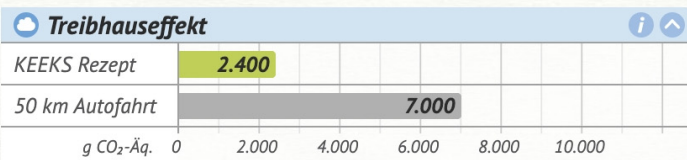


IZT-Text 18-2018

Das KEEKS-Projekt – Wie wird eine Schulküche klimafreundlich?

- Hauptgerichte ▼
- Nudelgerichte ▼
- Komponenten ▼
- Suppen ▼
- Eintöpfe ▼
- Fischgerichte ▼
- Süßspeisen ▼

Bulgur-Salat



Die Bilanzierung der Umweltlasten erfolgte durch das [ifeu-Institut](#)



Pixabay

- Weitere Umweltlasten**
- Flächenfußabdruck ▼
 - Wasserfußabdruck ▼
 - Phosphatfußabdruck ▼
 - Energiefußabdruck ▼

KEEKS Rezept

Zutaten für **10** Portionen

300 g	Bulgur	
600 ml	Wasser	
1	Gurken	S+R
250 g	Tomaten	S+R
200 g	Paprika	
100 g	Zwiebeln	
160 g	Frühlingszwiebeln	
1 TL	Salz	
1 TL	Pfeffer	
100 ml	Zitronensaft	

IZT-Text 18-2018

Das KEEKS-Projekt – Wie wird eine Schulküche klimafreundlich?

Autoren

Michael Scharp

Ralph Eyrich

Malte Schmidthals

Tobias Engelmann

Unter Mitarbeit von:

Howell, Eva; Ludwig, Katrin; Nachi, Sarrah; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Wagner, Tobias

Berlin, 2018

© 2018 IZT - Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie.
Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-941374-52-2

Herausgeber:

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH,

Schopenhauerstr. 26, 14129 Berlin

Tel.: 030-803088-0, Fax: 030-803088-88, E-Mail: info@izt.de

Coverabbildung: © Nudeln in Tomatensoße: Pexels, CCO

Kurzfassung

In diesem IZT-Text werden ausgewählte Ergebnisse des KEEKS-Projektes dargestellt. Das KEEKS-Projekt zeigt, wie die Energie- und Klimaeffizienz in der Schulküche verbessert werden kann. KEEKS ist ein Gemeinschaftsprojekt von IZT, IFEU, Wuppertal-Institut, Netzwerk e.V., ProVeg und Faktor 10, koordiniert vom IZT. KEEKS wurde vom BMU im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert. KEEKS wurde vom UN Sekretariat für Klimaschutz 2018 als Leuchtturmprojekt „Planetary Health“ ausgezeichnet.

In einem Praxistest – der in diesem IZT-Text beschrieben wird - wurden die Ergebnisse der AP02, AP03 und AP04 in Verbindung mit einem Maßnahmenkonzept pilothaft erprobt und zudem der Energieverbrauch der Küchen bilanziert und in Relation zu den Menüs gesetzt. Um dies zu erreichen, wurden im AP05 nicht nur die zubereiteten Speisen und die damit verbundenen Prozesse erfasst, sondern auch eine Energiemessung in fünf Schulen in einem Zeitraum von vier Wochen durchgeführt. Im Ergebnis verbrauchen die 22 Schulküchen des Praxisverbundes jährlich ca. 490 MWh Strom (ohne Warmwasser und Heizenergie), dies entspricht ca. 260 t CO₂-Äq (ohne Landnutzungsänderungen) und in der Praxis ca. 0,5 kWh/Essen (280 g CO₂-Äq). Die Menüs führen durch landwirtschaftliche Erzeugung, Verarbeitung, Verpackung, Transporte und Distribution bei ca. 933.500 Essen pro Jahr zu Emissionen in Höhe von ca. 478 t CO₂-Äq. Somit ergeben sich pro Essen ca. 800 g CO₂-Äq bei Essensportionen von ca. 350 g.

Die Bestimmung der Potentiale durch klima- und energieeffiziente Menüs erfolgte auf Basis des Klimatarier-Rechners des IFEU (www.klimatarier.com/de/CO2_Rechner).

Abstract

In this IZT text we present a selection of the results of the KEEKS project. The KEEKS project shows how energy and climate efficiency in school kitchens can be improved. KEEKS is a joint project of IZT, IFEU, Wuppertal-Institut, Netzwerk e.V., ProVeg and Faktor 10, coordinated by IZT. KEEKS was funded by the BMU within the framework of the National Climate Protection Initiative. KEEKS was awarded a lighthouse project "Planetary Health" by the UN Secretariat for Climate Protection in 2018.

In a practical test - described in this IZT text - the results of AP02, AP03 and AP04 are combined with a policy concept that accounts for kitchen energy consumption and relates to the menus. In order to achieve this, AP05 not only recorded prepared meals and processes, but also carried out an energy measurement in five schools over a period of four weeks. As a result, the 22 school rooms in the practice network consume 490 MWh of electricity (without hot water and heating energy), which corresponds to approx. 260 t CO₂eq (excluding land use change) and in practice 0.5 kWh / food (280 g CO₂eq). The menus lead through agricultural production, processing, packaging, transport and distribution at approx. 933,500 meals per year resulting in emissions of approx. 478 t CO₂eq. This results in approx. 800 g CO₂ eq per meal with food portions of approx. 350 g.

All data on the climate impacts of the food and the recipes are based in this document on the data of the climate app of the IFEU (www.klimatarier.com/de/CO2_Rechner).

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	8
Abkürzungsverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
1 Einleitung und Ergebniszusammenfassung	10
1.1 Das KEEKS-Projekt.....	10
1.2 Aufgabenstellung.....	11
1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse	11
1.4 Veränderung der Lebensmittel und der Menüs	13
1.5 Veränderungen in der Nutzung der Technik:	14
1.6 Investitionen - Beschaffung neuer Geräte	15
2 Energieverbrauch der vier Praxisküchen pro Essen	17
2.1 Messpunkte und Geräte	18
2.2 Energieverbrauch pro Essen in den vier Praxisküchen (BV-A)	19
2.3 Gesamtenergieverbrauch der 22 Schulküchen nach Prozessbereichen (BV-A).....	21
2.4 Gesamtenergieverbrauch nach Prozessbereichen (BV-B).....	21
2.5 Energieverbrauch pro Essen (BV-B).....	23
3 Technik - Kochen und Garen	25
3.1 Durchführung und Einschränkungen.....	25
3.2 Ergebnisse des Praxistests für die Schulen.....	25
3.2.1 Energieverbrauch der Schulen durch Nutzung der Kochgeräte im Vergleich.....	25
3.2.2 Anschlussleistung und Energieeffizienz.....	26
3.2.3 Auslastung der Küchengeräte	29
3.2.4 Stand-by-Betrieb.....	30
3.3 Bedeutung von Kochgeräten für den Gesamtenergieverbrauch	30
3.4 Energieverbrauch und Menüs	31
3.5 Vergleich der Energieverbräuche zwischen zwei Schulen	34
3.6 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Kochen	37
3.7 Einsparpotentiale.....	39
3.8 Zusammenfassung Kochen	42
4 Technik- Spülen	44
4.1 Durchführung und Einschränkungen.....	44
4.2 Ergebnisse des Praxistest für die beiden Schulen	44
4.3 Energieverbrauch und Menüs	46
4.4 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Spülen	46
4.5 Einsparpotentiale.....	47

5 Technik - Kühlen	49
5.1 Durchführung und Einschränkungen	49
5.2 Ergebnisse des Praxistest für die Schulen	49
5.3 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Kühlen	53
5.4 Einsparpotentiale.....	53
6 Technik - Gefrieren	55
6.1 Durchführung und Einschränkungen.....	55
6.2 Ergebnisse des Praxistest für die Schulen	55
6.3 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Gefrieren	59
6.4 Einsparpotentiale.....	59
7 Technik Kühlen versus Gefrieren	62
8 Technik - Beleuchtung	64
8.1 Verwendung von LED-Leuchten und Röhren	66
8.2 Verwendung von Bewegungsmeldern	67
8.3 Einsparpotentiale.....	67
9 Technik - Weitere Energiesparpotentiale	68
9.1 Raumluftechnik	68
9.2 Warmwasser-Perlatoren	68
9.3 Wärmen	68
9.4 Waschen	69
10 Lebensmittel - Klimagefährliche Menüs	70
10.1 Durchführung und Einschränkungen.....	70
10.2 Ergebnisse des Praxistest für die fünf Schulen.....	71
10.3 Hochrechnung der THG Emissionen durch Lebensmittel.....	71
10.4 Optimierungspotentiale der Menüs im Praxistests.....	72
10.5 Einsparpotentiale durch Menüplanung.....	75
11 Lebensmittel mit hohen THG-Werten (Milchprodukte, Eier und Reis)	78
11.1 Alternativen zu Milch	79
11.2 Alternativen zu Eiprodukten.....	78
11.3 Alternativen zu Reis	81
12 Lebensmittel - Lebensmittelauswahl	82
12.1 Verpackung.....	82
12.2 Bio-Lebensmittel.....	83
12.3 Saisonale und regionale Küche.....	83
12.4 Einsparpotentiale.....	83
13 Lebensmittel - Abfall	86

13.1 Ergebnisse des Praxistests	86
13.2 Optimierungsmaßnahmen zur Minderung des Abfallaufkommens	88
13.3 Maßnahmen und Einsparpotentiale.....	88
13.3.1 Einsparpotential nach Netzwerk e.V.	88
13.4 Einsparpotential nach ReFoWas.....	89
13.4.1 Einsparpotential nach SKOOL	89
13.4.2 Einsparpotential nach iSuN	90
13.4.3 Einsparpotential für das KEEKS-Projekt	90
14 Zusammenfassung: Methoden, Ergebnisse und Potentiale.....	92
14.1 Technik und Prozesse - Kühlen versus Gefrieren	104
14.2 Technik und Prozesse - Kochen und Garen	105
14.3 Technik und Prozesse – Beleuchtung	107
14.4 Technik und Prozesse - Raumlufthanlagen	109
14.5 Lebensmittel - Klimaeffiziente Menüs.....	110
14.6 Lebensmittel - Zutaten mit hohen THG-Werten	111
14.7 Lebensmittel - Lebensmittelauswahl	112
14.8 Lebensmittel – Abfall.....	113
15 Anhang: Datengrundlage	116
16 Anhang: Klimaeffiziente Rezepte	117
17 Anhang: Übersicht der Maßnahmen.....	118
18 Anhang: Das KEEKS-Projekt	119
19 Anhang: KEEKS-Ergebnisdokumentationen	121
20 Literatur.....	126
21 Impressum.....	128

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesamte Einsparpotentiale bei Menüs und Technik (t CO ₂ -Äq)	13
Abbildung 2: Einsparpotentiale durch Lebensmittel und Menüs	14
Abbildung 3: Einsparpotentiale durch veränderte Nutzung der Technik	15
Abbildung 4: Einsparpotentiale durch Investitionen in effiziente Technik.....	16
Abbildung 5: Energieverbräuche pro Essen in den Praxistestschulen	20
Abbildung 6: Energieverbrauch der Schulen nach Prozessbereichen (%)	23
Abbildung 7: Energieverbrauch pro Essen und Schule (kWh/Essen).....	24
Abbildung 8: Vergleich der Energieverbräuche bei Konvektomat und Hockerkocher in drei Schulen, differenziert nach Gerichten	32
Abbildung 9: Vergleich der Energieverbräuche bei Konvektomat und Hockerkocher in drei Schulen, differenziert nach Schulen.....	33
Abbildung 10: Kochgeräte Mengengericht im Verhältnis zum Gesamtenergieverbrauch (EEP)	36
Abbildung 11: Energieverbrauch der Spülmaschinen in Schul- und Ferienzeiten (Gesamtverbrauch für alle Essen)	45
Abbildung 12: Verstaubte Wärmeübertrager (Register) in zwei Projektküchen (Mainzer Straße und Janusz-Korczak-Schule)	50
Abbildung 13: Jährliche Energieverbräuche der Kühlschränke des Praxistest	51
Abbildung 14: Vereiste Gefrierschränke in den Projektküchen (Beispiel Wilhelm- Schreiber-Straße).....	56
Abbildung 15: Jährliche Energieverbräuche der Gefrierschränke des Praxistest	57
Abbildung 16: Installierte Leistung bzw. Energieverbrauch je Essen für alle Projektschulen	66
Abbildung 17: THG-Emissionen durch Lebensmittel im Praxistest.....	74
Abbildung 18: Einsparpotentiale durch Menüplanung.....	76
Abbildung 19: Vergleich der THG-Emissionen von tierischem Fleisch und pflanzlichen Alternativen	77
Abbildung 20: Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von 1 kg konservierter Tomatensauce mit drei unterschiedlichen Verpackungsvarianten	82
Abbildung 20: THG-Emissionsminderung durch Lebensmittelauswahl.....	84
Abbildung 21: Einsparpotenziale durch ein Maßnahmenpaket	91
Abbildung 22: (Elektro-)Energieverbräuche pro ausgegebenen Essen in den Praxistestschulen (kWh)	93
Abbildung 23: (Elektro-)Energieverbrauch der Schulen nach Prozessbereichen (%) mittels der Berechnung nach EV-B.....	94
Abbildung 24: Energieverbrauch pro Essen und Schule (kWh/Essen).....	95
Abbildung 25: Energie-Effizienzpotentiale für unterschiedliche Maßnahmen beim Spülen	98

