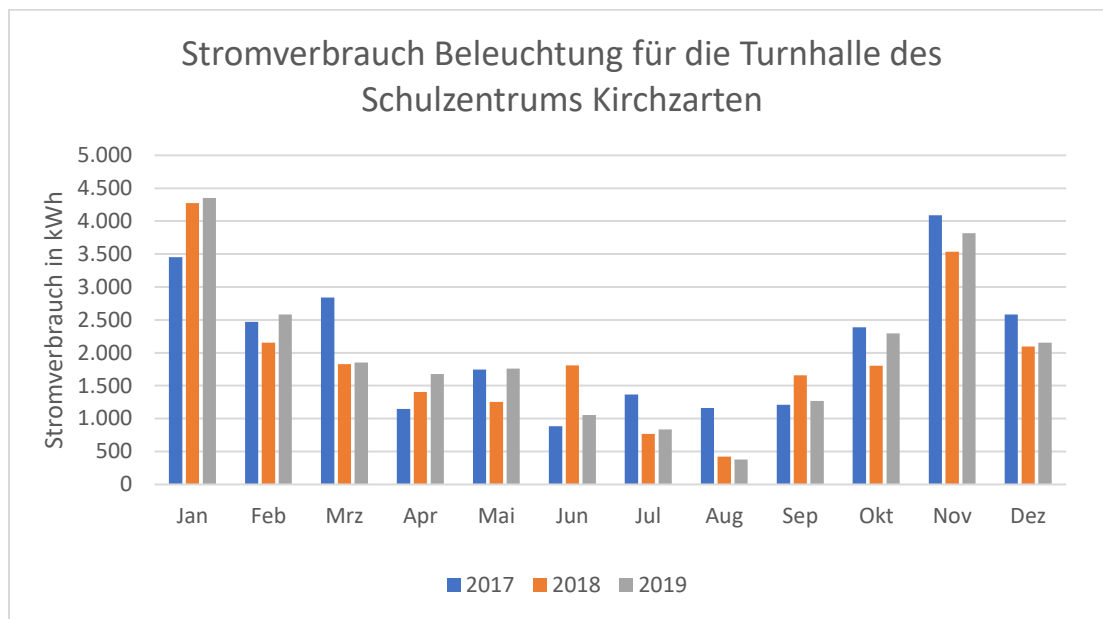


Abbildung 23: Stromverbrauch für die Beleuchtung der Turnhalle des Schulzentrums Kirchzarten für die einzelnen Monate in den Jahren 2017 bis 2019.

Durch die effizienteren Leuchtkörper sowie durch die Kombination von hocheffizienten LEDs mit einer Steuerung, die den Kunstlichtbedarf anhand des Tageslichteinfalls bemisst und die künstliche Beleuchtungsstärke entsprechend steuert, können in der Turnhalle rund zwei Drittel, bzw. 14.000 Kilowattstunden Strom eingespart werden (siehe Tabelle 1). Dies entspricht über die zu erwartende Lebensdauer der Leuchten von 20 Jahren einer Einsparung von 280.000 Kilowattstunden. Bei einem durchschnittlichen Strompreis von 25 Cent/kWh⁷ über die nächsten 20 Jahre könnten somit rund 70.000 Euro eingespart werden. Da die Investitionssumme deutlich niedriger als 70.000 Euro anzusetzen ist, kann erwartet werden, dass sich die Beleuchtungssanierung innerhalb ihrer Lebensdauer amortisieren wird. Darüber hinaus können die Wartungskosten für die Beleuchtung gesenkt werden, da eine moderne LED-Beleuchtung wesentlich wartungsärmer ist als eine Beleuchtung mit Leuchtstoffröhren.

Tabelle 1: Abschätzung der Einsparungspotentiale der großen Turnhalle

Abschätzung Einsparung große Turnhalle		
	vor Sanierung	nach Sanierung
Installierte Leistung (in kW)	6,85	3,4
Vollastbenutzungsdauer (in Stunden)	3.000	2.000
Stromverbrauch (in kWh)	20.550	6.850
Einsparung in kWh		13.700
Einsparung in Prozent		67%

4. Außenbeleuchtung

⁷ Es werden leicht steigende Strompreise über die nächsten 20 Jahre unterstellt.

Da die Außenbeleuchtung ein interessantes Beispiel für die Einsparung durch bessere Beleuchtungstechnik darstellt, soll es hier etwas genauer dargelegt werden, so wie wir es auch mit den Schüler*innen erarbeitet haben.

Die ursprünglich bestehenden Außenleuchten – insgesamt 28 Leuchten – wurden ursprünglich mit Hochdruck Quecksilberdampflampen betrieben und hatten pro Leuchte eine Anschlussleistung von 125 Watt.



Abbildung 7: Außenbeleuchtung im Schulzentrum

Zwei Jahrzehnte später, als Leuchtstoff-Kompaktlampen mit einer höheren Anschlussleistung und besserer Lichtausbeute entwickelt waren, wurden die Quecksilberdampflampen durch Stromsparlampen mit einer Aufnahmeleistung von 42 Watt ersetzt (siehe Abbildung). Die Beleuchtungsstärke der Lampen verringerte sich durch diesen Wechsel, sie war und ist jedoch noch mehr als ausreichend.

Seit bereits mehr als zwei Jahren werden defekte Fluoreszenzlampen mit LED-Lampen ersetzt. Die verwendeten LED-Lampen weisen eine Leistungsaufnahme von nur noch 20 Watt auf und sparen im Vergleich zur Stromsparlampe nochmals mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs ein. Gleichzeitig ist die Lichtausbeute pro Watt drei Mal so hoch. Mit einem Drittel des Stroms kann also die gleiche Beleuchtungsstärke erzielt werden, wie mit der Stromsparlampe.

Da die Beleuchtung die ganze Nacht eingeschaltet ist, kann für den ursprünglichen Zustand ein Verbrauch von 28 Lampen* 125 Watt* 4000 Stunden = 14.000 kWh pro Jahr ermittelt werden. Werden im Laufe der nächsten Zeit alle alten Leuchtmittel durch die LED-Lampen ersetzt, so wird sich der Verbrauch für die Außenbeleuchtung auf 1.600 kWh pro Jahr reduzieren.

Tabelle 2: Verwendete Leuchtmittel für die Außenbeleuchtung im Schulzentrum

Lampentyp	Quecksilberdampflampen	Fluoreszenzlampen	LED-Lampen

Abbildung			
Einsatzdauer:	bis ca. 2010	ca. 2010 bis 2018	seit ca. 2018
Stromverbrauch / Leistungsaufnahme (in Watt):	125 Watt	42 Watt	20 Watt
Effizienz (in Lumen/Watt):	50 Lumen/Watt	57 Lumen/Watt	175 Lumen/Watt

Doch damit nicht genug. Durch bessere Leuchten und eine intelligente Beleuchtungssteuerung können weitere Einsparungen erzielt werden: Die vorhandenen Kugelleuchten strahlen mehr Licht in den Himmel als auf den Boden. Das ist gleichzeitig ineffizient im Hinblick auf die Ausleuchtung der Wege und auch schlecht für Insekten, die von dem Licht angezogen werden und Schaden leiden. Die bestehende Beleuchtung trägt zudem zur Lichtverschmutzung bei.

Vorgeschlagen werden hier LED-Strahler die auf den Weg gerichtet sind. Diese Strahler sollten eine Leistung von deutlich weniger als 20 Watt haben und der Lichtstrom sollte möglichst auf die Wege konzentriert sein. Weiterhin wird vorgeschlagen eine intelligente Steuerung einzubeziehen, die den Stromverbrauch durch zwei Maßnahmen weiter reduziert: Zum einen sollte die Beleuchtungsstärke zu verkehrsschwachen Zeiten herabgedimmt werden und zum anderen gibt es entsprechende Fuß- und Fahrradwegbeleuchtungen, die mit Bewegungsmeldern ausgestattet sind und die ihre Informationen an die benachbarten Leuchten weitergeben. Mit diesem Beleuchtungssystem werden nur noch die Leuchten eingeschaltet, in deren Nähe sich Personen aufhalten.

Ergebnis: die neue Beleuchtung braucht nur noch 1 Prozent des Stromverbrauchs der alten Beleuchtung (bei dieser Berechnung wurde eine Aufnahmeleistung von 10 Watt für die LED-Leuchten angenommen). Einsparung: 99 Prozent des ursprünglichen Strombedarfs für die Außenbeleuchtung!

Dieselbe Dienstleistung (Ausleuchtung des Weges) kann also mit einem viel geringeren Energieeinsatz erzielt werden.



• Anzahl Lampen:	28	• Anzahl Lampen:	28
• Leistung pro Lampe:	125 W	• Leistung pro Lampe:	20 W
• Anzahl Stunden:	4.000 h	• Anzahl Stunden:	500 h
• Strompreis:	0,2 €/kWh	• Strompreis:	0,2 €/kWh
• Stromverbr. pro Leuchte:	500 kWh/a	• Stromverbr. pro Leuchte:	10 kWh/a
• Stromverbrauch total:	14.000 kWh/a	• Stromverbrauch total:	280 kWh/a
• Stromkosten:	2.800 €/a	• Stromkosten:	56 €/a

➔ **Betriebsmehrkosten gegenüber optimaler Lösung: 2.744 €/a**

Abbildung 24: Kostenvergleich von alter und neuer Außenbeleuchtung.

Optimierte Außenbeleuchtung



- Geringe Beleuchtungsstärke
- Hohe Effizienz der Leuchten (LED 150 lm/Watt)
- Zielgerichtet auf den Weg
- Insektenfreundliche Lichttemperatur
- Kombination mit Bewegungsmelder
- ➔ umweltschonend und geringe Betriebskosten

Abbildung 25: Beleuchtung

5. Fahrradkeller

Die Schule verfügt über einen großen Fahrradabstellplatz im Untergeschoss der Schule. Dieser Abstellplatz ist von zwei Seiten bequem befahrbar und wird von Schülern und Lehrern stark frequentiert.

Die Beleuchtung erfolgt über 70 Fluoreszenzlampen, die über Bewegungsmelder gesteuert werden. Auch in diesem Falle sollte die Beleuchtung durch effiziente LED-Leuchten ersetzt werden. Bei einer

Einsparung von 60 Prozent pro Leuchte und einer Benutzungsdauer von 500 Stunden pro Jahr ist eine Einsparung von jährlich 1.400 Kilowattstunden zu erwarten.



Abbildung 26: Fahrradkeller in den Ferien (Anfang Januar 2020)

Eine Zusammenstellung der möglichen Einsparung im Bereich der Beleuchtung zeigt folgende Übersicht:

Tabelle 3: Zusammenstellung der Einsparpotentiale durch eine konsequente Beleuchtungssanierung

Zusammenstellung Beleuchtungseinsparung		
Klassenzimmer und Flure (gesamte Schule)	28.000	kWh
Turnhalle	14.000	kWh
Fahrradkeller	1.400	kWh
Außenbeleuchtung	2.000	kWh
Summe	45.400	kWh

Alleine durch eine Modernisierung der noch zur Sanierung ausstehenden Beleuchtungsanlage lassen sich nach konservativer Berechnung ca. 45.400 der derzeit jährlich verbrauchten 225.000 Kilowattstunden einsparen.

Mit jeder Kilowattstunde Strom die eingespart wird, wird nicht nur CO₂ eingespart, sondern es werden auch Stromkosten von etwa 23,3 Cent pro kWh (netto) eingespart. Da die Beleuchtung der Klassenzimmer und Flure in die Spitzenlastzeit fällt (siehe Lastkurve in Abbildung 15) wird durch eine effizientere Beleuchtung auch die maximale Bezugslast reduziert und somit eine zusätzliche Kosteneinsparung bei den Netznutzungsentgelten erzielt. Weitere Gebäudeteile die ein hohes Einsparpotential im Bereich der Beleuchtung haben, sind das Lehrerzimmer und die Verwaltungsräume.

Im Rahmen des Projektes wurde mit den Schüler*innen der Projektgruppe die Beleuchtungsstärke an verschiedenen Stellen im Schulgebäude gemessen. Abbildung 27 zeigt die gemessene

Beleuchtungsstärke in einem unsanierten Klassenzimmer (links) und einem sanierten Klassenzimmer (rechts).

In den sanierten Klassenzimmern war die Beleuchtungsstärke gleichmäßiger über die Fläche verteilt. Die Beleuchtungsstärke war sowohl in dem unsanierten als in dem sanierten Klassenzimmer sehr hoch. Während jedoch die Beleuchtungsstärke im sanierten Klassenzimmer reguliert (gedimmt) werden kann, ist dies bei der alten Beleuchtung nicht der Fall.

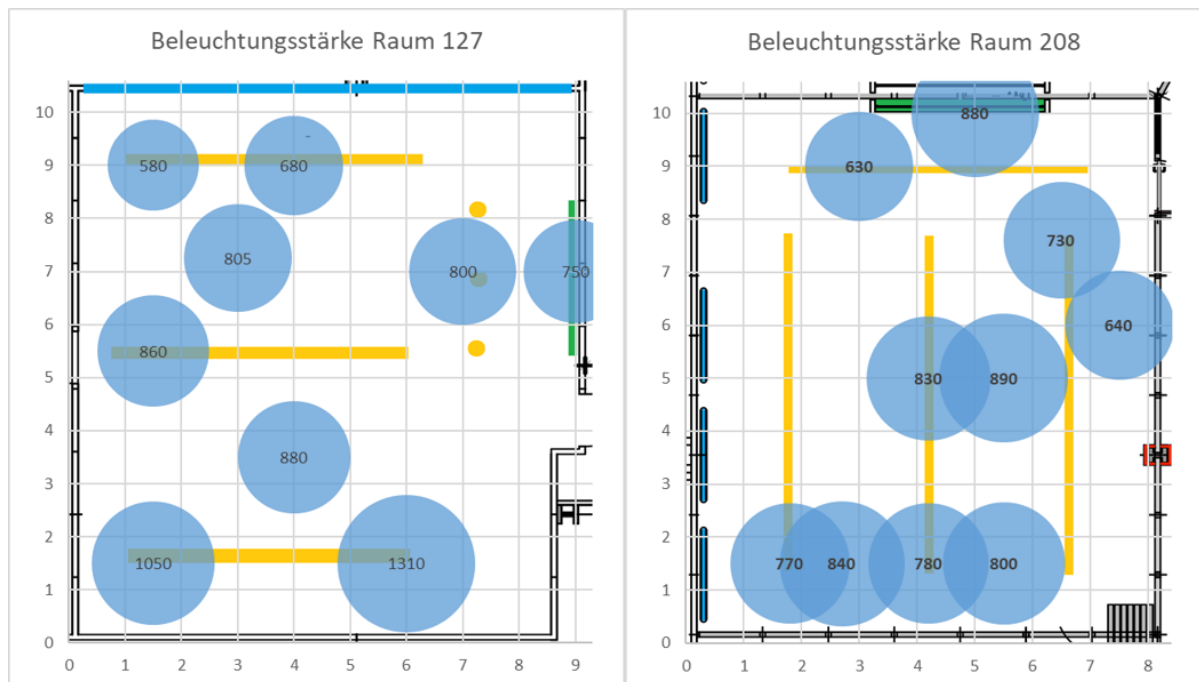


Abbildung 27: Gemessene Beleuchtungsstärke in einem unsanierten Klassenzimmer (links) und einem sanierten Klassenzimmer (rechts).

5.3.2 Pumpen: Leistungsreduktion durch hydraulischen Abgleich und Vermeidung von Heizzeiten.

Die Heizungspumpen sind größtenteils auf einem guten technischen Stand. Durch Anpassung der Heizungszeiten und durch die Optimierung der Pumpeneinstellung lassen sich jedoch zusätzliche Einsparpotentiale erschließen. Unterstellen wir einen Anteil des Pumpenstromverbrauchs von etwa 1,5 Prozent bezogen auf den Erdgaseinsatz von 1,2 Mio. Kilowattstunden, so werden an der Schule rund 18.000 Kilowattstunde Strom für die Pumpleistung benötigt. Werden die vorhandenen Einsparpotentiale im Wärmebereich umgesetzt (Beseitigung von Wärmebrücken, Optimierung der Einzelraumsteuerung, Abdichtung Fenster), so reduziert sich die Heizlast und die notwendige Pumpenleistung um etwa 20 Prozent. Die erzielbare Einsparung bei den Heizungspumpen können somit auf etwa 3.000 bis 4.000 Kilowattstunden abgeschätzt werden.

Stand-by-Verluste treten vor allem bei älteren elektronischen Geräten sowie bei der Warmwasserbereitung in Boilern auf. Im Rahmen einer schulweiten Aktion sollten systematisch unnötige Stand-by Verbräuche von Geräten ermittelt und beseitigt werden.

Weiterhin soll geprüft werden, ob ein Ersatz von ineffizienten Kühlgeräten durch hocheffiziente Kühlgeräte ökologisch sinnvoll ist.

5.3.3 Kleininvestive Maßnahmen und Verhaltensänderungen zur Einsparung von Strom

Neben den dargestellten technischen Einsparpotentialen lassen sich Stromeinsparungen auch durch ein verändertes Verhalten von Lehrer*innen und Schülern erzielen.

Licht-aus! Schilder

Um die Schüler*innen aller Klassen an den „Licht-aus-Schalter“ zu erinnern, wurden im Rahmen der Klimaschutz-AG im Kunstunterricht kleine Plakate gestaltet und in den Klassenzimmern angebracht (siehe Abbildung 28)



Abbildung 28: Ein von den Schüler*innen gestaltetes Erinnerungsschild zum Ausschalten der Beleuchtung.

Beschriftung von Lichtschaltern

In den noch nicht sanierten Klassenzimmern mit der alten Beleuchtung sind die Schalter für die Beleuchtung nicht beschriftet gewesen. So drücken Schüler*innen/Lehrerinnen oft zunächst einen Schalter, um zu sehen, welche Leuchtenreihe eingeschaltet ist. Danach wird gegebenenfalls wieder ausgeschaltet und der nächste Schalter betätigt. Im Rahmen der Klimaschutz-AG wurden die Schalter durch die Schüler der Klimaschutz-AG beschriftet.

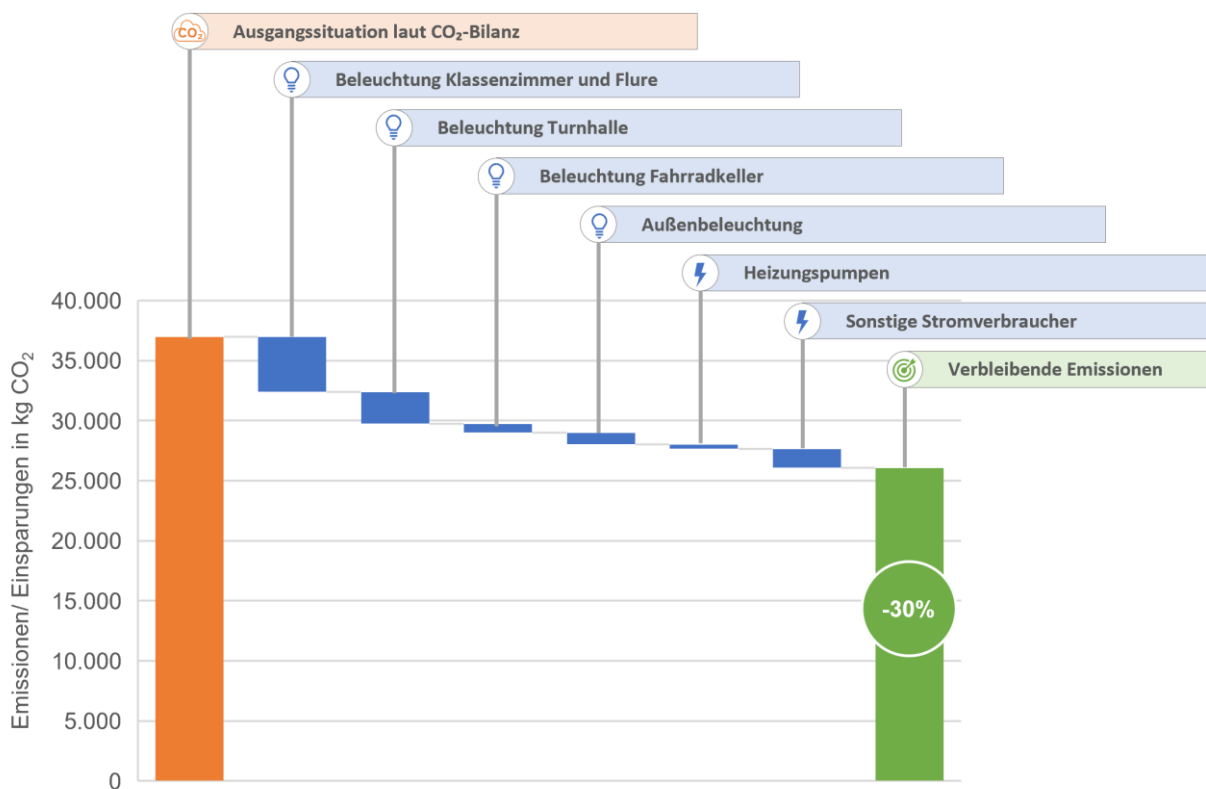


Abbildung 29: CO₂-Einsparungen durch Stromsparmaßnahmen.

