

Vivienne Pirker\*, Barbara Truger\*\*, Joachim Thaler\*\*\* & Alexander Passer\*\*\*\*

## Die Treibhausgasbilanzierung österreichischer Schulen

\* vivienne.pirker@boku.ac.at, Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Kompetenzstelle für Klimaneutralität, Universität für Bodenkultur Wien

\*\* barbara.truger@tugraz.at, Institut für Tragwerksentwurf, Arbeitsgruppe Nachhaltiges Bauen, Technische Universität Graz

\*\*\* joachim.thaler@boku.ac.at, Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Kompetenzstelle für Klimaneutralität, Universität für Bodenkultur Wien

\*\*\*\* alexander.passer@tugraz.at, Institut für Tragwerksentwurf, Arbeitsgruppe Nachhaltiges Bauen, Technische Universität Graz

eingereicht am: 22.12.2023, akzeptiert am: 06.03.2024

In Anbetracht der Dringlichkeit der Klimakrise stellt dieser Artikel die im Rahmen des Projekts *makingAchange* gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Erarbeitung schulischer Treibhausgasbilanzen und Einsparungspotentialen unter Einbindung von Schüler\*innen in Österreich dar. Ziel dieses Beitrags ist es, Emissionsdaten aus dem österreichischen Bildungsbereich zur Verfügung zu stellen. Außerdem werden Möglichkeiten zur Verankerung der für Treibhausgasbilanzierung und -reduktion nötigen Informationen und Handlungsmöglichkeiten im schulischen Alltag aufgezeigt.

Keywords: Treibhausgasbilanzierung, Bildung für nachhaltige Entwicklung, Klimawandel, Nachhaltigkeit, Transdisziplinarität

### The Greenhouse Gas Footprint of Austrian Schools

In light of the urgent climate crisis, this article presents the findings gained in the *makingAchange* project with regard to the development of school greenhouse gas footprints and savings potentials with the involvement of pupils in Austria. The aim of this article is to provide emissions data from the Austrian education sector. In addition, possibilities for integrating the information and possible courses of action required for greenhouse gas balancing and reduction in everyday school life are presented.

Keywords: Greenhouse Gas Footprint, Education for Sustainable Development, Climate Change, Sustainability, Transdisciplinarity

## 1 Einleitung

In Anbetracht der Dringlichkeit der Klimakrise dient dieser Artikel der Darstellung der im Rahmen der Bildungs-Wissenschafts-Kooperation *makingAchange* gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Erstellung schulischer Treibhausgasbilanzen in Österreich. Diese tragen einerseits zur Verbesserung der Datenlage zu Treibhausgasemissionen im Bildungsbereich in Österreich bei. Andererseits werden dadurch die Verankerung des nötigen Wissens und der Handlungsmöglichkeiten bezüglich Treibhausgasbilanzierung und -reduktion im schulischen Alltag gefördert sowie die Rolle von Schüler\*innen und Lehrpersonen in der Dekarbonisierung ihrer Bildungseinrichtungen unterstrichen.

Die Klimakrise ist eindeutig auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen und wird hauptsächlich durch den anthropogenen Ausstoß von Treibhausgasen (THG), allen voran CO<sub>2</sub>, vorangetrieben. Dadurch ist die globale Oberflächentemperatur zwischen 2011 und 2020, verglichen mit dem Zeitraum 1850 bis 1900, um 1,1 °C gestiegen (vgl. IPCC 2023).

2019 beliefen sich die globalen anthropogenen THG-Emissionen auf 59 Gigatonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>-eq) und waren damit um 12% höher als 2010 und 54% höher als 1990. Eine globale Zunahme der Emissionen ist seit 2010 in allen großen Bereichen wie Energie, Industrie, Landnutzung, Transport und Gebäude zu beobachten. Die Umsetzung von konkreten Klimaschutzmaßnahmen hinkt nationalen Zielsetzungen zur Emissionsreduktion hinterher.

Bis 2100 könnte daher eine durchschnittliche globale Erwärmung zwischen 2,2 und 3,5 °C erreicht werden, sollten aktuelle Klimawandelminderungs- und Klimawandelanpassungsstrategien nicht nachgeschärft werden (vgl. IPCC 2023).

Die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels wie die Zunahme von Hitzewellen, Starkregenereignissen oder Dürren sind schon auf globaler Ebene zu beobachten. Beispielsweise sind terrestrische, Süßwasser-, Küsten- und andere Ökosysteme bereits durch die Klimaveränderungen zu Schaden gekommen oder haben irreversible Verluste erlitten. Des Weiteren ist die Ernährungssicherheit durch die Auswirkungen des Klimawandels wie veränderte Niederschlagsmuster und erhöhte Temperaturen gefährdet. Extreme Hitzeereignisse erhöhen die menschliche Mortalität und klimabedingte Krankheiten werden häufiger (vgl. IPCC 2023). Besonders die junge Generation von heute wird während ihrer gesamten Lebenszeit von einer Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des Klimawandels geprägt sein, wodurch sich eine Schlüsselrolle von Bildung und Bildungseinrichtungen in deren Vorbereitung auf eine nachhaltige und solidarische Zukunft ergibt (vgl. Oberrauch et al. 2015).

Insbesondere in Österreich ist seit 1880 mit 2 °C eine rund doppelt so hohe Temperaturzunahme wie im globalen Durchschnitt zu verzeichnen, eine weitere Erwärmung ist vorhersehbar (vgl. APCC 2014). Die Auswirkungen des Klimawandels sind somit auch in Österreich spürbar. Temperaturextreme wie Hitzewellen haben zugenommen und die österreichischen Gletscher verzeichnen seit 1980 einen Rückgang an Fläche und Volumen (vgl. APCC 2014). 2022 ist laut einer Nahzeitprognose des Umweltbundesamts in Österreich zwar ein Rückgang der nationalen THG-Emissionen um rund 6,4 % im Vergleich zu 2021 festzustellen, dieser ist jedoch unter anderem auf die warme Witterung und die hohen Energiepreise durch den Ukrainekrieg zurückzuführen (vgl. Umweltbundesamt 2023). Ein weiterer Rückgang durch langfristig wirksame Klimaschutzmaßnahmen bis 2030 und 2040 ist somit nicht gewährleistet. Um dies sicherzustellen, sind konkrete und ambitionierte Maßnahmen notwendig, wie sie im aktuellen österreichischen Regierungsprogramm 2020 bis 2024 thematisiert werden (vgl. Umweltbundesamt 2023). Darin werden unter anderem ein Klimaschutzgesetz mit verbindlichen Reduktionspfaden bis 2040 und verbindlichen Zwischenzielen bis 2030, ein Phase-out für Öl und Kohle in der Raumwärme oder die Umstellung der Stromversorgung bis 2030 auf national bilanziell 100 % Ökostrom bzw. Strom aus erneuerbaren Energieträgern genannt (vgl. Bundeskanzleramt Österreich 2020).

Demnach bedroht der Klimawandel sowohl die menschliche als auch die planetare Gesundheit und

erfordert sofortige globale Maßnahmen, um eine lebenswerte und nachhaltige Zukunft zu garantieren (vgl. IPCC 2023). Dabei sind politische ‚top-down‘-Maßnahmen ebenso wichtig wie ‚bottom-up‘-Initiativen der Bevölkerung. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Bevölkerungsgruppen wie beispielsweise Kindern und Jugendlichen kann dabei langfristig eine klimaverträgliche Entwicklung vorantreiben und zur Findung sozial annehmbarer Lösungen beitragen (vgl. IPCC 2023). Der *Sustainable Development Goals (SDG) Bericht 2023: Special Edition* unterstreicht im Rahmen des *SDG 13 – Maßnahmen zum Klimaschutz* des Weiteren die Forderungen von Schüler\*innen und Jugendlichen nach Klimaschutzmaßnahmen und umfassender, qualitativer Klimabildung. 70 % der Jugendlichen fehlt es aber an tiefgründigem Wissen über den Klimawandel, viele berichten von einer unzureichenden Vorbereitung auf den Klimawandel durch ihre Bildung. Jugendliche fordern daher eine interdisziplinäre und handlungsorientierte Bildung, die sowohl auf globale als auch lokale Realitäten eingeht. Auch eine angemessene Unterstützung von Lehrkräften ist daher von Bedeutung (vgl. UN 2023).

Zusätzlich kommt Schulen als öffentliche Einrichtungen im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung ein hoher Stellenwert zu, da sie diese in ihren Wirkungskreisen vorantreiben können. Beispielsweise können sie eine Vorbildrolle für klimafreundliche Lebensweisen und Technologien sowohl für Schüler\*innen als auch für Eltern, Unternehmen und andere gesellschaftliche Gruppen in ihrem Umfeld einnehmen. Somit ist es von großer Bedeutung, Schulen zu ermöglichen, ihre THG-Emissionen zu erfassen und zu reduzieren, sich auf die Auswirkungen des Klimawandels vorzubereiten und Jugendlichen das notwendige Wissen zu vermitteln, um auf persönlicher und beruflicher Ebene zu handeln (vgl. Sustainable Development Commission 2008).