Abbildung 26: Jährliche Energieverbräuche der gemessenen Kühlschränke des Praxistests.....	99
Abbildung 27: Bestands- und Investitionsmaßnahmen im Prozess “Kühlen”	101
Abbildung 28: Jährliche Energieverbräuche der Gefrierschränke des Praxistest.....	102
Abbildung 29: Bestands- und Investitionsmaßnahmen im Prozess “Kühlen”	104
Abbildung 30: Energieeinsparpotentiale durch Reduktion der Gefrierkapazität und Optimierung des Bestandes	105
Abbildung 31: Installierte Leistung bzw. Energieverbrauch je Essen für alle Projektschulen.....	108
Abbildung 32: Energieeinsparung durch Investitionen in LED-Technik.....	109
Abbildung 33: Einsparpotentiale durch Menüplanung.....	111
Abbildung 34: Abschätzung der Potentiale durch Lebensmittelauswahl	113
Abbildung 35: Einsparpotential durch Abfallmanagement	115
Abbildung 36: Planung des Vorhabens - die elf Arbeitspakete des KEEKS-Projektes....	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Messpunkte Steckermessgeräte	18
Tabelle 2: Messpunkte Messkoffer (Sicherungskasten)	19
Tabelle 3: Messdaten und Energieverbräuche von vier Praxisküchen	19
Tabelle 4: Berechnung des Energieverbrauchs der 22 Schulküchen in 2017	21
Tabelle 5: Berechneter Gesamtenergieverbrauch der Schulküchen	22
Tabelle 6: Messpunkte Messkoffer (Sicherungskasten)	25
Tabelle 7: Energieverbrauch der Kochgeräte im Vergleich, Mengenicher Straße.....	26
Tabelle 8: Energieeffizienz in Abhängigkeit zur Anzahl an Gerichten. (Vergleich Mengenicher Straße).....	26
Tabelle 9: Suppen im Praxistest	27
Tabelle 10: Konvektomaten in den Praxisschulen	28
Tabelle 11: Energieverbrauch pro Essen bei unterschiedlicher Geräteauslastung (Beispiel Mengenicher Straße, Schulbetrieb / Ferienbetrieb)	29
Tabelle 12: Energieverbräuche Konvektomaten Schulküchen	30
Tabelle 13: Anteil Kochgeräte am Gesamtenergieverbrauch (Schulzeit 29.03. - 07.04.)	31
Tabelle 14: Niedrigster und höchster Gesamtenergieverbrauch nach Gericht.....	34
Tabelle 15: Energieverbrauch von zwei Gerichten unter Nutzung des Konvektomaten (Wilhelm-Schreiber Schule).....	34
Tabelle 16: Energieverbrauch für Kochen und Gesamt der Wilhelm-Schreiber-Straße..	35
Tabelle 17: Kochgeräte Mengenicher Straße im Verhältnis zum Gesamtenergieverbrauch (EEP)	35
Tabelle 18: Energieverbrauch Kochen in der Trierer Straße je Gericht.....	37
Tabelle 19: Energieverbräuche von Hockerkocher und Konvektomaten	38

Tabelle 20: Bestimmung des Optimierungspotentials durch Anschaffung kleinerer Konvektomaten	40
Tabelle 21: Auswertung des Praxistests für den Prozess "Spülen"	45
Tabelle 22: Berechnung des Energieverbrauchs für Kühlen (5 Praxisküchen)	52
Tabelle 23: Berechnung des Energieverbrauchs für Kühlen in den 22 Testschulen	53
Tabelle 24: Abschätzung von Einsparpotentialen am gesamten Energieverbrauch in den 22 Netzwerkschulen	54
Tabelle 25: Berechnung des Energieverbrauchs für Gefrieren in den fünf Praxisküchen	58
Tabelle 26: Berechnung des Energieverbrauchs für Gefrieren (22 Schulen).....	59
Tabelle 27: Abschätzung von Einsparpotentialen in den 22 Projektschulen beim Gefrieren.....	60
Tabelle 28: Szenarien zum Ersatz von TK durch PK-Kapazität	63
Tabelle 29: Kennwerte für die Beleuchtung	65
Tabelle 30: Ausgegebenen Essen und ihre Klimawirkung.....	71
Tabelle 31: Hochrechnung der Klimawirkung der Menüplanung aller 22 Netzwerk e.V. Schulküchen auf das Jahr 2017	72
Tabelle 32: Szenarien für die Optimierungspotentiale	72
Tabelle 33: Hochgerechnete THG-Reduktionen für die 22 Schulküchen nach Szenario 1 & 2	75
Tabelle 34: Maximal theoretische Einsparpotentiale durch Wechsel von Kuhmilchprodukten zu klimaeffizienten Alternativprodukten	79
Tabelle 35: Einsparpotentiale durch bei Hühnereiprodukten durch klimaeffiziente Alternativprodukte	78
Tabelle 36: THG-Einsparpotentiale durch Lebensmittelauswahl.....	84
Tabelle 37: Beispielhafte Abfallmengen	87
Tabelle 38: Auswertung des Praxistests für den Prozess "Spülen"	96
Tabelle 39: Energieverbrauch der Kochgeräte im Vergleich, Mengenicher Straße.....	106
Tabelle 40: Kennwerte für die Beleuchtung	109
Tabelle 41: THG-Emissionen und Anteile am gesamten THG-Aufkommen durch Lebensmittel (Bezug: 178 t CO ₂ -Äq)	111

1 Einleitung und Ergebniszusammenfassung

1.1 Das KEEKS-Projekt

Das Projekt "KEEKS - Klima- und energieeffiziente Küche in Schulen" zielte auf die Bestimmung der Treibhausgas-Emissionen (THG) in der Schulverpflegung und die damit verbundenen Möglichkeiten zur Erschließung von Einsparpotenzialen ab. KEEKS analysierte erstmals alle in sich verzahnten Lebenswege der Außer-Haus-Verpflegungsbereiche, wie Landnutzung, Lebensmitteleherzeugung, Verarbeitung, Transport, Lagerung, Zubereitung und Abfallaufkommen hinsichtlich der entstandenen Treibhausgas-Emissionen am Beispiel von 22 Schulküchen im Raum Köln. Das Projekt leistete mit seinen Projektergebnissen einen Beitrag zur Erfassung realer Treibhausgas-Emissionen durch die Schulverpflegung mit ca. 950.000 Essen pro Jahr als auch zu den Potenzialen für THG-Einsparungen.

Besonders hervorzuheben ist an dieser Stelle, dass die deutschen Projekte „KEEKS – Klima- und energieeffiziente Küche in Schulen“ und „Aktion Pflanzenpower“ (ProVeg-Projekt) die internationale Auszeichnung "Momentum for Change" von der UNFCCC - dem UN-Sekretariat erhalten haben. Die Preisverleihung fand auf der COP24 in Kattowitz, Polen, am 11. Dezember 2018 statt.

Das KEEKS-Projekt umfasste sechs Module für die anwendungsbezogene wissenschaftliche Arbeit und sechs Module für den Transfer. Die wissenschaftlichen Module waren:

- AP 02 – Status Quo-Analyse: Bestimmung von Indikatoren der nachhaltigen Schulverpflegung sowie Analyse der Schulküchen, der Technik, der Prozesse und der Menüs
- AP 03 – Bestimmung von Potentialen der Energie- und Klimaeffizienz in der Schulverpflegung
- AP 04 – Bestimmung von Hemmnissen und Lösungsansätzen für mehr Energie- und Klimaeffizienz
- AP 05 – Entwicklung eines Maßnahmenkonzepts und ein Pretest des Konzepts
- AP 06 – Umsetzung und Evaluation eines Maßnahmenkonzepts

In einem Praxistest – der in diesem IZT-Text beschrieben wird - wurden die Ergebnisse der der AP02, AP03 und AP04 in Verbindung mit einem Maßnahmenkonzept pilothaft erprobt und zudem der Energieverbrauch der Küchen bilanziert und in Relation zu den Menüs gesetzt. Um dies zu erreichen, wurden im AP05 nicht nur die zubereiteten Speisen und die damit verbundenen Prozesse erfasst, sondern auch eine Energiemessung in fünf Schulen in einem Zeitraum von vier Wochen durchgeführt.



**MOMENTUM
FOR CHANGE**

1.2 Aufgabenstellung

Ziel des Arbeitspakets „KEEKS – Erster Praxistest“ in AP05 ist die Erprobung eines Konzepts für klimaschonende und energieeffiziente Küchen am Beispiel von fünf ausgewählten Praxistest-Schulen. In AP02 wurden Steckbriefe für die Küchen entwickelt, in AP03 Potentiale abgeschätzt und in AP04 wurden die Hemmnisse zur Erschließung der Potentiale bestimmt und Lösungsvorschläge entwickelt. In diesem Arbeitspaket AP05 sollen die Ergebnisse zusammenfließen.

In einem Praxistest wurden die Ergebnisse der vorangegangenen Arbeitsschritte pilothaft erprobt und zudem der Energieverbrauch der Küchen bilanziert und in Relation zu den Menüs gesetzt. Um dies zu erreichen, wurden im AP05 nicht nur die zubereiteten Speisen und die damit verbundenen Prozesse erfasst, sondern auch eine Energiemessung in fünf Schulen in einem Zeitraum von vier Wochen durchgeführt. Zu den Aufgaben im Rahmen des Praxistest gehörten die folgenden Tätigkeiten im Arbeitsschritt 5.3:

- Erprobung der klimaschonenden Menüpläne
- Erprobung neuer Bezugsquellen für die neuen Menüpläne
- Erprobung neuer Prozesse
- Individuelle Begleitung (Beratung, Feedback) in der Testphase
- Ad-hoc Unterstützung bei aufkommenden Problemen
- Nachbereitung der Testphase mit allen am Projekt beteiligten Partnern
- Auswertung der Testphase
- Prozessoptimierungen für die Umsetzungsphase

Dieses Projektdokument beschreibt die Auswertung der Testphase mit dem Schwerpunkt Energie, Technik, Prozesse, Menüs und Abfall.

1.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Für die Durchführung der Praxistests wurden fünf Schulküchen ermittelt, deren Datenerhebungen der Status-quo-Phase des Projekts in Teilen bereits valide erfasst werden konnten. Der Durchführungszeitraum des Praxistests fand in der Zeit vom 20. März bis einschließlich 28. April 2017 statt. Zur Ermittlung der Daten wurden drei Konzepte umgesetzt:

- Für jede Schulküche wurden Fragebögen für den festgelegten Zeitraum von jeweils einer Kalenderwoche vorbereitet, die eigenständig ausgefüllt wurden. Diese umfassten vor allem die Speisenplanung aber auch die Bestimmung technischer Prozesse sowie Messungen der Abfallmenge.
- Wesentlich für den Praxistest war die Erfassung des Energieverbrauchs in Verbindung mit der Erfassung der Prozesse in den Schulküchen. Im Rahmen des Praxistests wurden in den fünf Schulen feste Messpunkte am Sicherungskasten für Drehstromanlagen, aber auch Stecker messgeräte für alle Geräte mit Stecker verwendet. Insgesamt wurden in den fünf Schulen 32 Stecker messgeräte für Kühl- und Gefrierschränke, für Waschmaschinen und Trocknern sowie für Bain-Marie und Salatvitrine verwendet. Am Sicherungskasten mit Drehstrom erfolgten 17 Messungen (viermal gesamt, Kochfelder, Konvektomaten, Hockerkocher und Spülmaschinen). Zur Auswertung wurden zwei Verfahren gewählt

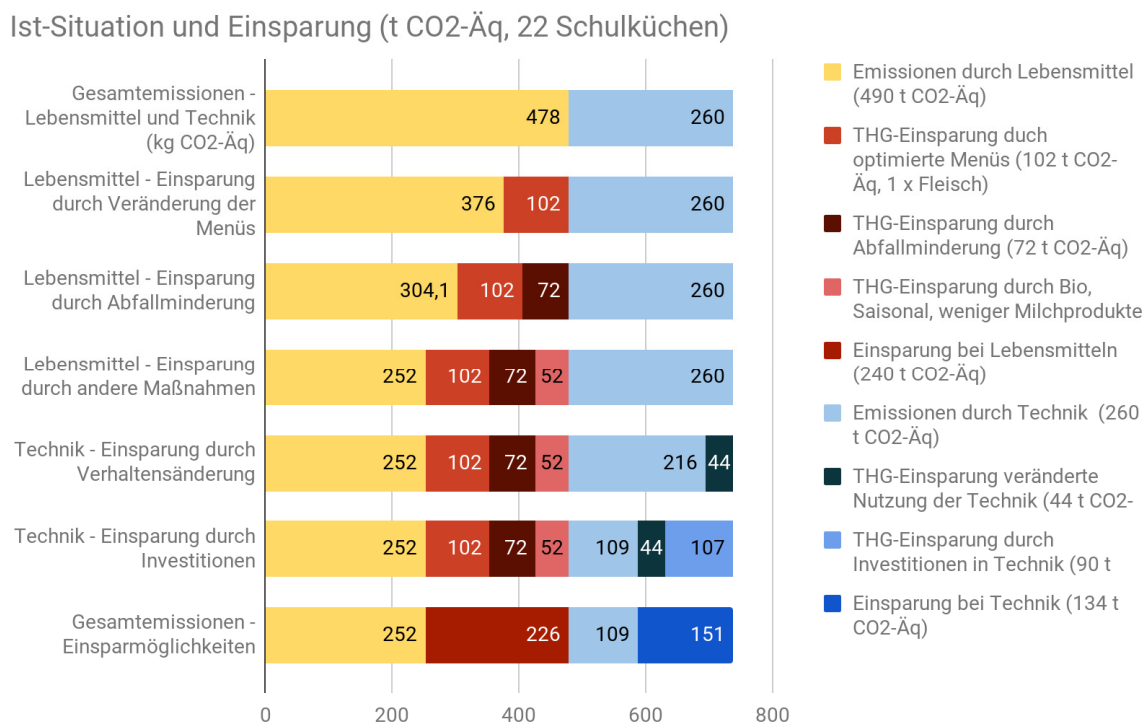
- Im Berechnungsverfahren A (BV-A) wurde der Gesamtenergieverbrauch von vier Praxisküchen genutzt, um spezifische Verbrauchsergebnisse für Kühlen und Gefrieren, Kochen und Garen, Spülen und die Menüs zu erhalten. Auf dieser Basis erfolgte auch eine Hochrechnung auf den Verbund von 22 Schulküchen.
- Im Berechnungsverfahren B (BV-B) wurden die Messergebnisse des Praxistests von EEP dazu genutzt, um standardisierte Werte (Leistung, Auslastung, Betriebsdauer) einzelner Geräte mit den Messwerten zu kombinieren. Auf dieser Basis erfolgte zunächst eine Bilanzierung der einzelnen Küchen und eine Hochrechnung auf den Verbund von 22 Schulküchen.

