



**DAS DÜRER WIRD KLIMANEUTRAL:  
Ermittlung des ökologischen Fußabdrucks unserer Schule**

Kursleiter: StR Stefan Brügl

TeilnehmerInnen: 13

Veröffentlichungsdatum der Arbeit: 31.01.2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort</b> .....	3
<b>2. Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen</b> .....	4
<b>2.1. Ausstattung der Schule und Schulfamilie</b> .....	5
<b>2.2. Verpflegung</b> .....	14
<b>2.3. Müll</b> .....	17
<b>2.4. Schulweg</b> .....	21
<b>2.5. Strom und Wärme</b> .....	28
<b>3. Gesamtergebnis</b> .....	32
<b>4. Fazit</b> .....	36
<b>5. Quellen</b> .....	37

## 1. Vorwort

Im Jahr 1990 betrug der globale Kohlenstoffdioxidausstoß etwa 23 Milliarden Tonnen.<sup>[1]</sup>

Trotz der wissenschaftlich nahezu einheitlichen Meinung, dass CO<sub>2</sub> primärer Treiber des Klimawandels ist, war auch im Jahr 2019 ein weltweiter CO<sub>2</sub>-Ausstoß von mehr als 36 Milliarden Tonnen<sup>[1]</sup> zu vermerken, was einem Anstieg von ca. 57% innerhalb von nicht einmal 30 Jahren entspricht. Durch die Zunahme des CO<sub>2</sub>-Anteils in der Atmosphäre wird der Treibhauseffekt verstärkt und infolgedessen unser Planet immer weiter erwärmt. Bis 2030 könnte der Klimawandel laut mehreren Klimaprognosen sogar irreversibel werden.<sup>[1]</sup> Der Einfluss der westlichen Länder auf den globalen CO<sub>2</sub>-Ausstoß ist deutlich zu erkennen. Deutschland stellt dabei von allen europäischen Ländern den größten Posten. Nach Angaben des Umweltbundesamts stieß im beobachteten Zeitraum 2019 jeder Deutsche im Schnitt 9,7 Tonnen CO<sub>2</sub> jährlich aus.<sup>[3]</sup> Um eine Klimakatastrophe zu verhindern, müssten die Emissionen pro Person auf weniger als 1 Tonne CO<sub>2</sub> pro Jahr gesenkt werden.<sup>[4]</sup>

Diese grundlegende Problematik beschäftigte auch das Projekt-Seminar „Die Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Abdrucks unserer Schule“ des Dürer-Gymnasiums, dem eine umweltbewusste und nachhaltige Zukunft wichtig ist. Die Schule in seiner unterstützenden Rolle bei der Erziehung junger Erwachsener, sollte daher auch seinen Teil zum Klimaschutz beitragen. Um jedoch aktiv handeln zu können, muss zunächst ermittelt werden, an welchen Stellen des Schullebens welcher CO<sub>2</sub>-Ausstoß verursacht wird, um dann in einem zweiten Schritt Vorschläge zu erarbeiten, wo und wie CO<sub>2</sub> eingespart werden kann. Folglich machte sich dieses Seminar die Berechnung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Dürer-Gymnasiums zur Aufgabe.

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen des Projekt-Seminars „Das Dürer wird klimaneutral“ zur Präsentation der Ergebnisse von allen TeilnehmerInnen des Kurses zusammengestellt. Die Resultate kamen durch Recherche, Umfragen und Kommunikation mit den zuständigen Personen und Firmen sowie der Schulfamilie des Dürer-Gymnasiums zustande, die gesamt ca. 1000 SchülerInnen und 100 LehrerInnen sowie Personal umfasst.

## 2. Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Um den CO<sub>2</sub>-Ausstoß unserer Schule möglichst genau zu ermitteln, bot es sich an, Expertengruppen zu bilden, die sich vertieft mit einzelnen Teilbereichen des Schullebens beschäftigten, um deren jeweiligen Anteil am Gesamtverbrauch zu bestimmen. Somit konnte zum einen Fachwissen gezielt genutzt werden, um die Genauigkeit der Auswertung zu erhöhen, zum anderen war ein gleichbleibender Kontakt zu externen Stellen sichergestellt, deren Hilfe in einzelnen Teilbereichen unabdingbar war, um ein akkurates Ergebnis zu erhalten.

Die einzelnen Expertengruppen befassten sich mit folgenden Fachgebieten:

- Ausstattung der Schule und der Schulfamilie
- Verpflegung
- Abfälle
- Schulweg
- Grundversorgung: Strom und Heizung

Die Ergebnisse werden im Folgenden einzeln präsentiert.

## 2.1 Ausstattung der Schule und der Schulfamilie

Im gewöhnlichen Schulalltag ist ein gewisser Materialverbrauch und die Nutzung an Arbeitsmaterial unausweichlich. Auch wenn ein Blatt Papier oder der Betrieb eines iPads auf den ersten Blick keinen großen Einfluss auf den gesamten CO<sub>2</sub>-Fußabdruck hat, darf eine ausführliche Betrachtung der Emissionen aufgrund der großen Anzahl der Nutzer nicht fehlen. Bei der Auswertung wird unterschieden zwischen dem Verbrauch, den die Schule als Lehrinstitution selbst verursacht und demjenigen Anteil, den die SchülerInnen und LehrerInnen selbst stellen.

### 2.1.1. Material Schule

#### a) Druckerpapier

Druckerpapier ist ein Medium, welches in der Schule fast dauerhaft benutzt wird. Zum einen müssen Arbeitsblätter und sämtliche Klausuren, Schulaufgaben, Leistungsnachweise und sonstige Tests ausgedruckt und kopiert werden, zusätzlich sind die Lösungen dieser von den SchülerInnen ebenfalls auf Papier anzufertigen. Somit war klar, dass der CO<sub>2</sub>-Wert, welcher bei der Produktion dieser Papierbögen entsteht, bestimmt werden muss.

Die Schule bestellt pro Jahr 40.000 Blätter im DIN-A3-Format, und 120.000 DIN-A4- Blätter. Diese werden innerhalb eines Jahres fast komplett verbraucht, weshalb jedes Jahr annähernd dieselbe Menge bestellt wird. Da während des Unterrichts zu Hause aufgrund der Coronaschulschließung kaum Druckerpapier benutzt wurde, wurde diese Sondersituation in der Auswertung nicht berücksichtigt, da der ermittelte, jährliche CO<sub>2</sub>-Fußabdruck den „normalen“ Schulalltag der Schule repräsentieren soll. Die Anzahl der Bögen wurde durch Kommunikation mit dem Sekretariat und dem stellvertretenden Schulleiter recherchiert.

Über die Internetquellen Papiernetz <sup>[5]</sup> und Ecopaper <sup>[6]</sup> konnte der verursachte CO<sub>2</sub> - Ausstoß eines einzelnen DIN-A4 - beziehungsweise DIN-A3- Blattes ermittelt werden, um diesen daraufhin auf den Schulverbrauch hochzurechnen.

Der Ausstoßwert pro 10.000 Bögen beläuft sich demnach bei DIN-A3 auf 439,88 *kg*, bei DIN-A4 auf 219,95 *kg*. Somit ergibt sich eine CO<sub>2</sub>-Belastung unseres Planeten durch unsere Schule von:

$$(439,88 \text{ kg} \cdot 4) + (219,95 \text{ kg} \cdot 12) \approx 4,4 \text{ t} \frac{\text{CO}_2}{\text{Jahr}}$$

## b) Technische Ausstattung

Da die Digitalisierung immer mehr Einzug in bayerische Schulen findet, stellt die technische Ausstattung der Schule den sicherlich größten Anteil dieser Kategorie. So mussten zum einen die digitalen Tafeln der Firma Smarttech in jedem unserer 53 Klassenzimmer, zum anderen die PCs und iPads, mit denen das Dürer zudem ausgestattet ist, betrachtet werden.



Abb.: Digitale Tafel



Abb.: Desktop-PC im Klassenzimmer

Die unteren Angaben spiegeln alle nur den CO<sub>2</sub>-Verbrauch bei der Herstellung der Geräte wider, der Nutzungsverbrauch an Strom wird dann im Kapitel 3.5. mit eingerechnet. Aufgrund von unzureichender Kooperation der Firma, welche die Whiteboards herstellt, die in der Schule verwendet werden, konnte hier keine genauere Auswertung vorgenommen werden, weshalb der CO<sub>2</sub>-Wert, der durch die Herstellung der Tafeln anfiel, nicht mit in die Auswertung integriert werden konnte.

Am Dürer sind derzeit 257 iPads der Firma Apple sowie 120 Computer mehrerer Firmen, wie Bluechip oder Epson im Gebrauch. Der Bereitstellung eines iPads verursacht pro Gerät

einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 74,5 kg <sup>[7]</sup>, wobei davon 93% auf die Herstellung des Geräts und ca. 7% für die Transporte der einzelnen Bauteile bis zur endgültigen Fertigstellung fallen. Da PCs meist aus einzelnen Bauteilen zusammengebaut werden, fällt hier die CO<sub>2</sub>-Emission pro Gerät auch deutlich höher aus. Für die Auswertung wurde der durchschnittliche Kohlenstoffdioxidausstoß bei der Produktion eines bauähnlichen Computers veranschlagt: 339 kg. Dieser Wert setzt sich zusammen aus 302 kg Emission für die Herstellung der einzelnen Bauteile, 34 kg CO<sub>2</sub>-Ausstoß fallen während des Transports, sowie 3 kg für die Montage der einzelnen Bauteile an. Zu beachten ist, dass die Geräte eine gewisse Nutzungsdauer haben, und deshalb dieser Wert über den gesamten Nutzungszeitraum aufgeteilt werden muss. Für ein iPad im schulischen Inventar beträgt dieser etwa 4 Jahre, für einen Desktop-PC hingegen 5 Jahre.