In Österreich nennt der *Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP)* Bildung als Rahmenmaßnahme und -zielsetzung, um in Orientierung an den Emissions-Referenzzielpfad hin zur Klimaneutralität bis 2045 die Wirtschaft und Gesellschaft emissionsfrei und klimarobust zu gestalten. Dabei stehen vor allem eine systemische Einbettung des Klimawandels in alle Bildungs- und Ausbildungswege und eine motivationsbasierte, individuell fördernde, kreativitätsfördernde, problemlösungs- und projektorientierte sowie fächerübergreifende Bildung im Vordergrund (vgl. Kirchengast et al. 2019).

Reines Wissen über die Klimakrise und deren Auswirkungen reicht jedoch nicht aus, um klimafreundliche Verhaltensänderungen anzutreiben (vgl. Colombo

et al. 2023). Darüberhinausgehende Bildungsansätze, bei denen Schüler\*innen selbst eine Problematik sowie passende Lösungsansätze erforschen und diskutieren bzw. positive Maßnahmen ergreifen können, sind in diesem Kontext besser geeignet (vgl. Stevenson et al. 2017). Durch einen Fokus auf Handlungsmöglichkeiten für eine nachhaltige Zukunft können mit dem Klimawandel in Verbindung stehenden Gefühlen wie Hoffnungslosigkeit, Verzweiflung oder Angst entgegengewirkt werden (vgl. Stevenson et al. 2017). Strategien für erfolgreiche Klimawandelbildung sind somit von persönlicher Relevanz und Bedeutung für Lernende und legen besonderen Wert auf deren aktive Einbindung und Handlungsmöglichkeiten (vgl. Monroe et al. 2017). Aus der Literatur gehen deliberative Diskussionen, Interaktionen mit Wissenschaftler\*innen, das Aufdecken von Missverständnissen sowie die direkte Beteiligung Lernender in der Konzeption und Implementierung von Schul- oder Gemeinschaftsvorhaben als weitere wirksame Ansätze hervor (vgl. Monroe et al. 2017).

Trotz der Fülle an Initiativen und Netzwerken zu den Themen Klima- und Umweltschutz für Schulen in Österreich (vgl. Vogl 2018) fehlt es an Projekten, die eine THG-Erfassung nach international anerkannten Berechnungsmethoden wie dem Greenhouse Gas Protocol und eine THG-Reduktion unter der Einbindung von Schüler\*innen vorsehen. Generell fehlt es an umfassenden Daten zu THG-Emissionen von österreichischen Schulen, ohne die eine Reduktion der THG-Emissionen nach wissenschaftlichen Standards schwer möglich ist, sowie an einer Umlegung der österreichischen Klimaziele in sektorspezifische Ziele für Schulen. Für die konkrete Umsetzung von THG-Reduktionen und sektorspezifischen Klimazielen im Schulbetrieb ergeben sich durch die Komplexität der österreichischen Schulverwaltung, die sich aus der Vielzahl an Akteuren mit unterschiedlichen Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten ergibt (vgl. ibw 2015) Schwierigkeiten. Beispielsweise können unter anderem Bund, Länder oder Gemeinden, aber auch die römisch-katholische oder die evangelische Kirche als Schulerhalter fungieren (vgl. Statistik Austria 2023).

Aufgrund der Dringlichkeit der Klimakrise und der Wichtigkeit, Jugendliche in deren Bekämpfung einzubinden, wurde das österreichische Kooperationsprojekt *makingAchange* (*mAc*) zwischen Wissenschaft und Schule initiiert. Es zielte darauf ab, zu einer Transformation der Gesellschaft beizutragen und eine Einbettung bzw. Wahrnehmung der Themen Klimaschutz und Nachhaltigkeit als Selbstverständlichkeit im schulischen Umfeld sowie im Alltag zu fördern. Eine eigenständige Auseinandersetzung der Schüler\*innen mit diesen Themen stand dabei im

Vordergrund. Gemeinsam mit Expert\*innen aus dem universitären Umfeld sollte aktuelles Wissen aus der Klimawandelforschung und ein verantwortungsvoller Umgang mit der Umwelt erlernt werden. Dies wurde durch die Entwicklung und Testung innovativer Methoden, um Forschungs-Bildungs-Kooperationen zu Klimawandel- und Nachhaltigkeitsthemen ins Leben zu rufen, erzielt (vgl. *makingAchange* 2023).

Die *CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für österreichische Schulen* war eine dieser Kooperationen, in der Schüler\*innen und Lehrpersonen bei der eigenständigen Erstellung einer THG-Bilanz der Schule unterstützt wurden. Ziel dabei war es, zur Verbesserung der Datenlage zu THG-Emissionen im Bildungsbereich in Österreich beizutragen sowie das nötige Wissen zur THG-Bilanzierung und THG-Reduktion an Schulen zu verankern. Damit sollten Schüler\*innen und Lehrer\*innen dazu ermächtigt werden, zukünftig eine emissionsfreie und klimaverträgliche Schule zu ermöglichen (vgl. *makingAchange* 2023). Die THG-Bilanzierung für österreichische Schulen in *makingAchange* umfasste die Erhebung sämtlicher relevanter klimaschädlicher Gase im Schulbetrieb. Im Sinne dessen wird im Folgenden die Bezeichnung THG-Bilanzierung synonym mit CO<sub>2</sub>-Bilanzierung verwendet.

Im Rahmen der THG-Bilanzierung in *mAc* wurden folgende Forschungsfragen behandelt:

1. Was sind Hauptemissionstreiber in österreichischen Schulen und wie gestaltet sich deren THG-Bilanz?
2. Welche bilanziellen Herausforderungen ergeben sich bei der Erstellung schulischer THG-Bilanzen?
3. Welche von Schulen initiierten THG-Reduktionsmaßnahmen scheinen aufgrund der Bilanzauswertung besonders vielversprechend?
4. Welche Anforderungen an Datenverfügbarkeit und Datenerhebung können gestellt werden?
5. Wie kann ein vertretbares Verhältnis zu Aufwand und Ergebnisqualität erzielt werden?
6. Welche Vor- und Nachbetreuung und Begleitung der Schüler\*innen braucht es?

## 2 Methode

Im Rahmen der THG-Bilanzierung von *mAc* wurden Unterlagen entwickelt und getestet, um österreichischen Schulen über drei Projektjahre (Schuljahre 2020/21; 2021/22; 2022/23) hinweg im Rahmen von Workshops das notwendige Wissen zur Erstellung einer THG-Bilanz der Schule sowie zur Ableitung von Maßnahmen zur Emissionsreduktion zu vermitteln. Zur Erstellung der THG-Bilanzen wurde das Bilanzierungstool *ClimCalc* herangezogen. Die Einbindung von Schüler\*innen unter der Betreuung von

mindestens einer Lehrperson bei der Erstellung der Bilanzen und der Entwicklung von Reduktionsmaßnahmen stand dabei im Vordergrund. Um das erlernte Wissen dauerhaft an der Schule zu verankern, wurde eine Peer-to-Peer Wissensweitergabe angeregt.

Insgesamt haben 36 Schulen über die Projektlaufzeit von *mAc* an der THG-Bilanzierung teilgenommen. Davon waren im Schuljahr 2020/2021 15 Schulen und 2021/22 sowie 2022/2023 je 22 Schulen Teil der Bilanzierung. 18 Schulen haben einmalig am Projekt teilgenommen, 11 Schulen zweimal und 7 Schulen haben in allen drei Projektjahren eine THG-Bilanzierung durchgeführt. Aufgrund von schulinternen Schwierigkeiten wie z. B. fehlenden Datenaufzeichnungen, die für die Bilanz nötig wären, war es nicht allen Schulen möglich, eine (vollständige) Bilanz zu erstellen. Das in *mAc* erlernte Wissen schafft in diesen Schulen aber die Voraussetzungen dafür, die strukturellen Bedingungen in der Schule abzuändern, um eine Bilanzierung in Zukunft zu ermöglichen. In der Analyse in Kap. 3 werden nur die 48 vollständigen Bilanzen mitberücksichtigt, die im Laufe der Projektzeit von 33 Schulen erstellt wurden. Die Bilanzierungsjahre durften von den Schulen frei gewählt werden und beliefen sich je nach Datenverfügbarkeiten zwischen 2018–2022.