5.4 Stromerzeugung durch Solaranlage

Bereits im Jahr 2000 wurde auf dem Schulzentrum Dreisamtal eine Solaranlage mit 30 kWp Leistung installiert, deren Strom vollständig in das Stromnetz eingespeist wird. Die Einspeisevergütung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz für diese Anlage ist Ende 2020 ausgelaufen.

Die Solaranlage produzierte jährlich rund 30.000 kWh und somit etwa 13 Prozent des jährlichen Strombedarfs. Diese Anlage wurde Anfang September 2021 wieder abgebaut, weil der Dachnutzungsvertrag ausgelaufen ist und der Schulträger gegenüber dem fesa e.V. (Förderverein Solarenergie) auf einem Rückbau der Anlage bestand.

Diese Umstände sollten genutzt werden, um die Stromerzeugung auf dem Dach der Schule wesentlich stärker auszubauen, da große Flächen für die Installation von PV-Modulen zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 30). Wir werden in Absprache mit der Schulleitung das Landratsamt bitten, die Statik der Dächer zu prüfen und gegebenenfalls auch Maßnahmen zu treffen, um – soweit nötig – die Dachhaut vor Installation der PV-Anlage zu sanieren.



Abbildung 30: Links: Aufsicht auf Schulzentrum zeigt freie Flächen für die Installation einer großen PV-Anlage. Die auf dem Foto sichtbare bestehende PV-Anlage wurde inzwischen abgebaut. Rechts: Abmessungen des Schuldaches

Wir gehen davon aus, dass die insgesamt für eine PV-Anlage in Betracht kommende Flächen zusammen etwa 7000 m² betragen. Gehen wir davon aus, dass aufgrund der Dachaufbauten und der notwendigen Verkehrswege rund die Hälfte der Fläche für PV-Module genutzt werden kann, so könnten auf dem Dach eine Solaranlage mit einer Leistung von über 400 kW installiert werden.

Um mit der Anlage einen möglichst hohen Eigenverbrauchsanteil zu erzielen, würden die Module voraussichtlich in Ost-West-Ausrichtung installiert. Dies wäre mit einem etwas niedrigen Stromertrag pro kW installierter Leistung verbunden, hätte gleichzeitig jedoch den Vorteil, dass die zur Verfügung stehenden Dachflächen optimal ausgenutzt werden könnten und die Dachlast sowie die Windangriffsfläche (und damit auch die Dachlast) minimiert werden können (siehe Abbildung 31).



Abbildung 31: Beispiel für eine PV-Anlage mit Ost-West Ausrichtung und flach angebrachten Modulen, die eine möglichst geringe Angriffsfläche für den Wind bieten.

Bei der oben skizzierten Leistung der PV-Module ließe die Anlage (bei einer Ost-West-Ausrichtung der Module) einen Ertrag von ca. 350.000 kWh Solarenergie pro Jahr erwarten.

Der Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald hat im Juni 2021 eine PV-Offensive unter dem Motto „Sonnenstrom hausgemacht“ gestartet.⁸ Die Aktion findet im Rahmen der Klimaschutzoffensive des Landkreises statt und knüpft an die „Dein Dach kann mehr“-Kampagnen in der Stadt Freiburg und im Landkreis Emmendingen an.

Zu dem oben genannten Motto würde es gut passen, wenn der Landkreis Breisgau Hochschwarzwald in den eigenen Gebäuden Hand anlegen würde. Sollte der Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald die Anlage nicht realisieren können oder wollen, so wäre dies mit Hilfe eines Bürgerbeteiligungsmodells möglich.

Mit einer Stromerzeugung von 350.000 kWh pro Jahr wäre die Stromerzeugung der PV-Anlage auf dem Dach der Schule deutlich höher als der Verbrauch der Schule. An Sommertagen müsste der größte Teil der Solarstromerzeugung ins öffentliche Netz eingespeist werden. Wir schlagen vor, einen kleineren Batteriespeicher zu installieren (ca. 10 kWh), damit das Zusammenspiel von Stromerzeugung, direkte Stromnutzung und Stromspeicherung sowie Einspeisung in das öffentliche Netz anhand des praktischen Beispiels demonstriert und über ein Display sowie eine App an Schüler und Lehrer vermittelt werden kann.

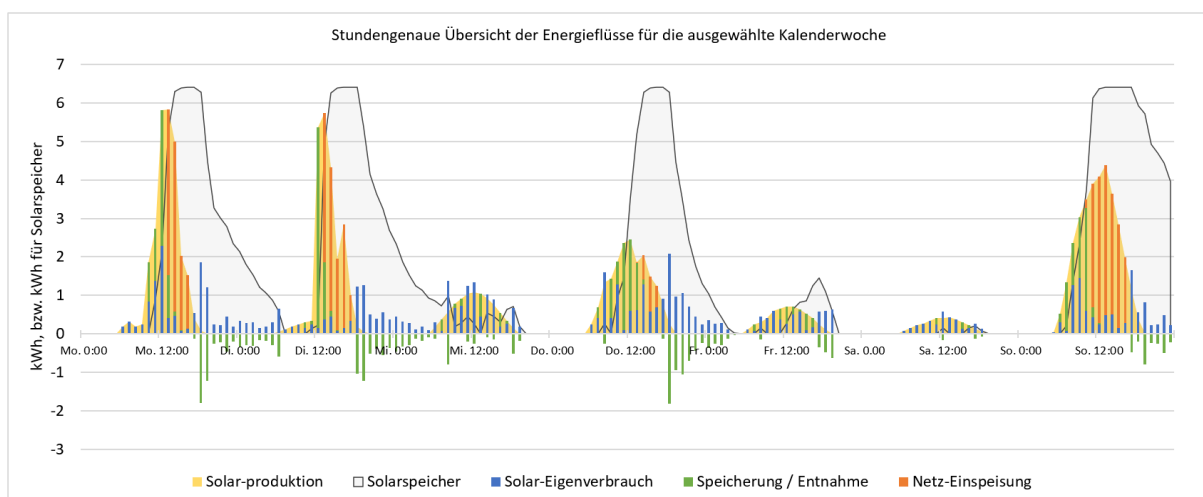


Abbildung 32: Beispielhafte Darstellung der Stromflüsse in der Konstellation Verbraucher, Erzeuger, Speicher und Netz für ein Eigenheim.

Ob und wann sich die Installation eines größeren (dem täglichen Stromverbrauch der Schule angemessenen) Speichers finanziell lohnt, hängt von der Entwicklung der Speicherkosten sowie des Strompreises ab. Aus ökologischer Sicht bringt ein Batteriespeicher auch Nachteile mit sich: Aufgrund von Wirkungsgradverlusten geht ein Teil der solaren Stromproduktion (ca. 10 Prozent) verloren. Zudem fällt bei der Produktion der Speicher und bei der Rohstoffgewinnung für den Speicher eine erhebliche Umweltbelastung an. Auf der anderen Seite werden in Zukunft Stromspeicher zum Ausgleich zwischen der schwankenden Stromerzeugung aus regenerativen Energiequellen und der Nachfrage zur Stabilisierung des Gesamtsystems benötigt. Derzeit ist dies jedoch noch nicht der Fall. Daher werden die vorhandenen Batteriespeicher in Wohnhäusern und Gebäuden bislang noch nicht netzdienlich eingesetzt. Sobald die Stromspeicher netzdienlich eingesetzt werden, sollte eine Erweiterung des Speichers in Betracht gezogen werden.

⁸ https://www.breisgau-hochschwarzwald.de/pb/Breisgau-Hochschwarzwald/Start/Landkreis+_Politik/Photovoltaik-Aktion.html

5.5 Zusammenfassung Klimaschutzkonzept Bereich Strom

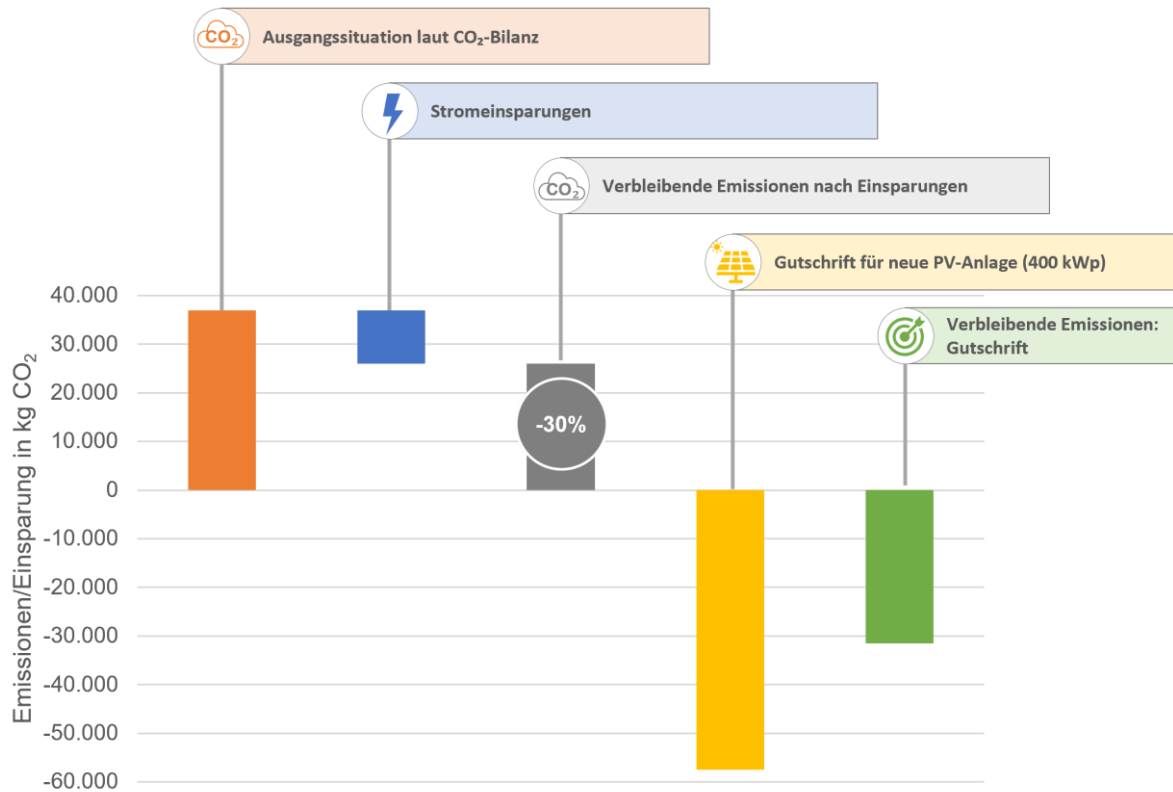


Abbildung 33: Zusammenfassung der CO₂-Einsparpotentiale Bereich Strom für die Realschule

Abbildung 30 fasst die Klimaschutzwirkungen der Maßnahmen im Strombereich für die Realschule zusammen. Ausgehend von CO₂-Emissionen in Höhe von 36 Tonnen pro Jahr, können diese durch gezielte Investitionen in Effizienzmaßnahmen um 30 Prozent reduziert werden. Mit dem Ausbau der PV-Anlage erhält die Schule für den zusätzlich erzeugten Strom eine CO₂-Gutschrift, die deutlich größer ist, als die verbleibenden Emissionen nach Einsparung, so dass sich für den Strombereich insgesamt eine Gutschrift ergibt.

Warum erhält die Schule diese Gutschrift? Durch den zusätzlichen erzeugten Strom mit der PV-Anlage reduziert sich der Strombezug der Schule und ein größerer Teil des PV-Stroms kann in das öffentliche Netz eingespeist werden. Da immer nur so viel Strom produziert wird, wie die Verbraucher abnehmen, wird in Folge der Solarstromproduktion weniger fossiler Strom produziert. Die Kohle- und Gaskraftwerke reduzieren ihre Stromproduktion und damit ihre CO₂-Emissionen. Diese CO₂-Minderung wird der Schule gutgeschrieben.

5.6 Zusammenfassung Gebäudeenergie

Die CO₂-Bilanz für Heizenergie und Stromverbrauch für das gesamte Schulzentrum ist in Tabelle 4 dargelegt. Der Solarstrom wird nicht in der Schule verbraucht, sondern in das Stromnetz der Gemeindewerke Kircharten eingespeist. Dadurch wird die Stromerzeugung an anderen Orten im

selben Umfang vermieden. Dieser Effekt wird durch eine entsprechende Gutschrift in der CO₂-Bilanz berücksichtigt. Eine grafische Darstellung der Emissionswerte ist in Abbildung 34 zu sehen.

Tabelle 4: Verbrauch, Emissionsfaktoren und CO₂-Emissionen für das Gebäude Schulzentrum

Energieträger	Menge	CO ₂ -Emissionsfaktor	CO ₂ -Emissionen in kg
Erdgas	117.600 m ³	2,5 kg CO ₂ /m ³	295.600
Heizöl	500 Liter	3,2 kg CO ₂ /Liter	1.600
Stromverbrauch	225.000 kWh	0,4 kg CO ₂ /kWh	90.000
Zwischensumme			387.200
Stromerzeugung PV-Anlage	30.000 kWh	0,4 kg CO ₂ /kWh	-12.000
Summe			375.200

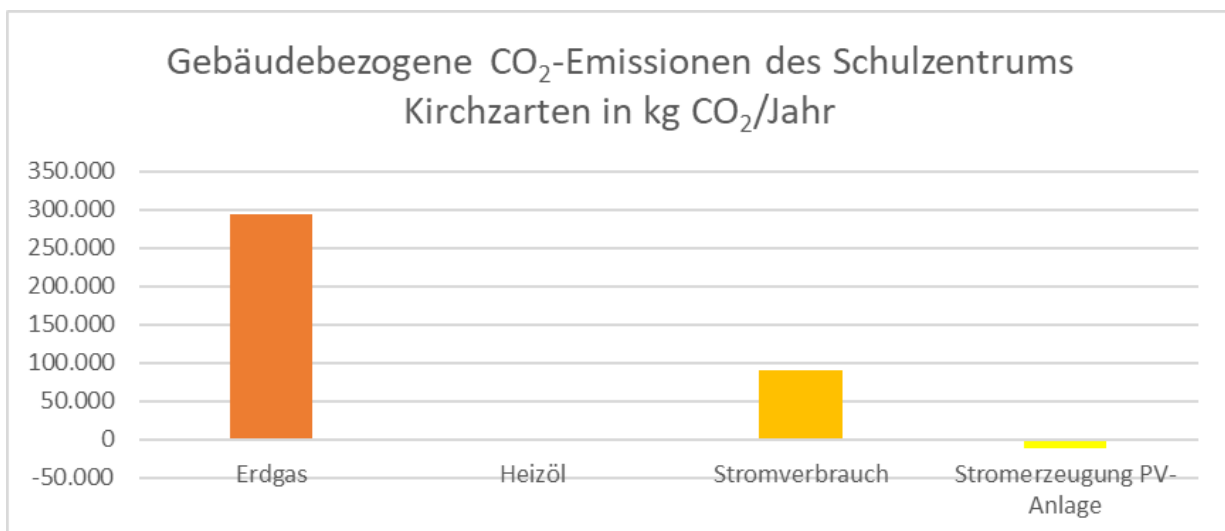


Abbildung 34: Gebäudebezogene CO₂-Emissionen des Schulzentrums Kirchzarten in kg CO₂/Jahr

Die hier vorgestellten Werte beziehen sich auf das **gesamte Schulzentrum** und das Jahr 2019. Davon entfallen auf die Realschule entsprechend der Anzahl Schüler und Lehrer im Verhältnis zur gesamten Schüler- und Lehrerschaft rund 41 Prozent. Bezogen auf die Realschule ergeben sich demnach im Jahr 2019 CO₂-Emissionen für den Gebäudebereich der Realschule von rund 152.000 kg CO₂.

Wie weiter oben beschrieben, kann der Wärmebedarf zunächst durch Effizienzmaßnahmen (Heizungssteuerung, Wärmedämmung hinter Heizkörpernischen, Fensterdichtungen...) reduziert werden. Weitere Emissionsminderungen können durch richtiges Lüften und durch sparsameres Nutzerverhalten erzielt werden. Gleichzeitig werden die CO₂-Emissionen durch eine Umstellung der Heizungsanlage auf Holzhackschnitzel sehr stark reduziert. Dabei wird die Grundlast des Wärmebedarfs mit Holzhackschnitzel und der Spitzenlastbedarf (30 Prozent) mit Erdgas abgedeckt. Statt bislang 295 Tonnen CO₂ werden nur noch 84 Tonnen CO₂ verursacht (bezogen auf das ganze Schulgebäude).

Der Stromverbrauch wird durch Effizienzmaßnahmen bei der Beleuchtung, den Heizungspumpen sowie durch Vermeidung von Stand-by-Verlusten und Verhaltensänderungen um 30 Prozent gesenkt. Dementsprechend sinken auch die mit dem Stromverbrauch verbundenen jährlichen CO₂-Emissionen von 90 auf 64 Tonnen CO₂.

Ein möglichst umfassender Ausbau der PV-Anlage lässt die Installation von mindestens 400 kW mit Ost-West-Ausrichtung zu. In der CO₂-Bilanz wird davon ausgegangen, dass sich hieraus eine durchschnittliche jährliche Stromerzeugung von 350.000 kWh ergibt, die zu einer Emissionsminderung von 152 Tonnen führt. Dabei wird unterstellt, dass pro kWh eingespeisten Strom die Emissionen der herkömmlichen Stromversorgung im Durchschnitt um 401 g CO₂ zurück geht. Tatsächlich kann aber davon ausgegangen werden, dass die reale CO₂-Minderung deutlich größer ist. Siehe Erläuterung in Abschnitt 9.1.

Nach Durchführung der vorgeschlagenen Maßnahmen ergeben sich für die Variante 1 (Holzhackschnitzelfeuerung mit 30 Prozent Spitzenlastabdeckung durch Erdgas) folgende Absenkungen bei den gebäudebezogenen CO₂-Emissionen für die **Realschule**:

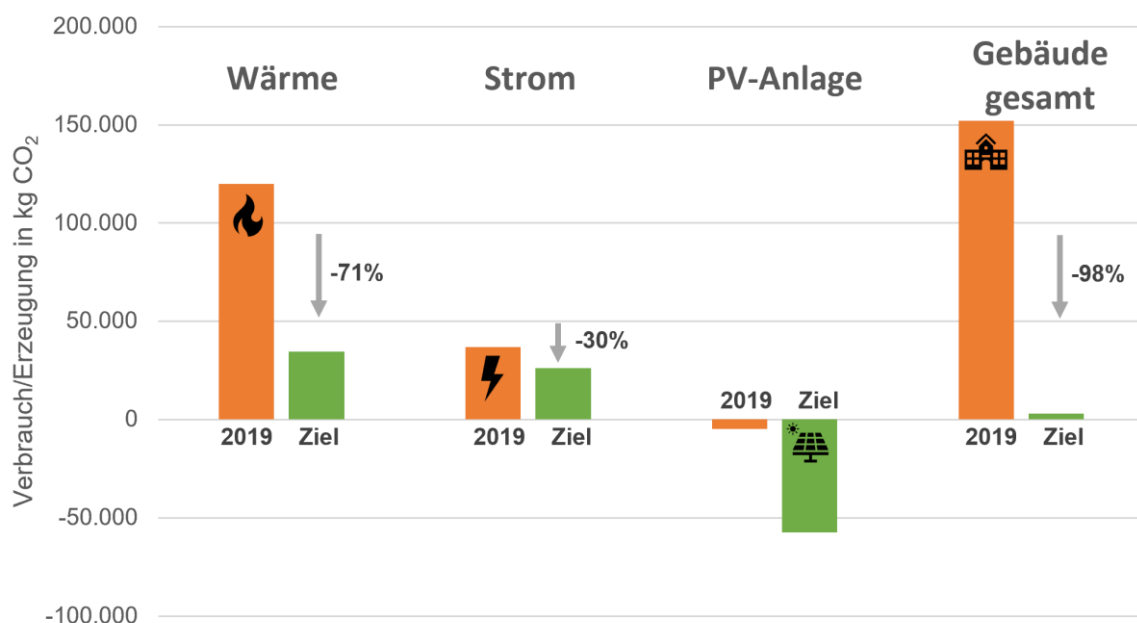


Abbildung 35: Gebäudebezogene CO₂-Emissionen der Realschule Kirchzarten in kg CO₂/Jahr vor und nach Sanierung. „Ziel“ stellen hier die Emissionen dar, die nach Umsetzung der dargelegten Maßnahmen anfallen werden. Es sind also keine gesetzten Ziele, sondern die erwarteten Ergebnisse nach Sanierung.