Hochgerechnet auf die Anzahl der am Dürer-Gymnasium benutzten Geräte ergibt sich ein Verbrauch von:

iPads:	$257 \cdot 74,5 \text{ kg} \approx 19,1 \text{ t}$	$\rightarrow 19,1 \text{ t} : 4 = 4,8 \text{ t} \frac{\text{CO}_2}{\text{Nutzungsjahr}}$
PCs:	$120 \cdot 339 \text{ kg} \approx 40,7 \text{ t}$	$\rightarrow 40,7 \text{ t} : 5 = 8,1 \text{ t} \frac{\text{CO}_2}{\text{Nutzungsjahr}}$
$\rightarrow$ Gesamt:	$4,8 \text{ t} + 8,1 \text{ t} = 12,9 \text{ t} \frac{\text{CO}_2}{\text{Nutzungsjahr}}$	

### c) Toilettenpapier

Im Schulhaus werden sogenannte Jumbo-Klopapierrollen in den Toiletten verwendet. Um den CO<sub>2</sub>-Verbrauchswert bei deren Herstellung berechnen zu können, muss zunächst bestimmt werden, ob diese aus recyceltem oder herkömmlichem Papier bestehen und wie viele Rollen pro Schuljahr verbraucht werden.

Das Material des Papiers ist nicht unerheblich, da deren Anteil an CO<sub>2</sub>-Emissionen sich im Schnitt um ca. 50% unterscheiden, was folgende Gegenüberstellung der einzelnen CO<sub>2</sub>-Emissionen für eine einzelne Toilettenpapierrolle zeigt:

- Reguläres Papier: 4,922 kg CO<sub>2</sub>
- Recyceltes Papier: 3,008 kg CO<sub>2</sub>

Laut Auskunft des Hausmeisters der Schule werden pro Schuljahr im Durchschnitt 500 recycelte Jumbo-Klopapierrollen bestellt und verbraucht. Eine Jumbo-Rolle hat eine Länge von 350 m. Die CO<sub>2</sub>-Emission eines Blattes einer regulären, recycelten Toilettenpapierrolle (12,8 cm) beträgt 1,1g CO<sub>2</sub>.<sup>[8]</sup>

Demnach befinden sich auf einer in der Schule benutzten Rolle

$$35000 \text{ cm} : 12,8 \text{ cm} \approx 2734$$

Blätter Papier.

Der Gesamtverbrauch aller in einem Schuljahr verbrauchten Jumborollen ist demnach:

$$500 \cdot 2734 \cdot 1,1 \text{ g CO}_2 \approx 1,5 \text{ t } \frac{\text{CO}_2}{\text{Jahr}}$$



## 2.1.2 Material Schulfamilie

### a) Umfrage

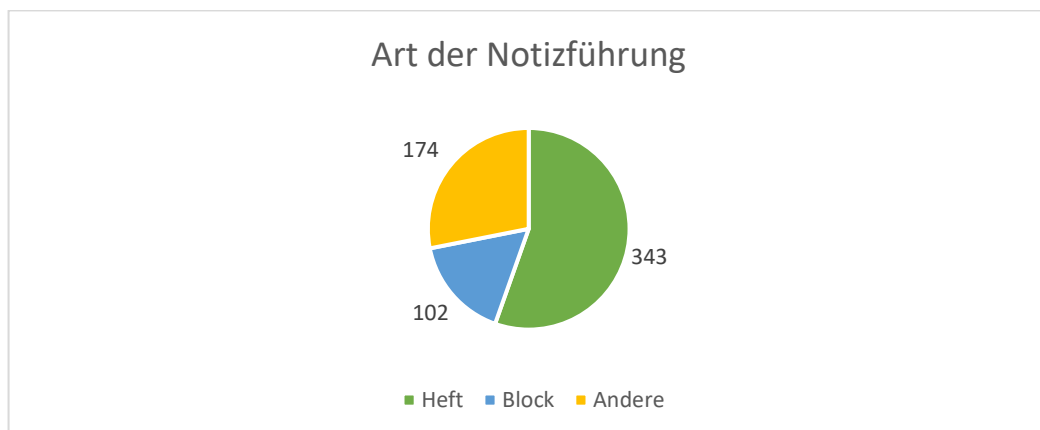
Zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die SchülerInnen und LehrerInnen durch ihre Materialien, die sie im Unterricht bzw. der Schule verwenden, verursachen, war es zunächst wichtig die Anzahl der jeweils verwendeten Materialien zu ermitteln. Dazu wurde eine digitale Umfrage erstellt, in der unter anderem abgefragt wurde,

- welche Rolle die befragten Personen innehaben,
- welcher Klassenstufe sie angehören
- sowie die Materialien, die sie im Unterricht verwenden.

Insgesamt nahmen 39 LehrerInnen und 579 SchülerInnen an der Umfrage teil. Dies entspricht einem Anteil von ca. 38% bei den Lehrkräften und ca. 60% bei den Lernenden.

### b) Auswertung der Daten

Die Auswertung der Daten ergab, dass über die Hälfte der SchülerInnen Hefte für ihre Unterrichtsaufzeichnungen verwenden. 16% benutzen zusätzlich oder ausschließlich (bei Verwendung eines einzigen Ordners) Blöcke. Der Rest nutzt digitale oder sonstige Möglichkeiten.



Da nicht alle 959 SchülerInnen und 104 LehrerInnen an der Umfrage teilgenommen haben, wird aus den Ergebnissen der Umfrage eine prozentuale Verteilung der benutzten Materialien errechnet, mit welcher dann der gesamte CO<sub>2</sub>-Ausstoß der kompletten SchülerInnen- und

LehrerInnenschaft des Dürer-Gymnasiums ermittelt werden kann. Dies wird in folgende Auswertung bereits mit eingerechnet.

Die Umfrage ergab, ...

- ..., dass 343 der an Umfrage teilnehmenden Personen im Unterricht Hefte verwenden (Anteil 55,4%). Hochgerechnet auf die komplette SchülerInnenzahl von 959 ergibt sich, dass  $959 \cdot 0,554 \approx 531$  SchülerInnen ein Heft für ihre Unterrichtsaufzeichnungen verwenden. Bei einem durchschnittlichen Verbrauch von 15 DIN-A4-Hefen pro Schüler pro Jahr, ergibt sich ein Gesamtbedarf an  $531 \cdot 15 = 7965$  Hefen.

Ein Heft mit 32 Blatt Recyclingpapier erzeugt durch seine Produktion  $0,14 \text{ kg CO}_2$ -Ausstoß, ein Heft mit 32 Blatt Frischfaserpapier  $0,16 \text{ kg CO}_2$  <sup>[5]</sup>. Insgesamt ergibt sich ein Wert von  $1\,123 \text{ kg CO}_2$  für Hefte aus Recyclingpapier und  $1\,346 \text{ kg CO}_2$  für Hefte aus Frischfaserpapier.

<u>CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Schulheften:</u>	<u>Recyclingpapier:</u>	<u>Frischfaserpapier:</u>
1 Heft	$0,141 \text{ kg}$	$0,169 \text{ kg}$
15 Hefte (1 Schüler pro Jahr)	$2,122 \text{ kg}$	$2,539 \text{ kg}$
7965 Hefte	$1\,123 \text{ kg}$	$1\,346 \text{ kg}$

- ..., dass 102 der 619 Teilnehmer (Anteil 16,5%) einen Ordner mit Blockblättern im Unterricht verwenden. Für die gesamte Schule ergibt sich eine absolute Anzahl von  $959 \cdot 0,165 \approx 158$  SchülerInnen. Für den Gesamtverbrauch werden pro Schüler jeweils vier DIN-A4-Collegeblöcke mit je 120 Blatt angesetzt. Ein Collegeblock aus Recyclingpapier erzeugt bei seiner Produktion in etwa  $0,53 \text{ kg CO}_2$ , ein Collegeblock aus Frischfaser  $0,64 \text{ kg CO}_2$ . <sup>[5]</sup> Bei vier Blöcken pro Schüler ergibt sich eine Gesamtanzahl von  $158 \cdot 4 = 632$  Collegeblöcken und somit einen ausgestoßenen Wert von  $335 \text{ kg CO}_2$  für Collegeblöcke aus Recyclingpapier und  $401 \text{ kg CO}_2$  für Collegeblöcke aus Frischfaserpapier.

<u>CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Schulblöcken:</u>	<u>Recyclingpapier:</u>	<u>Frischfaserpapier:</u>
1 Block	0,530 kg	0,635 kg
4 Blöcke	2,122 kg	2,539 kg
632 Blöcke	335 kg	401 kg

- ..., dass 174 der 619 Personen elektronische Speichermedien verwenden. Es ist davon auszugehen, dass jeder der 36 an der Umfrage teilgenommenen LehrerInnen digital arbeitet, weshalb nur  $174 - 36 = 138$  der Antworten auf SchülerInnen zurückzuführen ist. Dies entspricht einem Anteil von 14,3% an der gesamten Schülerschaft. Demnach ergibt sich, dass an der gesamten Schule ca.  $959 \cdot 0,143 \approx 137$  SchülerInnen digital arbeiten. Bei den restlichen 74 der insgesamt 110 an der Schule tätigen LehrerInnen wird von einer rein digitalen Ausstattung ausgegangen. Es ergibt sich eine Gesamtanzahl von  $137 + 110 = 247$  digitalen Nutzern.