## 2.1 THG-Bilanzierung mit *ClimCalc*

Die Ökobilanzierung (engl. *Life Cycle Assessment (LCA)*) ist eine ganzheitliche Methode zur Bewertung der Umweltauswirkungen eines Produkts, Prozesses oder einer Dienstleistung über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Dieser Lebenszyklus umfasst die Rohstoffgewinnung, die Herstellung, den Transport, die Nutzung und die Entsorgung. Die Ökobilanzierung ermöglicht es, Umweltauswirkungen in unterschiedlichen Phasen zu quantifizieren und zu bewerten, wodurch fundierte Entscheidungen im Sinne der Umweltverträglichkeit getroffen werden können. Sie trägt dazu bei, Nachhaltigkeitsaspekte zu identifizieren und zu verbessern, indem sie ökologische Hotspots erkennt und Alternativen aufzeigt. Die Anwendung der Ökobilanzierung ist daher von großer Bedeutung, um den Weg zu einer ressourceneffizienten und umweltfreundlichen Gestaltung von Produkten und Prozessen zu ebnen. Im Rahmen einer Ökobilanzierung können unterschiedliche Umweltauswirkungen erhoben werden, neben dem Treibhausgaspotential etwa auch Versauerung, Primärenergiebedarf oder Toxizität. Ökobilanzierungen haben ihre Grundlagen in den Normen ISO 14040 und ISO 14044. Darin werden die Grundlagen und Rahmenbedingungen festgelegt. Demnach besteht jede Ökobilanzierung aus den folgenden vier Phasen: Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens,

Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Interpretation (vgl. Klöpffer & Grahl 2014). Die THG-Bilanzierung ist eine Ökobilanzierung, die das Treibhausgaspotential (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) erhebt.

Das für die THG-Bilanzierung der Schulen verwendete Bilanzierungstool *ClimCalc* wurde ursprünglich für eine universitäre Anwendung im Rahmen der Allianz Nachhaltige Universitäten konzipiert (vgl. Allianz Nachhaltige Universitäten 2023). Bei der Erarbeitung des Tools waren die Universität für Bodenkultur Wien, die Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (später Technische Universität Graz) und das österreichische Umweltbundesamt an einem vom Klima- und Energiefonds geförderten Forschungsprojekt beteiligt. Ziel des Tools ist es, Umwelt- und EMAS-Beauftragten in Bildungseinrichtungen die Erarbeitung von THG-Bilanzen und die Überprüfung von Klimaschutzmaßnahmen zu ermöglichen (vgl. Getzinger et al. 2019).

Die Berechnungsmethode von *ClimCalc* beruht auf dem Greenhouse Gas Protocol (vgl. WRI & WBCSD 2004). Somit erfolgt die Einteilung der erfassten Emissionen in direkte (Scope 1), indirekte energiegebundene (Scope 2) und andere indirekte Emissionen (Scope 3). Um den Umfang und die Messgenauigkeit der Bilanzierung einzugrenzen sowie deren Vergleichbarkeit mit anderen Bilanzierungen feststellen zu können, ist das Setzen von Systemgrenzen erforderlich (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017a). Die Systemgrenzen für die THG-Bilanz sind durch die Eingabemaske des Tools vorgegeben und umfassen alle emissionsrelevanten Vorgänge, die einen Anteil von mehr als 1% der Gesamtemissionen von Universitäten darstellen (vgl. Getzinger et al. 2019). Weitere Kriterien für das Festlegen der Systemgrenzen von *ClimCalc* waren die Messbarkeit der abgebildeten Prozesse sowie die Verfügbarkeit der zu erhebenden Daten und belastbarer, nationaler Emissionsfaktoren (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpen-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017a).

Die Eingabe der erhobenen Verbrauchsdaten erfolgt nach drei Bereichen: Energieeinsatz, Mobilität und Materialeinsatz. Des Weiteren gibt es ein Zusatzmodul für den Bereich Mensa/Kantine (vgl. Getzinger et al. 2019). Diese werden wie folgt weiter gegliedert und sind somit identisch mit den gewählten Systemgrenzen:

- Energieeinsatz: Strom, Wärme, Fernwärme, Fernkälte, Dampferzeugung, Sonstiger Treibstoffeinsatz
- Mobilität: Dienstreisen, Pendeln (getrennt nach Mitarbeiter\*innen und Studierenden), Auslandsaufenthalte (getrennt nach Mitarbeiter\*innen und Studierenden), Fuhrpark
- Materialeinsatz: Papier, Kältemittel, IT-Geräte
- Zusatzmodul Mensa: Energieeinsatz wie bereits geschrieben, Materialeinsatz zuzüglich Rind-

fleisch, Schweinefleisch, Geflügelfleisch, Fisch, Fette & Öle (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017b)

Die Emissionsfaktoren in *ClimCalc* werden vom Umweltbundesamt unter Heranziehung des GEMIS Modells (Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme) und der Datenbank ecoinvent zur Verfügung gestellt und regelmäßig aktualisiert. Um die Wirkung von Reduktionsmaßnahmen quantitativ zu erfassen sowie die Entwicklung der THG-Emissionen zu beobachten, ist eine Aktualisierung der Bilanz in regelmäßigen Abständen zu empfehlen (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017b).

Für die Verwendung durch Schulen wurden minimale Anpassungen des Tools vor allem hinsichtlich der Begrifflichkeiten vorgenommen. Die Annahmen zu den Systemgrenzen wurden direkt übernommen und im Verlauf des Projekts in Absprache mit den teilnehmenden Schulen geringfügig angepasst (z. B. durch das Einfügen einer Eingabezeile für Tablets). Abb. 1 gibt einen Einblick in die benötigten Eingangsdaten und Stammdaten aus dem für Schulen angepassten *ClimCalc*.

## 2.2 Workshops

Das notwendige Wissen zur Erstellung einer THG-Bilanz sowie zur Erarbeitung von Reduktionsmaßnahmen wurde den teilnehmenden Schüler\*innen und Lehrpersonen in drei Workshops pro Schuljahr vermittelt: einem Bilanzierungsworkshop, einem Reduktionsmaßnahmenworkshop, welcher im Schuljahr 2020/21 als kurzer fachlicher Input im Rahmen einer Fragestunde abgehalten wurde, und einem Abschlussworkshop. Die Workshop-Unterlagen wurden von

der BOKU in Kooperation mit der TU Graz entwickelt. Die Inhalte wurden teilweise über interaktive Methoden vermittelt, wie beispielsweise die Einbindung der Schüler\*innen durch ein Quiz. Durch die Covid-19 Pandemie war im Schuljahr 2020/21 eine online Abhaltung der Workshops erforderlich. Diese wurde in den beiden nachfolgenden Projektjahren beibehalten, um für potentielle Covid-Maßnahmen wie beispielsweise erneute Lockdowns vorbereitet zu sein und zusätzlich eine unkomplizierte Teilnahme für Schulen aus ganz Österreich zu ermöglichen.

Der Bilanzierungsworkshop vermittelt den Teilnehmer\*innen Informationen zum Klimawandel, eine Einführung in die THG-Bilanzierung und in *ClimCalc* sowie weitere Informationen zum Ablauf und den einzelnen Schritten zur Erstellung der THG-Bilanz der Schule. Der Reduktionsmaßnahmenworkshop führt über die Erstellung einer THG-Bilanz hinaus. Diese wird darin als Startpunkt zur Ermittlung von Emissionsreduktionspotentialen dargestellt, aus dem man mögliche Maßnahmen und Klimaschutzstrategien ableiten kann. Im Rahmen dieses Workshops wird des Weiteren Know-How rund um Projektmanagement dargelegt, welches bei der Umsetzung von konkreten Reduktionsmaßnahmen unterstützen soll. Der Abschlussworkshop bietet einigen Schulen die Möglichkeit, ihre THG-Bilanz sowie ihre Erfahrungen bei deren Erstellung zu präsentieren. Darüber hinaus werden eine Auswertung der Ergebnisse der verschiedenen Bilanzen der teilnehmenden Schulen und mögliche weitere Vorgehensweisen zur Weiterarbeit mit den Bilanzergebnissen präsentiert sowie ein Erfahrungsaustausch zwischen den Schulen und mit dem Projektteam angeregt.

Parallel zur Teilnahme an den Workshops oblag es den Schüler\*innen und betreuenden Lehrpersonen, mit ihrem erlernten Wissen eigenständig eine