Weiterhin wurde eine Bilanzierung der Menüs im Praxistest durchgeführt. Hierzu wurden alle ausgereichten Gerichte sowie die jeweilige Anzahl der Portionen erfasst. Daraus ermittelte Werte wurden exemplarisch auf den Verbund von 22 Schulküchen hochgerechnet. Dies erfolgte in drei Stufen:

- Zunächst wurden die ausgereichten Menüs der Praxisküchen bilanziert. Grundlage waren die Netzwerk-Rezepte ausgelegt für Schüler-/innen der Primarstufe
- Ausgehend hiervon wurden folgende Optimierungen Vorgenommen: Menüs mit Rindfleisch wurden durch ein weniger klimaintensives Fleischgericht ausgetauscht. Rezepturen für die bereits eine klimateffizientere Variante entwickelt wurde (siehe Oswald et al. 2017-20) kamen zur Anwendung.
- Auf dieser Basis wurden zusätzlich zwei Szenarien gerechnet: Das erste mit maximal zweimal pro Woche Fleisch sowie ein Ersatz von Rindfleisch gegen Huhn. Das zweite sah nur einmal pro Woche Fleisch vor, das andere wurde gegen ein KEEKS-Menü ersetzt. Der Fisch wurde beibehalten.
- Anschließend wurden Zutaten mit hohen Klimafaktoren bilanziert (Milchprodukte, Eier, Reis). Diese wurden einerseits reduziert und andererseits gegen klimafreundliche Produkte ersetzt, woraufhin ein weiteres Einsparpotential berechnet wurde.
- Als letztes wurden Annahmen über die Klimateffizienz durch Bio, Saisonal-Regional und Verpackungen getroffen und gleichfalls Einsparpotentiale bilanziert.

Die 22 Schulküchen des Praxisverbundes verbrauchen jährlich ca. 490 MWh Strom (ohne Warmwasser und Heizenergie), dies entspricht ca. 260 t CO₂-Äq und in der Praxis ca. 0,5 kWh/Essen (280 g CO₂-Äq). Die Menüs führen durch landwirtschaftliche Erzeugung, Verarbeitung, Verpackung, Transporte und Distribution bei ca. 933.500 Essen pro Jahr zu Emissionen in Höhe von ca. 478 t CO₂-Äq. Somit ergeben sich pro Essen ca. 800 g CO₂-Äq bei Essensportionen von ca. 350 g. Es zeigen sich große Einsparpotentiale. Bei den Lebensmitteln und den Menüs können 226 t CO₂-Äq, d.h. 30 % in Bezug auf die Gesamtemission von ca. 738 t CO₂-Äq eingespart werden. Bei der Technik kann durch Verhaltensänderung ca. 44 t CO₂-Äq, d.h. 6% der Gesamtemissionen eingespart werden. Bedeutender sind jedoch Investitionen in neue Geräte (Gefrieren, Kühlen, Spülen, Beleuchtung), die eine Einsparung von maximal 107 t CO₂-Äq (14,5 %) ermöglichen. Das Einsparpotential liegt bei ca. 49 % der gesamten THG-Emissionen. Als Ziel könnten die Schulen sich durchaus 0,25 kWh/Essen für die Küchenprozesse und durchschnittlich ca. 0,27 g CO₂-Äq/Essen für die Menüs setzen.

Abbildung 1: Gesamte Einsparpotentiale bei Menüs und Technik (t CO₂-Äq)

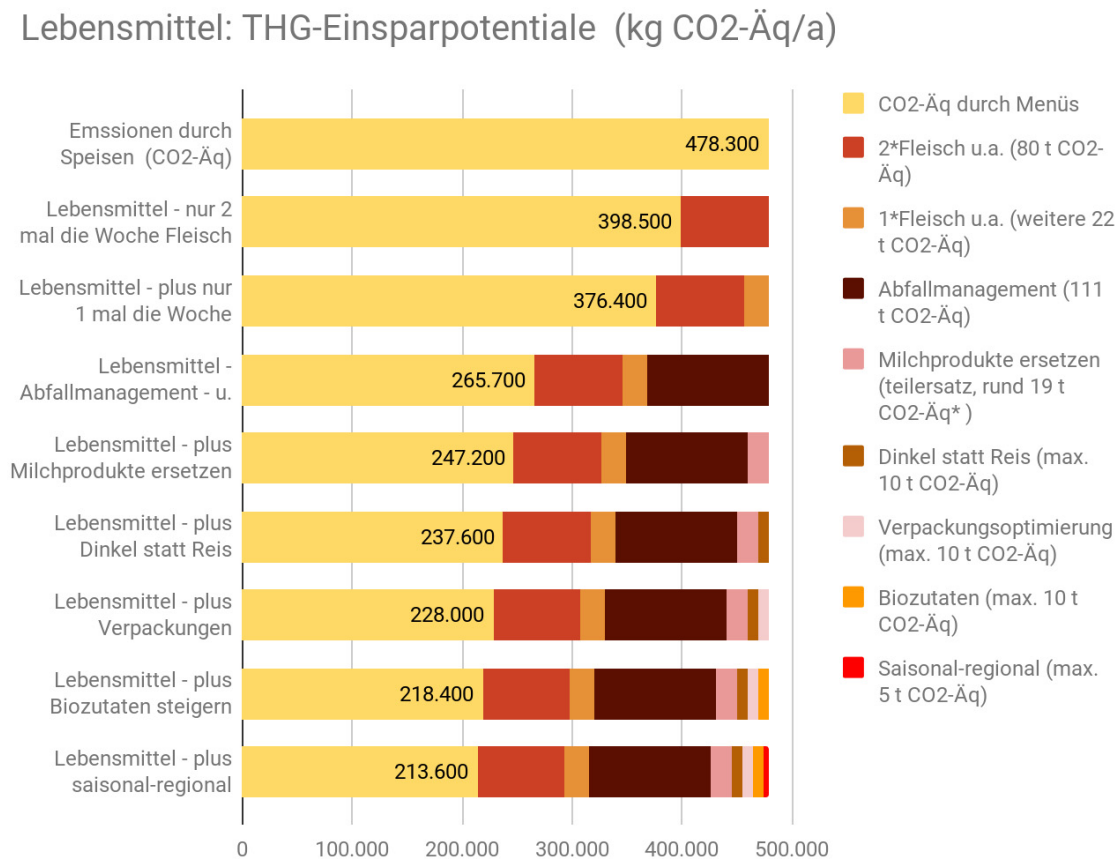


Quelle: Eigene Darstellung, vgl. EEP und Scharp 2017-46: Maßnahmenauswertung.

1.4 Veränderung der Lebensmittel und der Menüs

Insgesamt könnten mehr als 50 % der gesamten THG-Emissionen von ca. 478 t CO₂-Äq für die 933.500 Menüs (Hochrechnung auf Basis des Praxistests und Literaturstudien) eingespart werden. Der größte Anteil resultiert aus der Abfallminderung auf Basis von Literaturstudien über das Abfallaufkommen mit Hilfe eines umfassenden Abfallmanagements (ca. 111 t CO₂-Äq). Der zweitgrößte Anteil resultiert aus der Reduktion des Fleischs - insbesondere der Verzicht auf Rindfleisch sowie die Einhaltung der DGE-Empfehlung von nur zweimal Fleisch pro Woche in Verbindung mit der Optimierung der Menüs (Reduktion um 80 t CO₂-Äq). Verzicht man auf ein weiteres Fleischgericht so würde man weitere 22 t CO₂-Äq einsparen. Einen deutlichen Effekt hat auch die Maßnahme, wenn ein Teil der Milchprodukte gegen klimaeffiziente Alternativen wie Soja ausgetauscht wird, fettarmer Käse verwendet und auf Butter verzichtet wird. Andere Maßnahmen wie mehr Dinkel statt Reis, mehr Bio, wenn möglich saisonal-regional und die Verpackungen zu optimieren, summieren sich auf fast 35 t CO₂-Äq.

Abbildung 2: Einsparpotentiale durch Lebensmittel¹ und Menüs



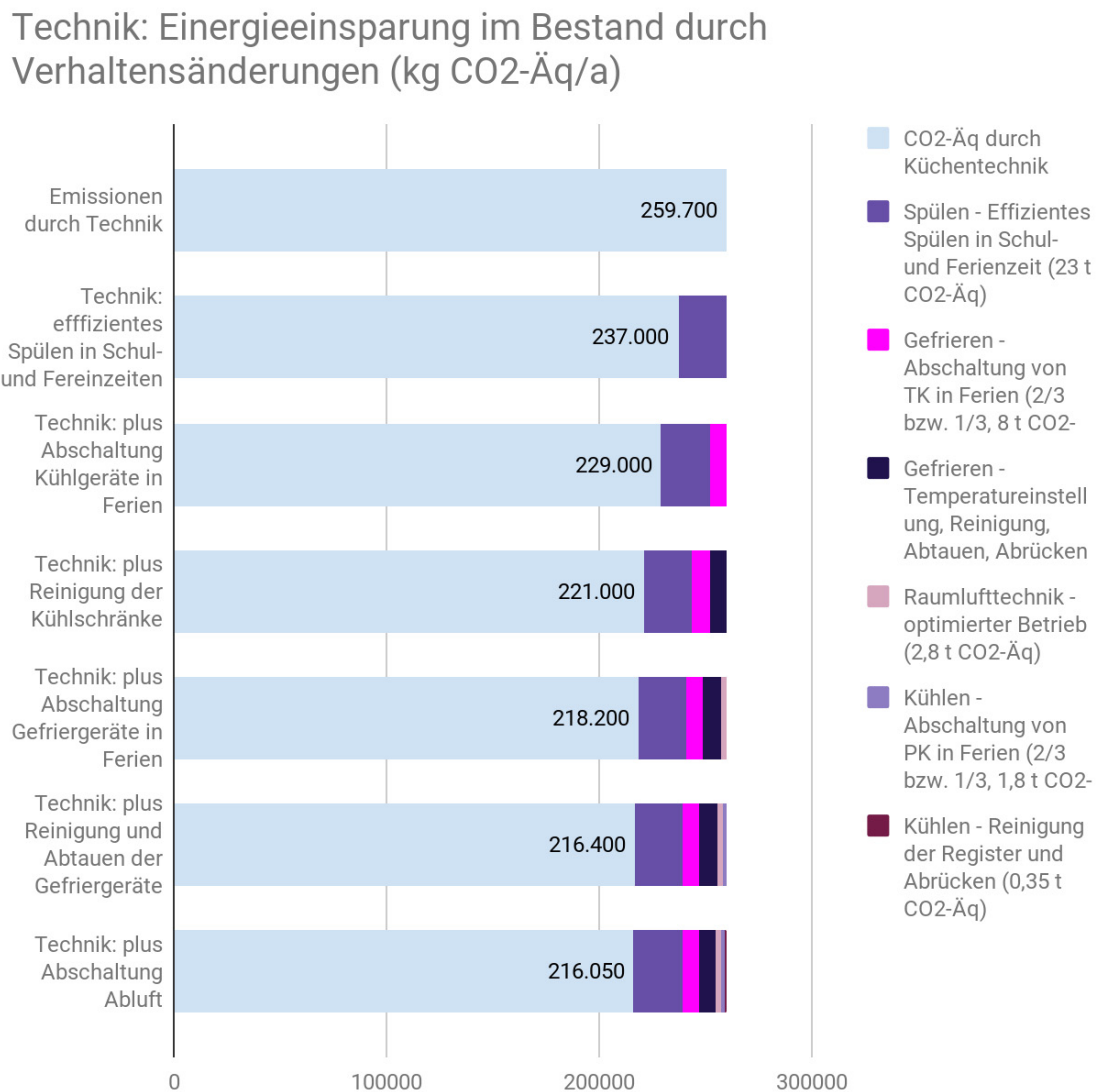
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. EEP und Scharp 2017-46. *Maximale Reduktion von 52 % ergibt sich bei vollständigem Austausch aller Milchprodukte durch vegane Alternativen.

1.5 Veränderungen in der Nutzung der Technik:

Im Rahmen der Nutzung der vorhandenen Geräte sind auch große Einsparpotentiale in Bezug auf die ca. 260 t CO₂-Äq möglich. Das größte Potential wird beim effizienten Spülen gesehen mit fast 23 t CO₂-Äq (möglicherweise ist dieser Wert zu hoch angesetzt). Weitere große Potentiale liegen bei der effizienten Nutzung von Hockerkocher und Konvektomat (14,5 t CO₂-Äq) sowie der richtigen Temperatureinstellung, dem Abtauen, Reinigen und Abrücken der Gefrierschränke (ca. 8 t CO₂-Äq).

¹ Einsparpotentiale durch Lebensmittel "Fleisch u.a." beinhalten neben der Reduktion der Fleischmenüs auch eine Klimaoptimierung einiger Rezepturen.