Für die Auswertung werden iPads der achten Generation als Berechnungsgrundlage verwendet. Ein iPad mit 32 GB Speicherplatz erzeugt bei seiner Herstellung 70 kg CO<sub>2</sub>, eines mit 64 GB Speicherplatz 78 kg CO<sub>2</sub>.<sup>[7]</sup> Da die einzelne Ausstattung der Geräte individuell ist, wird in der Auswertung ein Mittelwert von 74 kg angesetzt.

Da digitale Geräte im Gegensatz zu Heften und Ordnern über mehrere Jahre hinweg genutzt werden können, ist es sinnvoll, den durch die Produktion bedingten Ausstoß über die Nutzungsdauer des Geräts aufzuteilen. In der Auswertung wird von einer voraussichtlichen Nutzungsdauer von maximal 6 Jahren ausgegangen.

<u>CO<sub>2</sub>-Ausstoß bei der Produktion eines iPads:</u>	<u>Pro Jahr (Nutzung 6 Jahre):</u>
1 iPad	12,3 kg
247 iPads	3 059 kg

Da die Nutzung von recyceltem und regulärem Papier bei der Benutzung von Heften und Blöcken sowie die Ausstattung und Nutzungsdauer der einzelnen digitalen Geräte naturgemäß stark fluktuiert, wird für die Zwischenauswertung des Bereichs „Material Schulfamilie“ der komplette Einsatz von Frischfaserpapier <sup>[5]</sup> und eine Nutzungsdauer von sechs Jahren für die digitalen Geräte angesetzt.

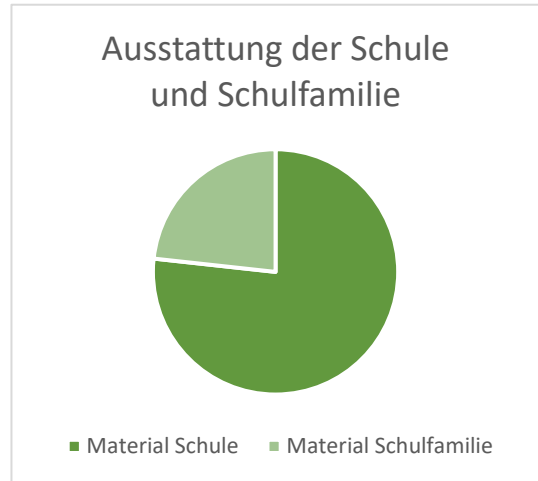
**Zusammenfassung CO<sub>2</sub>-Ausstoß durch Materialien:**

CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch Hefte (7965 Hefte):	1 346 <i>kg</i>
CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch Blöcke (632 Blöcke):	401 <i>kg</i>
CO <sub>2</sub> -Ausstoß durch iPads (247 iPads):	3 059 <i>kg</i>
<b>CO<sub>2</sub>-Ausstoß insgesamt:</b>	<b>4806 <i>kg</i> ≈ 4,8 t</b>

### 2.1.3 Zusammenfassung „Ausstattung der Schule und Schulfamilie“

Zusammengefasst ergibt sich für den CO<sub>2</sub>-Verbrauch, der durch die Materialien, die unsere Schule und die Schulfamilie benötigt, ein Verbrauch von ca. 24 Tonnen.

<b>Ausstattung der Schule und Schulfamilie</b>	
<b>Material Schule</b>	<b>18,8 t CO<sub>2</sub></b>
Druckerpapier	4,4 t CO <sub>2</sub>
Technische Ausstattung	12,9 t CO <sub>2</sub>
Toilettenpapier	1,5 t CO <sub>2</sub>
<b>Material Schulfamilie</b>	<b>4,8 t CO<sub>2</sub></b>
Hefte	1,4 t CO <sub>2</sub>
Blöcke	0,4 t CO <sub>2</sub>
Technische Geräte	3,0 t CO <sub>2</sub>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>23,6 t CO<sub>2</sub></b>



## 2.2 Verpflegung

Die Gruppe Verpflegung setzte sich mit demjenigen CO<sub>2</sub>-Ausstoß auseinander, der zum einen durch die Produktion des Essens für die Mensa sowie dessen Transport zur Schule und zum anderen durch den Pausenverkauf verursacht wird.



Abb.: Pausenverkauf



Abb.: Essensbereich Mensa

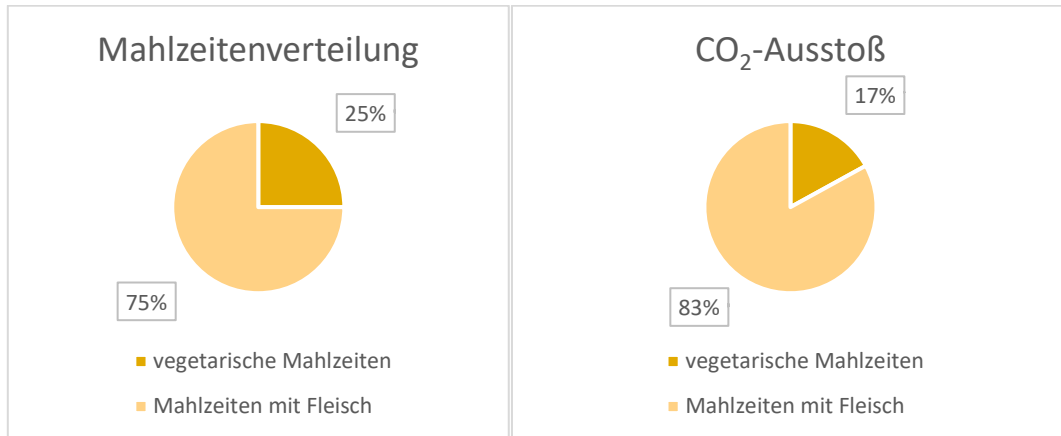
### 2.2.1 Mensa

In unserer Mensa wird täglich neben einem Fleisch- bzw. Fischgericht ein vegetarisches Gericht angeboten. Neben diesen Hauptgerichten gibt es, insbesondere für die jüngeren SchülerInnen, zusätzlich kleine Gerichte wie z.B. Pizzastücke.

Dieses Essen wird nicht vor Ort zubereitet, sondern von den Pegnitz Werkstätten der Lebenshilfe für Behinderte gGmbH produziert und anschließend durch das Cateringunternehmen Catering Toleranz GmbH an unsere Schule ausgeliefert. <sup>[8]</sup>

Als Ansprechpartner bei den Pegnitz Werkstätten diente Herr Rainer Freund. Dieser teilte uns nach einem Anruf per E-Mail mit, dass dem Dürer-Gymnasium im Jahr 2019 22.462 Essensportionen geliefert wurden. Eine Unterscheidung in vegetarische und fleischhaltige Gerichte findet in den Aufzeichnungen leider nicht statt. Da vegetarisches Essen einen deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Belastung unseres Planeten verursacht, war dessen Anteil für die Auswertung jedoch nicht unerheblich.

Die Leiterin der Mensa, Frau Malterer, schätzt, dass ein Viertel der ausgegebenen Gerichte vegetarisch ist. Auch wenn dies nur einen Schätzwert darstellt, ist der Fehlerbereich vermutlich sehr gering, da die befragte Person jahrelange Erfahrung in der Mensa besitzt.



Im Folgenden wird von ca. 17.000 Portionen fleischhaltiger Gerichte und ca. 5500 vegetarischen Portionen ausgegangen. Dieses Essen ist laut dem CO<sub>2</sub>-Schulrechner von Greenpeace für einen jährlichen Ausstoß von 21,500 t CO<sub>2</sub> verantwortlich.