Eingabe Stammdaten		Dateneingabe Hauptmodul		Stammdaten ausfüllen
<b>Kerndaten</b>	Name der Schule		Pkw	Fahrzeugkilometer
	Adresse		E-Pkw	Fahrzeugkilometer
	Bilanzjahr		Bahn	Personenkilometer
	Für die Bilanz zuständige Stelle		Fernbus	Personenkilometer
	Bilanzverantwortliche		Flugzeug	Personenkilometer
	Weitere Kontaktpersonen			
<b>Kennzahlen</b>	Anzahl der MitarbeiterInnen		Pkw	Personenkilometer
	Anzahl der Vollzeitäquivalente		E-Pkw	Personenkilometer
	Anzahl der SchülerInnen		Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer
	Netto-Nutzfläche der Gebäude		E-Fahrad	Personenkilometer
	Systemgrenzen		E-Moped	Personenkilometer
<b>Kommentare</b>	Mitteilbezogene Stellen zur Erstellung der Bilanz			
	Mobilitätshebung			
	Dienststrosenerhebung			
	Schritte zur Erstellung der Bilanz			
<b>Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen</b>	Maßnahme 1			
	Maßnahme 2			
	Maßnahme 3			
	Maßnahme 4			
	Maßnahme 5			
	Maßnahme 6			
	Maßnahme 7			
	Maßnahme 8			
	Maßnahme 9			
	Maßnahme 10			
	Maßnahme 11			
	Maßnahme 12			
<b>Mobilität</b>	Dienststrosen		OV - Bahn	Personenkilometer
			OV - Linienbus	Personenkilometer
			OV - U-Bahn	Personenkilometer
			OV - Straßenbahn	Personenkilometer
			OV - MIX inkl. U-Bahn	Personenkilometer
			OV - MIX exkl. U-Bahn	Personenkilometer
			Pkw	Personenkilometer
			E-Pkw	Personenkilometer
			Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer
			E-Fahrad	Personenkilometer
			E-Moped	Personenkilometer
		Pendeln (bedienstete)		OV - Bahn
			OV - Linienbus	Personenkilometer
			OV - U-Bahn	Personenkilometer
			OV - Straßenbahn	Personenkilometer
			OV - MIX inkl. U-Bahn	Personenkilometer
			OV - MIX exkl. U-Bahn	Personenkilometer
			Pkw	Personenkilometer
			E-Pkw	Personenkilometer
			Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer
			E-Fahrad	Personenkilometer
			E-Moped	Personenkilometer
	Pendeln (SchülerInnen)			OV - Bahn
			OV - Linienbus	Personenkilometer
		OV - U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - Straßenbahn	Personenkilometer	
		OV - MIX inkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - MIX exkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		Pkw	Personenkilometer	
		E-Pkw	Personenkilometer	
		Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer	
		E-Fahrad	Personenkilometer	
		E-Moped	Personenkilometer	
Schuleisem Bedienstete (Outgoing)			OV - Bahn	Personenkilometer
		OV - Linienbus	Personenkilometer	
		OV - U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - Straßenbahn	Personenkilometer	
		OV - MIX inkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - MIX exkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		Pkw	Personenkilometer	
		E-Pkw	Personenkilometer	
		Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer	
		E-Fahrad	Personenkilometer	
		E-Moped	Personenkilometer	
	Schuleisem SchülerInnen (Outgoing)		OV - Bahn	Personenkilometer
		OV - Linienbus	Personenkilometer	
		OV - U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - Straßenbahn	Personenkilometer	
		OV - MIX inkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		OV - MIX exkl. U-Bahn	Personenkilometer	
		Pkw	Personenkilometer	
		E-Pkw	Personenkilometer	
		Motorisiertes Zweirad	Personenkilometer	
		E-Fahrad	Personenkilometer	
		E-Moped	Personenkilometer	

Abb. 1: Auszug aus *ClimCalc* – Stammdaten & Mobilität (Quelle: eigene Darstellung)

THG-Bilanz ihrer Schule zu erstellen und erste Maßnahmen zur THG-Reduktion zu erarbeiten. Dafür müssen die für *ClimCalc* benötigten Verbrauchs- und Stammdaten erhoben werden. Während Daten zum Energieeinsatz meist problemlos direkt in *ClimCalc* übernommen werden können, sind für einige der zu ermittelnden Daten aus dem Bereich Materialeinsatz und Mobilität zusätzliche Rechenschritte erforderlich. Für Dienstreisen müssen z. B. die zurückgelegten Personenkilometer meist erst auf Basis der Zielorte und genutzten Verkehrsmittel errechnet werden (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017b).

Während der für die THG-Bilanz erforderlichen Datenerhebung wurden die Schulen von den Betreuungsteams der BOKU und der TU Graz sowohl bei online Betreuungsterminen/Fragestunden als auch durch E-Mails, Telefonate oder Moodle unterstützt. Für alle teilnehmenden Schulen der THG-Bilanzierung wurde ebenso eine umfassende Mobilitätshebung (federführend erarbeitet von der TU Graz) angeboten. Über die Projektlaufzeit hinweg wurden die Workshop-Unterlagen und die Mobilitätshebung, basierend auf von Schüler\*innen und Lehrpersonen eingebrachten Anregungen und Verbesserungsvorschlägen, sowie die bei der Durchführung gesammelten Erfahrungen des Projektteams kontinuierlich angepasst und verbessert. Beispielsweise wurde im zweiten Projektjahr ein ‚Kick-Off-Workshop‘ für Lehrer\*innen sowie ein umfangreicher Workshop zur Reduktionsmaßnahmen eingeführt.

Im dritten Projektjahr wurden Schritte gesetzt, um Schulen die THG-Bilanzierung auch nach Projekten zu ermöglichen. Um dies zu garantieren, wurden die Unterlagen und Workshops in einen Online-Kurs umgewandelt. Das dritte Jahr wurde demnach als Online-Kurs mit zusätzlichen live Meetings angesetzt, um dessen Durchführung mit den teilnehmenden Schulen direkt zu testen. Seit dem Schuljahr 2023/2024 steht der Online-Kurs zur THG-Bilanzierung an der TU Graz im Rahmen der TUit-Workshops zur Verfügung (vgl. TUit 2024). Er umfasst Videoaufzeichnungen von den in den Vorjahren entwickelten Workshops (inklusive Begleitunterlagen), Erklärvideos (z. B. zu *ClimCalc*) und weitere unterstützende Unterlagen. Ein live Start- und ein Abschlussworkshop sind zukünftig weiterhin von TUit geplant, um den Schulen zusätzlich zum Online-Angebot einen Rahmen rund um die THG-Bilanzierung zu bieten.

### 2.3 Mobilitätshebung

Der Großteil der Daten (z. B. zum Energie- und Materialbedarf, aber auch zu Dienstreisen von Lehrpersonen oder Schulreisen ins Ausland), die Schulen für

die Erstellung einer THG-Bilanz benötigen, sind vor Ort in der Schule verfügbar. Dies gilt im Allgemeinen nicht für das Mobilitätsverhalten bzw. Pendeln der Schüler\*innen und Bediensteten. Dessen Erhebung ist mit zusätzlichem Aufwand verbunden, da es dafür einer separaten Mobilitätshebung bedarf. Aufgrund des damit verbundenen relativ hohen Aufwands ist eine jährliche Durchführung jedoch nicht notwendig (vgl. Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt 2017b). Für die *mAc* THG-Bilanzierung wurde federführend von der TU Graz eine Mobilitätshebung für Schulen in Österreich entwickelt, welche kontinuierlich über die Projektlaufzeit hinweg sowohl methodisch als auch konzeptionell verbessert wurde. Die Regelmäßigkeit einer Durchführung dieser für die schuleigene THG-Bilanz obliegt den Schulen selbst.

Im Schuljahr 2020/21 wurde die Mobilitätshebung mit einem Onlinefragebogen durchgeführt und umfasste die Erfassung der Mobilitäts-/Pendelgewohnheiten der Schüler\*innen und Bediensteten (Lehrer\*innen, Schulwärt\*innen, Kantinenangestellte etc.). Abgefragt wurden:

- Anonyme personenbezogene Angaben (Geschlecht, Alter, Wohnort)
- Schulbezogene Angaben (Schüler\*in oder Bedienstete\*r, Schulstufe)
- Wegspezifische Angaben (Kilometer je Transportmittel an einem durchschnittlichen Tag)
- Sonstige Angaben (Verbesserungsvorschläge)

Die Umfrage wurde von der TU Graz teilautomatisiert mit R ausgewertet. Vorab wurden die eingereichten Fragebögen nach Vollständigkeit, realistischen Einzelweglängen (z. B. für Fuß max. 5 km, Fahrrad max. 25 km, etc.) und Gesamtweglängen ( $\leq 99$  km) geprüft. Wurden diese Kriterien nicht erfüllt, wurden die Antworten verworfen. Die R-basierte Auswertung erfolgte gegliedert nach Schulstufen und nach Gesamtweglängen je Transportmittel für Schüler\*innen und Bedienstete an einem durchschnittlichen Schultag. Diese Ergebnisse wurden mit 185 Schultagen (ergibt sich aus: 5 Schultage/Woche x 35 Wochen/Jahr) auf ein gesamtes Schuljahr hochgerechnet. Für Internatsschulen wurden sogenannte ‚Familienheimfahrten‘ mit unterschiedlichen Faktoren je nach Häufigkeit der Heimfahrten (wöchentlich, zweiwöchentlich, monatlich, zweimonatlich) miteinbezogen. Die durchschnittliche Netto-Rücklaufquote (ergibt sich aus: gültige Fragebögen/Grundgesamtheit) belief sich für die teilnehmenden Schulen 2020/21 auf rund 38% (vgl. Stallinger & Wiesinger 2021).

Im Schuljahr 2021/22 wurde die Mobilitätshebung aus 2020/21 geringfügig abgeändert. Beispielsweise wurde für jede Schule ein QR-Code mit

dem Logo der Schule erstellt, um eine einfachere Durchführung zu garantieren und somit die Rücklaufquote zu steigern. Des Weiteren wurde ein ausführlicher Bericht zur Auswertung der Erhebung erstellt. Die durchschnittliche Netto-Rücklaufquote 2021/22 belief sich auf 32 % (vgl. Stalling & Wiesinger 2022).