Abbildung 3: Einsparpotentiale durch veränderte Nutzung der Technik



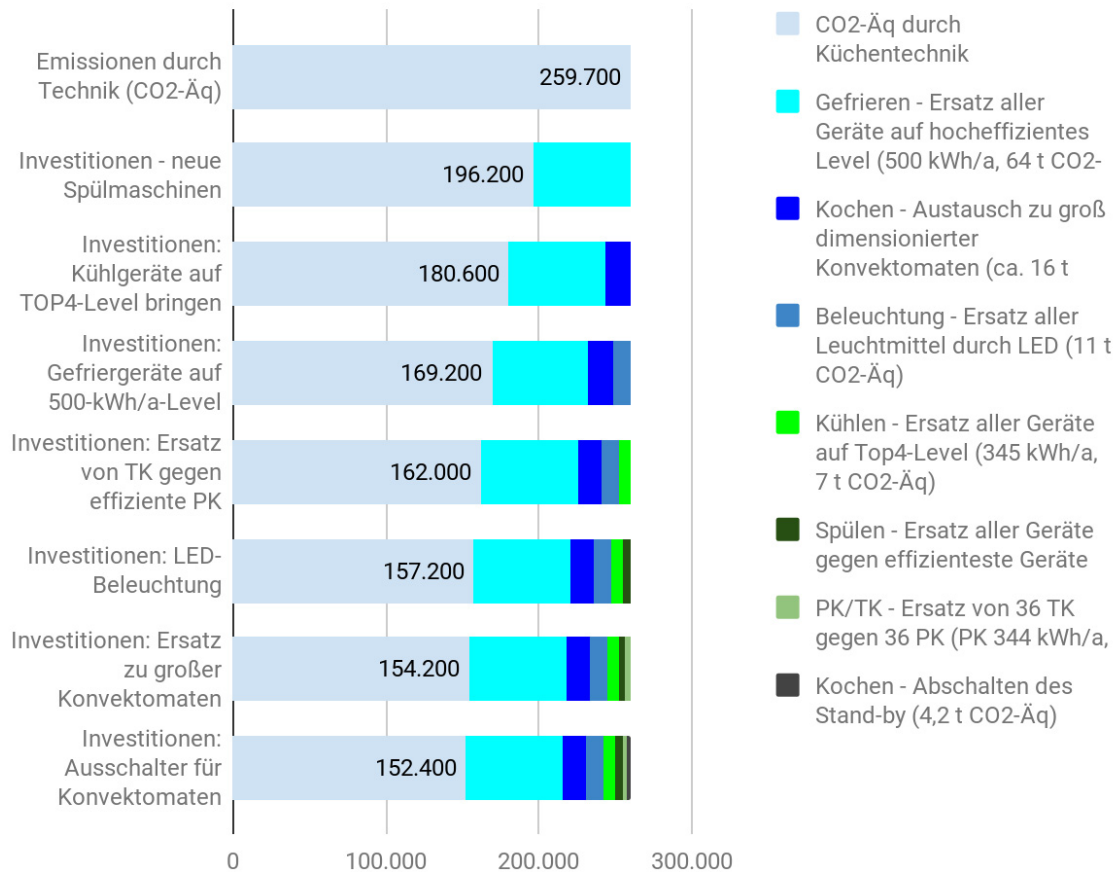
Quelle: Eigene Darstellung, vgl. EEP und Scharp 2017-46.

1.6 Investitionen - Beschaffung neuer Geräte

Der Praxistest hat gezeigt, dass insbesondere die Gefriertechnik zu sehr hohen Emissionen führt. Hier könnten durch die Beschaffung neuer Geräte ca. 64 t CO₂-Äq eingespart werden. Neue Spülmaschinen und Kühlschränke, kleinere Konvektomaten und Schalter zur Vermeidung von Stand-by bei Konvektomaten könnte weitere 37 t CO₂-Äq bringe. Eine weitere lohnendste lohnende Investition sollte der Ersatz der Beleuchtung durch LED sein, dies würde ca. 11 t CO₂-Äq einsparen. Insgesamt liegt das Investitionspotential bei der Technik bei ca. 15 % der Gesamtemissionen.

Abbildung 4: Einsparpotentiale durch Investitionen in effiziente Technik.

Technik: Energieeinsparung durch Investitionen (kg CO₂-Äq/a)



Quelle: Eigene Darstellung, vgl. EEP und Scharp 2017-46

2 Energieverbrauch der vier Praxisküchen pro Essen

Ziel des Arbeitspakets „KEEKS – Erster Praxistest“ in AP 05 war die Erprobung des Maßnahmenkonzepts für klimaschonende und energieeffiziente Küchen am Beispiel von fünf ausgewählten Praxistest-Schulen. Auf Basis des Testkonzepts (siehe Schulz-Brauckhoff et al. 2017-29) wurde der Praxistest (siehe Schulz-Brauckhoff 2017-31) durchgeführt. Im Mittelpunkt der Testphase standen:

- eine Energieverbrauchsanalyse und
- die Erfassung der Menüs, Prozesse und Techniknutzung.

Für die Durchführung der Praxistests wurden fünf Schulküchen ermittelt, deren Datenerhebungen der Status-quo-Phase des Projekts in Teilen bereits valide erfasst werden konnten. Die fünf ausgewählten Schulküchen, die den Praxistest durchführten, waren:

- KGS Mainzer Straße, Mainzer Straße, 30-34, 50678 Köln
- KGS Mengenicher Straße, Mengenicher Straße 28, 50829 Köln
- KGS Trierer Straße, Trierer Straße 8, 50676 Köln
- KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße, Wilhelm-Schreiber-Straße, 50827 Köln
- GGS Nesselrodestraße, Nesselrodestraße 15, 50735 Köln

Der Durchführungszeitraum des Praxistests fand in der Zeit vom 20. März bis einschließlich 28. April 2017 statt. Zur Ermittlung der Daten wurden drei Konzepte umgesetzt:

1. Für jede Schulküche wurden Fragebögen für den festgelegten Zeitraum von jeweils einer Kalenderwoche vorbereitet, die eigenständig ausgefüllt wurden. Diese umfassten vor allem die Speisenplanung aber auch die Bestimmung technischer Prozesse sowie Messungen der Abfallmenge.
2. Wesentlich für den Praxistest war die Erfassung des Energieverbrauchs in Verbindung mit der Erfassung der Prozesse in den Schulküchen. Im Rahmen des Praxistests wurden in den fünf Schulen feste Messpunkte am Sicherungskasten für Drehstromanlagen, aber auch Steckermessgeräte für alle Geräte mit Stecker verwendet. Insgesamt wurden in den fünf Schulen 32 Steckermessgeräte für Kühl- und Gefrierschränke, für Waschmaschinen und Trocknern sowie für Bain-Marie und Salatvitrine verwendet. Am Sicherungskasten mit Drehstrom erfolgten 17 Messungen (viermal gesamt, Kochfelder, Konvektomaten, Hockerkocher und Spülmaschinen). Zur Auswertung wurden zwei Verfahren gewählt
 - a. Im Berechnungsverfahren A (BV-A) wurde der Gesamtenergieverbrauch von vier Praxisküchen genutzt, um spezifische Verbrauchsergebnisse für Kühlen und Gefrieren, Kochen und Garen, Spülen und die Menüs zu erhalten. Auf dieser Basis erfolgte auch eine Hochrechnung auf den Verbund von 22 Schulküchen.
 - b. Im Berechnungsverfahren B (BV-B) wurden die Messergebnisse des Praxistests von EEP dazu genutzt, um standardisierte Werte (Leistung, Auslastung, Betriebsdauer) einzelner Geräte mit den Messwerten zu kombinieren. Auf dieser Basis erfolgte zunächst eine Bilanzierung der einzelnen Küchen und eine Hochrechnung auf den Verbund von 22 Schulküchen.

3. Weiterhin wurde eine Bilanzierung der Menüs im Praxistest durchgeführt. Hierzu wurden alle ausgereichten Gerichte sowie die jeweilige Anzahl der Portionen erfasst. Daraus ermittelte Werte wurden exemplarisch auf den Verbund von 22 Schulküchen hochgerechnet. Dies erfolgte in drei Stufen:
 - a. Zunächst wurden die ausgereichten Menüs der Praxisküchen bilanziert. Grundlage waren die Netzwerk-Rezepte ausgelegt für Schüler-/innen der Primarstufe
 - b. Ausgehend hiervon wurden folgende Optimierungen Vorgenommen: Menüs mit Rindfleisch wurden durch ein weniger klimaintensives Fleischgericht ausgetauscht. Rezepturen für die bereits eine klimaeffizientere Variante entwickelt wurde (siehe Oswald et al. 2017-20) kamen zur Anwendung.
 - c. Auf dieser Basis wurden zusätzlich zwei Szenarien gerechnet: Das erste mit maximal zweimal pro Woche Fleisch sowie ein Ersatz von Rindfleisch gegen Huhn. Das zweite sah nur einmal pro Woche Fleisch vor, das andere wurde gegen ein KEEKS-Menü ersetzt. Der Fisch wurde beibehalten.
 - d. Anschließend wurden Zutaten mit hohen Klimafaktoren bilanziert (Milchprodukte, Eier, Reis). Diese wurden einerseits reduziert und andererseits gegen klimafreundliche Produkte ersetzt, woraufhin ein weiteres Einsparpotential berechnet wurde.
 - e. Als letztes wurden Annahmen über die Klimaeffizienz durch Bio, Saisonal-Regional und Verpackungen getroffen und gleichfalls Einsparpotentiale bilanziert.

2.1 Messpunkte und Geräte

Wesentlich für den Praxistest war die Erfassung des Energieverbrauchs in Verbindung mit der Erfassung der Prozesse in den Schulküchen. Im Rahmen des Praxistests wurden in den fünf Schulen feste Messpunkte am Sicherungskasten für Drehstromanlagen, aber auch Steckermessgeräte für alle Geräte mit Stecker verwendet. Die Messpunkte waren wie folgt geplant - tatsächlich wurde nur ein Teil dieser geplanten Messpunkte tatsächlich mit Messgeräten versehen (fett gesetzt und hellgrau hinterlegt):

Tabelle 1: Messpunkte Steckermessgeräte

KGS Mainzer Straße	KGS Mengenicher Straße	KGS Trierer Straße	GGG Nesselrodestraße	KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße
Kühlschrank 1	Kühlschrank 1	Kühlschrank1 (Datenfehler)	Kühlschrank 1	Kühlschrank 1
Kühlschrank 2	Kühlschrank 2	Kühlschrank 2	Kühlschrank 2	Kühlschrank 2 (Datenfehler)
Kühlschrank 3	Kühlschrank 3	Gefrierschrank1	Kühlschrank 3	Kühlschrank 3
Gefrierschrank 1	Gefrierschrank 1	Gefrierschrank2 (Datenfehler)	Gefrierschrank 1	Gefrierschrank 1
Gefrierschrank 2	Gefrierschrank 2	Gefrierschrank 3	Gefrierschrank 2	Gefrierschrank 2
Gefrierschrank 3	Tiefkühltruhe	Bain Marie 1	Bain Marie 1	Gefrierschrank 3
Gefrierschrank 4	Waschmaschine	Bain Marie 2	Bain Marie 2	Gefrierschrank 4
Waschmaschine	Trockner	Waschmaschine	Bain Marie 3	Salatvitrine
Trockner	Wärmewagen	Trockner	Bain Marie 4	Bain Marie
	Wärmewagen	Waschmaschine	Bain Marie 5	Waschmaschine
		Trockner		Trockner

Quelle: Eigene Darstellung. Kommentar zu Gefrierschrank 1

Die Messpunkte für den Messkoffer an den Drehstromgeräten waren wie folgt:

Tabelle 2: Messpunkte Messkoffer (Sicherungskasten)

KGS Mainzer Straße	KGS Mengener Straße	KGS Trierer Straße	GGG Nesselrodestraße	KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße
Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt
Konvektomat	Konvektomat	Konvektomat	Konvektomat	Konvektomat 1
Konvektomat	Hockerkocher	Konvektomat	Hockerkocher	Konvektomat 2
Konvektomat	Kochfeld	Hockerkocher	Kochfeld 1	Hockerkocher 1
Kochfeld	Spülmaschine	Kochfeld	Kochfeld 2	Hockerkocher 2
Spülmaschine 1		Spülmaschine	Spülmaschine 1	Kochfeld
Spülmaschine 2		Backofen	Spülmaschine 2	Spülmaschine 1
Hockerkocher (Daten von IFEU)				Spülmaschine 2
Tiefkühlzelle (außer Betrieb 2016)				

Quelle: Eigene Darstellung

2.2 Energieverbrauch pro Essen in den vier Praxisküchen (BV-A)

Für die vier Praxisküchen wurde der Gesamtenergieverbrauch über 12 Schultage, 4 Ferientage sowie 14 Schließtage ermittelt. Dieser Gesamtenergieverbrauch wurde am Stromzähler der Küche abgegriffen und umfasste alle Energieverbraucher der Küche (nicht erfasst wurden Energieverbraucher die nicht am Sicherungskasten der Küche angeschlossen waren wie z. B. zentrale Warmwasseranlagen, Waschmaschinen, Trockner oder Bain Maries. Für die Schul- und Ferientage wurden auch die Menüs und die Zahl der Essen bestimmt. Die folgende Tabelle listet die Ergebnisse auf:

Tabelle 3: Messdaten und Energieverbräuche von vier Praxisküchen

	Bezug	Mainzer Straße	Nesselrodestraße	Trierer Straße	Wilhelm-Schreiber-Straße	Summe
Summe über 12 Schultage (kWh)	Messzeitraum	1.800	895	653	1.443	4.791
Summe über 4 Tage Ferientag (kWh)	Messzeitraum	473	244	174	405	1.297
Summe über 14 Schließtage (kWh)	Messzeitraum	838	345	218	786	2.187
Energieverbrauch der Praxisküchen 30 Tage	Messzeitraum	3.111	1.485	1.046	2.634	8.276
192 Schultage (kWh)	Schuljahr	28.796	14.323	10.448	23.092	76.659
32 Tage Ferienbetrieb (kWh)	Schuljahr	3.788	1.956	1.395	3.240	10.379
140 Schließtage (kWh)	Schuljahr	8.376	3.451	2.184	7.863	21.874
Energieverbrauch der Praxisküchen	Schuljahr	40.960	19.730	14.028	34.194	108.912
ausgegebene Essen Kinder	Schultag	416	196	186	148	946
ausgegebene Essen Erwachsene (geschätzt, 8 %, 2016)	Schultag	33	16	15	12	76
ausgegebene Essen Kinder	Ferientag	136	90	55	51	332