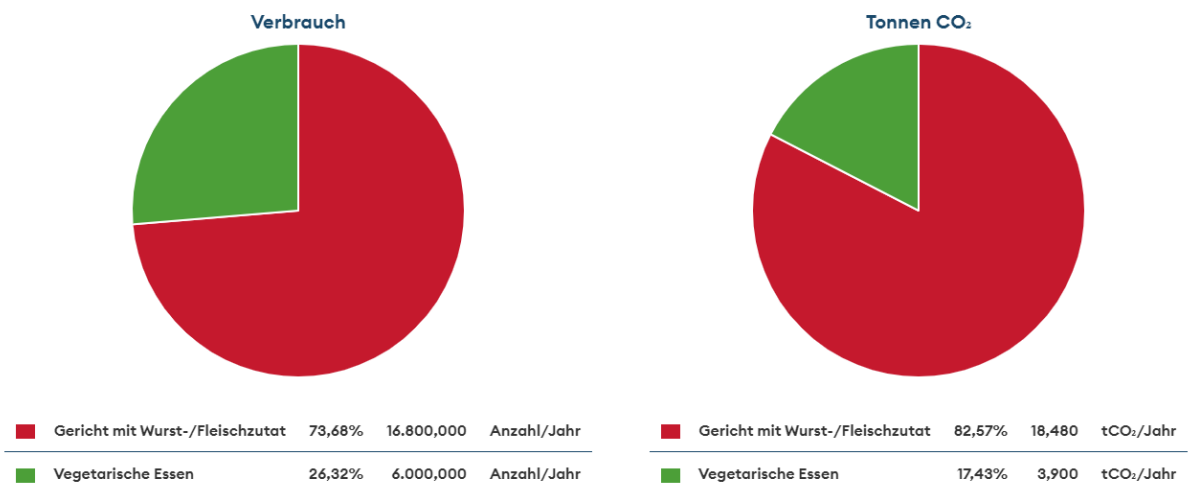


Abb. Werteverteilung von vegetarischem und nicht vegetarischem Essen

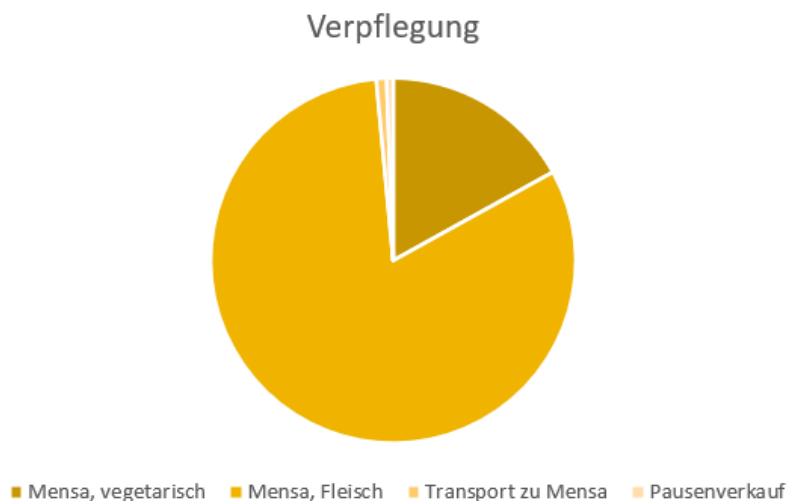
Da die Pegnitz Werkstätten ca. 2 km von der Schule entfernt sind, muss der Caterer mit seinem Transporter jeden Schultag 4 km fahren. Mithilfe des CO<sub>2</sub>-Rechners von quarks.de wurde berechnet, dass der Transport des Mensaessens ca. 200 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr produziert.

## 2.2.2 Pausenverkauf

Zum Pausenverkauf konnten aufgrund von Informationsverschluss keine Daten erhoben werden. Dies führte dazu, dass die relevanten Verkaufszahlen geschätzt werden mussten. Hierfür wurden stichprobenartige Beobachtungen genutzt, die dann auf ein Jahr hochgerechnet wurden. Diese Daten wurden in den CO<sub>2</sub>-Rechner von Greenpeace eingefügt, der anschließend einen CO<sub>2</sub> - Verbrauch von 125 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr berechnete.

## 2.2.3 Zusammenfassung „Verpflegung“

Addiert man die einzelnen Verbrauchswerte der Mensa und des Pausenverkaufs erhält man insgesamt für die Essensverpflegung einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 22 t.



Verpflegung	
Mensa, vegetarische Mahlzeiten	3,7 t CO <sub>2</sub>
Mensa, fleischhaltige Mahlzeiten	17,8 t CO <sub>2</sub>
Transport zur Mensa	200 kg CO <sub>2</sub>
Pausenverkauf	125 kg CO <sub>2</sub>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>21,8 t CO<sub>2</sub></b>



## 2.3 Abfall

Die über 1000 Personen, die täglich ins Schulgebäude ein- und ausgehen, verursachen naturgemäß mehrere Kilogramm Müll pro Tag.

In unserem Schulhaus finden sich 33 Abfalleimer auf den Gängen, in denen der Müll nach Papier, regulärem Abfall sowie Plastik getrennt wird. In den Klassenzimmern findet nur eine Trennung zwischen Restmüll und Papierabfällen statt. In diesem Abschnitt soll der CO<sub>2</sub>-Verbrauch bei der Verbrennung dieses Mülls berechnet werden.



Abb.: Abfalleimer im Schulgebäude



Abb.: Große Abfallcontainer im Schulhof

All diese einzelnen, kleineren Mülleimer werden von den Reinigungskräften täglich in sieben große Mülltonnen entleert, die sich im Schulhof befinden. Das Fassungsvermögen dieser Mülltonnen beträgt jeweils 1100 Liter. Für die Nutzlast dieser Mülltonnen wird der Durchschnitt von mehreren Angaben berechnet, der bei ca. 260 kg liegt. <sup>[10], [11], [12], [13], [14]</sup>

Die Tonne des Papier- und Restmülls sind nach Angaben des Hausmeisters jede Woche annähernd voll, die Fülle des Plastikmülls ist variabel, wobei alle Tonnen wöchentlich von den Reinigungskräften der Stadt entleert werden.

Bei der Auswertung wird von keinerlei Recycling der Abfälle ausgegangen, da dies nicht im Einflussbereich der Schule liegt.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Abfall-Materialien gesondert eingegangen:

### 2.3.1 Papiermüll

35% der Materialien im Papier bestehen aus Kohlenstoff <sup>[10]</sup>. Bei der Verbrennung einer Tonne Kohlenstoff entstehen 3,67 t Kohlendioxid <sup>[10]</sup>. Dies ergibt für eine volle 260 kg Mülltonne eine Emission von 334 kg CO<sub>2</sub>. Bei 40 Schulwochen entsteht so ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 13 Tonnen. Mit zwei 1100 Liter - Tonnen beträgt der insgesamt CO<sub>2</sub>-Ausstoß ca. 27 Tonnen.

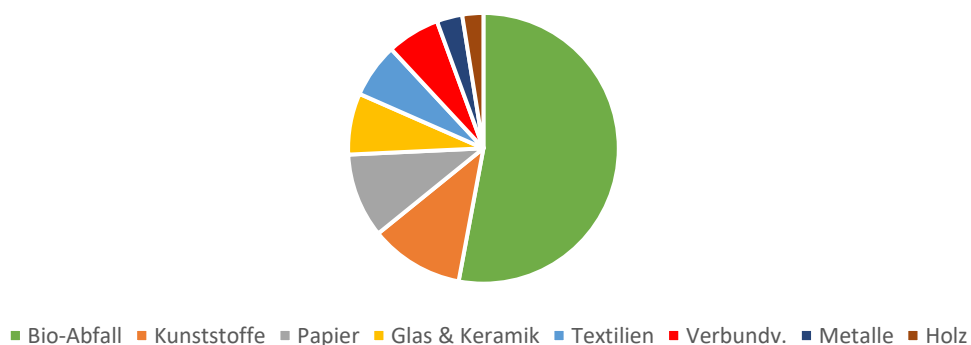
1 Tonne wöchentlich:	$0,35 \cdot 3,67 \cdot 260 \text{ kg} \approx 334 \text{ kg}$
1 Tonne jährlich:	$334 \text{ kg} \cdot 40 = 13\,360 \text{ kg} \approx 13,4 \text{ t}$
2 Tonnen jährlich	$13,4 \text{ t} \cdot 2 = 26,8 \text{ t}$

### 2.3.2 Restmüll

Da Restmüll keine eindeutige Zusammensetzung hat, wird die durchschnittliche Verteilung der einzelnen Materialien aus zwei verschiedenen Quellen genommen und der Durchschnitt dieser beiden berechnet <sup>[15],[16]</sup>. Die folgenden Durchschnittswerte bilden daher Berechnungsgrundlage für alle folgenden Auswertungen <sup>[10]</sup>

- 52,94% Bio-Abfall (Kohlenstoffanteil 20%)
- 11,23% Kunststoffe (Kohlenstoffanteil 68%)
- 10,09% Papier (Kohlenstoffanteil 35%)
- 7,33% Glas & Keramik (Kohlenstoffanteil 0%)
- 6,49% Textilien (Kohlenstoffanteil 31%)
- 6,34% Verbundverpackungen (Kohlenstoffanteil 29%)
- 3,06% Metalle (Kohlenstoffanteil 0%)
- 2,52% Holz (Kohlenstoffanteil 41%)

Verteilung einzelner Materialien von Restmüll



Aus obigen Werten folgt für die wöchentliche CO<sub>2</sub>-Belastung der Umwelt durch Verbrennung unseres Restmüllabfalls:

$$3,67 \cdot 260 \text{ kg} \cdot (0,2 \cdot 0,5294 + 0,68 \cdot 0,1123 + 0,35 \cdot 0,1009 + 0,31 \cdot 0,0649 + 0,29 \cdot 0,0634 + 0,41 \cdot 0,0252) \approx 254 \text{ kg}$$

Für ein 40-wöchiges Schuljahr mit vier Restmülltonnen ergibt sich demnach:

$$254 \text{ kg} \cdot 40 \cdot 4 = 40640 \text{ kg} \approx 40,6 \text{ t}$$

Pro Jahr werden also ca. 41 Tonnen CO<sub>2</sub> aufgrund des Restmülls ausgestoßen.

### 2.3.3 Plastikabfall

68% der Materialien im Kunststoff bestehen aus Kohlenstoff <sup>[10]</sup>. Bei der Verbrennung einer vollen 1100 Liter - Mülltonne entstehen ca. 649 kg CO<sub>2</sub>. Bei 40 Schulwochen entsteht demnach ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 26 Tonnen. Da die Menge des Plastikmülls variabel ist, wird schätzungsweise angenommen, dass die Menge dieses Plastikmülls zwei Drittel einer vollen Mülltonne beträgt. Für die Plastikmülltonne der Schule ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von ca. 17 t.