Um eine selbstständige Durchführung der Mobilitätshebung für Schulen nach Projektende zu garantieren, wurden ein Online-Fragebogen auf Google-Formulare, ein Excel-basiertes Auswertungstool sowie begleitende Leitfäden erstellt und mit den Schulen geteilt. Alle Unterlagen zur Mobilitätshebung sind bei den Autor\*innen auf Anfrage einsehbar und stehen österreichischen Schulen, genauso wie die Unterlagen zur Bilanzierung bei TUit, zur Verfügung.

### 3 Resultate und Diskussion

Abb. 2 zeigt die durchschnittlichen Emissionen der teilnehmenden Schulen in den jeweiligen Projektjahren. Um die Ergebnisse von Schulen verschiedener Größe zu vergleichen, werden die Ergebnisse auf die Anzahl der Schüler\*innen bezogen. Die Mobilität macht dabei mit 70, 64 bzw. 66% den größten Anteil an den Emissionen pro Schüler\*in aus. Energie hat mit 21, 26 bzw. 28% den zweitgrößten Anteil. Material folgt mit 7, 8 bzw. 5% und die Emissionen der Kantine machen nur einen geringen Anteil von 2 bzw. 1% aus. Der geringe Anteil der Emissionen von Schulkantinen ist auf unterschiedliche Gründe zurückzuführen. Einerseits war rund der Hälfte der Schulen aufgrund von fehlenden Daten und er-

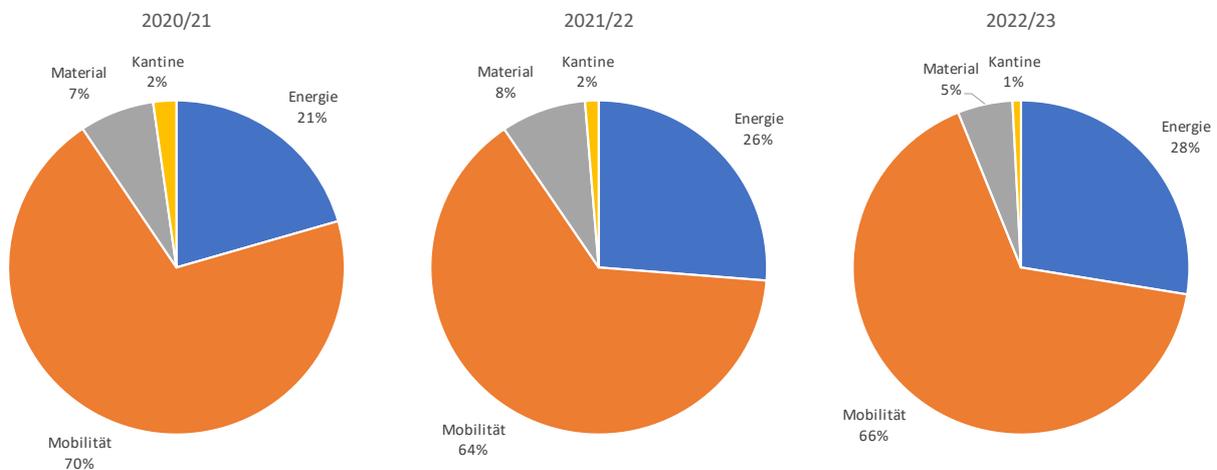


Abb. 2: Gesamtergebnisse, Durchschnitt über die Schulen jedes Projektjahres (Quelle: eigene Darstellung)

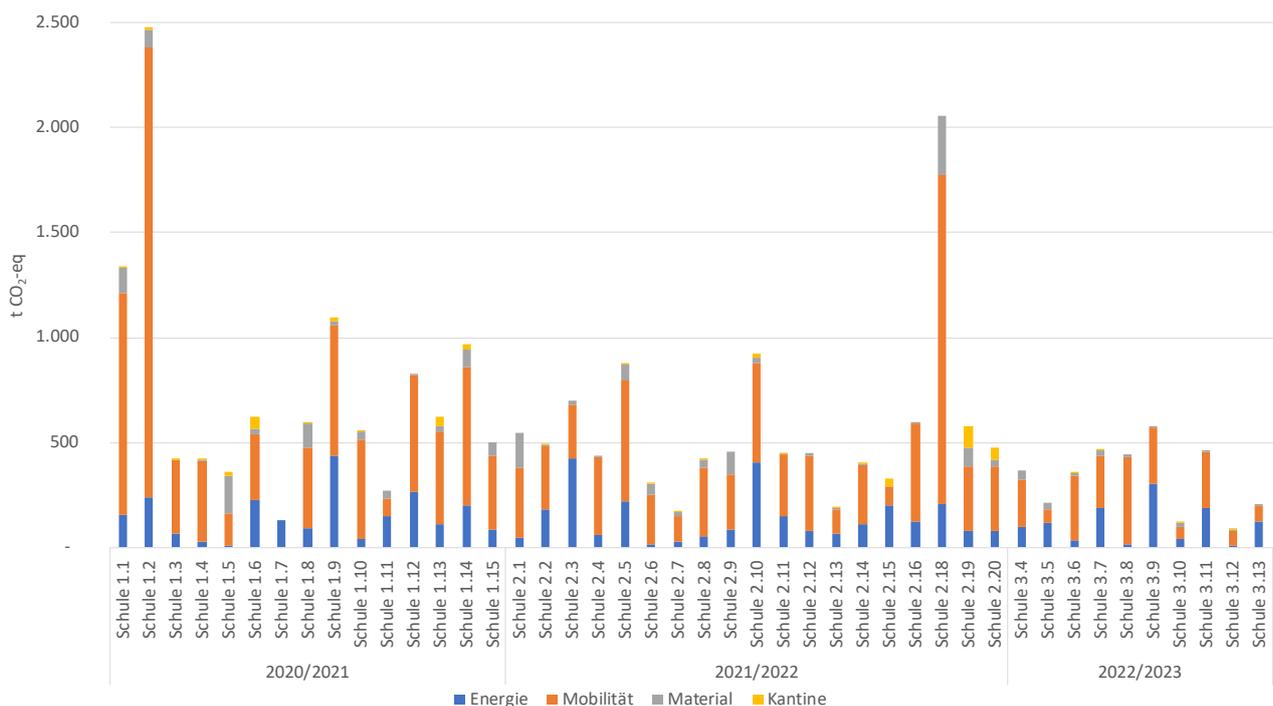


Abb. 3: Gesamtergebnisse pro Schule und Schuljahr (Quelle: eigene Darstellung)

schwerer Erreichbarkeit des Kantinenpersonals eine Miteinbeziehung der Kantine in die Bilanz nicht möglich. Andererseits waren viele Kantinen Teil des Schulgebäudes, wodurch eine abgesonderte Erhebung des Strom- und Wärmeverbrauchs nicht realisierbar war. Nur bei sechs Schulen gab es gesonderte Daten zu Strom, eine Schule hatte Daten zum Fernwärmeverbrauch ihrer Kantine und vier Schulen konnten Daten zu Kältemitteln in der Kantine erheben. Aufgrund dessen flossen für die Kantine großteils nur Lebensmittel in die Bilanz ein, welche durch ihre geringen Mengen nur wenig Auswirkung auf die Gesamtemissionen haben.

Abb. 3 zeigt die Gesamtergebnisse pro Schule und Schuljahr. Die Ergebnisse variieren stark und bewegen sich zwischen 85 und 2479 Tonnen CO<sub>2</sub>-eq pro Schule und Jahr.

Die Emissionen aus Energie zeigen eine höhere Varianz als die Energieverbräuche (siehe Abb. 4) der Schulen, da sich hier die Energiequellen stark auf die Emissionen auswirken. In Tab. 1 sind die bezogenen Energiequellen und Lagen der Schulen detailliert dargestellt. Daraus geht hervor, dass einige bereits nach Umweltzeichen 46 (UZ 46) (vgl. Österreichisches Umweltzeichen 2022) zertifizierten Strom aus erneuerbaren Quellen beziehen. Im Gegensatz zu konventionellem Strom, dessen Emissionsfaktor sich auf 219 g/kWh beläuft, hat UZ 46 zertifizierter Strom einen Emissionsfaktor von 14 g/kWh, was die Emissionen bei ähnlichem Verbrauch deutlich reduziert. Des Weiteren beziehen einige Schulen Strom aus Photovoltaik-Anlagen (Emissionsfaktor 40 g/kWh) und/oder heizen mit Fernwärme oder Biomasse, während andere (zusätzlich) auf Erdgas-Heizungen angewiesen sind. Die Emissionsfaktoren im Bereich Wärme belaufen sich auf 268 g/kWh (Erdgas), 13 g/kWh (Biomasse) und zwischen 8 bis 281 g/kWh (Fernwärme).