In der Summe ergibt sich für das gesamte Gebäude eine fast ausgeglichene Bilanz. D.h. die Energieversorgung der Schule kann fast CO₂-neutral erfolgen. Zwar benötigt die Heizung immer noch für rund ein Drittel der Wärme noch Erdgas, doch können die daraus entstehenden CO₂-Emissionen sowie die CO₂-Emissionen aus dem Stromverbrauch durch die vermiedenen Emissionen der PV-Anlage ausgeglichen werden. Ohne eine Betrachtung der Bereiche Verkehr, und Ernährung und Beschaffung könnte die Schule zur „klimaneutralen Schule“ werden.

Weitere Bilanzierungen mit einer alternativen Technologie für die Wärmeversorgung, einer BHKW-Lösung, besprechen wir in Abschnitt 8.

Dass diese Maßnahmen finanzierbar und rentabel wären zeigen wir in Abschnitt 10.

5.7 Ein Blick über den Tellerrand hinaus

Das Thema Stromspeicher (Batterieelektrisch oder Wasserstoff) wird in Zukunft auch die Schüler*innen, die Lehrer*innen sowie die Öffentlichkeit stärker beschäftigen. Da die Zusammenhänge zwischen Stromverbrauch in der Schule, ein Überschuss an Solarstromerzeugung vom Dach der Schule an Sommertagen oder aus dem Heizungskeller in den Wintermonaten durch das BHKW sowie die Möglichkeit der Stromspeicherung mit „Grünem Wasserstoff“ nicht trivial sind, halten wir es für lohnenswert, im Zusammenhang mit dem Plusenergiegebäude das Thema zu bearbeiten und die Zusammenhänge über ein Modell sowie einem Internetauftritt für die breite Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Für diese Bildungsaktion ließe sich sicherlich auch das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg gewinnen.

Somit könnte das Schulzentrum ein interessanter Show-Case für Wasserstoffwirtschaft unter Einbindung von PV-Stromerzeugung werden und somit zum zukünftigen besseren Verständnis der Zusammenhänge in der Energiewirtschaft und der Klimapolitik beitragen.

6 Verkehr & Mobilität

Aufbauend auf einer Mobilitätsumfrage und die daraus abgeleitet CO₂-Bilanz haben wir in Zusammenarbeit mit den Schüler*innen Überlegungen angestellt, wie die CO₂-Bilanz verbessert werden kann.

6.1 Vorgehen und Erstellen der Mobilitätsumfrage

Zunächst wurden im Unterricht die Zusammenhänge von Mobilität, Verkehrswegen, Transportmittel und CO₂-Emissionen unterschiedlicher Fahrzeuge behandelt und mit Hilfe von Arbeitsblättern die gewonnenen Erkenntnisse verfestigt. Hierdurch wurden die Schüler*innen in die Lage versetzt einen Fragebogen für die Verkehrsbefragung an der Schule zu konzipieren und die Umfrage zu planen. Zur Beantwortung des Fragebogens gab es zwei Wege: Schüler*innen oder Lehrer*innen konnten über einen QR-Code auf elektronischem Weg teilnehmen. Ihre Antworten auf die neun erarbeiteten Fragen (siehe Anhang) wurden direkt in eine Datenbank übertragen. Der zweite Weg führte über einen Fragebogen in Papierform. Dieser Fragebogen wurde von den Klassenlehrer*innen der Realschule in ihren Klassen ausgeteilt und konnte von den Schülern*innen binnen 3-5 Minuten ausgefüllt werden. Die ausgefüllten Fragebögen wurden wieder eingesammelt und an den projektbetreuenden Lehrer zurückgegeben. Im nächsten Schritt wurden die Fragebögen dann jeweils von einem Schülerpaar mithilfe von Tablets in die Datenbank übertragen. Innerhalb von ca. 15-20 Minuten konnten die Schüler*innen der 8b alle Papierfragebögen in die elektronische Datenbank übertragen. Die Auswertung der Daten war bereits vorbereitet, so dass die ersten Ergebnisse der Umfrage direkt danach im Unterricht besprochen werden konnten.

Insgesamt nahmen 446 der 513 Schüler*Innen der Realschule am Giersberg an der Umfrage (87 Prozent) teil. So konnte durch die Umfrage ein sehr klares Bild über die Verkehrswege der Schüler*innen sowie über die genutzten Transportmittel erstellt werden.

Der für die Umfrage benutzte Fragebogen befindet sich im Anhang.

Da die Mobilitätsumfrage auf die Realschule begrenzt war, werden im Folgenden die Maßnahmen und ihre erwartete Wirkung auch nur auf diesen Zweig des Schulzentrums bezogen, auch wenn zu erwarten ist, dass die Maßnahmen auf die anderen Schulzweige ausstrahlen werden.

6.2 Emissionen für Schulweg Schüler*innen

6.2.1 Verkehrsmittelwahl und zurückgelegte Personenkilometer

Abbildung 36 zeigt die Ergebnisse aus den ausgewerteten Fragebögen. Zur Ermittlung der insgesamt zurückgelegten Wege und Distanzen müssen die Werte auf die Gesamtschüler*innenzahl der Realschule hochgerechnet werden (Faktor 1/0,87).

Verkehrsmittelwahl und Weglänge	Frühjahr bis Herbst (125 Schultage)		Winter (55 Schultage im Jahr)		Jahresmittel (gewichtet)	
	Anzahl Nennungen	Einfache Weglänge in km	Anzahl Nennungen	Einfache Weglänge in km	Anzahl Nennungen	Einfache Weglänge in km
Schülerin oder Schüler						
zu Fuß	18	1,0	18	1,0	18	1,0
Fahrrad	225	3,7	108	2,7	189	3,5
Bus	152	12,8	231	10,1	176	11,7
andere ÖPNV (S-Bahn/Bahn,...)	12	23,8	13	19,5	12	22,4
E-Bike / E-Scooter	2	6,5	0	0,0	1	6,5
Moped / Motorrad	5	9,2	1	5,0	4	8,9
Auto (Kleinwagen)	4	7,8	16	6,0	8	6,6
Auto (Mittelklasse)	20	8,7	40	6,1	26	7,4
Auto (Oberklasse/SUV)	5	22,0	17	12,3	9	16,2
Sonstige	3	3,3	2	5,0	3	3,7
Summe:	446					7,8

Durchschnittliche Weglänge:

Abbildung 36: Detaillierte Übersicht der Verkehrsmittelwahl und zurückgelegten Wegestrecken der Realschüler*innen

Zunächst wurde ausgewertet, mit welchen Verkehrsmitteln die Schüler*innen im Frühjahr bis Herbst und mit welchen sie im Winter zur Schule kommen. Die Auswertung ergab, dass im Jahresmittel etwa gleich viele Schüler mit dem Fahrrad wie mit den öffentlichen Verkehrsmitteln (inkl. Schulbus) zur Schule kommen (siehe Abbildung 37 links). Es ist jedoch auffallend, dass im Frühjahr bis Herbst (siehe Abbildung 37 Mitte) über 50% der Schüler*innen das Rad wählen während es im Winter etwa 24% sind (siehe Abbildung 37 rechts).

Gleichzeitig erhöht sich der Anteil der Autofahrten in der kalten Jahreszeit von 6,5% (Frühjahr bis Herbst) auf 16,4% im Winter. Im Jahresdurchschnitt liegt der Anteil der Schüler*innen, die mit dem „Elterntaxi“ zur Schule kommen, bei ca. 10%.

Die mit dem Rad fahrenden Schüler*innen legen durchschnittlich 3,5 km auf dem Weg zur Schule zurück (einfache Wegstrecke). Der Schulbus ist im Sommer mit einem Anteil von 37 % der Wege das zweithäufigste Verkehrsmittel, aber im Winter mit 52 Prozent Anteil an den Wegen das meistgenutzte Transportmittel. Die durchschnittliche Wegstrecke beträgt hierbei 11,7 Kilometer pro Schulweg (einfache Strecke). Etwa 4 % der Schülerinnen kommen zu Fuß in die Schule.

Insgesamt legen alle Schüler*innen der Realschule zusammen übers Jahr hinweg auf ihrem Schulweg eine Strecke von 1,43 Millionen Kilometer zurück, was etwa 36 Mal dem Erdumfang entspricht.

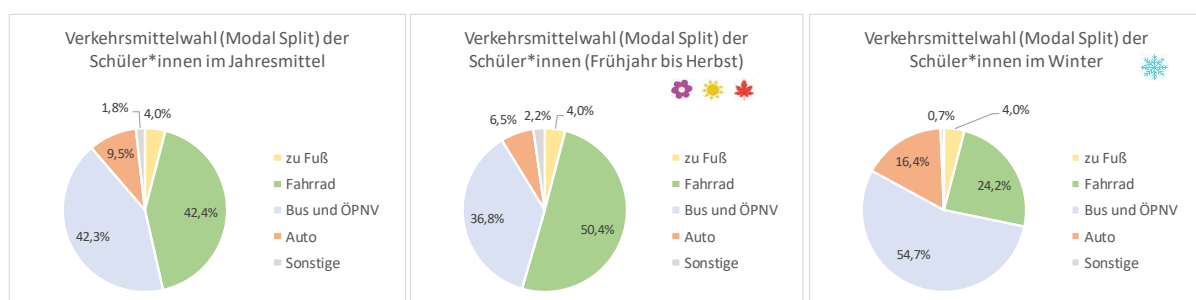


Abbildung 37: Verkehrsmittelwahl der Schüler*innen im Jahresmittel (links) im Frühjahr bis Herbst (Mitte) und im Winter (rechts)

6.2.2 Berechnung der Emissionen

Auf Basis der Mobilitätsumfrage wurde zunächst die gesamte Wegstrecke aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg für die einzelnen Verkehrsmittel für ein Jahr hochgerechnet. Mit diesen Wegstrecken und den spezifischen Emissionsfaktoren der einzelnen Verkehrsmittel (siehe CO₂-Bilanz

Abschnitt 2.2) wurden anschließend die entstandenen CO₂-Emissionen aller Schüler*innen ermittelt. Die Berechnung ist in Abbildung 38 dargestellt. Durch den Schulweg aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg entstehen etwa 60 Tonnen CO₂ pro Jahr.

	Gesamtstrecke in km		Emissionsfaktor	Emissionen
	für Teilnehmer	für gesamte Schule	in gCO ₂ /km	in kg CO ₂
zu Fuß / Fahrrad	6.408	7.371	0	0 kg CO ₂
Fahrrad	241.137	277.362	0	0 kg CO ₂
Bus	741.344	852.712	32	27.287 kg CO ₂
andere ÖPNV (S-Bahn/Bahn,...)	99.080	113.964	58	6.610 kg CO ₂
E-Bike / E-Scooter	3.250	3.738	4	15 kg CO ₂
Moped / Motorrad	12.100	13.918	60	835 kg CO ₂
Auto (Kleinwagen)	18.222	20.959	120	2.515 kg CO ₂
Auto (Mittelklasse)	70.024	80.543	147	11.840 kg CO ₂
Auto (Oberklasse/SUV)	50.435	58.012	190	11.022 kg CO ₂
Sonstige	3.600	4.141		
Gesamtstrecke Schulweg:		1.432.719		60.124 kg CO₂

Abbildung 38: Berechnung der schulwegbedingten CO₂-Emissionen aller Schüler*innen der Realschule am Giersberg

Die Verteilung der zurückgelegten Wegstrecke nach Verkehrsmitteln und eine Verteilung der CO₂-Emissionen nach Verkehrsmitteln sind in Abbildung 39 dargestellt.

Bei der zurückgelegten Wegstrecke und bei den Emissionen entfällt der größte Anteil auf die Busfahrten. Rund 967.000 Kilometer legen die Realschüler*innen im Jahr mit Schulbussen sowie den öffentlichen Verkehrsmitteln zurück und verursachen dadurch etwa 34.000 kg CO₂.

Mit dem Auto werden zwar nur relativ wenige Schüler*innen zur Schule gebracht (10%). Diese Fahrten sind jedoch für ca. 42 % der mobilitätsbedingten Emissionen verantwortlich (ca. 23.000 kg CO₂).

E-Bike und Moped spielen nur eine untergeordnete Rolle und sind an der Emissionsbilanz mit weniger als 2 % beteiligt.

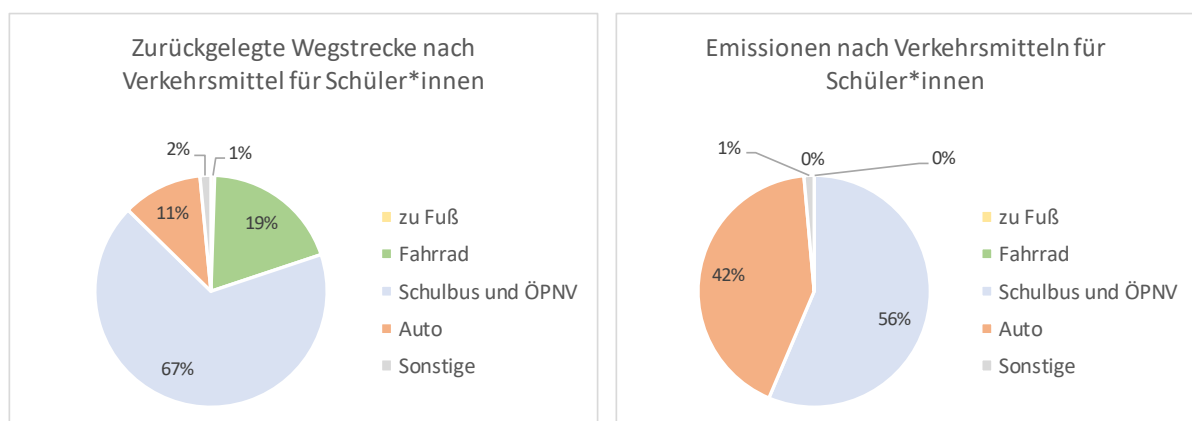


Abbildung 39: Links: Verteilung der zurückgelegten Wegstrecke nach Verkehrsmitteln, Rechts: CO₂-Emissionen nach Verkehrsmitteln.

6.3 Emissionen für Schulweg Lehrer*innen

Auch bei den Lehrer*innen war die Teilnahmequote an der Umfrage sehr hoch: 84 % der Lehrkräfte füllten den Fragebogen aus.

Die auf den Fragebögen angegebenen Verkehrsmittelwahl nach Jahreszeit ist in Abbildung 40 dargestellt. Von Frühjahr bis Herbst kommen über 50 % der Lehrer*innen mit dem Fahrrad oder dem E-Bike zur Schule. In den Wintermonaten sind es immerhin noch 31 %. Dabei beträgt die durchschnittliche Weglänge rund 6 km (einfacher Weg). Insgesamt legen die Lehrer*innen übers Jahr hinweg allein mit dem Zweirad eine Strecke von 50.000 km zurück. Das entspricht ungefähr 35 % der Gesamtdistanz, die alle Lehrer mit allen Verkehrsmitteln zurücklegen (siehe Abbildung 41).

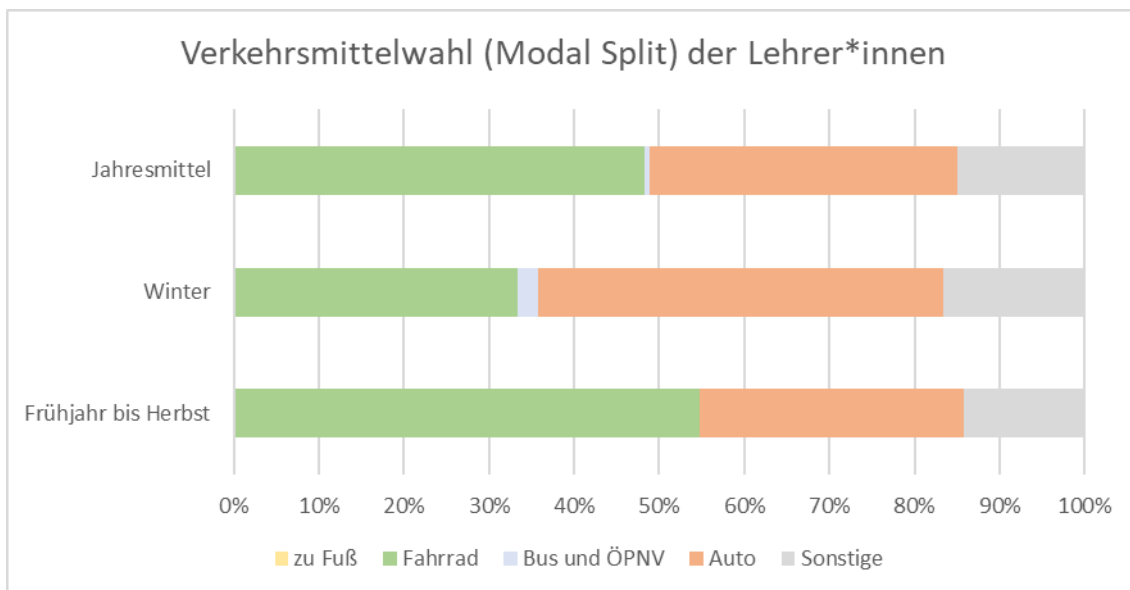


Abbildung 40: Verkehrsmittelwahl (Modal Split) der Lehrer*innen

Abbildung 41 zeigt die Berechnung der schulwegbedingten CO₂-Emissionen aller Lehrer*innen der Realschule am Giersberg. Bus und Bahn (ÖPNV) spielt als Transportmittel für die Lehrer*innen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Lediglich 1 % aller zurückgelegten Distanzen werden mit diesen Verkehrsmitteln absolviert. Hingegen werden 53 % der zurückgelegten Kilometer übers Jahr hinweg mit dem Auto gefahren. Dies hat zur Folge, dass die über die Schulwege aller Lehrer*innen erzeugten CO₂-Emissionen in Höhe von jährlich 11,4 Tonnen fast ausschließlich dem Autoverkehr zuzuschreiben sind.

	Gesamtstrecke in km		Emissionsfaktor	Emissionen
	für Teilnehmer	für gesamte Schule	in gCO ₂ /km	in kg CO ₂
zu Fuß / Fahrrad	0	0	0	0 kg CO ₂
Fahrrad	43.380	51.643	0	0 kg CO ₂
Bus	0	0	32	0 kg CO ₂
andere ÖPNV (S-Bahn/Bahn,...)	1.210	1.440	58	84 kg CO ₂
E-Bike / E-Scooter	13.250	15.774	4	63 kg CO ₂
Moped / Motorrad	0	0	60	0 kg CO ₂
Auto (Kleinwagen)	30.090	35.821	120	4.299 kg CO ₂
Auto (Mittelklasse)	24.440	29.095	147	4.277 kg CO ₂
Auto (Oberklasse/SUV)	12.010	14.298	190	2.717 kg CO ₂
Sonstige	0	0		
Gesamtstrecke Schulweg:		148.071		11.439 kg CO₂

Abbildung 41: Berechnung der schulwegbedingten CO₂-Emissionen aller Lehrer*innen der Realschule am Giersberg

6.4 Emissionen für Klassenfahrten

Für die Ermittlung der Emissionen die durch Klassenfahrten verursacht werden, stellte das Schulsekretariat eine Liste von Klassenfahrten zur Verfügung, die im Schuljahr 2019/2020 stattgefunden haben. Hierbei wurden alle 36 Klassenfahrten und Ausflüge aller Klassen der Realschule am Giersberg erfasst, die der Schulleitung bekannt waren. Anhand der benutzten Verkehrsmittel und den ermittelten Entfernungen konnten wir die CO₂-Emissionen errechnen, die durch die Klassenfahrten verursacht wurden. 70 % aller Emissionen entfallen dabei auf nur 4 Klassenfahrten, wie in Abbildung 42 zu sehen ist.