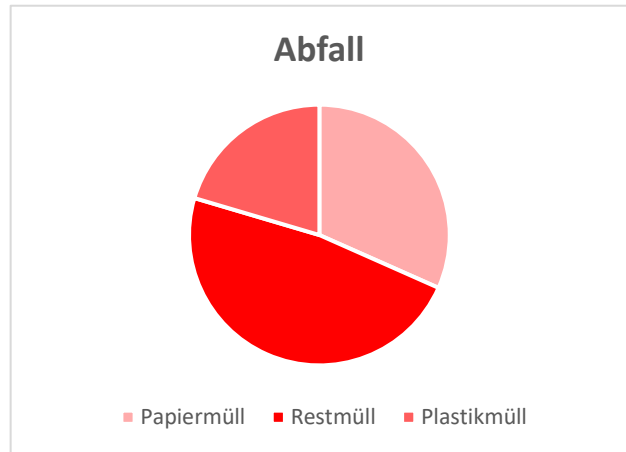
$$0,68 \cdot 3,67 \cdot 260 \text{ kg} \approx 649 \text{ kg}$$

$$649 \text{ kg} \cdot 40 \cdot \frac{2}{3} = 17307 \text{ kg} \approx 17,3 \text{ t}$$

### 2.3.4 Zusammenfassung „Abfall“

Zusammengefasst ergibt sich für den CO<sub>2</sub>-Verbrauch, der durch die Verbrennung unseres Abfalls emittiert wird, ein Verbrauch von ca. 85 Tonnen.

<b>Abfall</b>	
Papiermüll	26,8 t CO <sub>2</sub>
Restmüll	40,6 t CO <sub>2</sub>
Plastikmüll	17,3 t CO <sub>2</sub>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>84,7 t CO<sub>2</sub></b>



## 2.4 Transport

Täglich verbringen Menschen viel Zeit in Autos, Bussen, U-Bahnen und anderen Verkehrsmitteln, um an ihr Ziel zu gelangen und so sind Hin- und Rückfahrt zur Schule bzw. zum Arbeitsplatz ein elementarer Bestandteil des Schulalltags. Aus diesem Grund war es wichtig, auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die beim Schulweg anfallen, zu ermitteln.

Darüber hinaus haben (Bildungs-)Fahrten einen großen Anteil an der persönlichen und sozialen Entwicklung der Jugendlichen über den eigentlichen Unterricht hinaus. Im Kapitel 2.4.2 werden daher die verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen derjenigen Fahrten ermittelt, die einen festen Platz in der Schulfamilie des Dürer-Gymnasiums haben.

### 2.4.1 Schulweg

#### a) Erhebung der Daten

Bevor eine Auswertung stattfinden konnte, mussten Daten erhoben werden, deren Ergebnisse anschließend als Grundlage der Berechnung dienen konnten, wie viel CO<sub>2</sub> beispielsweise bei der Anreise der Schulfamilie ins Schulgebäude ausgestoßen wird.

Um an die Informationen zu gelangen, wurde eine Umfrage erstellt. Darin wurden neben der Rolle (SchülerIn oder LehrerIn) und der Jahrgangsstufe der befragten Person das am häufigsten benutzte Verkehrsmittel im Sommer bzw. im Winter, die Distanz des Wohnorts zur Schule sowie die nächstgelegene Bahn-/Busstation erfragt.

Aufgrund der hinderlichen COVID-19-Pandemie wurde die Umfrage online via *MS Forms* durchgeführt. Zunächst war die Beteiligung nur gering. Durch kontinuierliches Beharren des Seminars gelang es jedoch, mehr als die Hälfte der Schulgemeinschaft zu einer Teilnahme an unserer Umfrage bewegen (619 Antworten von insgesamt 1063 Schulmitgliedern).

619

Responses

03:30

Average time to complete

Active

Status



[View results](#)

Open in Excel

### 1. Ich bin

[More Details](#)

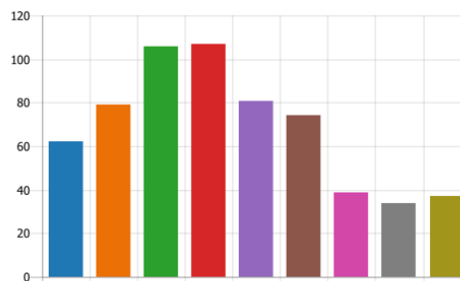
<span style="color: blue;">●</span> SchülerIn	579
<span style="color: orange;">●</span> Lehrerin	39
<span style="color: green;">●</span> Other	1



### 2. In welcher Jahrgangsstufe bist du?

[More Details](#)

<span style="color: blue;">●</span> 5	62
<span style="color: orange;">●</span> 6	79
<span style="color: green;">●</span> 7	106
<span style="color: red;">●</span> 8	107
<span style="color: purple;">●</span> 9	81
<span style="color: brown;">●</span> 10	74
<span style="color: pink;">●</span> 11	39
<span style="color: grey;">●</span> 12	34
<span style="color: olive;">●</span> (LehrerIn)	37



### 3. Wie kommst du am häufigsten zur Schule (im Sommer)?

[More Details](#)

<span style="color: blue;">●</span> Per Auto	52
<span style="color: orange;">●</span> Per ÖPNV (VAG)	315
<span style="color: green;">●</span> Mit dem Fahrrad	198
<span style="color: red;">●</span> Zu Fuß	133
<span style="color: purple;">●</span> Other	21



### 4. Wie kommst du am häufigsten zur Schule (im Winter)?

[More Details](#)

<span style="color: blue;">●</span> Per Auto	120
<span style="color: orange;">●</span> Per ÖPNV (VAG)	352
<span style="color: green;">●</span> Mit dem Fahrrad	76
<span style="color: red;">●</span> Zu Fuß	125
<span style="color: purple;">●</span> Other	15



### 5. Wie lang ist die Strecke, die du einfach auf deinem Schulweg zurücklegst, circa? (in km)

[More Details](#)

619

Responses

Latest Responses

"1,6km"

"ca. 4km"

"3 km"

6. Wie lautet die nächstgelegene Bahn-/Busstation von deinem Zuhause?

[More Details](#)

619

Responses

Latest Responses

"Rothenburgerstraße"

"Rothenburgerstraße"

"Scheinfelderstraße"

7. Welche Art der Mitschrift/Unterrichtsmaterialien verwendest du? (Wenn du ein elektronisches Speichermedium benutzt, teile uns bitte das Modell bei "Sonstiges" mit.)

[More Details](#)

● Heft	343
● Ordner	102
● Other	174



## b) Auswertung der Daten

Im nächsten Schritt wurden die Ergebnisse der Umfrage analysiert. Dabei fiel auf, dass es sinnvoll gewesen ist, die genutzten Verkehrsmittel im Sommer und im Winter separat abzufragen. Im Winter kommen beispielsweise mehr als doppelt so viele Mitglieder der Schulgemeinschaft mit dem Auto zur Schule wie im Sommer. Durch die Unterscheidung von Sommer und Winter konnten also deutlich genauere Werte ermittelt werden.

3. Wie kommst du am häufigsten zur Schule (im Sommer)?

[More Details](#)

● Per Auto	52
● Per ÖPNV (VAG)	315
● Mit dem Fahrrad	198
● Zu Fuß	133
● Other	21



#### 4. Wie kommst du am häufigsten zur Schule (im Winter)?

[More Details](#)

● Per Auto	120
● Per ÖPNV (VAG)	352
● Mit dem Fahrrad	76
● Zu Fuß	125
● Other	15



#### Verteilung der Transportmittel bei der Anfahrt im...

##### Sommer:

Auto: 7,4%  
ÖPNV (VAG): 45,1%  
Fuß/Fahrrad: 47,5%

##### Winter:

Auto: 17,8%  
ÖPNV (VAG): 52,3%  
Fuß/Fahrrad: 29,9%

Bei der letztlichen Berechnung wurde zuerst die Durchschnittslänge des Schulwegs eines Schulmitglieds (4,57 km) bestimmt. Dieser Wert wurde anschließend mit 2 multipliziert, um die im Durchschnitt zurückgelegte Distanz einer Person pro Tag zu ermitteln (9,14 km).

Bei *quarks.de* <sup>[17]</sup> sind Informationen zu den CO<sub>2</sub>-Ausstößen der verschiedenen Verkehrsmittel zu finden: Für das Auto ist von einem Verbrauch von 0,2 kg CO<sub>2</sub> pro km auszugehen; für die ÖPNV kann man mit 0,1 kg CO<sub>2</sub> pro km rechnen; Personen, die zu Fuß oder mit dem Fahrrad kommen, gelten als emissionsfrei.