2 ENERGIEVERBRAUCH DER VIER PRAXISKÜCHEN PRO ESSEN

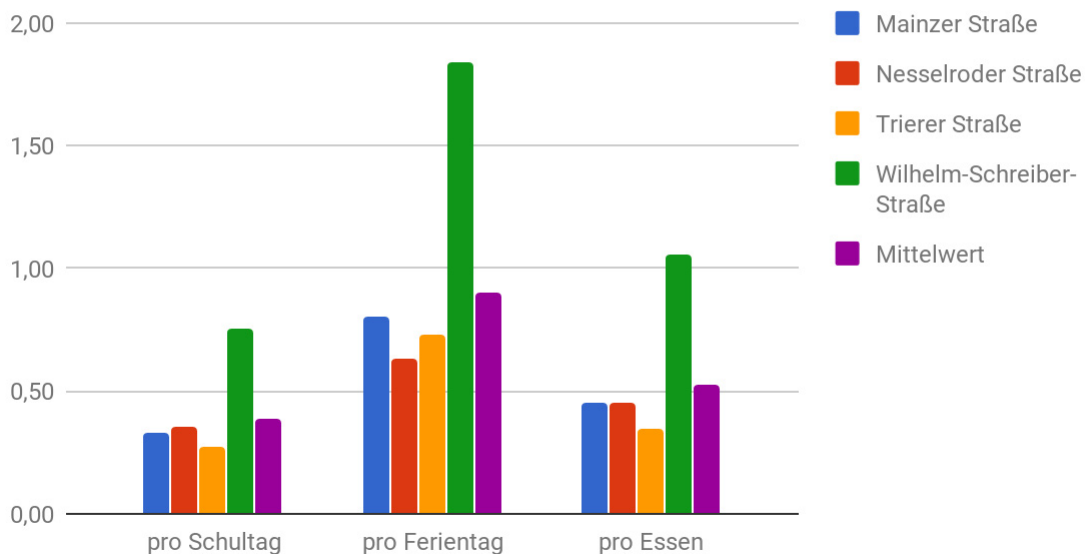
ausgegebene Essen Erwachsene (geschätzt, 8 %, 2016)	Ferientag	11	7	4	4	27
ausgegebene Essen pro Jahr	Schultage	86.262	40.643	38.569	30.689	196.163
ausgegebene Essen pro Jahr	Ferientage	4.700	3.110	1.901	1.763	11.474
ausgegebene Essen pro Jahr	Schließstage	0	0	0	0	0
Jahressumme der ausgegebenen Essen	Jahr	90.962	43.753	40.470	32.452	207.636
Energieverbrauch pro Essen (kWh)	pro Schultag	0,33	0,35	0,27	0,75	0,39
Energieverbrauch pro Essen (kWh)	pro Ferientag	0,81	0,63	0,73	1,84	0,90
Energieverbrauch pro Essen (kWh)	pro Schließtag	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Energieverbrauch der Praxisküchen (kWh)	pro Essen	0,45	0,45	0,35	1,05	0,52

Quelle: Eigene Darstellung

Die folgende Abbildung zeigt, dass der Energieverbrauch pro Essen zwischen Ferien- und Schulzeit sehr unterschiedlich ist, da die Anzahl der Ferienessen deutlich geringer ist und somit alle Prozesse energieineffizienter werden.

Abbildung 5: Energieverbräuche pro Essen in den Praxistestschulen

Energieverbrauch pro ausgegebenen Essen der vier Praxistestschulen (kWh)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-40

Auf Basis des Praxistest ergibt sich ein Energieverbrauch von ca. 0,5 kWh als Mittel für ein ausgegebenes Essen. Grundlage hierfür war die Bestimmung des Energieverbrauchs von vier Schulküchen über den Zeitraum von 12 Schultagen, 4 Ferientagen sowie 14 Schließtagen.

2.3 Gesamtenergieverbrauch der 22 Schulküchen nach Prozessbereichen (BV-A)

Mit dem im Praxistest berechneten und oben dargestellten Mittelwerten kann der Jahresverbrauch aller 22 Schulküchen berechnet werden. Der Gesamtenergieverbrauch lässt sich mit folgender Methodik berechnen:

1. In dem Praxistest wurde an den vier Praxisküchen zunächst für die Schul-, Ferien und Schließtage der Energieverbrauch bestimmt.
2. Dieser Werte wurde und dann ausgehend von den insgesamt vorhandenen Schul-, Ferien- und Schließtagen auf das Jahr hochgerechnet.
3. Aus den insgesamt sowie an Schul- und Ferientagen ausgegebenen Essen wurden die entsprechenden Mittelwerte des Energieverbrauchs je Essen errechnet. Dieser Wert deckt den Energieverbrauch über die Schul-, Ferien- und Schließtage ab.
4. Die Zahl der Essen der Erwachsenen wurde aus der Status-Quo-Analyse von 2016 übernommen, dies waren im Mittel 8 % Essen in Schul- und Ferienzeiten. Referenz sind hierbei die 22 Schulküchen.
5. Die Zahl der Essen in den Ferienzeiten wurde auf Basis des Praxistest bestimmt. Referenz sind hierbei die vier Praxisküchen mit einer durchschnittlichen Anzahl von 36 % an Ferienessen.
6. Ausgehend von dem so erhaltenen Gesamt-Mittelwert von ca. 0,5 kWh/Essen und den insgesamt im Jahr ausgegebenen ca. 933.000 Essen aller 22 Schulküchen ergibt sich somit ein Energieverbrauch von ca. 490.000 kWh in 2017.

Die nachfolgende Tabelle zeigt noch einmal die Datengrundlage.

Tabelle 4: Berechnung des Energieverbrauchs der 22 Schulküchen in 2017

Energieverbrauch der 22 Schulküchen	Schultage	Ferientage	Erläuterung
Anzahl Essen Kinder	4.247	1.529	Erhebung 2017, ca. 36% Ferienessen in 2016
Anzahl Essen Erwachsene	340	122	8% Erwachsene im Mittel in 2016, 36% Ferienessen geschätzt
Anzahl Tage	192	32	Schuljahr
Anzahl Essen	880.658	52.839	Schuljahr
Anzahl Essen gesamt	933.497		Schuljahr
Energieverbrauch pro Essen (kWh)	0,52		Bezug Schul-, Ferien und Schließtage von 4 Praxisküchen
Energieverbrauch der 22 Schulküchen	489.651		

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-41

2.4 Gesamtenergieverbrauch nach Prozessbereichen (BV-B)

Parallel dazu wurde zur Datenvalidierung auf einem zweiten Wege der Gesamtenergieverbrauch von EEP abgeschätzt (vgl. EEP 2017-41):

- Zum einen wurden die Messwerten (Mittelwerte) in den vier Praxisküchen genutzt, um den Energieverbrauch von Konvektomaten, Spülmaschinen, Waschmaschinen,

Bean Marie oder Herdplatten zu bestimmen. Diese Werte wurden mit 224 Nutzungstagen (Schultage und Ferientage) multipliziert um den Energieverbrauch zu erhalten.

- Weiterhin wurden die Messwerte für die Kühl- und Gefrierschränke genutzt, um über 356 Nutzungstage hinweg den Energieverbrauch für Kühlen und Gefrieren zu bestimmen.
- Nicht vermessene Geräte wie die Beleuchtung, Dunstabzugshaube, Backofen, Kleingeräte wie Mixer, Wasserkocher oder Mikrowelle sowie Warmwasserspeicher bzw. Durchlauferhitzer wurden anhand ihrer Leistung, Auslastung und Betriebsstunden bewertet.
- Für jede Schule wurde dann zunächst der gesamte Energieverbrauch bestimmt. Für den Schulverbund ergibt sich ein Energieverbrauch pro Jahr von ca. 464.000 kWh. Dies bedeutet eine Abweichung von weniger als 5% von dem auf dem zweiten Wege - spezifischer Energieverbrauch der Praxisküchen pro Essen hochgerechnet auf die Gesamtzahl aller Essen - berechneten Gesamtenergieverbrauch von ca. 464.000 kWh.

Hiermit ergibt sich ein Energieverbrauch pro Essen von 0,5 kWh/Essen.

Die folgende Tabelle zeigt den Berechnungsweg.

Tabelle 5: Berechneter Gesamtenergieverbrauch der Schulküchen

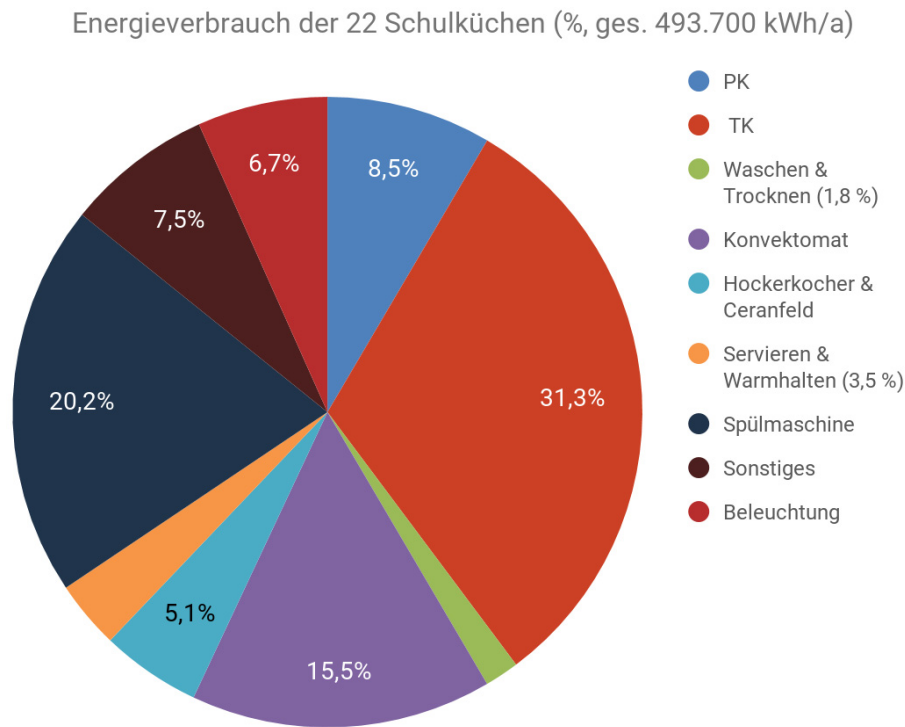
Prozessbereich	Gesamt (kWh)	PK und TK (kWh)	Anteil	Anteil
PK & TK		196.400	40 %	
PK	41.800			21 %
TK	154.600			79 %
Waschen & Trocknen (1,8 %)	8.700		1,8 %	
Konvektomat	76.300		15 %	
Hockerkocher & Ceranfeld	25.300		5 %	
Servieren & Warmhalten (3,5 %)	17.200		3 %	
Spülmaschine	99.600		20 %	
Sonstiges	37.200		8 %	
Beleuchtung	33.049		7 %	
Gesamt	493.700		100 %	

Quelle: Eigene Berechnung nach EEP und Scharp 2017-46

Die obige Tabelle zeigt, dass vier Bereiche besonders relevant sind: Kühlen und Gefrieren mit ca. 39 % des Energieverbrauchs - hiervon allein das Tiefkühlen bzw. Gefrieren mit fast 80 % der Kühlenergie bzw. einem Drittel des gesamten Energieverbrauchs, das Spülen mit ca. 20 % sowie das Garen im Konvektomaten mit ca. 18 %. Die Beleuchtung ist mit 8 % insofern relevant als das hier leicht durch einen Lampenaustausch viel Energie eingespart werden kann.

1. Insbesondere das Tiefkühlen ist vermutlich der wichtigste Prozessbereich, der prioritär untersucht werden sollte.
2. Ebenso sind Spülen und Kühlen aufgrund der hohen Energieverbrauchsanteile relevant.
3. Die Beleuchtung sollte - aufgrund der relativ geringen Aufwendungen für Ersatzmaßnahmen - gleichfalls prioritär behandelt werden.

Abbildung 6: Energieverbrauch der Schulen nach Prozessbereichen (%)



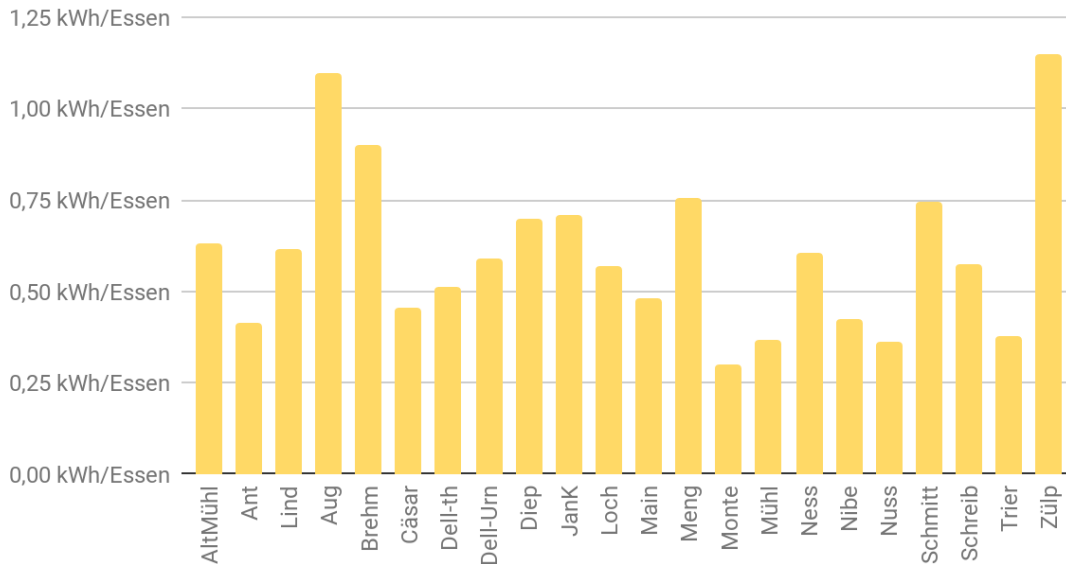
Quelle: Eigene Darstellung nach EEP und Scharp 2017-46

2.5 Energieverbrauch pro Essen (BV-B)

Die berechneten Energieverbräuche der 22 Schulküchen lassen sich dann noch hinsichtlich der Zahl der Essen näher bestimmen. Grundlage hierfür waren die in 2017 gemeldeten Essenzahlen in der Schulzeit, eine Addition von 8 % Lehreressen auf Basis der Erhebung in 2016 sowie 36 % Ferienessen an 32 Ferientagen auf Basis des Praxistest. Die folgende Abbildung zeigt den Energieverbrauch pro Essen und Schule.