Da nahezu alle Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln erfolgten und auch die längere Fahrt nach England mit einem Bus durchgeführt wurde, waren die Gesamtemissionen aller Klassenfahrten relativ niedrig und lagen bei rund 6,8 Tonnen CO₂.

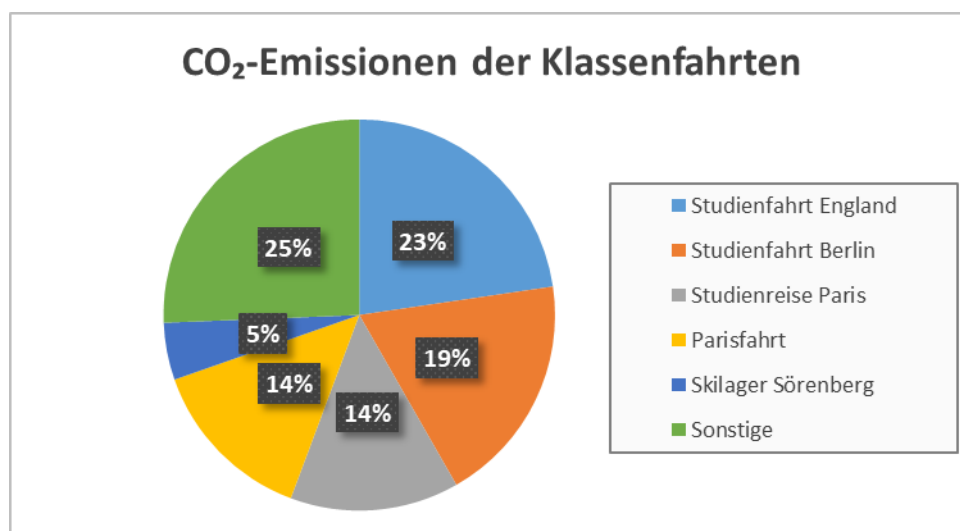


Abbildung 42: CO₂-Emissionen der Klassenfahrten der Realschule am Giersberg

6.5 Zusammenfassung CO₂-Emissionen Verkehr

Aus den weiter oben dargestellten Teilergebnissen ergibt sich die Gesamtbilanz für die Verkehrsemissionen, die in Abbildung 43 dargestellt ist. Insgesamt entstehen bei dem täglichen Schulweg der Lehrer*innen und Schüler*innen sowie bei den Klassenfahrten rund 78,4 Tonnen CO₂ pro Jahr.

Zusammenfassung Emissionen Verkehr

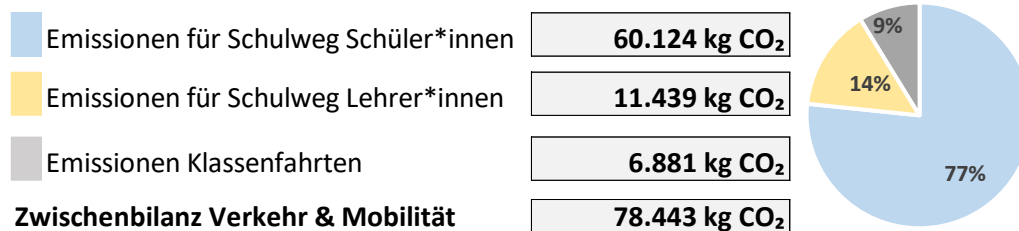


Abbildung 43: Zusammenfassung der CO₂-Emissionen für den Bereich Verkehr

6.6 Vorschläge für die Vermeidung von Emissionen im Verkehrsbereich

Das Schulzentrum liegt am südlichen Rand der Stadt Kirchzarten. Nach Süden schließt sich noch eine Sportstätte an, nach Osten ist der Blick frei auf den Schwarzwald.

Die Schule ist mit dem Fahrrad vom Stadtzentrum aus gut über Nebenstraßen erreichbar. Einen ausgewiesenen, durchgehenden Fahrradweg gibt es jedoch nicht. Von Süden her kommen Schüler und Lehrer aus Oberried sowie aus anderen Siedlungen. Hier gibt es aus Oberried kommend einen ausgewiesenen Fahrrad-/Fußweg, der jedoch viel zu schmal ist und auch durch die Einmündung einer Straße in unnötiger Weise unterbrochen wird.

Ein Fahrradkeller mit bequemer Ein- und Ausfahrt ist vorhanden. Im Sommer sind die Stellplätze knapp, deshalb gibt es für die Räder der Lehrer*innen einen abgegrenzten, abschließbaren Bereich.



Abbildung 44: Panoramaansicht des Fahrradkellers kurz vor Ende der sechsten Unterrichtsstunde an einem Mittwochvormittag.

Duschen für die verschwitzt ankommenden Fahrradfahrer gibt es in der Turnhalle. Diese sind jedoch nur für die Lehrer*innen zugänglich, die einen Schlüssel zur Turnhalle haben.

Wenngleich schon der Anteil der Schüler*innen, die mit dem Fahrrad zur Schule kommen (rund 42 Prozent im Jahresmittel) im Vergleich mit anderen Schulen sehr hoch ist, lassen sich Verbesserungen in der CO₂-Bilanz erzielen, indem Schüler*innen vom Elterntaxi und Lehrer*innen vom Auto auf das Fahrrad umsteigen und mehr Schüler*innen anstatt des ÖPNV das Fahrrad nutzen. Da hinreichend

bekannt ist, dass tägliche Bewegung auch das Lernverhalten und die Lernfähigkeit sowie die Gesundheit positiv beeinflussen, lohnen sich Aktivitäten in diesem Bereich, auch wenn die Erfolge der Maßnahmen – gemessen in Tonnen CO₂-Einsparung – im Vergleich zu den gebäudebezogenen Maßnahmen als weniger wirkungsvoll scheinen mögen.

Um den Anteil des Fahrradverkehrs am gesamten Mobilitätsmix zu erhöhen, sollten Hemmnisse abgebaut und Anreize geschaffen werden, um den Umstieg zu befördern.

6.6.1 Hemmnisse abbauen

Manche Schüler*innen und Lehrkräfte fühlen sich auf dem Fahrrad wegen des Autoverkehrs nicht sicher genug, um mit dem Fahrrad zur Schule zu gelangen. Andere mögen nicht über ein verkehrstüchtiges Fahrrad verfügen und lassen das Fahrrad aus diesem Grunde stehen.

Um diese Hemmschwellen zu überwinden, werden folgende Maßnahmen vorgeschlagen:

1. **Schwachstellen (siehe Abschnitt 5.6.3) in den Verkehrswegen identifizieren:** Zusammen mit Schülern und Lehrern werden die Schwachstellen der Verkehrswege für Fußgänger und Radfahrer*innen zusammengetragen. Die Ergebnisse werden mit der entsprechenden Stelle (Bauverwaltung Kirchzarten, Planungsamt Landkreis Breisgau Hochschwarzwald) besprochen und gemeinsam wird überlegt, wie Abhilfe geschaffen werden kann.
2. **Selbsthilfe-Reparaturservice:** Es wird ein Selbsthilfe-Reparaturservice angeboten. An zwei oder drei Nachmittagen können Schüler*innen aber auch Lehrer*innen unter Anleitung einer Fachkraft ihr Fahrrad selbst reparieren. Gängige Werkzeug und Kleinmaterialien (Flickzeug, Bremsbeläge, Bremszüge, Lampen) werden vom Reparatur-Service bereitgehalten. Ziel ist es, dass die Schüler zum einen verkehrstüchtige Fahrräder fahren und erlernen, wie sie kleine anfallende Reparaturen selbst durchführen können. Der Reparatur-Service schließt einen Licht- und Bremsentest mit ein. Die Kosten für die Materialien müssen durch die „Kunden“ beglichen werden, der Service ist kostenlos.
Abhängig von den gemachten Erfahrungen kann die Maßnahme zu einem späteren Zeitpunkt wiederholt werden.
3. **Fahrradkurse:** Es finden Fahrradkurse statt, die zum Ziel haben, dass die Schüler*innen sich mit ihren Fahrrädern sicher im Verkehr bewegen können. Fahrradfahren lernen scheint für viele Menschen, die in Deutschland oder Europa aufgewachsen sind eine Selbstverständlichkeit. Das gilt jedoch nicht für Schüler*innen, die in anderen Kulturen aufgewachsen sind: "Flüchtlinge, die Deutschland als Zufluchtsort aufsuchen, ... kommen aus verschiedenen Herkunftsregionen mit jeweils unterschiedlichen Mobilitätskulturen. Gerade im arabischen Raum gilt das Fahrrad als Transportmittel der Armen und ist Frauen gar teilweise verboten."⁹
4. **Winterdienst auf Fahrradwegen:** Die Fahrradwege, bzw. die wichtigsten Nebenstraßen, auf denen die Fahrradfahrer zu Schule kommen, sind im Winter vorrangig zu räumen. Diese Maßnahme wird mit dem Amt des Landkreises abgesprochen, bzw. eingefordert.

⁹ <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/forschung/schwerpunktthemen/alltagsmobilitaet-von-fluechtlingen>

6.6.2 Anreize schaffen

Um das Fahrradfahren noch attraktiver zu machen, können zusätzlich folgende Anreize geschaffen werden:

1. **Dusch- und Umkleideraum:** Für Schüler*innen und Lehrer*innen, die mit dem Fahrrad von weiter herkommen, wird ein Dusch- und Umkleideraum angeboten, indem sich die Schüler*innen umziehen, duschen und ggf. ihre nassen Kleider trocknen können.
2. **Aktionstag Fahrrad:** Es findet ein Aktionstag zum Fahrradfahren (für Lehrer und Schüler*innen) statt. An diesem Tag sollten möglichst alle mit dem Fahrrad oder zu Fuß an die Schule kommen. Dieser Aktionstag wird in der Schule als Klimaschutztag beworben. Es wird ermittelt, wie hoch der Anteil der Schüler und Lehrer ist, die mit dem Fahrrad zur Schule kommen. Selbstverständlich kann dieser Fahrradtag auch als Wettbewerb zwischen Schüler*innen und Lehrer*innen gesehen werden.
3. **Fahrrad-Lotterie:** Um den Anteil am Fahrradverkehr zu erhöhen, haben die Schüler*innen eine Fahrrad-Lotterie vorgeschlagen. Über einen Monat hinweg sollen Preise unter den Fahrradfahrern und Fußgängern verlost werden. Für jeden Tag, den eine Person mit dem Fahrrad oder zu Fuß in die Schule kommt, gibt es ein Los. Die Verlosung findet einmal jede Woche statt. Am Ende des Monats wird zusätzlich, neben dem Wochengewinn, der Hauptgewinn verlost. Die Gewinne und Gewinner*innen werden an der Pinwand bekannt gegeben. Die Gewinne werden sowohl von den Kirchzartener Unternehmen als auch von privaten Personen zur Verfügung gestellt. Die Organisation der Verlosung wird von einer Schülerarbeitsgruppe unter Aufsicht eines Lehrers organisiert.
4. **Solare E-Bike-Station:** Eine mit PV-Paneeelen überdachte E-Bike-Station wird für die Lehrer*innen angeboten, die mit dem E-Bike zur Schule fahren. Die solare Ladestation wird über Sponsoring und Crowdfunding finanziert. Gegebenenfalls auch über den Verkauf von Anteilsscheinen. Es wird versucht einen Zuschuss vom Land einzuholen.
5. **Job-Rad für alle:** Alle Beschäftigten an der Schule sollten ein Job-Rad-Angebot oder einen Zuschuss für ein E-Bike erhalten, geknüpft an die Bedingung, dass der Begünstigte überwiegend mit dem E-Bike zur Schule fährt.
6. **Gespräche suchen:** Eltern, die als Elterntaxi fungieren sollten in einem Gespräch über die CO₂-Emissionen des Autofahrens sowie über die mit dem Elterntaxi verbundenen Gefahren informiert und sensibilisiert werden.

6.6.3 Schwachstellenanalyse und ihre Möglichkeiten zur Beseitigung

Im ersten Schritt wurde die im Rahmen der CO₂-Bilanz durchgeführte Verkehrsbefragung weitergehend ausgewertet und festgestellt, aus welchen Orten die meisten Schüler*innen mit dem Fahrrad und mit dem ÖPNV fahren in die Realschule kommen. Im zweiten Schritt wurden die Hauptverkehrswege ermittelt und in einem dritten Schritt sind wir die Wege innerhalb Kirchzarten abgefahren.



Abbildung 45: Auswertung: Woher kommen die meisten Fahrradfahrer?

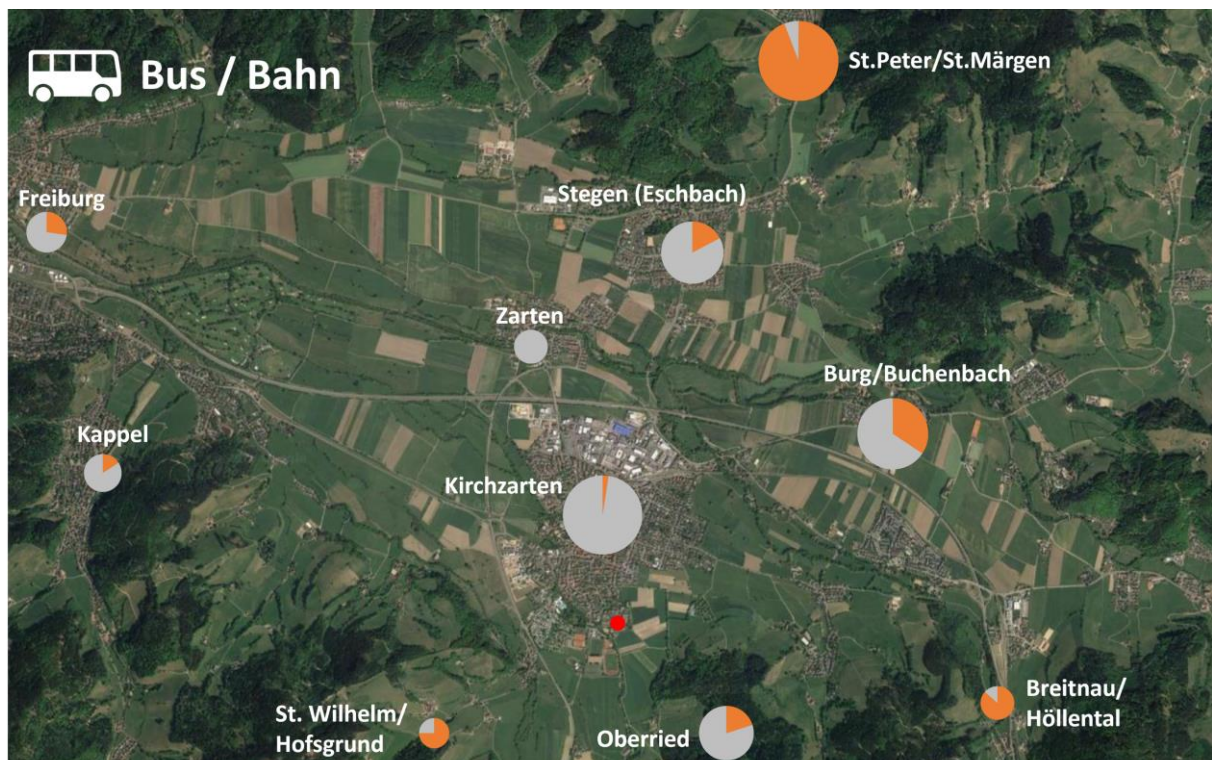


Abbildung 46: Woher kommen die meisten Bus-/Bahnfahrer?

Dabei konnten wir einige Schwachstellen identifizieren und mit den Schüler*innen besprechen, die offensichtlich eine Gefährdung der Schüler*innen darstellen. In Abbildung 47 sind diese Schwachstellen markiert.



Abbildung 47: Satellitenbild von Kirchzarten mit den wichtigsten Fahrrad-Schulwegen (blau) und 4 Gefahrenstellen (rote Kästen) die mit der Klima-AG besprochen wurden.

Um den Rahmen des Berichts nicht zu sprengen, wollen wir hier nur eine Schwachstelle festhalten und kurz erläutern: Der in zwei Richtungen befahrbare relativ schmale Fahrradweg von Zarten zur Realschule (Zartener Straße) wird relativ kurz nach dem Ortseingang in Kirchzarten von einer Gewerbe-Ausfahrt gekreuzt, die nicht markiert ist (siehe Abbildung 48). Kurze Zeit später endet der Fahrradweg und die Schüler*innen müssen auf die Straße ausweichen. Besonders bemerkenswert: dieser Straßenabschnitt ist nicht beruhigt – es gilt Tempo 50! Hier ist dringender Handlungsbedarf gegeben.



Abbildung 48: Gefahrenstellen auf der Zartener Straße von Zarten zur Realschule am Giersberg.

6.7 Auswirkungen auf die CO₂-Bilanz im Verkehr

6.7.1 Umsteigen aufs Rad

Die Wirkung der oben genannten Maßnahmen lässt sich nicht im Voraus bestimmen. Sicher ist nur, dass über die Maßnahmen das Fahrradfahren sicherer und attraktiver wird und einige Schüler*innen und Lehrer*innen aufs Rad oder den ÖPNV umsteigen.

Für unsere Berechnungen gehen wir davon aus, dass 25 Prozent der Schüler*innen und Lehrer*innen, die derzeit mit dem Auto zur Schule kommen, aufs Rad umsteigen.

Dies hätte zur Folge, dass die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen der Schulwege um 12 % sinken.

6.7.2 Klassenfahrten

An der Realschule wurden im Schuljahr 2019/2020 alle Klassenfahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt. Flugreisen fanden keine statt. Dieses klimakompatible Verhalten sollte auch in Zukunft beibehalten werden, da Flugreisen die Klimabilanz enorm verschlechtern.

In unserem Klimaschutzszenario sind wir davon ausgegangen, dass die Klimaemissionen für Klassenfahrten konstant bleiben. Eventuelle Verbesserungen bei den Öffentlichen Verkehrsmitteln (Steigerung Effizienz, Elektrifizierung) werden nicht in die Bilanz eingerechnet.

Hier könnte ein Konferenzbeschluss die derzeitige Situation absichern, dass Flüge nur in begründeten Ausnahmefällen genehmigt werden.

6.7.3 Sonstige Aspekte

Die Emissionen, die im öffentlichen Verkehr entstehen, können über die Schule kaum reduziert werden. Der Landkreis könnte jedoch bei der Ausschreibung der Transportleistungen für den Schulbusverkehr Vorgaben bezüglich der Effizienz der Busse oder alternativer Antriebe machen oder z.B. zur Voraussetzung der Konzessionsvergabe machen, dass die Busfahrer über ein Anreizsystem zum spritsparenden Fahren angehalten werden.

Auch wird der öffentliche Verkehr durch eine zunehmende Elektrifizierung der Verkehrsträger CO₂-ärmer. Diese Effekte bleiben jedoch im Klimaschutzszenario unberücksichtigt.

Auch eine bessere Versorgung mit ÖPNV bzw. eine bessere Abstimmung der Busse/Bahnen auf die Unterrichtszeiten in der Schule könnte zur Vermeidung von Autofahrten beitragen. Diese Aspekte

konnten im Rahmen dieses Projektes nicht weiter vertieft werden.

7 Ernährung & Beschaffung

7.1 Emissionen Schulkantine

7.1.1 Situation der Essensversorgung an der Schule

Im Schülerhaus werden täglich etwa 150 Essen ausgegeben. Jeden Tag wird ein Fleischgericht (oder Fischgericht) sowie ein vegetarisches Gericht angeboten. Neben den Hauptgerichten gibt es insbesondere für die jüngeren Schüler*innen auch kleine Gerichte (z.B. Spätzle mit Sauce und Salat). Die Leiterin der Küche, Frau Walter, bemüht sich im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten Fleisch in guter Qualität und lokal einzukaufen.