Daraufhin wurden die Anteile der jeweiligen Verkehrsmittel am Gesamtbild berechnet. So wurden im Verhältnis passend die Ausstöße der Autos und der ÖPNV miteinander addiert (FußgängerInnen und FahrradfahrerInnen konnten wegen der Emissionsfreiheit weggelassen werden) und mit der Durchschnittslänge des Schulwegs multipliziert, sodass als Ergebnis für die CO<sub>2</sub>-Ausstöße einer Person pro Tag der Wert 0,675 kg resultierte, nachdem der Durchschnitt aus Sommer (0,547 kg) und Winter (0,803 kg) berechnet worden war.



$$\text{Sommer: } 0,074 \cdot 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{km}} + 0,451 \cdot 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 0,0599 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$$

$$\rightarrow 0,0599 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 4,57 \text{ km} \cdot 2 \approx 0,547 \text{ kg}$$

$$\text{Winter: } 0,178 \cdot 0,2 \frac{\text{kg}}{\text{km}} + 0,523 \cdot 0,1 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 0,0879 \frac{\text{kg}}{\text{km}}$$

$$\rightarrow 0,0879 \frac{\text{kg}}{\text{km}} \cdot 4,57 \text{ km} \cdot 2 \approx 0,803 \text{ kg}$$

Mittelwert pro Person:

$$(0,527 \text{ kg} + 0,803 \text{ kg}) : 2 = 0,675 \text{ kg}$$

Dieser Durchschnittswert muss nun auf die Anzahl der Schulmitglieder (1063) und die Menge der Schultage (190) hochgerechnet werden, um einen verlässlichen Durchschnittsemissionswert abschätzen zu können:

CO <sub>2</sub> -Ausstoß pro Person pro Schultag Ø Sommer und Winter:	0,68 kg
Anzahl der Schulmitglieder (SchülerInnen + LehrerInnen) 1063:	723 kg
Anzahl der Schultage 200:	144,6 t

Allein auf dem Schul- und Heimweg werden von den SchülerInnen und LehrerInnen des Dürer-Gymnasiums also ca. 145 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr ausgestoßen.

## 2.4.2 Fahrten

Neben dem täglichen Schulweg tragen auch die regelmäßigen Fahrten zu den durch den Transport verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Dürer-Gymnasiums bei. Pro Fahrt werden im Schnitt zwei Reisebusse mit einem Verbrauch von je 1,375 kg CO<sub>2</sub> pro km benutzt <sup>[18]</sup>.

Die folgende Aufstellung zeigt – den einzelnen Jahrgangsstufen zugeordnet – alle Fahrten, die jährlich an unserer Schule durchgeführt werden.

Einzelne Abschlussfahrten wurden aufgrund der ständigen wechselnden Ziele nicht in die Auswertung aufgenommen. Diese sollen zudem zukünftig nicht mehr per Flugzeug, sondern ausschließlich mit dem Bus zurückgelegt werden, so dass sich der Fehler bei der Auswertung hierdurch in einem vertretbaren Rahmen bewegt.

<b>Jahrgangsstufe</b>	<b>Ziel</b>	<b>Distanz</b>	<b>CO<sub>2</sub>-Verbrauch</b>
5	Burg Rothenfels	157 km	432 kg
6	Burg Wernfels	38 km	105 kg
7	Werfenweng	354 km	974 kg
8	Auffach	293 km	806 kg
10	Berlin	440 km	1210 kg
11	Weimar	241 km	663 kg
11	Flossenbürg	139 km	382 kg
12	Rom / Venedig	1098 km / 720 km	3020 kg / 1980 kg

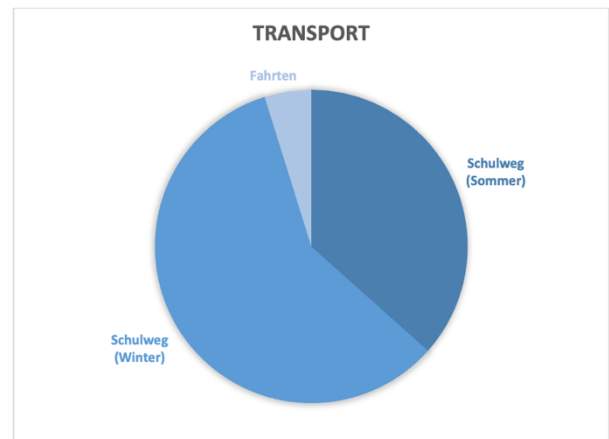
$$432 \text{ kg} + 105 \text{ kg} + 974 \text{ kg} + 806 \text{ kg} + 1210 \text{ kg} + 663 \text{ kg} + 382 \text{ kg} \\ + (3020 \text{ kg} + 1980 \text{ kg}) \div 2 = 7072 \text{ kg} \approx 7,1 \text{ t}$$

Daraus ergibt sich ein jährlicher Gesamtverbrauch von rund 7 t CO<sub>2</sub> für die Fahrten.

### 2.4.3 Zusammenfassung „Transport“

Insgesamt fallen durch den Transport an unserer Schule rund 145 t CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Jahr an.

<b>Transport</b>	
Schulweg Sommerhalbjahr	53 t CO <sub>2</sub>
Schulweg Winterhalbjahr	85 t CO <sub>2</sub>
Fahrten	7 t CO <sub>2</sub>
<b>Gesamtsumme</b>	<b>145 t CO<sub>2</sub></b>



## 2.5 Strom- und Wärme

Strom- und Heizungsenergieverbrauch haben einen großen Anteil am CO<sub>2</sub>-Ausstoß einer Schule. Die entsprechende Menge hängt stark von den baulichen Gegebenheiten bzw. von der Energieeffizienz und Ausstattung der genutzten elektrischen Geräte. Darüber spielt vor allem die Quelle der jeweiligen Energie die entscheidende Rolle, inwiefern die Schule umweltfreundlich mit Strom und Gas versorgt wird. Zuletzt spielt auch das individuelle und kollektive Verhalten der Menschen im Schulbetrieb eine Rolle. Angaben über die Höhe der Energieverbrauchs wurden uns auf Anfrage umstandslos von der Stadt Nürnberg zu Verfügung gestellt.

<b>Ihre Jahresrechnung im Detail:</b>	Kundennummer	13233500				
	Kundenkonto	71293653				
<b>Fernwärme: 01.06.19 - 31.05.20</b>	Rechnungsnummer	30601599656				
	Rechnungsdatum	19.06.2020				
<b>Ihre Lieferstelle:</b> Sielstr. 17, 90429 Nürnberg, Dürer-Gymnasium 934154400097						
<b>WÄRME HW Normal</b>						
Marktllokation:		50885219988				
Codenummer des Netzbetreibers:	9999999991316 (N-ERGIE Netz GmbH)					
Messlokation:	DE600414904290000000103303896XXXX					
Zählernummer:		6LUG0468586026				
<b>Ihr Fernwärmeverbrauch:</b>						
<b>Zeitraum</b>	<b>Stand alt</b>	<b>Stand neu</b>	<b>Art<sup>1</sup></b>	<b>Differenz</b>	<b>Faktor<sup>2</sup></b>	<b>Menge</b>
Zählernummer: 6LUG0468586026						
01.06.19 - 31.05.20	1.420,077	1.834,577	N	414,5	1,0	414,5 MWh
<b>Ihre Kosten in der Übersicht:</b>						
<b>Zeitraum</b>	<b>Tage</b>	<b>Kostenart</b>	<b>Netto-Preis</b>	<b>Menge</b>	<b>Betrag in €</b>	
01.06.19 - 30.09.19	122	Heizwasser	49,50 € / MWh	16,282 MWh	805,96	
01.06.19 - 30.09.19	122	Grundpreis <sup>3</sup> Heizung	25,50 € / kW	700,000 kW	5.966,30	
01.10.19 - 31.12.19	92	Heizwasser	54,59 € / MWh	157,649 MWh	8.606,06	
01.06.19 - 31.12.19	214	Verrechnungspreis <sup>3</sup>	379,50 € / 365 Tage	214 Tage	222,50	
01.10.19 - 31.12.19	92	Grundpreis <sup>3</sup> Heizung	25,88 € / kW	700,000 kW	4.566,22	
01.01.20 - 31.05.20	152	Heizwasser	54,59 € / MWh	240,569 MWh	13.132,66	
01.01.20 - 31.05.20	152	Verrechnungspreis <sup>3</sup>	379,50 € / 366 Tage	152 Tage	157,61	
01.01.20 - 31.05.20	152	Grundpreis <sup>3</sup> Heizung	25,88 € / kW	700,000 kW	7.523,58	
<b>Gesamtbetrag netto</b>					<b>40.980,89</b>	
<b>Mehrwertsteuer 19 %</b>					<b>7.786,37</b>	
<b>Gesamtbetrag brutto</b>					<b>48.767,26</b>	
<b>Ihr neuer Abschlag für Fernwärme pro Monat (brutto):</b>					<b>4.966,00 €</b>	
(4.173,11 € Nettobetrag zzgl. 19% MwSt. 792,89 €)						

Abb.: Ausschnitt der Jahresendabrechnung des Heizbedarfs

Aufgrund der Tatsache, dass der Stromverbrauch der Schule wie allgemein üblich über einen Zähler des Energieunternehmens ermittelt wird, sind die verbrauchten Kilowattstunden sehr genau ermittelbar. Jedoch ist man bei der Kalkulation des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes auf die Angaben zur Zusammensetzung der Stromquelle des Stromkonzerns angewiesen.