Abbildung 7: Energieverbrauch pro Essen und Schule (kWh/Essen)

Energieverbrauch pro Essen (kWh/Essen, 22 Schulküchen)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP und Scharp 2017-46

Die obige Abbildung zeigt, dass der Energieverbrauch - bestimmt mit Hilfe gemessenen und mit Standardisierten Werten, d.h. nicht durch Messungen selbst - sehr differieren kann und deutlich schwankt um den berechneten Wert von **0,57 kWh/Essen**. Hieraus ergeben sich zwei Schlussfolgerungen:

- Erstens, würden alle Schulen, die über dem Durchschnittswert von ca. 0,6 kWh liegen, diesen Erreichen, so könnten ca. 15 % oder ca. 70.000 kWh eingespart werden.
- Zweitens, sind die Schwankungen um diesen Mittelwert von 0,57 kWh/Essen herum sehr stark von 0,25 kWh/Essen z.B. in der Montessorischule und 1,15 kWh / Essen in der Zülpener Straße.

3 Technik - Kochen und Garen

3.1 Durchführung und Einschränkungen

Im Zeitraum vom 29.03.17 bis 27.04.17 wurden für verschiedene Kochgeräte wie Konvektomat, Hockerkocher oder Kochfeld in den fünf Vergleichsschulen die in der folgenden Tabelle 11 aufgeführten Messungen durchgeführt (grau hinterlegt). Hierbei wurden nur in der Mengener Straße die Verbräuche aller Geräte gemessen.

Tabelle 6: Messpunkte Messkoffer (Sicherungskasten)

KGS Mainzer Straße	KGS Mengener Straße	KGS Trierer Straße	GGG Nesselrodestraße	KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße
Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt
Konvektomat (10 kW)	Konvektomat (17 kW)	Konvektomat (10 kW)	Konvektomat (19 kW)	Konvektomat 1 (10 kW)
Konvektomat (37 kW)	Hockerkocher	Konvektomat (?)	Hockerkocher	Konvektomat 2 (10 kW)
Konvektomat (?)	Kochfeld	Hockerkocher	Kochfeld 1	Hockerkocher 1
Kochfeld		Kochfeld	Kochfeld 2	Hockerkocher 2
Hockerkocher (Daten von IFEU)		Backofen		Kochfeld

Quelle: Scharp et al. 2017-33

Die Energiekennwerte für die Kochprozesse zwischen den Schulen können nicht vollständig miteinander verglichen werden, da in keiner Schule alle wesentlichen eingesetzten Kochgeräte plus dem Gesamtenergieverbrauch gemessen wurden. Gründe dafür waren vor allem die endliche Ausstattung mit Messgeräten sowie nicht zugängliche Verkabelungen. Daher kann auch nicht immer exakt nachvollzogen werden, welche Gerichte mit welchen Geräten zubereitet wurden. Um diese Unsicherheit ein wenig einzugrenzen, wurde eine Nachbefragung zu den Kochgewohnheiten und Vorfertigungsstufen der Zutaten durchgeführt.

3.2 Ergebnisse des Praxistests für die Schulen

3.2.1 Energieverbrauch der Schulen durch Nutzung der Kochgeräte im Vergleich

Wie ist das Verhältnis der Nutzung der Geräte in einer Schule? Die Antwort hierauf lässt sich durch den Energieverbrauch der Geräte im Vergleich zeigen. Der Konvektomat kommt in fast allen betrachteten Schulen sehr häufig zum Einsatz und ist der größte Verbraucher beim Prozess "Kochen und Garen". Da in der Mengener Straße als einzige der fünf Praxisküchen alle drei Kochgeräte gemessen wurden, verwenden wir diese als Beispiel, um die Relation des Stromverbrauchs durch die Nutzung der Küchengeräte deutlicher zu zeigen. Durchschnittlich werden hier 18,42 kWh pro Schultag an Koch-Energie verbraucht. Der Konvektomat verbraucht im Schnitt 15,85 kWh (= 0,165 kWh/Essen), wohingegen im Vergleich die Nutzung des Hockerkochers mit 0,24 kWh (= 0,002 kWh/Essen) oder das Kochfeld mit 2,33 kWh (= 0,016 kWh/Essen) sehr viel weniger ins Gewicht fällt (s. Tabelle 12). An dieser Stelle muss jedoch

betont werden, dass der Hockerkocher an den anderen Schulen deutlich intensiver genutzt wird und die Werte der Mengener Straße daher keine Repräsentativität beanspruchen.

Tabelle 7: Energieverbrauch der Kochgeräte im Vergleich, Mengener Straße

Mengener Straße	Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld
Gesamtstromverbrauch [kWh] im Messzeitraum (12 Tage: 8 Schultage, 4 Ferientage)	190	3	28
Ø Energieverbrauch pro Tag [kWh/h]	15,85	0,24	2,33
Küchengeräte anteilig am gesamten Verbrauch Kochen (%)	86	1,3	12,6
Ø Energieverbrauch pro Essen	0,165	0,002	0,016

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP (2017-42). Hinweis: In anderen Schulen ist die Nutzung verschieden so dass z.B. dort der Hockerkocher pro Tag einen Verbrauch von 1,1 bis 3 kWh/Tag verbraucht.

Auch der Vergleich der anderen Schulen zeigt, wie wichtig der Konvektomat und seine vielfältigen Einsatzmöglichkeiten sind. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

3.2.2 Anschlussleistung und Energieeffizienz

Zwei zentrale Punkte, der generelle Energieverbrauch sowie die Energieeffizienz sind zu beachten, wenn es um den Einsatz eines Konvektomaten geht. Zum einen wurde festgestellt, dass die Schulen sehr unterschiedlich große Konvektomaten in den Küchen einsetzen. Beispielsweise besitzt die Schule an der Nesselrodestraße mit der Anschlussleistung 19 kWh einen sehr leistungsstarken Konvektomat, während die Schule an der Wilhelm-Schreiber-Straße auf zwei Konvektomaten mit jeweils 10 kW Anschlussleistung setzt. Wie im Laufe der Ausführungen gezeigt wird, geht damit ein unterschiedlicher Energieverbrauch einher.

Eine tragende Rolle bei der Energieeffizienz spielen die Anzahl der Gerichte, die zu einer mehr oder minder hohen Geräteauslastung führen. In vielen Beispielen wird deutlich, dass es für den Stromverbrauch des Konvektomaten kaum einen Unterschied macht, wie viele Gerichte in einem Kochvorgang im Konvektomat zubereitet werden. Dementsprechend führen weniger Gerichte nicht zu einem nennenswert geringeren Energieverbrauch des Geräts und führen damit zu einer niedrigeren Energieeffizienz pro Gericht.

Tabelle 8: Energieeffizienz in Abhängigkeit zur Anzahl an Gerichten. (Vergleich Mengener Straße)

Mengener	Rezept	Datum	Anz. Essen	Energieverbrauch (kWh)				
				Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld	Gesamt Kochen	Kochen/ Essen
	Hähnchenbrust mit Leipziger Allerlei	05.04.	138	19,93	0,47	2,95	23,35	0,17
	Lasagne	10.04.	60	19,1	0,22	2,52	21,84	0,36

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP (2017-42)

Vergleich der Kochgeräte: Hockerkocher und Konvektomat

Der Hockerkocher wird alternativ zum Konvektomaten genutzt, da auch hiermit große Mengen zubereitet werden können. Es gibt verschiedene Modelle von Hockerkochern, welche im Anschlusswert nicht sonderlich abweichen (meist 3,5 kW Anschlusswert). Die Option unterscheidet sich vom Konvektomaten insofern, als nur ein Kochtopf genutzt werden kann und somit keine verschiedenen Speisekomponenten gleichzeitig gekocht werden können. Der Hockerkocher bietet sich deshalb für Suppen und Eintöpfe, aber natürlich auch für das Kochen großer Mengen an Reis, Kartoffeln oder Nudeln an, sofern die Stärkebeilagen nicht mit anderen Komponenten zusammen im Konvektomaten gegart werden.

Eine grundsätzliche Aussage, ob Gerichte auf dem Hockerkocher oder der im Konvektomaten energieeffizienter zubereitet werden, ist anhand der Daten schwer zu treffen. Die Diagramme im Abschnitt "Energieverbrauch und Menüs" (s. u.) legen nahe, dass Gerichte mit dem Hockerkocher deutlich energieeffizienter zubereitet werden können als mit dem Konvektomaten. Vergleicht man allerdings zwei Suppengerichte wie in der folgenden Tabelle, stellt man fest, dass die Energieverbräuche pro Essen in zwei verschiedenen Schulen bei ähnlichen Essenszahlen gleich sind. Die hier gemessenen Werte können als valide gelten, da es eher unwahrscheinlich ist, dass für diese Gerichte das (jeweils nicht gemessene) Kochfeld zusätzlich in nennenswerter Größenordnung verwendet wurde. Nimmt man noch ein Eintopf-Gericht hinzu, das überwiegend auf dem Kochfeld zubereitet wurde, landet man bei einem sehr ähnlichen Wert pro Essen, wobei hier fraglich ist, ob in diesem Fall der (nicht gemessene) Konvektomat doch zum Einsatz gekommen ist, wie dies eine qualitative Nachbefragung nahelegt. Der Curry-Reis-Eintopf kann daher nur eingeschränkt zum Vergleich herangezogen werden.

Tabelle 9: Suppen im Praxistest

Rezept	Schule	Datum	Anz.Essen	Energieverbrauch (kWh)				
				Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld	Gesamt Kochen	Kochen/ Essen
Erbsensuppe	Trierer	31.03.	187	0,3	6,65	n.g.	6,95	0,037
Tomatensuppe vegan	Mengen icher	04.04.	145	8,13	0,34	4,04	12,5	0,086
Kartoffelcremesuppe	Wils	04.04.	178	5,48	0,96	n.g.	6,44	0,036
Curry-Reis-Eintopf	Mainzer	04.04.	416	n.g.	2,04	11,31	13,35	0,032

Quelle: Eigene Darstellung nach Scharp et al. 2017-33

Die obigen Daten zeigen, dass eine genaue Betrachtung der Daten notwendig ist und diese Betrachtung keine klare Aussage zulässt, wonach bestimmte Kochgeräte gegenüber anderen grundsätzlich vorzuziehen seien.

Vergleich der Kochgeräte: Das Kochfeld

Das Kochfeld funktioniert grundsätzlich wie der Hockerkocher, allerdings sind die Mengen, die man auf einem Hockerkocher zubereiten kann, wesentlich größer, weshalb sich der Hockerkocher besonders für Suppen oder Eintöpfe eignet. Allerdings sind die Anwendungsbereiche

auf einem Kochfeld vielfältiger als im Vergleich zum Hockerkocher. So wurde das Kochfeld laut einer qualitativen Nachbefragung in den Praxisküchen unter anderem für die Zubereitung von Hamburgern, aber auch für das Kochen von Nudeln genutzt.

Vergleich Anschlussleistung der Konvektomaten

Die Anschlussleistung dient als Indikator, um die verwendeten Gerätegrößen miteinander zu vergleichen. Anhand der Fotos der ersten Küchenbegehungen und Modelltypen (nach Produktdatenblatt) lässt sich sagen, dass in den jeweiligen Schulen insbesondere die Größe der Konvektomaten sehr unterschiedlich ausfallen. Die folgende Tabelle listet die Anzahl der Geräte, deren Anschlussleistungen, die Zahl der Essen pro Jahr, außerdem die von EEP geschätzten jährlichen Verbräuche sowie der Verbrauch pro Essen auf:

Tabelle 10: Konvektomaten in den Praxisschulen

Schulen	Anzahl der Geräte - Konvektomat	Anschlussleistung je Gerät	Verbräuche abgeschätzt nach EEP, pro Jahr (kWhel/a)	Summe Essens-Ausgaben an 217 Versorgungstagen	Verbrauch pro Essen
Mainzer	1	37 kW	14.800	94.178	0,24
	2	10 kW	8.000		
Mengenicher	1	17 kW	6.800	35.805	0,19
Nesselroder	1	19 kW	7.600	46.004	0,17
Wils	1	20 kW	10.500	45.136	0,23
Trierer	2	10 kW	1.750	39.928	0,04

Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Howell et al. 2017-52

Wie die Messdaten zeigen, ist es zwar nicht gesagt, dass ein Konvektomat mit einem Anschlusswert von 17 kW in jedem Fall mehr verbraucht als kleinere Geräte, unter anderem kommt es auch darauf an, ob dieser durchgehend unter Vollbetrieb läuft. Die vorhandenen Daten lassen jedoch die Aussage zu, dass der Einsatz großer Konvektomaten normalerweise auch zu höheren Energieverbräuchen führt.

Wie in der Tabelle XY - "Konvektomaten in den Praxisschulen" ersichtlich wird, sind die unterschiedlich leistungsstarken Konvektomaten, welche den Schulen zur Verfügung stehen, nicht zwangsläufig durch die Anzahl der ausgegebenen Gerichte begründet. Der Vergleich der Mengenicher Straße und der Trierer Straße veranschaulicht dies. Beide Schulen geben jährlichen eine vergleichbare Menge an Essen aus, die Trierer Straße sogar knapp 4.000 Essen mehr, jedoch hat die Trierer Straße mit ihrem kleineren Konvektomaten einen deutlich geringeren geschätzten Jahresstromverbrauch. Allerdings stellte sich in der qualitativen Nachbefragung der Praxisküchen auch heraus, dass die Trierer Straße generell eher sparsam mit dem Einsatz des Konvektomaten ist.

3.2.3 Auslastung der Küchengeräte

Die Auslastung der Geräte spielt gerade bei der Energieeffizienz eine zentrale Rolle. Große, leistungsstarke Geräte können in der Lage sein, große Mengen an Essen zu garen oder verschiedene Kochvorgänge zusammenzufassen; das heißt jedoch nicht, dass sie pro Essen energieeffizienter sind. Und wie der Praxistest zeigte, gibt es enorme Schwankungen bezüglich der Anzahl an ausgegebenen Essen (zum Beispiel Schul- oder Ferienbetrieb), was einen erheblichen Einfluss auf die Energieeffizienz pro Gericht zur Folge hat. Dies verdeutlicht die nachfolgende Tabelle.