Saisonale Zutaten spielen ebenfalls eine Rolle, zumal Gemüse und Salate dann günstig sind, wenn sie während der Haupterntezeit in der Region auf den Markt gebracht werden.

Wenn möglich, kommt frisches Gemüse auf den Tisch (z.B. Tomaten und Karotten). Jedoch wird auch Tiefkühlkost eingesetzt, insbesondere wegen der Zeitersparnis bei der Verarbeitung.

7.1.2 Welche Emissionen sind mit der Herstellung der Speisen verbunden?

Mit den Schüler*innen wurde anhand von vier Arbeitsblättern die klimarelevanten Emissionen von vier unterschiedlichen Gerichten erarbeitet. Die ermittelten Werte wurden um ein weiteres Gericht ergänzt und anschließend verwendet, um eine Abschätzung der Gesamtemissionen im Bereich Ernährung durchzuführen. Dabei wurde zwischen zwei Fleischgerichten und drei vegetarischen Gerichten unterschieden.

Bei der Ermittlung der CO₂-Emissionen die durch das Mensaessen entstehen, wurde die gesamte Lieferkette der Lebensmittel in Betracht gezogen (siehe Abbildung 49).

Wie kommt das Essen zu uns und wo entstehen Treibhausgase?

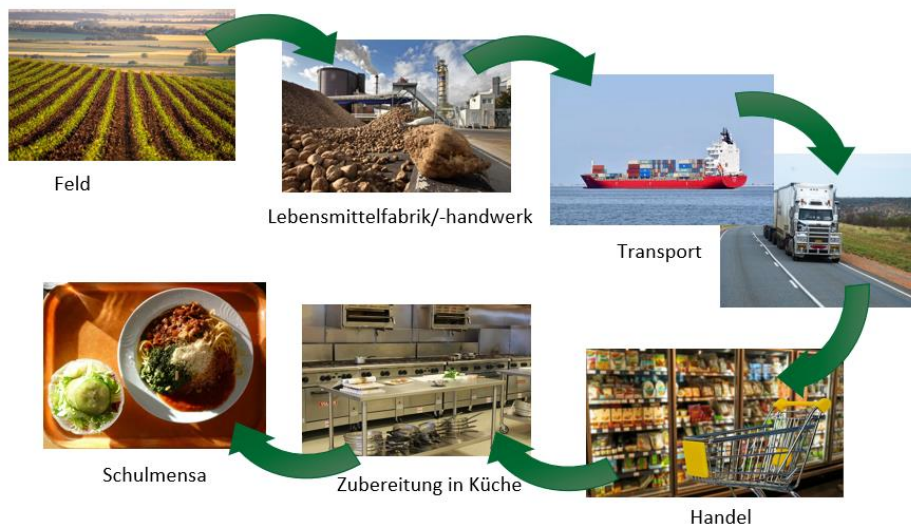


Abbildung 49: Darstellung der Lieferkette der Lebensmittel

Auf der Basis der Emissionsfaktoren von allen Lebensmitteln, die aus Quellen von Öko-Institut und dem Institut für Energie und Umwelt zusammengestellt wurden, haben die Schüler*innen die Treibhausgasemissionen unterschiedlicher Gerichte ermittelt (Öko-Institut 2007).

Die Verteilung der ausgewählten Essen auf fünf unterschiedliche Gerichte ist in Abbildung 50 dargestellt. Hierbei handelt es sich um eine vereinfachte Annahme. Als durchschnittliche Treibhausgasemissionen pro Portion wurden 1,4 kg CO_{2äq} ermittelt.

	Name des Gerichtes	Verkaufte Portionen	Emissionen pro Portion in g CO _{2äq}	Gesamte Emissionen in kg CO _{2äq}
Gericht 1	Hamburger	50	2.215 g	111 kgCO ₂
Gericht 2	Pizza Hawaii	25	788 g	20 kgCO ₂
Gericht 3	Fischstäbchen mit Reis und	25	1.321 g	33 kgCO ₂
Gericht 4	Käsespätzle	25	1.083 g	27 kgCO ₂
Gericht 5	Gemüseauflauf	25	719 g	18 kgCO ₂
Summe:				209 kgCO₂
Durchschnittliche Emissionen pro Gericht				1,4 kgCO₂

Abbildung 50: Berechnung der durchschnittlichen Treibhausgasemissionen für die Schulkantine.

Eine grafische Darstellung der Treibhausgasemissionen der einzelnen Gerichte ist in Abbildung 51 zu sehen.

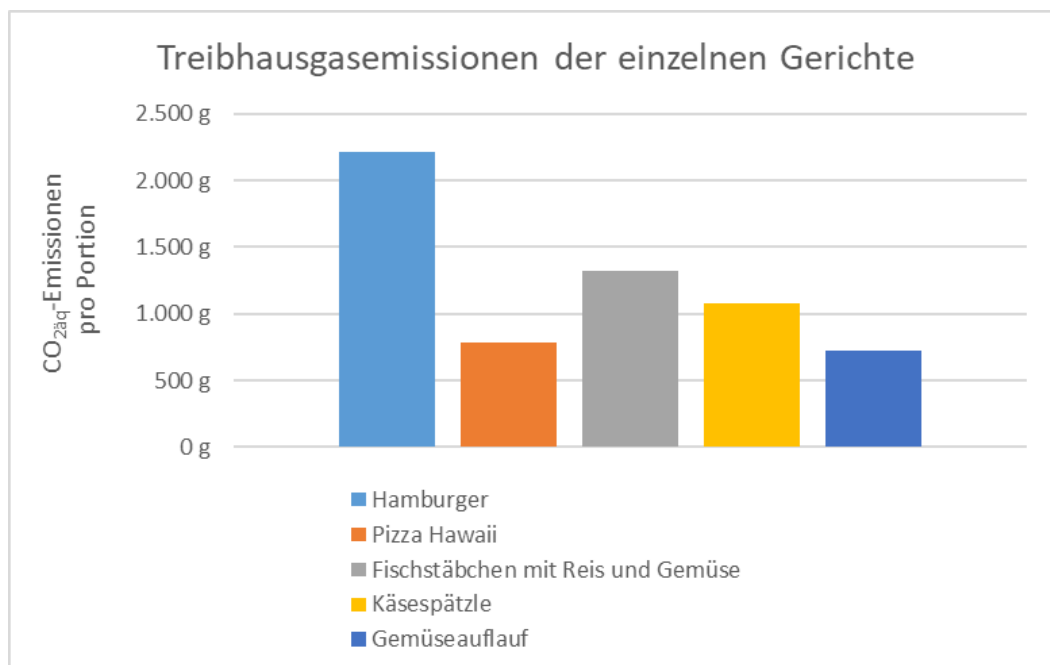


Abbildung 51: Grafische Darstellung der Treibhausgasemissionen der einzelnen Gerichte.

Bei durchschnittlichen Emissionen von 1,4 kg CO_{2äq} und 150 servierten Gerichten pro Tag, sowie 150 Öffnungstagen der Kantine pro Jahr, ergeben sich Gesamtemissionen von rund 31 Tonnen CO_{2äq} pro Jahr für das gesamte Schulzentrum.

Diese Angaben beziehen sich jedoch auf die insgesamt hergestellten Portionen im Schülerhaus. Gehen wir davon aus, dass die Schüler*innen und Lehrer*innen der Realschule anteilmäßig genauso oft im Schülerhaus essen gehen wie die Schüler*innen und Lehrer*innen der anderen zwei Schulen, so können 41 Prozent der obigen Emissionen oder 12,8 Tonnen CO_{2äq} der Realschule zugerechnet werden.

7.2 Emissionen Beschaffung

Im Bereich Beschaffung wird beispielhaft der Papierverbrauch berücksichtigt, der naturgemäß in Schulen einen wesentlichen Verbrauchsartikel ausmacht. Hierbei wird nur das Papier erfasst, das zentral von der der Schulverwaltung oder dem Schulträger eingekauft wird. Schulhefte und Blöcke, die von den Schüler*innen privat gekauft werden, sind hier nicht berücksichtigt.

7.2.1 Papierverbrauch der Schule

Ein wesentliches Verbrauchsprodukt an der Schule ist Papier. Den größten Einkaufsposten stellt Papier für den Kopierer dar. Die Schulsekretärin kauft pro Jahr rund 800 Päckchen à 500 Blatt Recycling-Kopierpapier für die Realschule am Giersberg ein. Dies entspricht 400.000 Blatt Papier DIN-A4 oder 2.000 kg. Das Recyclingpapier trägt das Label des „Blauen Engels“, ist von hoher Qualität und ist vom bloßen Ansehen bzw. Anfühlen her nicht als Recyclingpapier erkennbar.

Das Schulzentrum bestellt jedes Jahr rund 60 Pakete mit jeweils 30 Rollen Klopapier. Zusätzlich werden 50 Pakete Papierhandtücher bestellt. Im gesamten Schulzentrum werden so pro Jahr 525 kg Papierhandtücher und 270 kg Klopapier verbraucht. Hiervon entfallen auf die Realschule am Giersberg ca. 215 kg auf Recycling Papierhandtücher und 110 kg auf Recycling-Klopapier.

7.2.2 Abschätzung der Emission

Kopierpapier (A4)				
	Menge	x	Einheit	÷ Zeitraum
Eingabe Papierverbrauch	400.000	x	Blatt DIN A4 (80g/m ²)	÷ pro Schuljahr
Umrechnung in kg/Jahr	= 2.000	kg	Papier pro Schuljahr	
	= 2.000	kg	Papier pro Schuljahr	
Recyclingpapier oder Frischfaserpapier			Recyclingpapier	0,886 kg CO ₂ /kg Papier
Jährliche CO ₂ -Emissionen			1.772	kg CO ₂ /Schuljahr

Abbildung 52: Berechnung der CO₂-Emissionen für das Kopierpapier der Realschule am Giersberg.

Mithilfe des Emissionswertes für die Papierherstellung von Recyclingpapier können aus der Verbrauchsmenge des Kopierpapiers die CO₂-Emission errechnet werden, die damit verbunden sind. Allein für die Realschule am Giersberg entstehen durch den Verbrauch an Kopierpapier 1,77 Tonnen CO₂.

Da pro kg Recyclingpapier rund 0,89 kg CO₂-Emissionen entstehen, errechnet sich aus dem Verbrauch von Papierhandtüchern Emissionen in Höhe von 228 kg CO₂ und aus dem Verbrauch von Klopapier 97 kg CO₂.

Addiert man hierzu die Emissionen für das Kopierpapier, so ergibt sich für den Bereich Beschaffung eine Summe von 2,1 Tonnen CO₂. Eine Verteilung der Emissionen auf die verschiedenen Papierarten ist in Abbildung 53 zu sehen.

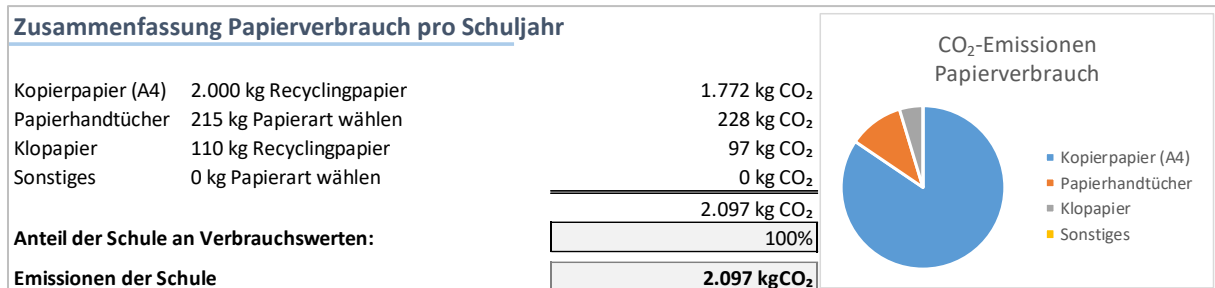


Abbildung 53: Berechnung der CO₂-Emissionen für den Papierverbrauch

7.3 Maßnahmen im Bereich Schulkantine und Beschaffung

7.3.1 Dem Klima ist nicht egal, was wir essen

Wie weiter oben dargestellt, versucht die Leiterin der Küche der Realschule am Giersberg bereits heute die wesentlichen Maßnahmen für eine bessere und klimaschonendere Ernährung so weit wie möglich umzusetzen. Da jedoch nur ein festgelegter Geldbetrag für die täglichen Essen zur Verfügung steht, wird sie die von uns vorgeschlagenen Maßnahmen nur zum Teil umsetzen können. Um dies zu ändern, könnte beispielsweise eine Aktion für klimaschonendes Essen an der Schule umgesetzt werden. Mit einer solchen Aktion könnte gleichzeitig auch der Öffentlichkeit präsentiert werden, worauf es bei einer klimaschonenden Ernährung ankommt. Denn mit der Auswahl unserer Nahrungsmittel entscheiden wir, wie viele Treibhausgasemissionen entstehen.

Im Folgenden werden wir die wichtigsten Maßnahmen für eine klimaschonende Ernährung kurz erläutern und zusammenfassen.

1. Weniger Fleisch

Die Fleischproduktion trägt mit einem erheblichen Anteil zu den menschengemachten Klimawirkungen bei. So entfallen auf die landwirtschaftliche Tierhaltung in Deutschland insgesamt 24,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (Umweltbundesamt 2018). Das entspricht etwa 38 Prozent der gesamten klimarelevanten Emissionen, die in der Landwirtschaft insgesamt anfallen. Außerdem benötigt die Tierhaltung etwa 80 Prozent der landwirtschaftlichen Nutzfläche für Weideland und für den Anbau von Viehfutter (KEEKS Projekt 2019).

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt, ausgehend von fünf Verpflegungstagen pro Woche, an maximal zwei Tagen Fleisch bzw. Fleischerzeugnisse anzubieten. Stattdessen sollen mehr proteinhaltige pflanzliche Menüs angeboten werden. Als Alternative können Hülsenfrüchte, Gemüse oder Alternativprodukte eingesetzt werden. Bei den angebotenen Fleischgerichten sollte Rindfleisch vermieden und stattdessen Huhn, Pute oder Schweinefleisch eingesetzt werden (KEEKS Projekt 2019).

Bislang gibt es an der Schule jeden Tag ein Fleischgericht und ein vegetarisches Gericht. Bei den Fleischgerichten wird zwischen Huhn, Pute, Schwein und Rind abgewechselt. In Zukunft könnte

Strategie 1: Weniger Fleisch

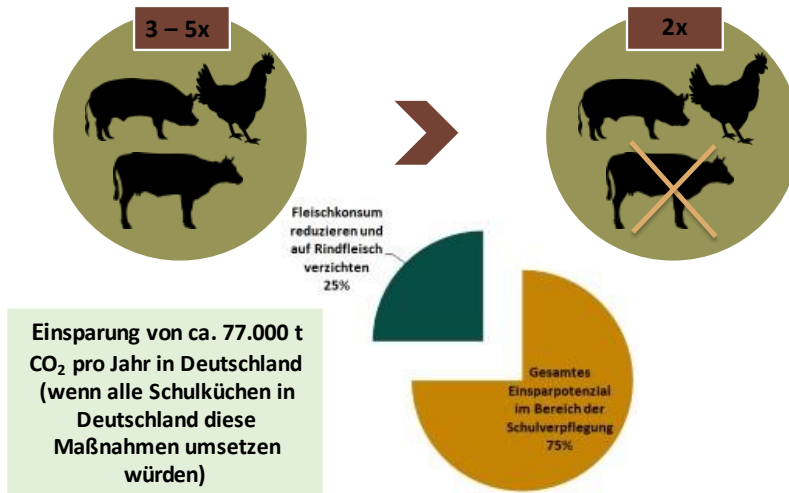


Abbildung 54: Weniger Fleisch, Entnommen aus (KEEKS Projekt 2019)

durch eine geringere Anzahl von Fleischgerichten und den Wegfall von Rindfleisch bereits etwa ein Viertel aller klimarelevanten Emissionen, die durch den Mittagstisch anfallen, vermieden werden. Parallel zu dem eingeschränkten Fleischangebot sollte das vegetarische Essen aufgewertet und interessanter gemacht werden. Gegebenenfalls könnte das Mensaangebot auch über eine zusätzliche Salatbar attraktiver gemacht werden. Durch die eingesparten Kosten durch die Reduktion des Fleischangebots ließe sich zumindest ein Teil der vorgeschlagenen Alternativen finanzieren.

Dass beim Fleischkonsum noch Einsparungen möglich sind, zeigt z.B. das Essensangebot der Mensa in einer Oktoberwoche.

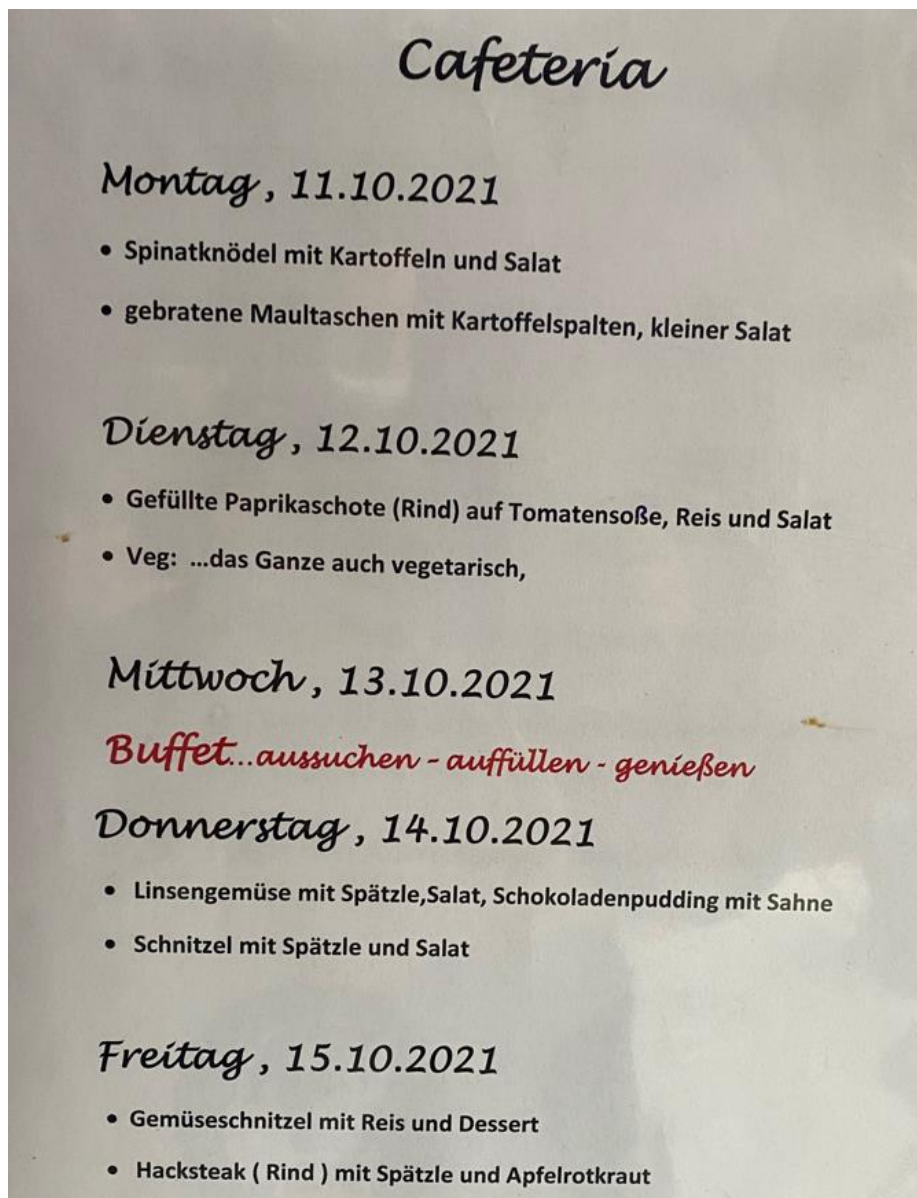


Abbildung 55: Essensangebot der Schulmensa im Schulzentrum Kirchzarten

2. Weniger Milchprodukte

Die Haltung von Milchkühen stellt eine Belastung für das Klima dar. Kühe haben einen hohen Ausstoß von Methan (aus der Verdauung der Tiere). Zudem wird durch die Düngung der Weiden Lachgas freigesetzt. Beide Gase haben eine stärkere Klimawirkung als CO₂. Fettreiche Milchprodukte wie Sahne, Käse oder Butter sind deshalb mit relativ hohen Belastungen für das Klima verbunden, da z.B. für die Produktion von einem Kilogramm Käse mehrere Liter Milch benötigt werden. Dies schlägt sich in der höheren Klimawirkung von Milchprodukten nieder. Abbildung 56 zeigt die Klimawirksamkeit von Molkereiprodukten im Vergleich mit pflanzlichen Produkten.