Noch stärker variieren die Emissionen durch Mobilität. Diese sind von der Lage der Schule bzw. deren Einzugsgebiet abhängig. Bei Schulen in ländlicher Umgebung sind die Anfahrtsstrecken oft weiter und die Angebote an öffentlichen Verkehrsmitteln geringer – dadurch fallen pro Person zum Teil deutlich mehr Emissionen an als in Städten oder in Großstädten. Bei einer Betrachtung der Gesamtemissionen pro Jahr spielt jedoch die Gesamtanzahl der Schüler\*innen und Bediensteten auch eine Rolle. Genauerer zur Mobilität wird in Abb. 5 erläutert. Material und Kantine spielen wie bereits erwähnt eine untergeordnete Rolle.

Bei Schulen, die wiederholt an der THG-Bilanzierung teilgenommen haben, lassen sich weitere

Schlüsse ziehen. Im ersten Projektjahr (2020/2021) bilanzierten die Schulen großteils das Jahr 2019 und in den folgenden Projektjahren 2020, 2021 und 2022.

Tab. 1: Bezogene Energiequellen und Lage der Schulen

	Strom		Wärme				Mobilität	
	UZ46	PV	Fernwärme	Bio-masse	Erd-gas	Heizöl	länd-lich	Groß-stadt
Schule 1.1			x				x	
Schule 1.2		x	x				x	
Schule 1.3	x				x			
Schule 1.4	x	x	x				x	
Schule 1.5			x					
Schule 1.6						x		
Schule 1.7			x					
Schule 1.8				x				
Schule 1.9					x			
Schule 1.10	x	x		x	x			
Schule 1.11			x					
Schule 1.12					x			x
Schule 1.13		x		x				
Schule 1.14			x					
Schule 1.15			x					
Schule 2.1			x					
Schule 2.2			x					x
Schule 2.3			x		x			x
Schule 2.4					x			
Schule 2.5			x					
Schule 2.6	x	x		x	x			
Schule 2.7	x	x	x				x	
Schule 2.8				x				
Schule 2.9			x					
Schule 2.10					x			
Schule 2.11	x		x					
Schule 2.12			x					
Schule 2.13	x				x			
Schule 2.14			x				x	
Schule 2.15						x		
Schule 2.16					x			
Schule 2.17			x					
Schule 2.18		x	x				x	
Schule 2.19		x		x				
Schule 2.20		x		x				
Schule 3.1			x					
Schule 3.2			x					
Schule 3.3			x					
Schule 3.4			x					x
Schule 3.5	x	x		x				x
Schule 3.6	x	x	x				x	
Schule 3.7			x					x
Schule 3.8				x				
Schule 3.9	x				x			
Schule 3.10		x		x				
Schule 3.11		x	x		x			
Schule 3.12	x			x				
Schule 3.13					x			



Abb. 4: Energieverbrauch: Strom- und Wärmeverbrauch pro m<sup>2</sup> Nettonutzfläche der teilnehmenden Schulen pro Projektjahr (Quelle: eigene Darstellung)

Erwartungsgemäß waren die Emissionen aus Energie und Mobilität im Bilanzjahr 2020 deutlich geringer, da weniger Präsenzunterricht stattfand und Aufwendungen, die Schüler\*innen und Bedienstete zuhause leisteten, aufgrund der durch *ClimCalc* definierten Systemgrenzen nicht Teil der Bilanzierung sind. 2021 und 2022 waren die Werte hingegen wieder ähnlich dem Niveau von 2019.

Der erhobene Energieverbrauch der Schulen ist in Abb. 4 dargestellt und zeigt den Strom- und Wärmebedarf in kWh/m<sup>2</sup> für die einzelnen Projektjahre. Vor

allem der Heizwärmebedarf zeigt große Schwankungen – die Unterschiede können sich aus dem Alter des Schulgebäudes bzw. bei älteren Gebäuden aus der Frage der Sanierung ergeben.

Abb. 5 gibt einen beispielhaften Einblick in die Ergebnisse der *mAc* Mobilitätshebungen. Aus den Ergebnissen 2021/22 gehen deutliche lokale Unterschiede bei der täglichen Verwendung der Verkehrsmittel hervor. In Wien wird hauptsächlich der öffentliche Personennahverkehr genutzt, vor allem Bahn, U-Bahn, Straßenbahn und Bus werden von

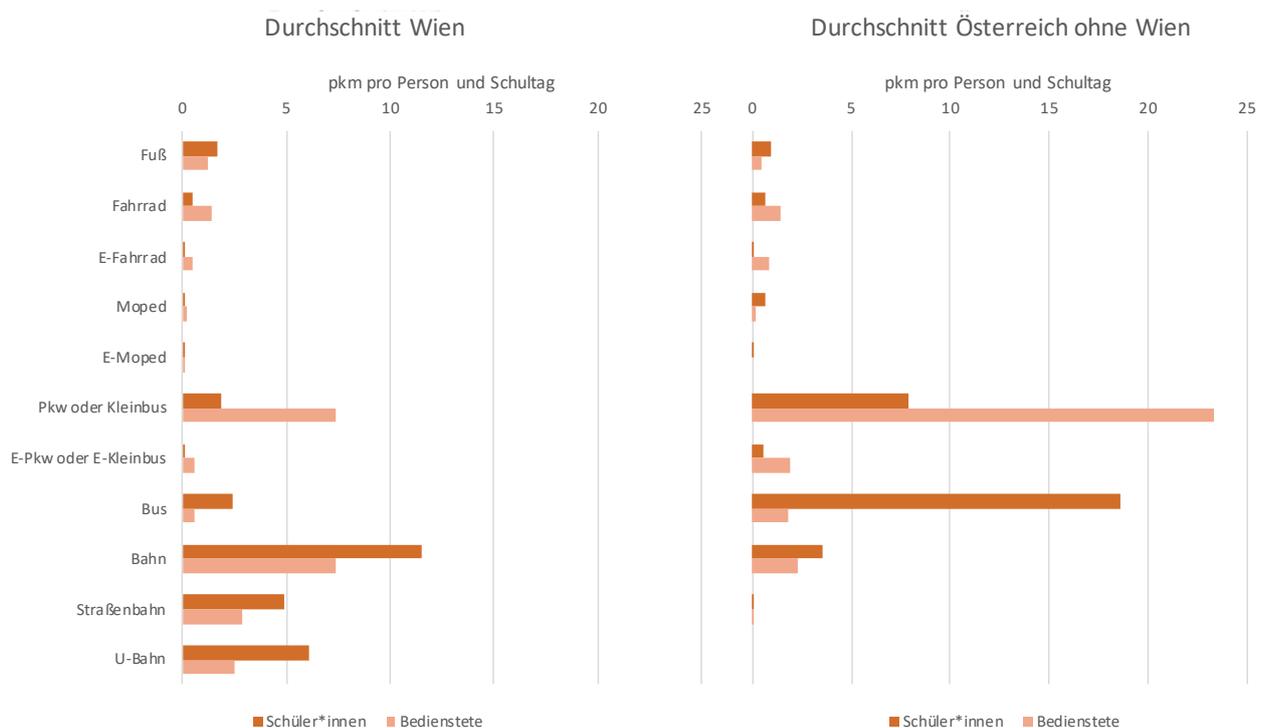


Abb. 5: Mobilitätsverhalten, Jahr 2 (beispielhaft): Durchschnitt Wien (2 Schulen), Durchschnitt Österreich ohne Wien (17 Schulen) (Quelle: eigene Darstellung)

den Schüler\*innen als Hauptverkehrsmittel für das Pendeln zur Schule und wieder nach Hause herangezogen. Bei den Bediensteten wird auch der PKW vordergründig genutzt. In den anderen Bundesländern werden hauptsächlich PKW, Bus und Bahn verwendet – Ersteres vor allem von den Bediensteten, während Bus und Bahn vermehrt von den Schüler\*innen genutzt werden.

Die geographischen Unterschiede in der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel lassen sich im unterschiedlichen Angebot dieser begründen. In Wien und in den Landeshauptstädten Graz, Linz, Salzburg, Innsbruck und Klagenfurt ist der Großteil der Bevölkerung gut oder sehr gut an den öffentlichen Verkehr angebunden. Der ländliche Raum ist in Österreich im Gegensatz dazu weniger gut mit öffentlichem Verkehr erschlossen. Rund jede dritte Person in peripheren Bezirken hat keinen Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz. Das betrifft circa die Hälfte der österreichischen Bevölkerung, welche für zwei Drittel ihrer Wege den PKW heranziehen (vgl. VCÖ 2023).

Die Unterschiede in der Nutzung des öffentlichen Verkehrs im Vergleich zum PKW zwischen Schüler\*innen und Bediensteten können darauf zurückgeführt werden, dass der Großteil der Schüler\*innen im Gegensatz zu den Bediensteten altersbedingt über keinen Führerschein verfügt. Erst ab 17 Jahren kann eine vorgezogene Lenkberechtigung für PKWs erlangt werden (vgl. Statistik Austria 2022). Darüber hinaus werden mehr Lenkberechtigungen ab 17 Jahren im ländlichen Raum erworben als im städtischen. 2021 lag der Anteil an erworbenen L17-Lenkberechtigungen in Wien bei 11%. Verglichen dazu erlangten im Burgenland, in Niederösterreich, Kärnten und der Steiermark jeweils über 40% im Jahr 2021 eine L17-Lenkberechtigung, was den relativ hohen Anteil an PKW-Mobilität von Schüler\*innen außerhalb von Wien begründen könnte (vgl. Statistik Austria 2022).