Tabelle 11: Energieverbrauch pro Essen bei unterschiedlicher Geräteauslastung (Beispiel Mengenicher Straße, Schulbetrieb / Ferienbetrieb)

	Datum	Anzahl Essen	Energieverbrauch (kWh)		
			Kochgeräte Gesamt (Konvektomat + Ho-ckerkocher + Kochfeld) (kWh)	Verbrauch pro Essen	Ø Verbrauch pro Essen
Schulbetrieb					
Putengyros mit Pommes und Tzatziki	29.3.	146	26,17	0,18	
Reis mit Chili sin Carne	30.3.	139	7,25	0,05	
Backfisch mit Kartoffelpüree	31.3.	131	27,22	0,21	
Vollkornnudeln mit Brokkoli-Sahne-Sauce	3.4.	138	13,41	0,10	
Tomatensuppe vegan	4.4.	145	12,5	0,09	
Hähnchenbrust mit Leipziger Allerlei	5.4.	138	23,35	0,17	
Ofenkartoffeln mit Kräuterquark	6.4.	142	15,48	0,11	
Backfisch mit Kartoffelpüree	7.4.	135	21,83	0,16	0,13
Ferienbetrieb					
Lasagne	10.4.	60	21,84	0,36	
Putenschnitzel	11.4.	48	11,81	0,25	
Hamburger mit Pommes	12.4.	63	22,17	0,35	
Kartoffelpüree, Spinat und Rührei	13.4.	60	17,97	0,30	0,32

Quelle: Howell et al. 2017-52

Obige Tabelle zeigt, dass es zwar auch unter gleichen Rahmenbedingungen sehr deutliche Unterschiede beim Energieverbrauch der verschiedenen Mahlzeiten geben kann. So verursacht im Normalbetrieb während der Schulzeit der Backfisch einen viermal (an einem anderen Tag, an dem der Backfisch ebenfalls zubereitet wurde, einen immerhin dreimal) so hohen Energieverbrauch pro Essen wie der Reis mit Chili sin Carne. Diese beiden Gerichte sind jedoch Ausreißer nach oben bzw. unten, die meisten Gerichte verursachen Stromverbräuche, die relativ nahe um den Durchschnittswert von 0,13 kWh schwanken. Auch im Ferienbetrieb liegen die Werte relativ dicht am Durchschnittswert von 0,32 kWh, was das Zweieinhalbfache des Wertes im Normalbetrieb ist. Daher lässt sich aus den Werten schlussfolgern, dass die Auslastung

der Geräte einen wesentlich höheren Einfluss auf die Energieeffizienz hat als die Frage, welche Gerichte mit welchen Geräten zubereitet werden.

3.2.4 Stand-by-Betrieb

Ein weiterer Energieverbrauch, der in den Praxistests gemessen wurde, wird durch den Stand-by-Betrieb einiger Geräte verursacht. Vor allem der Konvektomat verbraucht Energie auch außerhalb der Betriebszeiten. Die folgende Tabelle zeigt die Energieverbräuche des Konvektomaten an Tagen ohne Küchenbetrieb.

Tabelle 12: Energieverbräuche Konvektomaten Schulküchen

Datum	kWh/d Menge-nicher Straße	kWh/Tag Trierer Straße	kWh/d Wilhelm-Schreiber-Straße 1	kWh/d Wilhelm-Schreiber-Straße 2
1.4. Sa	1,22	0,20	1,46	0,61
2.4. So	1,52	0,17	1,41	0,61
8.4. Sa	1,69	0,00	1,61	0,61
9.4. So	1,67	0,05	1,73	0,67
15.4. Sa	1,22	0,00	1,78	0,69
16.4. So	0,99	0,00	2,19	0,68
22.4. Sa	0,62	0,00	2,03	0,61
23.4. So	0,61	0,00	1,64	0,61
∅ kWh/Tag Stand-By Konvektomat	1,19	0,05	1,73	0,64
Jährlicher Verbrauch an Schließtagen (Annahme 140)	167	7	239	90
Jährliches Einsparpotenzial durch Ausschalten (an Schließtagen + außerhalb der Betriebsstunden)	167	7 (Min)	239+90 = 329 (Max)	
Hochrechnung Einsparpotenzial durch Ausschalten auf 22 Schulküchen	Minimum: $7 \times 22 = 154$ kWh/a Maximum: $329 \times 22 = 7.238$ kWh/a Mittelwert: $(167+14+684)/3 \times 22 = 3.689$ kWh/a			

Quelle: Eigene Darstellung nach Scharp et al. 2017-33

Die Tabelle zeigt also, dass in den 22 Schulen durch eine Abschaltung der Konvektomaten an Schließtagen theoretisch ca. 3.000-4.000 kWh Strom pro Jahr eingespart werden könnten. Im weiteren Verlauf des Kapitels wird der Aspekt Stand-by noch einmal aufgegriffen.

3.3 Bedeutung von Kochgeräten für den Gesamtenergieverbrauch

Bei der Gegenüberstellung der Geräte im Gesamtenergieverbrauch wird deutlich, welchen Anteil Konvektomat, Hockerkocher und Kochfeld haben. Durch die teilweise fehlende Datelage ist es nur eingeschränkt möglich, die Geräte vollständig in allen Schulen zu vergleichen. Trotzdem hilft die Gegenüberstellung mit dem Gesamtenergieverbrauch dabei, die Auswirkungen der Kochgeräte auf die Energiebilanz zu vermitteln.

Man kann davon ausgehen, dass der verstärkte Einsatz des Hockerkochers zu einer geringeren Nutzung des Konvektomaten und somit eventuell zu einer Energieeinsparung führen kann,

wobei der Vergleich zwischen der Erbsen- und der Kartoffelcremesuppe im Abschnitt "Vergleich der Kochgeräte: Hockerkocher und Konvektomat" die grundsätzliche Gültigkeit dieser Aussage in Zweifel zieht.

Tabelle 13: Anteil Kochgeräte am Gesamtenergieverbrauch (Schulzeit 29.03. - 07.04.)

Schule	Gesamt Energie (kWh)	Gesamt Energie Kochen	anteilig an Gesamt	Konvektomat (kWh)	anteilig an Gesamt	Hockerkocher (kWh)	anteilig an Gesamt	Kochfeld (kWh)	anteilig an Gesamt
WiLS / ø 167 Essen/Tag									
Gesamt	966,26	63,46	6,6%	53,20		10,26			
Pro Essen	0,72	0,05		0,04	5,5%	0,01	1,1%	n.g.	n.g.
Trierer Straße 7 ø 186 Essen/Tag									
Gesamt	442,1	41,26	9,0%	16,89		24,37			
Pro Essen	0,30	0,03		0,01	3,8%	0,02	5,5%	n.g.	n.g.
Mainzer / ø 416 Essen/Tag									
Gesamt	1175,79	41,12	3,0%			9,07		32,05	
Pro Essen	0,35	0,01		n.g.	n.g.	0,003	0,8%	0,01	2,7%

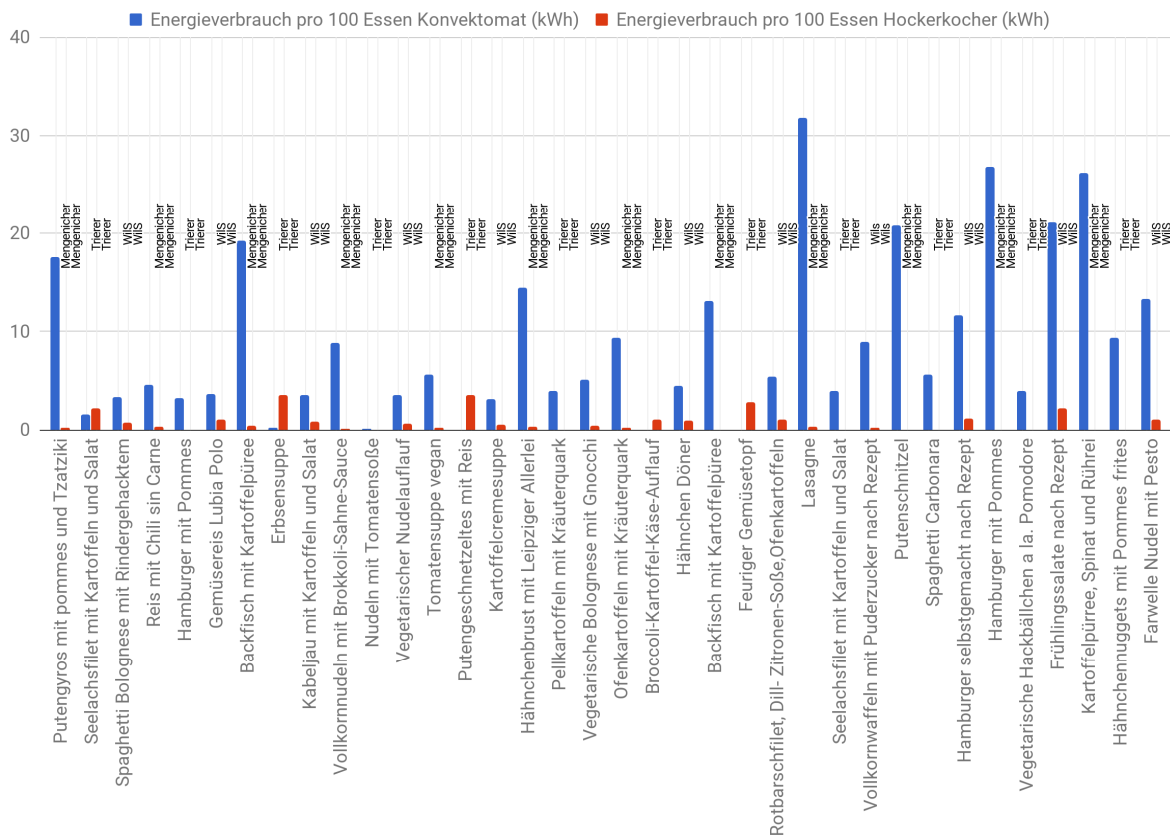
Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-42

Die Gegenüberstellung "Kochgeräte anteilig an Gesamt" zwischen der Trierer Straße und der Wilhelm-Schreiber-Schule lässt vermuten, dass der geringe Einsatz des Konvektomaten zu einem vergleichsweise niedrigeren Gesamtenergiebedarf in der Trierer Straße beiträgt.

3.4 Energieverbrauch und Menüs

Die Art der genutzten Technik spielt eine wesentliche Rolle für die Energieaufwendungen beim Zubereiten der Mahlzeiten in den Schulküchen. Dies verdeutlichen die nachfolgenden Abbildungen und Ausführungen. Die erste Abbildung stellt plakativ dar, wie stark sich Konvektomat und Hockerkocher beim Energieverbrauch unterscheiden.

Abbildung 8: Vergleich der Energieverbräuche bei Konvektomat und Hockerkocher in drei Schulen, differenziert nach Gerichten

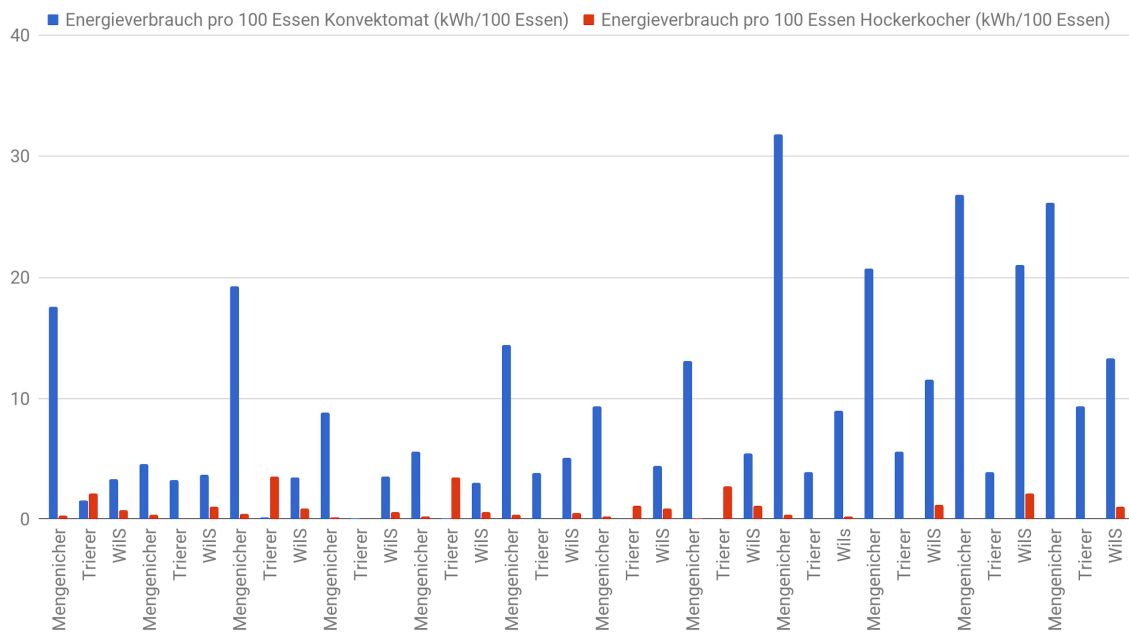


Quelle: Eigene Darstellung nach Scharp et al. 2017-33

Wie man in der Abbildung erkennen kann, kommt bei vielen Gerichten der Hockerkocher zusätzlich zum Konvektomaten zum Einsatz, bei einigen aber auch ausschließlich (z. B. "Feuriger Gemüseeintopf" oder "Erbsensuppe"). Diese stechen durch sehr geringe Energieverbräuche ins Auge.

Neben der Differenzierung nach Gerichten lassen sich die Verbräuche der beiden Gerätetypen auch nach Schulen differenzieren. In Abbildung XY sind die Energieverbräuche pro 100 Essen an den 12 Messtagen, an welchen die Schule geöffnet war und Menüdaten erfasst wurden, für Konvektomat und Hockerkocher zu sehen. Die Verbräuche der beiden Geräte sind aufgeschlüsselt für drei Schulen, in denen diese beiden Geräte im Messzeitraum vom 29.3. - 27.4. durchgängig gemessen wurden, abgebildet.