Die DGE empfiehlt, ausgehend von fünf Verpflegungstagen pro Woche, an mindestens zwei Tagen Milchprodukte anzubieten.

Lösung zu Aufgabe 7: Klimaauswirkungen von Molkereiprodukten

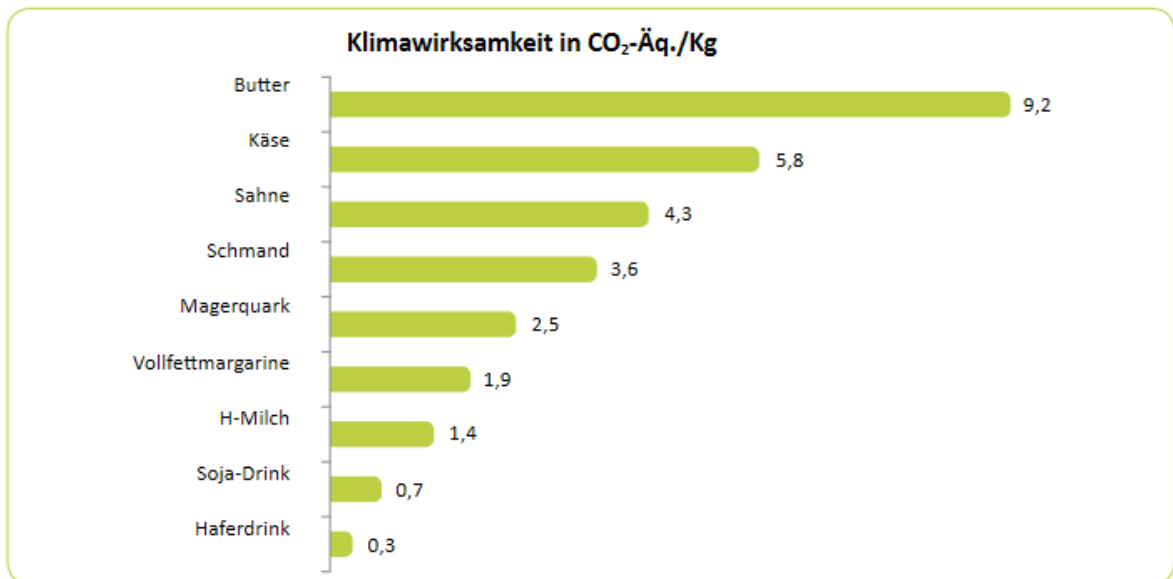


Abbildung 56: Klimaauswirkungen von Molkereiprodukten im Vergleich zu pflanzlichen Produkten. Quelle: (KEEKS Projekt 2019)

3. Bio – logisch!

Beim ökologischen Landbau werden im Gegensatz zur konventionellen Landwirtschaft keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel und mineralische Düngemittel eingesetzt. Die ökologische Landwirtschaft ist damit ressourcen-schonender und umweltverträglicher. Allerdings können durch eine Umstellung auf Bio-Lebensmittel nur vergleichsweise wenig Treibhausgase eingespart werden (IZT 2019). Dafür weist die ökologische Landwirtschaft neben dem kleinen Beitrag zum Klimaschutz wichtige andere positive Effekte auf, so etwa im Bereich des Tierwohls, der Biodiversität und des Grundwasserschutzes (z. B. geringere Belastung des Grundwassers durch einen geringeren Eintrag von Nitrat).

Eine konsequente Umstellung auf Bio-Produkte ist bei dem derzeitigen Budget der Mensa wegen der zu erwartenden finanziellen Mehrbelastung nicht möglich. Über gezielte Aktionen wäre es jedoch sicherlich möglich, den Anteil an Bio-Lebensmittel in der Mensa zu erhöhen und die Ernährung möglichst weitgehend auf Produkte aus biologischem Anbau umzustellen. Dafür muss die Schulküche finanziell etwas besser ausgestattet werden.

4. Saisonal und regional essen

Strategie 3: Saisonal und lokal kaufen

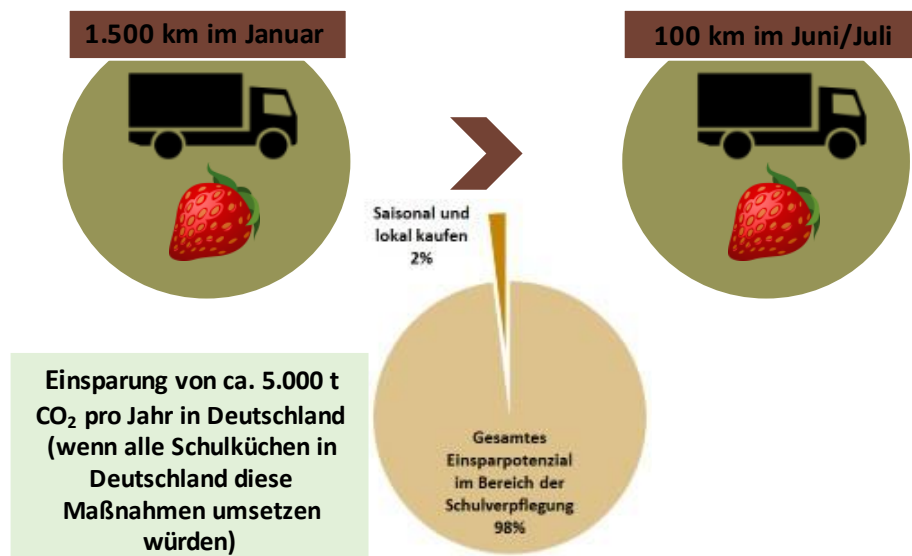


Abbildung 57: Strategie Saisonal und regional essen. Quelle: (KEEKS Projekt 2019)

Werden zum Essen hauptsächlich Produkte verwendet, die lokal oder in der Region angebaut werden, so werden Transportemissionen eingespart, weil die Zutaten nicht so weit transportiert werden müssen. Gleichzeitig kann man davon ausgehen, dass wenn man regionale erzeugte Produkte kauft, es sich auch um saisonale Produkte handelt, sofern sie nicht aus einem Treibhaus stammen.

Welche Gemüsearten in welchem Zeitraum saisonal verfügbar sind, kann in einem Saisonkalender nachgeschaut werden.

Gründe, weshalb viele Kantinen saisonal-regionale Produkte nur bedingt einsetzen, sind einerseits der Mehraufwand bei der Zubereitung sowie die weniger gut planbare Verfügbarkeit der regionalen Produkte, die teilweise nur tagesaktuell verfügbar sind. Beide Aspekte erfordern eine flexible Vorausplanung sowie einen höheren Arbeitsaufwand, was wiederum ein etwas höheres Budget erforderlich macht.

5. Abfälle und Verpackung vermeiden

In jeder Gurke, jeder Tomate, in jedem Reiskorn und jeder Verpackung stecken CO₂-Emissionen. Das soll heißen, dass der ganze ökologische Rucksack, der in eine Tomate über den ganzen Produktionsprozess und über die gesamte Lieferkette hinweg eingesteckt wurde, ohne Nutzen verpufft, wenn die Tomate im Abfall landet. Die Verringerung von Abfällen in der Schulküche hilft deshalb große Mengen an CO₂ einsparen.

Eine Möglichkeit, um die Abfälle zu verringern, ist es z.B. die Portionen kleiner zu machen und dafür einen kostenlosen Nachschlag anzubieten. Sicherlich macht es auch Sinn, die Portionen an den jeweiligen Schüler*in anzupassen. Eine weitere Möglichkeit würde darin bestehen, dass die Schüler*innen ihren Appetit über eine Ampel selbst anzeigen und die Essensausgabe darauf reagieren kann (siehe Maßnahmenkatalog im Anhang).

Ziel der Schulkantine müsste es sein, die zurückgegebenen Essensreste sowie auch die Abfälle durch Ablauf der Haltbarkeitsdatum auf ein Minimum zu beschränken. Indem alle Reste eines

Essenstags in einem Behälter gesammelt werden, können die Essenreste „erzählen“ wie gut das Essen angekommen ist und ob die Portionen angemessen waren. Ein Logbuch über das Resultat jeden Mittagstisch kann das Vergessen überwinden und die zukünftige Planung verbessern helfen.

6. Verpackungen vermeiden

Jede eingesparte Verpackung bedeutet auch eine Minderung von CO₂-Emissionen. Natürlich lassen sich nicht alle Verpackungen für Lebensmittel vermeiden. Beim Verkauf von Getränken und Snacks in der Kantine sollte darauf geachtet werden, dass auch hier möglichst wenig Produkte mit hohem Verpackungsaufwand angeboten werden. Zum Beispiel könnte mehr unverpacktes Obst und weniger Snacks angeboten werden.

Auch die Verpackung von Getränken (siehe nächsten Abschnitt) sollte unter diesem Gesichtspunkt betrachtet und bewertet werden.

7. Leitungswasser statt Mineralwasser

Abgefülltes Mineralwasser hat im Vergleich zu Leitungswasser eine hohe Klimawirkung. Das liegt vor allem an den Verpackungsmaterialien und Transportwegen. Alleine durch diese simple Maßnahme ergibt sich eine CO₂-Einsparung von zwei bis drei Prozent bezogen auf die gesamten CO₂-Emissionen für das Mensaessen. Die Qualitätsanforderungen für Leitungswasser sind in Deutschland sehr hoch und in der Trinkwasserverordnung gesetzlich verankert. In ganz Deutschland kann das Leitungswasser deshalb ohne Bedenken getrunken werden. Es ist mindestens genauso gesund wie das abgepackte (Bio-) Mineralwasser. Eine solche Maßnahme an der Schule könnte auch mit einer Kampagne auf kommunaler Ebene durchgeführt werden. Im Zusammenschluss mit einer Umweltschutzorganisation können Aktionen durchgeführt werden, die den Umstieg von Mineralwasser auf Leitungswasser zum Ziel haben. Weitere Informationen zum Thema Trinken an der Schule bietet der folgende Leitfaden: (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. 2014).

7.3.2 Zusammenfassung Ernährung

Basierend auf den geplanten Maßnahmen und der untenstehenden Tabelle schätzen wir die Reduktion der CO₂-Emissionen im Bereich Mensa vorsichtig auf 20 Prozent ein. Dabei ist uns voll bewusst, dass Schulessen mehr ist, als nur eine Optimierung der CO₂-Emissionen.

Maßnahme		Anteil an den jährlichen Gesamtemissionen
Einsparpotenziale durch Maßnahmen bei den Lebensmitteln in %		
ML-1	Klimaaoptimierter Menüplan durch Substitution und Reduktion von Fleisch	10,30 %
ML-2	Wöchentlicher Ersatz eines Fleischgerichtes durch ein pflanzliches Gericht	1,90 %
ML-3	Milch und Milchprodukte teilweise oder ganz ersetzen	5,40 %
ML-4	Reis teilweise durch Dinkel ersetzen	2,10 %
ML-5	Klimafreundliche Verpackungen nutzen	0,75 %
ML-6	Leitungswasser trinken	2,50 %
ML-7	Mehr Bio-Lebensmittel verwenden	1,50 %
ML-8	Auf saisonale und regionale Produkte achten	0,65 %

Abbildung 58: Einsparpotential in Relation zu den Gesamtemissionen. Quelle: (KEEKS Projekt 2019)

Schulessen ist eine unter vielen Aspekten wichtige Angelegenheit. Zum einen sollen die Kinder ein gesundes, schmackhaftes Essen von hoher Qualität erhalten. Zum anderen können sie hierbei auch lernen, wie man den ökologischen Rucksack der Ernährung klein halten kann. Das Lernen setzt aber auch voraus, dass die umgesetzten Maßnahmen in der Mensa den Mensabesuchern (sowie deren Eltern) erläutert werden, z.B. durch die Rezepte der in der Schulkantine zubereiteten Gerichte. Nur dann wird sich der konkret erfahrene Lebensraum Schulmensa auf die Ernährungsgewohnheiten im elterlichen Hause auswirken.

Weitergehende Schritte könnten z.B. Kochkurse für vegetarisches Essen sein, die zunächst für die Schüler*innen, in einer zweiten Phase aber auch von den Schüler*innen für ihre Eltern, bzw. für Erwachsene angeboten werden.

Zielführend könnte auch eine von den Schüler*innen zusammengestellte Broschüre mit Ihren Rezepten und Tipps für klimaschonendes Kochen sein. Diese könnte z.B. im Rahmen einer Projektwoche erstellt und in der Realschule, aber auch den anderen Schularten verbreitet werden. Die Umstellung des Essensangebots im Schulzentrum sollte nicht nur innerhalb der Schule aktiv kommuniziert werden, sondern mit einer Öffentlichkeitsarbeit verbunden werden.

Bei allen angedachten und vorgeschlagenen Änderungen ist zu beachten, dass die Nutzer*innen der Mensa die Veränderungen auch mittragen müssen. Die geplanten Veränderungen sollten deshalb kommuniziert werden und die Meinung und Wünsche der Mensabesucher auch möglichst weitgehend berücksichtigt werden. Um Vorurteile abzubauen, könnte z.B. eine kostenlose Vegi-Woche angeboten werden. Eine solche Aktion ließe sich z.B. durch Sponsoring finanzieren. Sponsoring-Aktionen sind weit mehr als nur das Beschaffen von monetären Mitteln. Vielmehr können durch Sponsoring-Aktionen die Aktivitäten und Themen aus der Schule in die Gesellschaft hinausgetragen werden.

Ein weitergehendes Projekt wäre die Einrichtung eines Kräuter- und Gemüsegartens für die Schule. Dies erfordert das Engagement und die langfristige Betreuung durch eine(n) Lehrer*in.

Interessant und zukunftsweisend könnte auch ein Versuchsgarten für Agro-PV sein. Hier könnte Schüler*innen und Lehrer*innen aber auch über die Schulgemeinschaft hinaus gezeigt werden, wie in Zukunft eine doppelte Landnutzung möglich wird und PV für bestimmte Gemüsesorten sogar eine Ertragssteigerung erwarten lässt. Mit geplant und betreut werden könnte ein solches Projekt z.B. über das Fraunhofer Institut für Solare Energieforschung.

Die zuvor aufgelisteten Ideen und Maßnahmen können natürlich nicht alle gleichzeitig umgesetzt werden. Sie zeigen jedoch auf, dass es vielfältige Möglichkeiten gibt, das Mensaessen weniger klimabelastend zu gestalten und das Wissen und das Bewusstsein für eine gesunde und klimafreundliche Ernährung bei Schüler*innen, Lehrer*innen und in der Öffentlichkeit zu stärken.

7.3.3 Maßnahmen Beschaffung

Im Bereich Beschaffung haben wir exemplarisch nur den Bereich Papier betrachtet und die hierfür anfallenden Emissionen ermittelt.

Durch eine Reduktion der Kopien auf das notwendige Maß lässt sich der Papierverbrauch reduzieren. So sollte vor jedem Kopiervorgang geprüft werden:

- muss kopiert werden?
- Anzahl Kopien = Anzahl Schüler*innen pro Klasse plus 1
- sorgfältige Auswahl der Einstellung (doppelseitig kopieren, ggf. verkleinern) sowie
- durch Zweitverwendung von Fehlkopien

In unserer Klimaschutzbilanz gehen wir davon aus, dass die CO₂-Emissionen beim Papierverbrauch um 10 Prozent reduziert werden können.

7.4 Sonstige Maßnahmen

Eine Maßnahme, die von einem Schüler vorgeschlagen wurde, passt nicht so richtig in das von uns erstellte Raster, scheint uns aber dennoch so interessant, dass wir sie hier aufnehmen wollen. Der Schüler sprach sich für eine Schüleruniform aus. Mit einer Schuluniform, so seine Begründung, würde der Druck, stets neue und schicke Klamotten tragen und kaufen zu müssen, entfallen.

Falls dies nicht umgesetzt werden kann, schlagen wir eine second-best Lösung vor: Wie wäre es mit einem Tauschtag für gebrauchte aber gut erhaltene Klamotten an einem Samstag oder Ferientag?

8 Mehr Klimaschutz

8.1 Mehr Klimaschutz an Schulen

Klimaveränderung und klimagerechtes Verhalten spielen bislang eine untergeordnete Rolle an der Realschule wie auch an fast allen anderen Schulen. Vor dem Hintergrund der immer stärker spürbaren Klimaveränderung ist das möglichst umgehend und weitreichend zu ändern. Einige Ansätze seien hier aufgelistet:

- Die Themen Klimawandel und Klimaschutz gehören in den Lehrplan jeder Schulart und jede Klasse. Eine der Voraussetzung hierfür ist, dass es für Lehrer*innen entsprechende Fortbildungsmaßnahmen gibt, so dass es gelingt, das Thema zum festen Bestandteil des Unterrichts zu machen. Bei der Ausbildung der Schüler*innen ist darauf zu achten, dass sie ein Grundverständnis für die Zusammenhänge des Klimawandels vermittelt bekommen und zusätzlich in den Handlungsmöglichkeiten unterrichtet werden, um über ihre eigenen Handlungen zum Klimaschutz beizutragen. Das kann sowohl im Schulalltag als auch im Rahmen von Projekttagen oder Projektwochen oder auch durch Klimaschutzwettbewerbe zwischen Klassen oder ganzen Schulen geschehen.
- Anzustreben wäre auch eine Klimaschutz-Plattform auf Landesebene, auf der sich Lehrer*innen, Schüler*innen, ganze Schulen austauschen und über ihre Erfahrungen berichten können und auf der die im Unterricht aufkommende Fragen zum Klimawandel beantwortet werden.
- Für den Schulträger wäre es auch nützlich und vorteilhaft, wenn die Schulen ein vorgelagertes Monitoring der Energieverbräuche und der CO₂-Emissionen vornehmen würden. Mit dem zeitnahen CO₂-Monitoring würde regelmäßig ermittelt, wie viel (CO₂-) Emissionen an den jeweiligen Schulen verursacht werden. Dadurch können Veränderungen (z.B. Fehleinstellung von Heizung und Lüftungsanlagen, Verhaltensänderungen) schnell erkannt und abgestellt werden. Der Vorteil eines solchen CO₂-Monitoring gegenüber einem Monitoring der Energieverbräuche durch das Landratsamt läge darin, dass Hausmeister und Schulleitung eher wissen, woher die Abweichungen vom Normalbetrieb kommen und die Ursachen schneller abstellen können, als wenn das Monitoring beim Schulträger gemacht wird – oder im schlimmsten Falle - gar nicht erfolgt.
- Die Bewegung Fridays for Future macht deutlich, dass viele Schüler die von der Politik vorgesehenen Klimaschutzmaßnahmen nicht für ausreichend halten. Sie fühlen sich von der Politik im Stich gelassen und ihrer Zukunft beraubt. Vor diesem Hintergrund sollte man Schulträger und verantwortliche Politiker zu Veranstaltungen in die Schule einladen, damit sie sich ein Bild vom Zustand der Schule auch im Hinblick auf notwendige klimaschützende Maßnahmen machen können. Die Schüler hätten die Gelegenheit, die Dringlichkeit ihrer Forderungen zu unterstreichen. Schulträger und Politiker hätten ihrerseits die Möglichkeit, die geplanten Maßnahmen für den Klimaschutz vorzustellen, sowie die Handlungszwänge und Hemmnisse zu erläutern, die einer Klimaschutzinvestition oder einem rascheren Handeln entgegenstehen.
- Es kann davon ausgegangen werden, dass solche Veranstaltungen, über die auch in der Presse berichtet wird, den Druck auf Schulträger und Politik erhöhen würden, weitergehende Maßnahmen umzusetzen und gleichzeitig die Motivation von Schüler*innen und Lehrer*innen stärken würde, sich für ihr Anliegen, einer lebenswerten Zukunft, einzusetzen.