## 2.5.1 Strom

Als Referenz für ein durchschnittliches Schuljahr, wurde aus dem Stromverbrauch der Jahre 2017 bis 2019 der Mittelwert für die Auswertung ermittelt:

$$(210\,975\text{ kWh} + 190\,238\text{ kWh} + 200\,193\text{ kWh}) \div 3 = 200\,469\text{ kWh}$$

Pro kWh wird ein Ausstoß von 552 Gramm angenommen. Dieser Wert wurde der Broschüre „Der Energiemix der N-ERGIE“ entnommen. <sup>[19]</sup>

In der Theorie bezieht die Schule von der N-Ergie einen Ökostromtarif, der mit 0 t CO<sub>2</sub> – Verbrauch angesetzt werden könnte. Da aber der allgemeine Strommix noch zu großen Teilen von fossilen Energieträgern getragen wird und somit auch faktisch nicht-emissionsfreier Strom am Dürer genutzt wird, würde dies ein nicht akkurates Ergebnis liefern. Außerdem produziert die N-Ergie selbst nur sehr wenig Ökostrom: Nur 1% des grünen Stroms kommen aus eigenen Anlagen. <sup>[20]</sup> Deshalb werden hier zwei Drittel des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes des tatsächlichen Verbrauchs angesetzt, um dem nur oberflächlich grünen Stromtarif zumindest anteilig gerecht zu werden.

Dem entgegengerechnet werden kann die emissionsfreie Stromerzeugung durch unsere schuleigenen Solarzellen, die beim Anbau des Schulgebäudes im Jahr 2013 auf dem Dach des Neubaus installiert wurden. Diese Solarzellen speisen jährlich 650 - 750 kWh in das Stromnetz ein. In der Berechnung wurde daher ein Mittelwert von 700 kWh gewählt.



Abb.: Solarzellen am Dach

$$(200\,469\text{ kWh} - 700\text{ kWh}) \cdot 552\text{ g} \approx 110\text{ t}$$

$$110\text{ t} \cdot \frac{2}{3} \approx 74\text{ t}$$

## 2.5.2 Wärme / Heizung

Die Schule wird über das Fernwärmeangebot der N-ergie beheizt. Der Verbrauch in MWh ist wieder der Durchschnittswert der Jahre 2017-2019, der Ausstoß in Tonnen pro MWh ist eine Angabe der N-ergie. <sup>[21]</sup>

$$619,573\text{ MWh} + 597,093\text{ MWh} + 582,273\text{ MWh} = 599,646\text{ MWh}$$

Damit errechnet sich für den Jahresausstoß zur Beheizung der Schule ein Wert von ca. 108 Tonnen.

$$599,646\text{ MWh} \cdot 0,18 \frac{\text{t}}{\text{MWh}} \approx 108\text{ t}$$

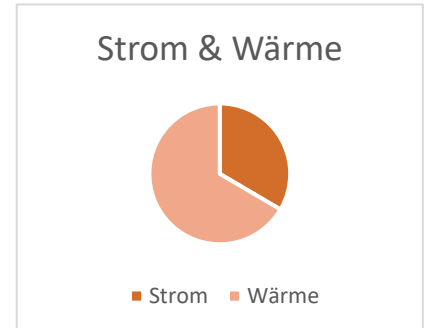


Abb.: Heizkörper im Schulgebäude

### 2.5.3 Zusammenfassung „Strom und Wärme“

In einem durchschnittlichen Jahr ergibt sich addiert somit für Strom und Wärme ein Gesamtverbrauch von circa 182 Tonnen CO<sub>2</sub>, wobei der Strom etwas mehr als ein Drittel hiervon ausmacht.

<b>Strom &amp; Wärme</b>	
Strom	74 t CO <sub>2</sub>
Wärme	108 t CO <sub>2</sub>
<b>Zwischensumme</b>	<b>182 t CO<sub>2</sub></b>



### 3 Gesamtergebnis

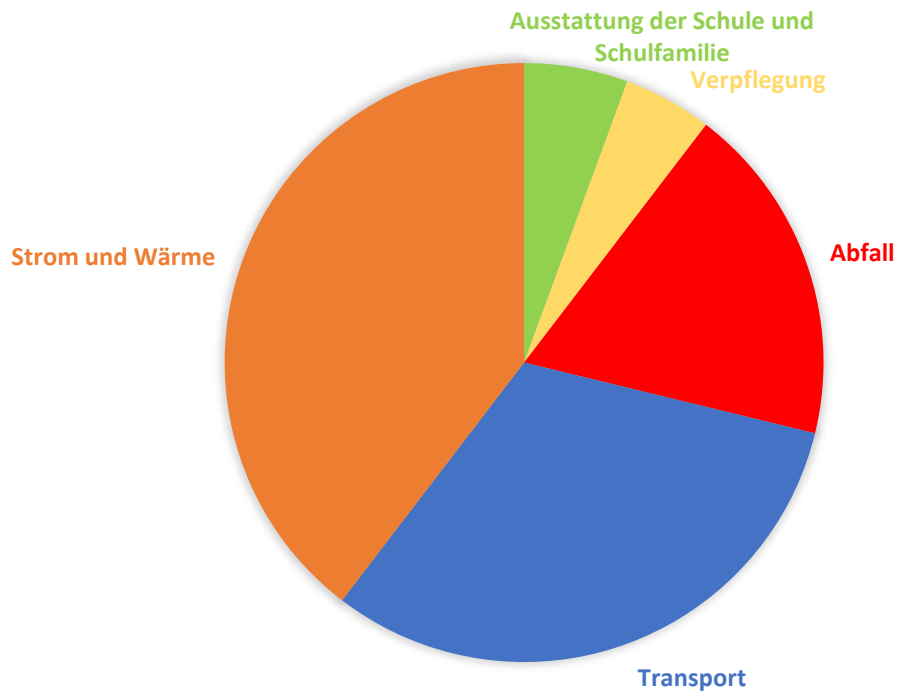
Eine Zusammenfassung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen, die am Dürer-Gymnasium Nürnberg jährlich anfallen, ist in unterstehender Tabelle zu sehen.

Insgesamt wird durch den Schulbetrieb ein CO<sub>2</sub>-Ausstoß von **ca. 460 Tonnen pro Jahr** verursacht.

<b>Ausstattung der Schule und Schulfamilie</b>		Anteil in %	
<b>Material Schule</b>	18,8 t CO <sub>2</sub>		
Druckerpapier	4,4 t CO <sub>2</sub>		
Technische Ausstattung	12,9 t CO <sub>2</sub>		
Toilettenpapier	1,5 t CO <sub>2</sub>		
<b>Material Schulfamilie</b>	4,8 t CO <sub>2</sub>		
Hefte	1,4 t CO <sub>2</sub>		
Blöcke	0,4 t CO <sub>2</sub>		
Technische Geräte	3,0 t CO <sub>2</sub>		
<b>Gesamtsumme</b>	<b>23,6 t CO<sub>2</sub></b>	<b>5,2 %</b>	
<b>Verpflegung</b>			
Mensa, vegetarische Mahlzeiten	3,7 t CO <sub>2</sub>		
Mensa, fleischhaltige Mahlzeiten	17,8 t CO <sub>2</sub>		
Transport zur Mensa	0,2 t CO <sub>2</sub>		
Pausenverkauf	0,1 t CO <sub>2</sub>		
<b>Gesamtsumme</b>	<b>21,8 t CO<sub>2</sub></b>	<b>4,8 %</b>	
<b>Abfall</b>			
Papiermüll	26,8 t CO <sub>2</sub>		
Restmüll	40,6 t CO <sub>2</sub>		
Plastikmüll	17,3 t CO <sub>2</sub>		
<b>Gesamtsumme</b>	<b>84,7 t CO<sub>2</sub></b>	<b>18,5 %</b>	
<b>Transport</b>			
Schulweg Sommerhalbjahr	53 t CO <sub>2</sub>		
Schulweg Winterhalbjahr	85 t CO <sub>2</sub>		
Fahrten	7 t CO <sub>2</sub>		
<b>Gesamtsumme</b>	<b>145 t CO<sub>2</sub></b>	<b>31,7 %</b>	
<b>Strom &amp; Wärme</b>			
Strom	74 t CO <sub>2</sub>		
Wärme	108 t CO <sub>2</sub>		
<b>Gesamtsumme</b>	<b>182 t CO<sub>2</sub></b>	<b>39,8 %</b>	
<b>Gesamtemissionen</b>	<b>457,1 t CO<sub>2</sub></b>		



Eine grafische Darstellung der Aufteilung des jährlichen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks ist in folgendem Kreisdiagramm zu sehen:



Aus der Zusammenfassung ist zu erkennen, dass die Emissionen aus dem großen Strom- und Heizbedarf des Gymnasiums den größten Anteil von ca. 40% stellen. Verwunderlich ist für eine Stadtschule sicherlich der ebenfalls hohe Anteil des Schulwegs an den jährlichen Emissionen, der ca. ein Drittel des Gesamtverbrauchs beträgt. Dies kann voraussichtlich durch die große Anzahl an Personen begründet werden.

Dividiert man den gesamten Verbrauch durch die Anzahl der Mitglieder der Schulfamilie, so ergibt sich ein Wert von

**457 t : 1063 ≈ 430 kg CO<sub>2</sub> pro Mitglied der Schulfamilie pro Jahr.**

Vergleicht man diesen Wert mit dem Durchschnittsverbrauch eines deutschen Staatsbürgers von 7,75 t im Jahr 2019, so erscheint dieser Wert auf den ersten Blick sehr niedrig und gut. <sup>[22]</sup> Jedoch entstammt dieser Durchschnittswert einer gesamtdeutschen Auswertung, die nicht

nur die private Lebensführung, sondern den gesamten staatlichen Verbrauch inklusive der kompletten Industrie, eruiert.