Zusammenfassend lassen sich Mobilität und Energie als die Hauptemissionstreiber in österreichischen Schulen unabhängig von deren Lage, Größe und Alter des Schulgebäudes identifizieren, während Material und Kantine nur einen kleinen Anteil der Gesamtemissionen ausmachen. Dadurch bieten sowohl Mobilität als auch Energie die größten Emissionsreduktionspotentiale für potentielle Maßnahmen an Schulen.

Besonders im Bereich Energie kann die Wirksamkeit von Maßnahmen wie einem Umstieg auf UZ 46 zertifizierten Strom oder einer Umstellung des Heizsystems auf Biomasse bzw. Fernwärme bereits anhand der dargestellten Ergebnisse festgestellt werden. Auch die Installation einer schuleigenen Photovoltaik-Anlage geht als wirksame Maßnahme aus den Resultaten hervor. Die Umsetzung dieser Maßnahmen bedarf je-

doch der Unterstützung von über einzelne Schulklassen und Lehrpersonen hinaus gehenden Instanzen wie beispielsweise Direktionen, den Schulträger\*innen oder der Bundesimmobiliengesellschaft und ist mit finanziellem und administrativem Aufwand verbunden.

Im Bereich Mobilität sind Maßnahmen sowohl auf individueller als auch auf struktureller Ebene möglich. Erstere appellieren an das individuelle Mobilitätsverhalten von Schüler\*innen und Bediensteten im Schulbereich, wie beispielsweise die Bewusstseinsbildung zu nachhaltigem Mobilitätsverhalten, welche zum Bilden von Fahrgemeinschaften oder zur Benützung des öffentlichen Verkehrs anstelle von motorisiertem Individualverkehr anregt. Diese Maßnahmen hängen stark von der Eigenmotivation von Einzelpersonen ab, da sie keine externen Anreize für eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens setzen. Dadurch sind sie oftmals nur begrenzt wirksam. Im Gegensatz dazu schafft ein Fokus auf strukturelle Rahmenbedingungen externe Anreize und fördert die Eigenmotivation, indem eine Änderung des Mobilitätsverhaltens erleichtert wird. Daher sind derartige Maßnahmen oft langfristig wirksamer. Auf Schulebene können beispielsweise überdachte Radabstellplätze eingerichtet werden. Auf regionaler Ebene kann im ländlichen Raum die Anbindung an den öffentlichen Verkehr durch einen Ausbau der Haltestellen und eine bedarfsgerechte Anpassung der Intervalle der Verkehrsmittel verbessert werden und somit zu einer erhöhten Nutzung beitragen.

Für die Umsetzung von strukturellen Maßnahmen beziehungsweise Maßnahmen, die mit hohem finanziellem oder organisatorischem Aufwand verbunden sind, sind politische Vorgaben von Vorteil, um eine Umsetzung zu garantieren. Dabei ist es besonders notwendig, alle betroffenen Akteure, insbesondere auf Ebene der schulerhaltenden Institutionen und der Schulgebäudeinhaber\*innen, miteinzubeziehen, da diese über Entscheidungsbefugnisse verfügen, die über den Verantwortungsbereich der schulinternen Organisation hinausgehen. Des Weiteren können politische Vorgaben hinsichtlich der Dekarbonisierung des Bildungssektors zur Erreichung der österreichischen Klimaziele beitragen und dabei gleichzeitig Schüler\*innen wertvolle Klimabildung bieten und sie zum eigenständigen Handeln gegen die Klimakrise anregen. Dadurch können sie zu Multiplikator\*innen des Wandels und ihre Schulen zu Best-Practice-Beispielen im Klimaschutz werden.

Daraus ergeben sich folgende Policy-Empfehlungen für die österreichische Bildungs- und Klimapolitik:

- Vermittlung der THG-Bilanzierung als Umweltmanagementinstrument in den Lehrplänen

- Verpflichtende Erstellung und regelmäßige Aktualisierung einer THG-Bilanz der Schule unter Einbindung von Schüler\*innen und Lehrpersonen
- Einführung eines Monitoring-Systems, um in regelmäßigen Abständen Absenkpfade und Ziele zu überprüfen (ggfs. Einrichtung von Klimaschutzmanager\*innen innerhalb der Schulorganisation, die die operative Umsetzung des Monitorings unterstützen)
- Inhaltliche und finanzielle Unterstützung von Schulen bei der Umsetzung von THG-Reduktionsmaßnahmen v.a. im Bereich Energie und Mobilität, z. B. durch Anreizsysteme und Förderungen
- Langfristige Verankerung des nötigen Wissens zur THG-Bilanzierung und THG-Reduktion durch schulinterne und -übergreifende Weitergabe zwischen Schüler\*innen und Lehrpersonen (Schaffung einer ‚community of practice‘)

Hinsichtlich der operativen Umsetzung der THG-Bilanzierung der Schule durch Lehrpersonen und ihre Schüler\*innen geht aus den Erfahrungen im Projekt hervor, dass dafür mindestens ein Semester eingeräumt werden sollte, um gegen mögliche Schwierigkeiten bei der Datenerhebung gewappnet zu sein. Besonders unvollständige Datenaufzeichnungen und die Unerreichbarkeit von Schlüsselpersonen innerhalb der Schulorganisation können zu Hindernissen bei der Erstellung der THG-Bilanz werden. Die Durchführung der Bilanzierung lässt sich nach Erfahrungen der teilnehmenden Schulen in thematisch passende unverbindliche Übungen, Klimaclubs und -teams, Wahlpflichtfächer (z. B. Naturwissenschaften) und reguläre Unterrichtsfächer (z. B. Projektmanagement) integrieren. Auch eine Durchführung im Rahmen von vorwissenschaftlichen Arbeiten bzw. Diplomarbeiten sowie eine klassen- und/oder schulstufenübergreifende Umsetzung ist möglich.

Abschließend ist die Nützlichkeit einer THG-Bilanzierung an Schulen in der Bereitstellung von Detailinformationen zu THG-Emissionen begründet, die dazu dienen, informierte Entscheidungen hinsichtlich THG-Reduktionsmaßnahmen treffen und deren exakte Wirksamkeit auf Basis von Daten überprüfen zu können. Durch die selbstständige Auseinandersetzung der Schüler\*innen mit der Thematik, z. B. durch die eigenständige Datenerhebung und Erstellung der Bilanz sowie die Erarbeitung von passenden Reduktionsmaßnahmen – beides unterstützt von den betreuenden Lehrpersonen – wird ein über reines Wissen über die Klimakrise hinausgehender Bildungsansatz verfolgt, der Handlungsmöglichkeiten für eine nachhaltige Zukunft aufzeigt. Mit der direkten Ein-

bindung der Schüler\*innen in den Klimaschutz an der eigenen Schule sowie der Interaktion mit den Expert\*innen der universitären Betreuungsteams wurde die Umsetzung von wirksamen Klimawandelbildungsansätzen aus der Literatur (vgl. Monroe et al. 2017) angestrebt.

#### 4 Fazit und Ausblick

Über drei Projektjahre leitete die THG-Bilanzierung im Projekt *makingAchange* österreichische Schulen zur eigenständigen Erstellung einer THG-Bilanz der Schule unter der Einbindung von Schüler\*innen und Lehrpersonen an. Dabei wurde ein Beitrag zur Verbesserung der Datenlage zu THG-Emissionen im Bildungsbereich in Österreich geleistet und dazu angeregt, das nötige Wissen und die nötigen Handlungsmöglichkeiten zur THG-Bilanzierung und THG-Reduktion in den schulischen Alltag zu verankern. Somit wurden Schüler\*innen und Lehrer\*innen dazu ermächtigt, zukünftig die Dekarbonisierung der Schule mitzugestalten.

Mobilität und Energie sind als Hauptemissionsquellen an österreichischen Schulen zu identifizieren. Die Umsetzung von Maßnahmen zur THG-Reduktion in diesen Bereichen wie ein Umstieg auf nach UZ 46 zertifizierten Strom aus erneuerbaren Energiequellen oder ein Umstieg auf (erneuerbare) Fernwärme bzw. die Schaffung struktureller Rahmenbedingungen für nachhaltige Mobilität stellen sich als wirksam für die Dekarbonisierung des Bildungssektors heraus. Deren Einbettung in österreichische Politik und die Mitinbeziehung aller betroffenen Akteure, insbesondere auf Ebene der schulerhaltenden Institutionen und der Schulgebäudeinhaber\*innen, ist von großer Wichtigkeit, um strukturelle Hindernisse zu überwinden.