- Bei der Bedeutung des Themas wäre es auch angemessen, dass sich Lehrer auf regionaler Ebene oder auf Länderebene in regelmäßigen Abständen über ihre Erfahrungen zur Verankerung des Klimaschutz im Unterricht und an ihrer Schule austauschen.
- Ein interessanter und in Zukunft verstärkt zu betrachtender Aspekt liegt darin, dass das in der Schule Gelernte auf das Zuhause übertragen wird. Hier wären weitergehende Projekte mit wissenschaftlicher Begleitung von Interesse.

Die überragende Bedeutung des Klimaschutzes und die verstärkte Einführung in Unterricht und andere Aktivitäten muss mit einer Reduktion anderer Lerninhalte einhergehen.

8.2 Zusammenstellung der Maßnahmen

Viele der in diesem Bericht erwähnten und dargestellten Klimaschutzmaßnahmen wurden von den Schüler*innen selbst angesprochen und beschrieben. Dabei haben wir uns auch bei vielen Maßnahmen Gedanken gemacht, wieviel CO₂ eingespart werden kann und wie hoch der Aufwand ist, diese Einsparungen umzusetzen. In der Abbildung 59 haben die Schüler*innen die von ihnen vorgeschlagenen Maßnahmen entsprechend der erwarteten Einsparung sowie des erwarteten Aufwands in ein Achsenkreuz eingetragen.

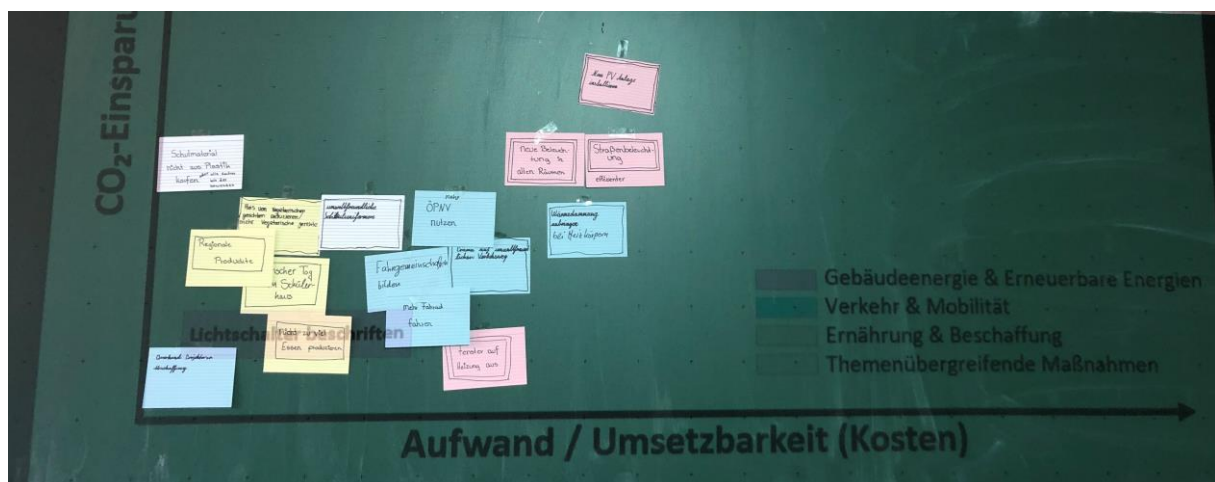


Abbildung 59: Maßnahmensammlung für das Klimaschutzkonzept mit den Schüler*innen.

8.3 Über die Schule hinaus

Bei unseren bilanziellen Betrachtungen haben wir uns auf die Schule beschränkt. Dabei ist es selbstverständlich, dass die Klimaschutzaktivitäten an der Schule auf das private Umfeld von Schüler*innen und Lehrer*innen ausstrahlt. Dies gilt umso mehr für den Fall, dass die ganze Schule und alle Klassen in die Klimaschutzaktivitäten einbezogen werden und die Aktivitäten in der Öffentlichkeit bekannt gemacht werden und die geplanten Klimaschutzaktionen das lokale und regionale Umfeld mit einbeziehen. Die Wirkung – oder wie man heute sagen würde – der Impact eines umgesetzten Klimaschutzkonzeptes ist vermutlich um eine Größenordnung höher, als es die Bilanz auszudrücken mag. Dies gilt umso mehr, je besser es gelingt die umgesetzten Klimaschutzaktivitäten nach außen zu kommunizieren.

8.4 Modellprojekt für den Klimaschutz

Das Klimaschutzkonzept zeigt die Handlungsmöglichkeiten der Schule, der Schüler*innen und Lehrer*innen und des Schulträgers auf. Jetzt müssen die begonnenen Aktivitäten fortgesetzt und verstärkt werden. Da der Landkreis über mehrere Schulen verfügt, die einer Sanierung bedürfen, könnte die Realschule am Giersberg als Modellprojekt herangezogen werden und interessante Erfahrungen für die Umsetzung von klimaneutralen Schulen liefern.

9 Zusammenfassung und Bewertung der Einsparpotentiale

9.1 CO₂-Einsparpotential Variante Holzhackschnitzel

Durch eine systematische Nutzung der Effizienzpotentiale im Wärme- und Strombereich, durch eine Umstellung der Heizung des Schulzentrums auf erneuerbare Energien sowie durch einen Ausbau der Solaranlage können die gebäudebedingten CO₂-Emissionen für die Realschule und auch für das gesamte Schulzentrum klimaneutral gestellt werden. Darüber hinaus reicht der Stromüberschuss aus, um einen großen Teil der Emissionen, die im Verkehrsbereich sowie bei der Ernährung und Beschaffung entstehen rechnerisch auszugleichen.

Die untenstehende Graphik zeigt die Emissionen der Realschule vor und nach Durchführung aller Maßnahmen. Dabei werden zwei Alternativen aufgezeigt: **Variante 1** betrachtet die CO₂-Minderung bei einer Heizungsumstellung auf Hackschnitzel (siehe Abschnitt 5.2.1 auf Seite 24). Dabei wird unterstellt, dass 70 Prozent des verbleibenden Nutzwärmebedarfs über Hackschnitzel abgedeckt werden und nur für den Spitzenbedarf weiterhin Erdgas eingesetzt wird. Prinzipiell ist auch eine Abdeckung des gesamten Wärmebedarfs durch die Holzhackschnitzel-Anlage möglich. Allerdings würde dies zu wesentlich höheren Investitionen führen und wäre daher nicht die wirtschaftlichste Variante. Daher wird in dieser Variante und auch in Variante 2 (BHKW) mit 70 Prozent Wärmeabdeckung gerechnet. Die verbleibenden 30 % werden jeweils vom bestehenden Gas-Boiler abgedeckt.

Gleichzeitig wird für die PV-Anlage nur eine Gutschrift von 0,4 kg CO₂ pro erzeugter Kilowattstunde angenommen, was den durchschnittlichen Emissionen des Strommix für das Jahr der CO₂-Bilanz entspricht (Umweltbundesamt 2020).

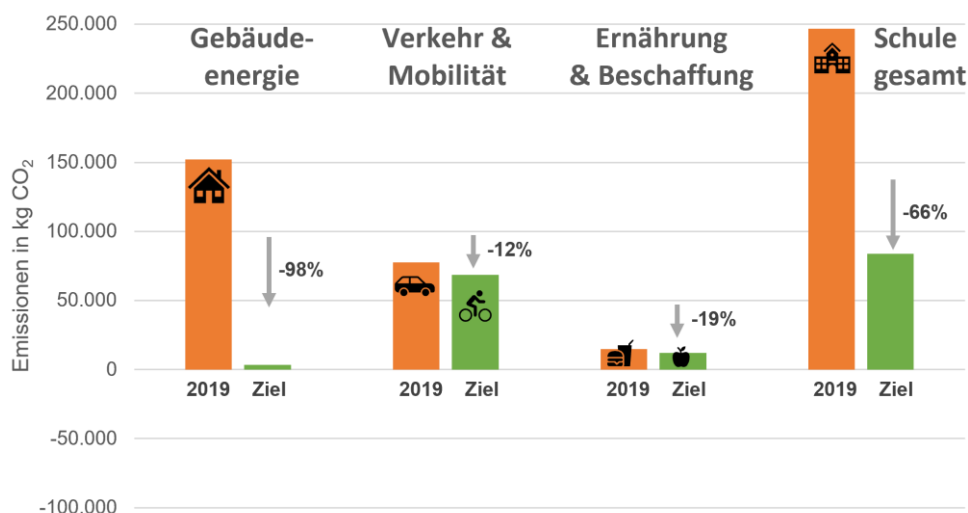


Abbildung 60: CO₂-Bilanz Realschule (Variante Hackschnitzelheizung). „Ziel“ stellen hier die Emissionen dar, die nach Umsetzung der dargelegten Maßnahmen anfallen werden. Es sind also keine gesetzten Ziele, sondern die erwarteten Ergebnisse nach Sanierung.

Diese Betrachtungsweise ist zwar üblich, entspricht jedoch nicht der tatsächlichen Wirkung der Maßnahmen. Geht man davon aus, dass in der Realität in den nächsten zehn bis 15 Jahren praktisch nur fossil erzeugter Strom verdrängt wird, dann sieht die CO₂-Bilanz für die effektive Klimawirkung

wie folgt aus:

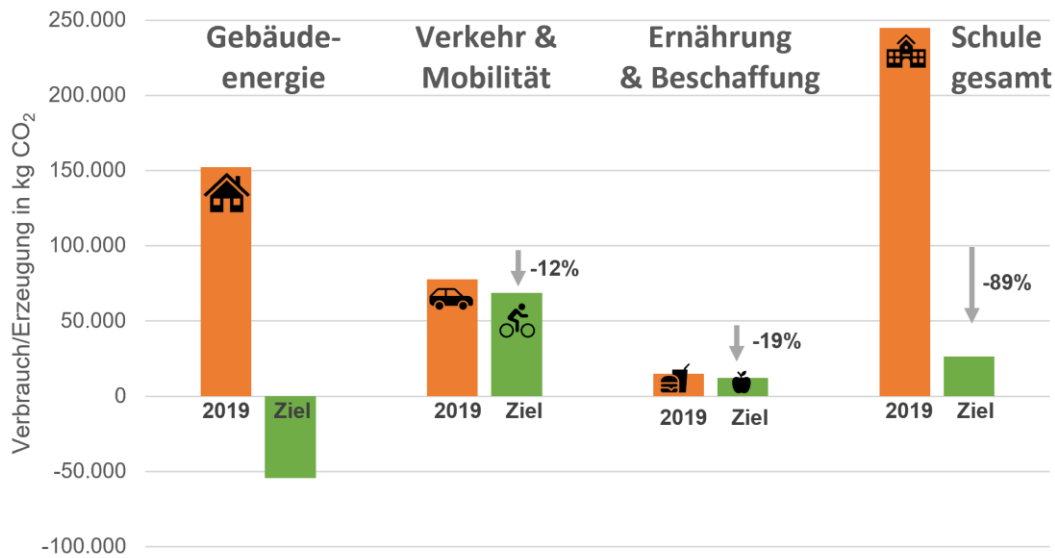


Abbildung 61: CO₂-Bilanz Realschule (Variante Hackschnitzelheizung), Bewertung von PV-Strom mit 0,8 kg CO₂/kWh

Bei dieser Berechnung wurde davon ausgegangen, dass die verminderte Stromproduktion zu jeweils einem Drittel auf Braunkohlekraftwerk, Steinkohlekraftwerk und Gaskraftwerk aufteilt. Dementsprechend würden pro kWh PV-Stromerzeugung rund 0,8 kg CO₂ im öffentlichen Netz eingespart. Näheres zu den Annahmen findet sich in Abschnitt 9.3 und in einem Exkurs im Anhang (Abschnitt 11.2).

9.2 CO₂-Einsparpotential Variante BHKW

In **Variante 2** wird davon ausgegangen, dass ein Erdgas-BHKW 70 Prozent des gesamten Wärmebedarfs abdeckt (Siehe Abschnitt 5.2.2 auf Seite 24). Der restliche Wärmebedarf wird durch einen Erdgaskessel abgedeckt.

Auch hier betrachten wird das Ergebnis zunächst unter der Annahme, dass der zusätzlich erzeugte Strom mit dem Durchschnittsmix (0,4 kgCO₂/kWh) bewertet wird.

Änderungen der Gesamtemissionen mit BHKW (mit Strommix)

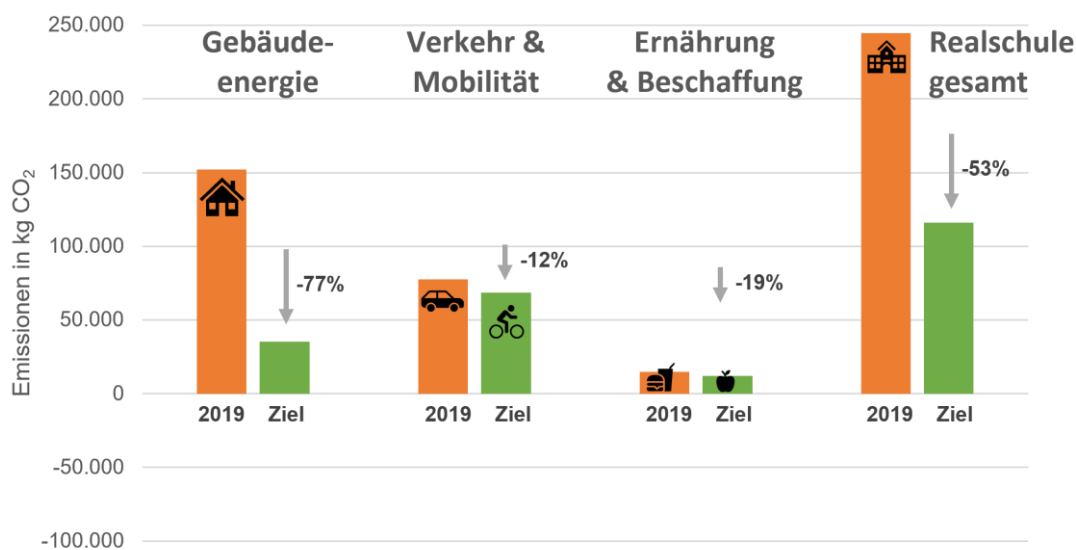


Abbildung 62: Gesamtemissionen mit BHKW mit Bewertung nach Strommix

Übernehmen wir nun wie oben bei der Holzhackschnitzelheizung die Bewertung der vermiedenen CO₂-Emissionen durch die Stromerzeugung der PV-Anlage mit 0,8 kg CO₂/kWh auch für das BHKW (Variante 2a), so ergibt sich folgende Gesamtbilanz:

Änderungen der Gesamtemissionen mit BHKW (marginale Betrachtung)

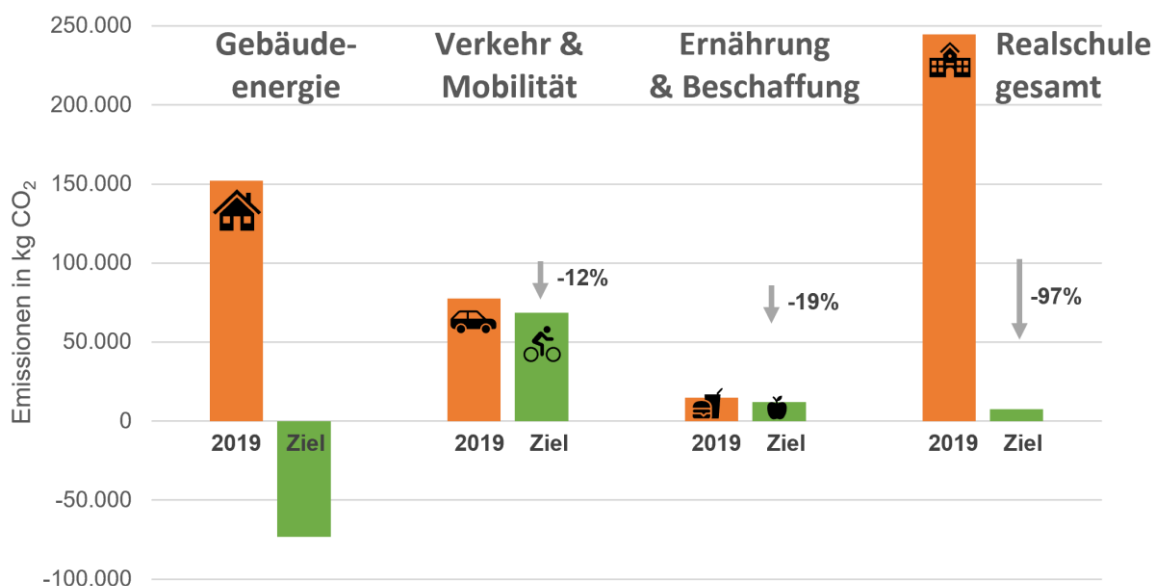


Abbildung 63: Gesamtemissionen mit BHKW mit Bewertung nach Grenzkraftwerk

Basierend auf den getroffenen Annahmen könnte die Realschule, bzw. auch das gesamte Schulzentrum Klimaneutralität erreichen. Die in der Graphik fehlenden 3 Prozent sind vor dem Hintergrund der begrenzten Rechengenauigkeit der Maßnahmenwirkung nicht von Belang.

Wie gezeigt werden konnte, schneiden beide Systeme (Holzhackschnitzelheizung und BHKW) bei der CO₂-Bilanz ähnlich gut ab. Beide Varianten führen zu einer starken Reduktion der CO₂-Emissionen und sind die Voraussetzung dafür, dass die Schule klimaneutral werden kann.

Die Bewertung der BHKW-Variante führt immer wieder zu Diskussionen über die Emissionsminderung, die mit einem BHKW (oder auch einer neu zu errichtenden PV-Anlage) erreicht werden. Deshalb haben wir beide Betrachtungsweisen dargestellt, betonen aber zugleich, dass wir unter Zugrundelegung der energiewirtschaftlichen Zusammenhänge nur die Bewertung nach Variante 2a (BHKW mit Bewertung nach Grenzkraftwerk) für richtig halten.

9.3 Begründung für die Marginal-Betrachtung

In unserer Bilanz errechnen wir die CO₂-Emissionen des Stromverbrauchs über den Durchschnittsmix aller Kraftwerke. Das macht Sinn, weil die Stromversorgung in Deutschland ein Gesamtsystem darstellt und der Strom aus einzelnen Kraftwerken (z.B. Atomkraftwerken, PV-Anlagen oder Kohlekraftwerken) nicht einzelnen Kundengruppen (z.B. der Industrie oder den Haushalten) zugerechnet werden kann. Im Durchschnitt entstehen so bei der Stromerzeugung etwa 400 g CO₂ pro Kilowattstunde (Umweltbundesamt 2021). Durch den Zubau von neuen regenerativen Anlagen wird dieser Wert zunächst etwas sinken, mit dem Abschalten der Atomkraftwerke jedoch Ende 2021 und 2022 wieder deutlich ansteigen.

Nun steht die Realschule am Giersberg vor der Entscheidung, entweder die bestehende Heizungsanlage weiter zu betreiben oder ein neues Heizungssystem einzubauen. Bei der Entscheidung für eine Hackschnitzelheizung ändert sich auf der Stromseite nichts. Anders bei der Entscheidung für ein BHKW. Wird das BHKW gebaut, so produziert dieses jährlich etwa 300.000 Kilowattstunden Strom. Da im Gesamtsystem Stromversorgung immer nur so viel Strom erzeugt wird wie gerade benötigt wird, wird dieser Strom andernorts nicht mehr produziert. Nun kommt die priorisierte Einspeisung der Erneuerbaren Energien zum Tragen: Da Windkraftanlagen und Solaranlagen immer vorrangig in das Netz einspeisen und auch immer betrieben werden, wenn sie einsatzbereit sind, wird durch die Stromerzeugung im BHKW die Stromerzeugung bei den regenerativen Energiequellen nicht beeinflusst. Die Stromerzeugung des BHKWs reduziert daher in vollem Umfang die Stromerzeugung durch fossile Kraftwerke (Braunkohle-, Steinkohle-, Erdgas-Kraftwerke). Betrachtet man die durchschnittlichen Emissionen dieser Kraftwerke, so liegen diese unter der Annahme eines Drittelmix bei über 800 g CO₂/kWh, bei einem Drittel-Mix von Braunkohle, Steinkohle und Erdgaskraftwerken.