### **Vergleich mit Greenpeace CO<sub>2</sub>-Rechner**

Der Greenpeace CO<sub>2</sub>-Rechner <sup>0</sup> ist ein Tool, das Greenpeace allen Schulen umsonst zur Verfügung stellt. Dieser wurde benutzt, um die Validität unserer Werte zu bestätigen.

Der Rechner fragt viele Informationen wie zum Beispiel die exakte Zahl von Papierhandtüchern ab, die teilweise von uns in dieser Genauigkeit nicht ermittelbar waren und nutzt dann eigene Formeln, um daraus den CO<sub>2</sub>-Verbrauch zu berechnen. Der Algorithmus hinter dieser Berechnung ist jedoch nicht ersichtlich.

Im Vergleich unserer eigenen Auswertung und der von Greenpeace konnte eine Abweichung im Gesamtverbrauch von 56,3 t CO<sub>2</sub> festgestellt werden.

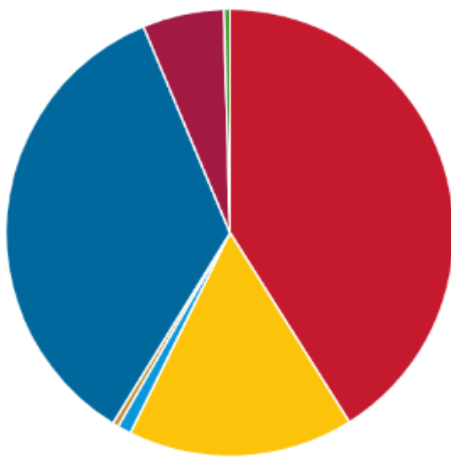
Die größten Unterschiede finden sich in den Bereichen „Strom und Wärme“ sowie „Abfall“. In ersterem berechnet der Greenpeace-Rechner 37 t CO<sub>2</sub> mehr, was wenig verwunderlich ist, da wir in unserer Auswertung einen für uns sinnvollen Anteil an „wahrem“ Ökostrom als Grundlage für die Berechnung verwendet haben. In welchem Maße dies der Greenpeace-Rechner überhaupt berücksichtigt, ist wie oben erwähnt nicht einsehbar.

Die größere Abweichung von 83 t CO<sub>2</sub> weniger in der Kategorie „Abfall“ erschließt sich in dem Maße, dass wir in unserer eigenen Auswertung von keinerlei Recycling der Abfälle ausgehen. Etwa 60 Prozent der brennbaren Stoffe im Abfall haben einen biogenen Ursprung und gelten somit als Biomasse (zum Beispiel Papier, Holz, pflanzliche oder tierische Abfälle). Diese Stoffe erzeugen in der Theorie bei der Verbrennung kein zusätzliches CO<sub>2</sub>. <sup>0</sup>

Insgesamt lässt sich jedoch in der Übersicht eine hohe Korrelation der ermittelten Werte feststellen:

# Dürer Gymnasium Nürnberg

Sielstraße, 90429 Nürnberg



■ Heizenergie	41,06%	157,214	tCO <sub>2</sub>
■ Strom	16,28%	62,327	tCO <sub>2</sub>
■ Wasser	0,98%	3,756	tCO <sub>2</sub>
■ Abfall	0,43%	1,645	tCO <sub>2</sub>
■ Mobilität	34,93%	133,721	tCO <sub>2</sub>
■ Verpflegung	5,88%	22,505	tCO <sub>2</sub>
■ Beschaffung	0,44%	1,682	tCO <sub>2</sub>
Summe	100,00%	382,850	tCO <sub>2</sub>

Abb.: Gesamte CO<sub>2</sub>-Bilanz, CO<sub>2</sub> Schulrechner (greenpeace.de)

## 4. Fazit

„Save our planet: Das Dürer wird klimaneutral – Die Ermittlung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks unserer Schule“ – Ein großes Ziel, das sich unser P-Seminar zu Beginn gesetzt hatte. Ein weitaus größeres Ziel fassten die teilnehmenden Nationen des Pariser Klimaabkommens 2015 ins Auge: Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur soll auf deutlich unter 2°C begrenzt werden.<sup>[24]</sup>

Um dieses große gesellschaftliche Ziel der Klimaneutralität zu erreichen, müssen alle Haushalte, alle Industriebetriebe, alle Verwaltungen und eben auch alle Schulen versuchen, möglichst klimaneutral zu werden. Daraus resultierte unsere Motivation, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Dürer-Gymnasiums näher zu untersuchen. Dass das Projekt so umfangreich werden würde, hatten wir dennoch zu Beginn des Schuljahres nicht erwartet: Fast 1,5 Schuljahre verbrachten wir mit der Berechnung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen unserer Schule und der Ausarbeitung dieser Datei. Dem ungeachtet können wir, nach etlichen Stunden E-Mails schreiben, Telefonate führen, Internetrecherchen und Umfrageauswertungen, guten Gewissens behaupten, ein akkurates Ergebnis erzielt zu haben. Stets wurde versucht, Fehlerquellen auszumachen und sie zu eliminieren, stets unterstützten wir uns als Team gegenseitig bei allen anstehenden Aufgaben.

Auch wenn die 418 Tonnen an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die dem Schulbetrieb des Dürer-Gymnasiums zugerechnet werden können, auf den ersten Blick am gesamtdeutschen oder gar internationalen Ausstoß sicherlich nur ein Tropfen auf den heißen Stein sind, sollte es für jeden Einzelnen erstrebenswert sein, seinen eigenen Fußabdruck auf ein Minimum zu reduzieren.

Wie dies an unserer Schule gelingen kann, ist die Aufgabe unseres Folgeseminars, das ein Klimakonzept zur Minimierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes erarbeiten soll. Dieses soll den Weg zu einem klimaneutralen Schulbetrieb aufzeigen. Gelingen kann dies durchaus. Zusammen. Für eine bessere Zukunft.

## Quellenverzeichnis:

- [1] <https://www.welt.de/wissenschaft/umwelt/article139150901/2030-schliesst-sich-das-Zeitfenster-der-Erderwaermung.html> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [2] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/37187/umfrage/der-weltweite-co2-ausstoss-seit-1751/> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [3] <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-der-europaeischen-union#pro-kopf-emissionen> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [4] [https://uba.co2-rechner.de/de\\_DE/](https://uba.co2-rechner.de/de_DE/) (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [5] <https://www.papiernetz.de/informationen/nachhaltigkeitsrechner/> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [6] <https://www.ecopaper.ch/papier/papierrechner/> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [7] [https://www.apple.com/environment/pdf/products/ipad/iPad\\_PER\\_sept2020.pdf](https://www.apple.com/environment/pdf/products/ipad/iPad_PER_sept2020.pdf) (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [8] <https://www.greenbiz.com/article/whats-carbon-footprint-your-toilet-paper> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [9] <http://www.forum-nuernberger-werkstaetten.de/lebenshilfe-fuer-menschen-mit-behinderung/> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [10] <https://li.hamburg.de/contentblob/4495778/237784d2742939c78c4387209b101426/data/download-praxisleitfaden-klimaschule-co2-reduktion-k4.pdf> S.7f. (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [11] <https://www.avl-ludwigsburg.de/privatkunden/tonnen/tonne-bestellen/tonnengroessen/> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [12] <https://www.umweltberatung.at/download/?id=abfallumrechnungstabelle-3044-umweltberatung.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [13] <https://www.berlin-recycling.de/wissen/tonnengroessen#Muelltonne-1100-Liter> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [14] <https://mobile.zaw-sr.de/sites/default/files/Maße%20der%20Behälter.pdf> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [15] <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4116.pdf> S.36 (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [16] <https://www.euwid-recycling.de/news/politik/einzelansicht/Artikel/restmuell-besteht-zu-zwei-dritteln-aus-bioabfall-und-anderen-wertstoffen.html> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [17] <https://www.quarks.de/umwelt/klimawandel/co2-rechner-fuer-auto-flugzeug-und-co/> (zuletzt aufgerufen am 19.12.21)
- [18] <https://www.snapbus.de/service/umwelt> (Zuletzt aufgerufen am 19.12.21)
- [19] [https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n\\_ergie/pdfs/Energiemix\\_GK.pdf](https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n_ergie/pdfs/Energiemix_GK.pdf) (Zuletzt aufgerufen am 05.12.2021)
- [20] <https://www.nordbayern.de/region/nuernberg/energiewendebundnis-kritisiert-okostrom-vorhaben-der-n-ergie-1.10620045> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [21] [https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n\\_ergie/internet/die\\_n\\_ergie/unternehmen\\_1/publikationen/N-ERGIE\\_Nachhaltigkeitsbericht.pdf](https://www.n-ergie.de/public/remotemedien/media/n_ergie/internet/die_n_ergie/unternehmen_1/publikationen/N-ERGIE_Nachhaltigkeitsbericht.pdf), S.18 (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [22] <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167877/umfrage/co-emissionen-nachlaendern-je-einwohner/>

- [23] <https://co2-schulrechner.greenpeace.de/node/1> (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [24] [https://www.nuernberg.de/internet/abfallwirtschaft/faq\\_mva.html#\\_0\\_12](https://www.nuernberg.de/internet/abfallwirtschaft/faq_mva.html#_0_12) (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)
- [25] [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_de](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_de) (Zuletzt aufgerufen am 30.01.2022)