Herausforderungen bei der Erstellung einer schulischen THG-Bilanz ergaben sich im Projekt durch eine erschwerte Erreichbarkeit von Schlüsselpersonen während der Pandemie sowie durch fehlende für die Bilanz notwendige Daten aufgrund von unvollständiger Dokumentation zu Prozessen im Schulbetrieb. Im Rahmen des Projekts wurden an Schulen mit solchen Herausforderungen die strukturellen Bedingungen geschaffen, um in Zukunft eine THG-Bilanzierung zu vereinfachen. Im Allgemeinen können Schüler\*innen und Lehrpersonen mit der Erhebung der für eine THG-Bilanz erforderlichen Daten, sofern diese im Schulbetrieb vorhanden sind, und anschließenden Erstellung einer vollständigen und auf Plausibilität geprüften THG-Bilanz betraut werden. Um ein vertretbares Verhältnis zwischen Aufwand und Ergebnisqualität einer schulischen THG-Bilanz zu erreichen, ist die Unterstützung von Direktor\*innen,

Schulwärt\*innen und Sekretariaten erforderlich. Des Weiteren soll Schüler\*innen und Lehrpersonen mindestens ein Semester für die Durchführung der Bilanzierung eingeräumt werden.

Als Vor- und Nachbereitung für die Erstellung einer schulischen THG-Bilanz durch Schüler\*innen und Lehrpersonen sind die in Kap. 2 beschriebenen Methoden ausreichend. Diese umfassen Workshops zur Vermittlung des nötigen Wissens, das Bilanzierungstool *ClimCalc*, die von der TU Graz federführend konzipierte Mobilitätshebung sowie eine für Rückfragen und Unterstützung zur Verfügung stehende Stelle.

Eine verpflichtende flächendeckende Umsetzung der THG-Bilanzierung in Anlehnung an *makingAchange* an allen Schulen in Österreich sowie ein entsprechendes Monitoring der THG-Bilanzen über die Zeit wird empfohlen, um darauf aufbauend effektiven Klimaschutz an österreichischen Schulen voranzutreiben.

### Förderhinweis

Das Projekt *makingAchange* wurde vom Climate Change Center Austria (CCCA) koordiniert und vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) gefördert. Die THG-Bilanzierung im Projekt wurde von der Technischen Universität Graz (TU Graz) und der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) betreut. Weitere am Gesamtprojekt beteiligte Institutionen waren die Universität Innsbruck, der Botanische Garten der Universität Wien und das International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA).

### Danksagung

Danke an Helga Kromp-Kolb für die Initiierung des Projekts *makingAchange*, das CCCA für die Koordination und an Dominik Schmitz (BOKU) – der leider viel zu früh von uns gegangen ist und den wir in liebevoller Erinnerung behalten – für die Initiierung der THG-Bilanzierung.

### Literatur

Allianz Nachhaltige Universitäten (2023): Toolkit: Excel-Tool ‚ClimCalc‘ für die THG-Bilanzierung. <https://nachhaltigeuniversitaeten.at/arbeitsgruppen/co2-neutrale-universitaeten/?elementor-preview=535&ver=1658231074#ClimCalc2.0> (13.12.2023)

APCC – Austrian Panel on Climate Change (2014): Zusammenfassung für Entscheidungstragende (ZfE). In: APCC (Hrsg.): Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien. S. 25–44.

Bundeskanzleramt Österreich (2020): Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020–2024. Bundeskanzleramt Österreich, Wien.

Colombo, S. L., S. G. Chiarella, C. Lefrançois, J. Fradin, A. Raffone & L. Simione (2023): Why Knowing about Climate Change Is Not Enough to Change: A Perspective Paper on the Factors Explaining the Environmental Knowledge-Action Gap. In: *Sustainability* 15(20). 14859. DOI: <https://doi.org/10.3390/su152014859>

Getzinger, G., D. Schmitz, S. Mohnke, D. Steinwender & T. Lindenthal (2019): Treibhausgasbilanz von Universitäten in Österreich: Methode und Ergebnisse der Bilanzierung und Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. In: *GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society* 28(4). S. 389–389. DOI: <https://doi.org/10.14512/gaia.28.4.13>

ibw – Institut für Bildungsforschung der Wirtschaft (2015): Schulgovernance – Eckpunkte für einen Paradigmenwechsel: Ableitung eines idealtypischen Modells für Österreich anhand internationaler Evidenz. ibw, Wien.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2023): Sections. In: IPCC (Ed.): *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate*. IPCC, Geneva. S. 35–115. DOI: <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>

Kirchengast, G., H. Kromp-Kolb, K. Steininger, S. Stagl, M. Kirchner, Ch. Ambach, J. Grohs, A. Gutsohn, J. Peisner & B. Strunk (2019): Referenzplan als Grundlage für einen wissenschaftlich fundierten und mit den Pariser Klimazielen in Einklang stehenden Nationalen Energie- und Klimaplan für Österreich (Ref-NEKP). Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien.

Klöpffer, W. & B. Grahl (2014): *Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice*. John Wiley & Sons, New Jersey.

makingAchange (2023): Was ist ‚makingAchange‘. <https://makingachange.ccca.ac.at/> (27.11.2023)

Monroe, M. C., R. R. Plate, A. Oxarart, A. Bowers & W. A. Chaves (2019): Identifying effective climate change education strategies: A systematic review of the research. In: *Environmental Education Research* 25(6). S. 791–812.

Oberrauch, A., L. Keller, M. Riede, S. Mark, A. Kuthe, A. Körfgen & J. Stötter (2015): „kidZ 21 – kompetent in die Zukunft“ – Grundlagen und Konzept einer Forschungs-Bildungs-Kooperation zur Bewältigung der Herausforderungen des Klimawandels im 21. Jahrhundert. In: *GW-Unterricht* 139(3). S. 19–31.

Österreichisches Umweltzeichen (2022): Richtlinie UZ 46 Grüner Strom: Version 6.0. <https://www.umweltzeichen.at/file/Richtlinie/UZ%2046/Long/UZ46%20R6.0a%20Richtlinie%20Gr%C3%BCner%20Strom%202022.pdf> (04.12.2023)

Stallinger, P. & A. Wiesinger (2021): Mobilität an Schulen: Auswertung der makingAchange-Mobilitätsbefragung.

- Stallinger, P. & A. Wiesinger (2022): makingAchange CO2-Bilanzierung: Auswertung der Mobilitätshebung an österreichischen Schulen.
- Statistik Austria (2022): Führerscheine und Lenkberechtigungen Jahresergebnisse 2021. [https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB\\_4-4\\_Lenkerberechtigungen-2021.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/publications/SB_4-4_Lenkerberechtigungen-2021.pdf) (04.12.2023)
- Statistik Austria (2023): Bildung in Zahlen 2021/22 Tabellenband. [https://www.statistik.at/fileadmin/user\\_upload/BiZ-2021-22\\_Tabellenband.pdf](https://www.statistik.at/fileadmin/user_upload/BiZ-2021-22_Tabellenband.pdf) (06.03.2024)
- Stevenson, R. B., J. Nicholls & H. Whitehouse (2017): What is climate change education? In: Curriculum Perspectives 37. S. 67–71.
- Sustainable Development Commission (2008): Carbon Emissions from schools: Where they arise and how to reduce them. <https://research-repository.st-andrews.ac.uk/bitstream/handle/10023/2383/sdc-2008-school-carbon.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (27.11.2023)
- TUit (2024): TUIT CO2-Bilanzierung. <https://super-science-team.tugraz.at/kurse/tuit-co2-bilanzierung/> (05.03.2024)
- Umweltbundesamt (2023): Nahzeitprognose der österreichischen Treibhausgas-Emissionen für das Jahr 2022 (NowCast 2023). <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0869.pdf> (22.11.2023)
- UN – United Nations (2023): The Sustainable Development Goals Report 2023: Special Edition – July 2023. UN, New York. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/> (22.11.2023)
- Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt (2017a): Factsheet 1: Systemgrenzen <https://nachhaltigeuniversitaeten.at/wp-content/uploads/2017/05/Factsheet-Systemgrenzen.pdf> (05.03.2024)
- Universität für Bodenkultur Wien, Alpe-Adria-Universität Klagenfurt & Umweltbundesamt (2017b): Benutzerhandbuch – Open Source Tool zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen an Bildungseinrichtungen. [https://nachhaltigeuniversitaeten.at/wp-content/uploads/2017/05/Climcalc\\_edu\\_v1\\_0\\_Benutzerhandbuch.pdf](https://nachhaltigeuniversitaeten.at/wp-content/uploads/2017/05/Climcalc_edu_v1_0_Benutzerhandbuch.pdf) (20.11.2023)
- VCÖ (2023): Bessere Mobilität für die Regionen. VCÖ, Wien.
- Vogel, I. (2018): Umwelt und Nachhaltigkeit: Labels und Netzwerke für Schulen – Eine Übersicht. <https://www.haup.ac.at/wp-content/uploads/2019/11/Schulen-NH-Zert-20190102-bq.pdf> (06.03.2024)
- WRI – World Resources Institute & WBCSD – World Business Council for Sustainable Development (2004): The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard – Revised Edition. WRI & WBCSD, Washington.