	CO ₂ -Emissionsfaktor bezogen auf den Brennstoffeinsatz [g/kWh]	Brennstoffaus-nutzungsgrad netto bezogen auf den Stromverbrauch [%]	CO ₂ -Emissionsfaktor bezogen auf den Stromverbrauch [g/kWh]	Vergleich CO ₂ -Emissionsfaktor Strommix [g/kWh]
Erdgas	201	49	409	408
Steinkohle	337	40	852	
Braunkohle	406	36	1.135	

Tabelle 5: CO₂-Emissionsfaktoren der Stromerzeugung mit unterschiedlichen fossilen Kraftwerken. Quelle: (Umweltbundesamt 2021)

Diese Betrachtungsweise gilt auch für die Stromerzeugung durch die neue geplante PV-Anlage. Auch

hier kann davon ausgegangen werden, dass die neu hinzukommende PV-Stromerzeugung den Einsatz fossiler Kraftwerke reduziert.

Derzeit beträgt der Anteil der regenerativen Energiequellen an der Stromerzeugung etwa 45 Prozent. Wenngleich aufgrund der neuen Zielsetzung der Bundesregierung, bis 2045 Klimaneutralität zu erreichen, mit einem stärkeren Ausbau der erneuerbaren Energiequellen zu rechnen ist, wird die Stromerzeugung aus dem BHKW und der PV-Anlage auch in den nächsten fünfzehn bis zwanzig Jahren im Wesentlichen Strom aus fossilen Kraftwerken verdrängen, zumal der Strombedarf für den Ausbau der Elektromobilität, der verstärkten Anwendung von elektrisch betriebenen Wärmepumpen sowie der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie und eventuell im Schwerlastverkehr den Strombedarf bis zum Jahr 2045 etwa verdoppeln wird.

Warum zusätzliche dezentrale Stromerzeugung nahezu nur Strom aus fossilen Kraftwerken verdrängt, erläutern wir im Anhang unter dem Abschnitt „Das Prinzip der Merit Order und die Marginal-Betrachtung“ (Abschnitt 11.2).

Legt man diese Betrachtungsweise zugrunde, so kann man feststellen, dass die BHKW-Variante die Lösung mit der höheren Klimaschutzwirkung darstellt und die Schule in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann und rechnerisch sogar Klimaneutralität erreichen kann. Mit anderen Worten: Durch die Stromerzeugung im Schulgebäude wird genau so viel CO₂ an anderer Stelle eingespart, wie die Schule inklusiv des Ernährungs- und Verkehrssektors selbst verursacht.

10 Kosten-Nutzen-Abschätzung der investiven Maßnahmen

Um die Zielsetzung klimaneutraler Schule zu erreichen sind vier Maßnahmenpakete umzusetzen, die mit erheblichen Investitionen verbunden sind, denen jedoch entsprechende Erträge bzw. Entlastungen bei den Energiekosten gegenüberstehen. Die Maßnahmen beziehen sich auf das gesamte Schulgebäude. Ebenso wird diese erste Kosten-Nutzenbetrachtung für das **gesamte Schulzentrum** angestellt.

Diese Pakete können wie folgt definiert werden:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Wärmetechnische Maßnahmen am Gebäude und der Heizungsanlage | |
| a) Beseitigung Wärmebrücken und Schwachstellen | 20.000 Euro |
| b) Hydraulischer Abgleich und Einstellung Heizungssteuerung | 15.000 Euro |
| c) Ersatz der Erdgasheizung durch Holzhackschnitzel-Kessel | 500.000 Euro |
| 2. Effizienzmaßnahmen im Strombereich | |
| a) Sanierung der Beleuchtungsanlage (alle in Abschnitt 5.3 dargelegten Maßnahmen im Schulzentrum und weitere) | 140.000 Euro |
| b) Sanierung der Beleuchtung in der Turnhalle | 40.000 Euro |
| 3. Ausbau der PV-Anlage. Leistung 400 kW. Erwartete Kosten | 400.000 Euro |
| 4. Ausbau überdachte Fahrradabstellanlage mit solarer Ladestation | 30.000 Euro |

Die Gesamtinvestitionen von rund 1,2 Millionen Euro würden jedoch reduzierte Ausgaben bei den Energie- und Wartungskosten sowie Einnahmen aus der Solaranlage (und gegebenenfalls auch aus dem BHKW) gegenüberstehen.

Einsparung Brennstoffkosten Hackschnitzel: 1 Mio. kWh * 2 Cent/kWh=	20.000 €/a
Ertrag Solaranlage: 20% Eigenstrom á 20 Cent plus 80% Einspeisung* 7 Cent/kWh=	30.000 €/a
30 Prozent Einsparung Strom: 70.000 kWh* 20 Cent/kWh=	14.000 €/a
21 Prozent Einsparung Wärme: 220.000 kWh/a*6 Cent/kWh=	13.200 €/a
Summe jährliche Betriebskosteneinsparung/Erträge:	77.200 €/a

Über erste Abschätzungen kommen wir zu dem Ergebnis, dass sich die jährlichen Energiekosten um rund 47.000 Euro vermindern würden und gleichzeitig Einnahmen bzw. vermiedene Bezugskosten aus der Solaranlage in Höhe von etwa 30.000 € entfallen. Damit ließen sich die Investitionen innerhalb eines Zeitraums von 15 bis 18 Jahren amortisieren. Für diese Kalkulation wurde keine Energiekostensteigerung und keine Erhöhung der CO₂-Steuer eingerechnet. Wahrscheinlicher ist jedoch, dass die CO₂-Steuer angehoben wird, zumal mit den fortschreitenden Jahren die Bundesregierung erkennen wird, dass die derzeit geplanten Maßnahmen und Rahmenbedingungen nicht zur Klimaneutralität im Jahre 2045 führen werden. Nach Klimaschutzgesetz müssen dann die Instrumente geschärft und angepasst werden. Es ist naheliegend, dass hierunter auch die CO₂-Abgabe auf fossile Brennstoffe fallen wird.

In diese erste Kostenschätzungen sind keine Förderbeträge von Dritten eingerechnet. Wir sind jedoch der Auffassung, dass für ein solch richtungsweisendes Projekt Unterstützung von der Landesregierung eingeworben werden kann. Dies gilt umso mehr, je mehr die innovativen Ansätze

(z.B. Speicher für regenerativen Strom, BHKW – ready for H2, Kommunikationswirkung des Projektes) in das Projekt einbezogen und hervorgehoben werden.

Falls der Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald sich nicht in der Lage sieht, diese Maßnahmen zu finanzieren und umzusetzen, wäre es möglich, diese Investitionen über ein Bürgerbeteiligungsprojekt im Contracting-Ansatz zu finanzieren. Bei einem Contracting-Projekt werden die Investitionen nicht vom Gebäudeeigner, sondern von einem Dritten getragen (Firma oder Bürgergenossenschaft). Im Gegenzug erhält der Contractor über eine festgelegte Vertragszeit die eingesparten Energiekosten und Einspeiseerlöse. Büro Ö-quadrat und Wuppertal Institut haben reichlich Erfahrung in diesem Bereich und bieten sich an, ein entsprechendes Projekt inklusive des Crowdfunding auf der Basis von Performance-Contracting durchzuführen. Der Landkreis würde dann für die Dauer der Projektlaufzeit die bisherigen und fortgeschriebenen Kosten für das Schulzentrum tragen. Die eingesparten Energiekosten sowie die Erträge aus der Solaranlage würden bei dem Bürgerbeteiligungsprojekt verbleiben. Mit diesen Einnahmen können die Einlagen verzinst und die Rückzahlung der Einlagen über die Projektlaufzeit vorgenommen werden.

11 Anhang

11.1 Fragebogen Verkehr

Verkehrsbefragung an der Realschule am Giersberg


SCHOOLS 4 FUTURE

Im Rahmen des Projektes Schools4Future machen wir (Klasse 8c) eine Verkehrsbefragung um die CO₂-Bilanz der Schule zu ermitteln. Wir bitten um Ihre / Deine Unterstützung durch Ausfüllen des Fragebogens, entweder auf Papier oder online. (Dauer: 2-3 Minuten)



1. In welcher Rolle sind Sie / bist Du an der Schule?
 - ☐ Lehrerin oder Lehrer
 - ☐ Schülerin oder Schüler
2. Wie weit ist es von Ihrer / Deiner Haustür bis zum Schulgelände?
_____ km
3. Bevorzugtes Verkehrsmittel im **Frühjahr, Sommer und Herbst**:
 - ☐ zu Fuß
 - ☐ Fahrrad
 - ☐ Bus
 - ☐ andere Öffentliche Verkehrsmittel (S-Bahn/Bahn,...)
 - ☐ E-Bike / E-Scooter
 - ☐ Moped / Motorrad
 - ☐ Auto (Kleinwagen)
 - ☐ Auto (Mittelklasse)
 - ☐ Auto (Oberklasse/SUV)
 - ☐ Sonstige
4. Bevorzugtes Verkehrsmittel im **Winter**:
 - ☐ zu Fuß
 - ☐ Fahrrad
 - ☐ Bus
 - ☐ andere Öffentliche Verkehrsmittel (S-Bahn/Bahn,...)
 - ☐ E-Bike / E-Scooter
 - ☐ Moped / Motorrad
 - ☐ Auto (Kleinwagen)
 - ☐ Auto (Mittelklasse)
 - ☐ Auto (Oberklasse/SUV)
 - ☐ Sonstige
5. Dauer des täglichen Schulweges?
_____ Minuten
6. In welchem Ort oder Stadtteil wohnen Sie / wohnst Du?

7. Geschlecht
 - ☐ männlich
 - ☐ weiblich
 - ☐ keine Angabe / divers

Zwei weitere Fragen für Schülerinnen und Schüler:

8. In welche Klasse gehst Du?
Klasse _____
9. Wie alt bist Du?
_____ Jahre

Bitte den Papierfragebogen vor dem Lehrerzimmer in die Box einwerfen oder an die Lehrkraft zurückgeben. Danke fürs Mitmachen !

11.2 Das Prinzip der Merit Order und die Marginalbetrachtung

Um die Auswirkungen von zusätzlicher dezentraler Stromerzeugung (z.B. durch eine PV-Anlage oder ein BHKW) auf das Stromsystem zu bewerten, ist es wichtig, das Prinzip der „Merit Order“ zu verstehen, mit dem die Strommärkte marktwirtschaftlich organisiert sind. Der Großhandelsstrompreis an der Börse und damit auch der Einsatz und Betrieb der Kraftwerke ergibt sich aus den **kurzfristigen Betriebskosten (Grenzkosten)** des letzten Kraftwerks, das in Betrieb genommen wird, um die Stromnachfrage im Stromsystem (Last) zu decken. Alle verfügbaren Kraftwerke werden in der (aufsteigenden) Reihenfolge ihrer Grenzkosten in Betrieb genommen. Stromerzeugungskapazitäten wie Wind-, PV, Wasserkraft oder Atomkraftwerke, die niedrige Grenzkosten aufweisen, erhalten dabei den Vorzug¹⁰. Je höher die Stromnachfrage und je weniger Erneuerbare Kraftwerke mit geringen Betriebskosten Strom liefern können, desto mehr fossile Kraftwerke mit hohen Betriebskosten und geringerem Wirkungsgrad müssen in Betrieb genommen werden.

Für diesen Zweck werden die Kraftwerke mit aufsteigenden Grenzkosten gereiht (Merit Order). Je nach Tageszeit und unterschiedlicher Stromnachfrage wird dann das Kraftwerk bestimmt, mit dem die Last im Stromsystem genau gedeckt wird. Dieser Schnittpunkt aus der Last und dem Stromangebot definiert den Großhandelspreis zu der jeweiligen Stunde. Zu dieser Stunde produzieren nur Kraftwerke den Strom, die niedrigere oder gleich hohe Grenzkosten aufweisen wie der Großhandelspreis. (Öko-Institut e.V. 2020)

Wird nun dezentral mehr Strom erzeugt, so sinkt die nachgefragte Strommenge, das Kraftwerk mit den höchsten Betriebskosten (Grenzkraftwerk, im Englischen: marginal power plant) produziert weniger oder wird stillgelegt, das nächst kostengünstigste Kraftwerke bestimmt den Börsenpreis.

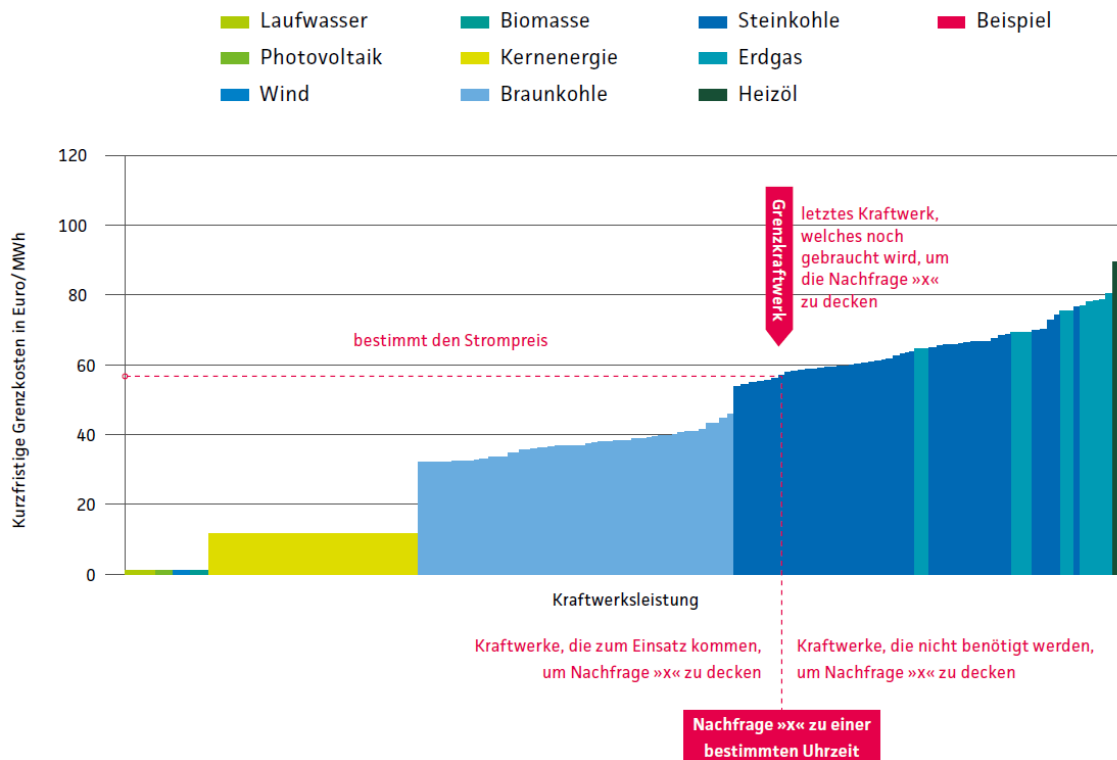


Abbildung 64: Das Prinzip der Grenzkostenpreisbildung an der Strombörse. Quelle: (Öko-Institut e.V. 2011)

¹⁰ Die Erneuerbaren Energiequellen haben ohnehin das Recht vorrangig einzuspeisen. Die Atomkraftwerke und fossilen Kraftwerke müssen den Restbedarf der Stromnachfrage decken.

Zur Bewertung der Wirkung von zusätzlicher oder verringerter Stromnachfrage im Hinblick auf die Änderung der Treibhausgasemissionen ist die marginale Betrachtung entscheidend. Es wird also betrachtet, welche zusätzlichen Emissionen mit dem Einsatz des Grenzkraftwerks bzw. der Grenzkraftwerke verbunden sind.

Steigt zum Beispiel durch die Umstellung von fossilen Fahrzeugen auf E-Fahrzeuge der Strombedarf an, so wird dieser zusätzliche Strombedarf durch fossile Kraftwerke erzeugt, weil die erneuerbaren Energiequellen schon alle ausgelastet sind. Die zusätzlichen CO₂-Emissionen errechnen sich dann auf der Basis der zusätzlichen Stromerzeugung durch die in der Merit Order genutzten Kraftwerke (vgl. die Literaturquelle (Hennicke u. a. 2021)).

12 Referenzen:

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG E. V., 2014. *Trinken in der Schule. Geeignete Durstlöscher in den Schulalltag integrieren*. [online]. Abgerufen von: https://www.schuleplusessen.de/fileadmin/user_upload/medien/Trinken_in_der_Schule.pdf

HENNICKE, Peter, KOSKA, Thorsten, RASCH, Jana, REUTTER, Oscar und SEIFRIED, Dieter, 2021. *Nachhaltige Mobilität für alle - Ein Plädoyer für mehr Verkehrsgerechtigkeit* [online]. oekom Verlag. [Zugegriffen 29 Oktober 2021]. ISBN 978-3-96238-279-7. Abgerufen von: <https://www.oekom.de/buch/nachhaltige-mobilitaet-fuer-alle-9783962382797>

IPCC, 2021. Sixth Assessment Report — IPCC. [online]. 2021. [Zugegriffen 11 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

IZT, 2019. IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung: KEEKS – Klima- und energieeffiziente Küche in Schulen Klimafreundliche Schulküchen (KEEKS). [online]. 2019. [Zugegriffen 11 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.izt.de/themen/view/project/schulkuechen/>

KEEKS PROJEKT, 2019. *KEEKS-Leitfaden für die klimaschonende Schulküche* [online]. Abgerufen von: https://www.izt.de/fileadmin/publikationen/KEEKS_Leitfaden_2019.pdf

ÖKO-INSTITUT, 2007. *Treibhausgasemissionen durch Erzeuger und Verabreichung von Lebensmitteln - Arbeitspapier* - [online]. Abgerufen von: <https://www.oeko.de/oekodoc/328/2007-011-de.pdf>

ÖKO-INSTITUT E.V., 2020. *E-Fuels im Verkehrssektor* [online]. Abgerufen von: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/E-Fuels-im-Verkehrssektor-Hintergrundbericht.pdf>

ÖKO-INSTITUT E.V., Öko-Institut, 2011. *Autos unter Strom* [online]. [Zugegriffen 31 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.oeko.de/aktuelles/2011/autos-unter-strom-neue-broschuere-des-oeko-instituts>

S. W. R. AKTUELL, 2021. Umweltministerin besorgt wegen Klimabericht: „Klimawandel trifft auch Baden-Württemberg“. *swr.online* [online]. 9 August 2021. [Zugegriffen 11 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/baden-wuerttembergs-umweltministerin-besorgt-wegen-weltklimabericht-100.html>

TAGESSCHAU.DE, 2021. Neuer Weltklimabericht: Schnellere Erwärmung, extremere Wetter. *tagesschau.de* [online]. 9 August 2021. [Zugegriffen 11 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.tagesschau.de/ausland/europa/weltklima-bericht-ipcc-101.html>

UMWELTBUNDESAMT, 2018. *Umwelt und Landwirtschaft 2018 - Daten zur Umwelt* [online]. Umweltbundesamt. [Zugegriffen 29 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/daten-zur-umwelt-2018-umwelt-landwirtschaft>

UMWELTBUNDESAMT, 2020. *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2019* [online]. Umweltbundesamt. [Zugegriffen 29 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-6>

UMWELTBUNDESAMT, 2021. *Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid - Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2020* [online]. Umweltbundesamt. [Zugegriffen 28 Oktober 2021]. Abgerufen von: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/entwicklung-der-spezifischen-kohlendioxid-7>

Schools4Future

Die CO₂-Bilanz und das Klimaschutzkonzept für die Realschule am Giersberg wurde im Rahmen des Projektes Schools4Future erstellt. Schools4Future ist ein bundesweites Pilot-Projekt zur Umsetzung von klimaneutralen Schulen mit der Laufzeit 2020-2023. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Aktuelle Informationen zum Projekt finden sich auf www.schools4future.de



Dr. Sebastian Albert-Seifried

Dieter Seifried

Büro Ö-quadrat GmbH
Turnseestraße 44
79102 Freiburg

Tel.: 0761 - 7077 3279
Fax: 0761 - 7079 903

E-Mail: sas@oe2.de

www.oe2.de

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektpartner:



Oliver Wagner

Lena Tholen

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal

www.wupperinst.org