Abbildung 9: Vergleich der Energieverbräuche bei Konvektomat und Hockerkocher in drei Schulen, differenziert nach Schulen



Quelle: Eigene Darstellung nach Scharp et al. 2017-33

Auffällig ist, dass der Energieverbrauch pro 100 Essen in der GGS Mengenicher Straße sehr hoch ausfällt. Die Anzahl der täglich ausgegebenen Essen im Messzeitraum unterscheidet sich nicht sehr (durchschnittliche Anzahl: GGS Mengenicher: 139 Schulzeit / 58 Ferienzeit; KGS Trierer Straße: 186 Schulzeit / 55 Ferienzeit); KOGS Wilhelm-Schreiber-Schule: 167 Schulzeit / 51 Ferienzeit), doch in diesen drei Schulen stehen sehr unterschiedliche Geräte zur Verfügung. Alle drei Schulen haben einen vergleichbaren Hockerkocher, doch die Anzahl und Art der Konvektomaten unterscheidet sich: In der GGS Mengenicher Straße wird ein relativ großer Konvektomat mit 17 kW Anschlusswert genutzt, in der Trierer Straße wird ein kleinerer Konvektomat mit 10 kW Anschlusswert genutzt, in der Wilhelm-Schreiber-Schule stehen zwei Konvektomaten dieser Größe mit je 10 kW Anschlusswert zur Verfügung. Es scheint, als reiche ein Konvektomat mit 10 kW Anschlusswert aus, und auch die Option, bei Bedarf zwei Konvektomaten mit 10 kW Anschlusswert zu nutzen, scheint ein energieeffizientes Kochen für die gegebene Schülerzahl zu begünstigen. Der Konvektomat mit 17 kW Anschlusswert scheint für die Anzahl an Schülern eher ineffizient - ob dieser überdimensioniert ist, sollte mit den Küchen geprüft werden.

Im Folgenden sind die aggregierten Messergebnisse verschiedener Gerichtskategorien dargestellt mit dem jeweils niedrigsten und höchsten Gesamt-Energieverbrauch pro Essen in kWh. Diese Angaben beziehen sich nur auf den Normalbetrieb während der Schulzeit. Der Ferienbetrieb mit deutlich verringerter Anzahl an Essen wurde hier außen vor gelassen, weil im Ferienbetrieb grundsätzlich deutlich höhere Verbräuche pro Essen verzeichnet werden aufgrund der weiterlaufenden Lasten z. B. für Kühlen und Gefrieren und der geringeren Auslastung v. a.

der Konvektomaten. Berechnet wurden alle Werte über den Gesamtenergieverbrauch des jeweiligen Tages und nicht auf Basis des Kochprozesses, so dass in diese Gerichte auch die übrige Küchentechnik mit einfließt:

Tabelle 14: Niedrigster und höchster Gesamtenergieverbrauch nach Gericht

Gerichte	Gesamtenergieverbrauch pro Gericht (kWh)			
	Niedrigster	Schule	Höchster	Schule
Fisch	0,32	Mainzer	0,92	WiLS
Pasta	0,28	Trierer	0,68	WiLS
Eintöpfe/Chili	0,26	Trierer	0,41	Mainzer
Süßspeisen	0,35	Nessel	0,77	Nessel
Suppen	0,25	Trierer	0,68	WiLS

Quelle: Eigene Darstellung nach Scharp et al. 2017-33

Die Spannweite ist bei den verschiedenen Gerichtskategorien relativ ähnlich, wobei die Eintöpfe am wenigsten voneinander abweichen und die Fischgerichte am meisten. Dies kann damit begründet werden, dass die Eintöpfe schulübergreifend meist auf dem Hockerkocher hergestellt werden, was für diese Gerichte eine grundsätzlich sehr effiziente Zubereitungsart ist. Fischgerichte werden hingegen meist im Konvektomaten zubereitet, wo es deutliche Unterschiede beim Energieverbrauch geben kann, je nachdem, welches Gerät genutzt wird (s. u.).

3.5 Vergleich der Energieverbräuche zwischen zwei Schulen

Wilhelm-Schreiber-Straße

Bei vielen Gerichten bietet sich die Nutzung des Konvektomaten aufgrund von dessen vielfältigen und gut kontrollierbaren Möglichkeiten bei der Zubereitung an. Wie energieeffizient ein Konvektomat dabei eingesetzt wird, hängt offensichtlich in erster Linie von der Anzahl der zubereiteten Portionen ab wie zwei Beispiele für die Schulzeit (171 Essen) und die Ferienzeit (53 Essen) zeigen. Die 171 Portionen Kabeljau zogen einen ähnlichen Energieverbrauch nach sich, wie die 53 Hamburger an derselben Schule, wobei für letztere zusätzlich noch der (in der Energiemessung nicht separat erfasste) Backofen genutzt wurde.

Tabelle 15: Energieverbrauch von zwei Gerichten unter Nutzung des Konvektomaten (Wilhelm-Schreiber Schule)

Rezept	Datum	Anz. Essen	Energieverbrauch (kWh)				Gesamt Kochen	Kochen/Essen
			Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld			
Kabeljau mit Kartoffeln und Salat	31.03.	171	6,04	1,49	n.g.	7,53	0,04	
Hamburger selbstgemacht	11.04.	53	6,15	0,61	n.g.	6,76	0,13	

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-42

Insgesamt ist jedoch auffällig, dass an der Wilhelm-Schreiber-Straße die Konvektomaten sehr stark genutzt werden. Im Praxistest wurde in den acht Schultagen durchschnittlich 167 Essen

und in den vier Ferientagen 51 Essen ausgegeben (Howell et al. 2017-33). Der Konvektomat kam dabei immer zum Einsatz. Der Energieaufwand für den Konvektomaten beträgt für die acht Schultage insgesamt 53,2 kWh (= 0,04 kWh/Essen) und für die vier Ferientage 27,7 kWh (= 0,14 kWh/Essen).

Durch eine Differenzbetrachtung kann die Größenordnung für den Energieverbrauch des Kochens und Garens abgeschätzt werden. Der Gesamtenergieverbrauch (inkl. Kochen, Spülen, Kühlen etc.) beträgt insg. für die acht Schultage ca. 960 kWh (= 120 kWh/Tag) und für die Ferientage ca. 400 kWh (= 100 kWh/Tag). Der Energieverbrauch für die tatsächlich gemessenen Geräte beträgt jedoch lediglich ca. 300 bzw. 120 kWh. Somit entsteht eine recht große Differenz für nicht gemessene Geräte (= Sonstiges). Da im Bereich Kochen das Kochfeld nicht gemessen wurde, wurde bei der Schule nachgefragt. Diese gab an, dass es an zwei Tagen zum Einsatz kam. Folglich ist der Energieaufwand hierfür als gering einzuschätzen. Aufgrund der großen Differenz wird folglich der Gesamtenergieverbrauch Kochen (Konvektomat, Hockerkocher) anteilig am Gesamtenergieverbrauch für gemessene Geräte in Prozent angegeben. Für die Schultage beträgt dies ca. 21 % und für die Ferientage ca. 25 %.

Tabelle 16: Energieverbrauch für Kochen und Gesamt der Wilhelm-Schreiber-Straße

	Anzahl Essen	Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld	Kochen Gesamt	Sonstiges	Gesamt gemessene Geräte	Gesamtenergie
Gesamt Schultage	1334	53,2	10,26	n.g.	63,46	658,93	307,33	966,26
Gesamt Ferientage	205	27,7	2,27	n.g.	29,97	286,23	118,75	404,98

(Sonstiges = Gesamtstromverbrauch minus gemessene Geräte)

Quelle: Howell et al. 2017-52

Mengenicher Straße

In der Mengenicher Straße wurden alle drei Arten der Küchengeräte gemessen (Konvektomat, Hockerkocher, Kochfeld), nicht jedoch der Gesamtenergieverbrauch.

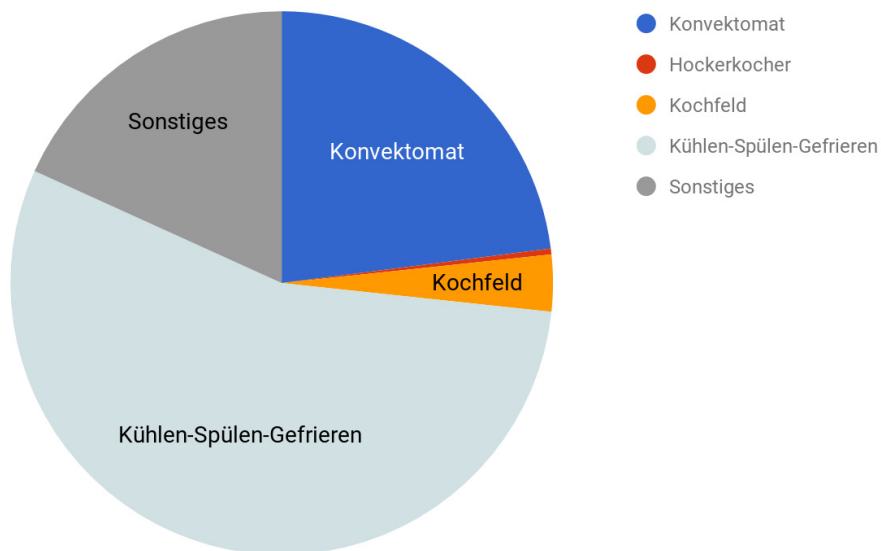
Tabelle 17: Kochgeräte Mengenicher Straße im Verhältnis zum Gesamtenergieverbrauch (EEP)

Mengenicher Straße	Gesamt pro Tag	Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld	Kühlen-Spülen-Gefrieren	Sonstiges
Gesamtstromverbrauch [kWh] im Messzeitraum (12 Tage: 8 ST, 4 FT)	828	190	2,9	27,9	456	151
Ø Energieverbrauch pro Tag [kWh/d]	69,0	15,9	0,2	2,3	38,0	12,6
Ø Energieverbrauch pro Essen [kWh/Essen] (Ø165)	0,418	0,096	0,001	0,014	0,230	0,076
Küchengeräte anteilig am Gesamtstromverbrauch (%)	100 %	23 %	0,4 %	3,4 %	55,1 %	18,2 %

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-42

Das nachfolgende Diagramm verdeutlicht nochmal die Relation der Energieverbräuche zwischen den einzelnen Posten.

Abbildung 10: Kochgeräte Mengenicher Straße im Verhältnis zum Gesamtenergieverbrauch (EEP)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-42

Es ist auffällig, dass der Konvektomat durchgehend stark zum Einsatz kommt und demnach einen hohen Energieverbrauch aufweist, was aber nicht zwingend abhängig von der Anzahl an zubereiteten Gerichten ist.

Mit diesen Feststellungen soll nicht in Zweifel gezogen werden, dass der Konvektomat ein sinnvolles und kaum entbehrliches Gerät darstellt, da bestimmte Gerichte im Konvektomaten viel besser zubereitet werden können als mit anderen Verfahren. Anhand der Energieverbräuche lässt sich jedoch schlussfolgern, dass der Konvektomat nur dann energieeffizient eingesetzt werden kann, wenn er mit einer großen Anzahl an Portionen bestückt wird. Ist dies nicht möglich, etwa bei geringen Schülerzahlen im Ferienbetrieb, sollte in Erwägung gezogen werden, an diesen Tagen auf Gerichte zu setzen, die auf dem Hockerkocher oder dem Kochfeld zubereitet werden können. Sobald der Konvektomat durch einen neuen ersetzt werden soll, ist ohnehin zu prüfen, ob nicht ein kleineres Gerät denselben Nutzen hätte.

Trierer Straße:

In der Trierer Straße wurde der Energieverbrauch des Konvektomaten und des Hockerkochers gemessen – das Kochfeld fehlt.

Tabelle 18: Energieverbrauch Kochen in der Trierer Straße je Gericht

Rezept	Datum	Anz. Essen	Energieverbrauch (kWh)				Gesamt Kochen (Konvektomat+Hockerkocher)	Gesamt Kochen/ Essen
			Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld			
Erbsensuppe	31.03.	187	0,3	6,65	n.g.	6,95	0,04	
Pellkartoffeln mit Kräuterquark	05.04.	186	7,26	0	n.g.	7,26	0,04	
Feuriger Gemüsetopf	07.04.	185	0	5,14	n.g.	5,14	0,03	
Spaghetti Carbonara (Fertiggericht)	11.04.	53	2,97	0	n.g.	2,97	0,06	
Hähnchennuggets mit Pommes	13.04.	53	4,96	0	n.g.	4,96	0,09	

Quelle: Howell et al. 2017-52

Insgesamt ist der Energieverbrauch Kochen pro Essen in der Trierer Straße fast durchgehend am geringsten, verglichen mit den anderen Schulen. Er schwankt zwischen 0,04 kWh bei der Erbsensuppe bis 0,09 kWh bei den Hähnchennuggets mit Pommes. Dies kann durch eine effiziente Nutzung der verwendeten Kochgeräte erklärt werden. Die Erbsensuppe wurde genau wie der Feurige Gemüsetopf, welcher im Vergleich zu den energieeffizientesten Gerichten gehört (0,03 kWh), im Hockerkocher zubereitet. Der Konvektomat kommt in der Trierer Straße regelmäßig zum Einsatz. Der Energieaufwand fällt sehr unterschiedlich aus. Beispielsweise ist der Verbrauch des Konvektomaten mit 7,26 kWh bei den „Pellkartoffeln mit Kräuterquark“ am höchsten, jedoch ist insgesamt, aufgrund der hohen Anzahl an Essen (ca. 190 Essen zuzüglich Lehreressen), der Verbrauch pro Essen mit 0,04 kWh recht gering. Der höchste Energieverbrauch pro Essen für den Konvektomaten liegt bei 0,06 (Spaghetti Carbonara) bzw. 0,09 kWh (Hähnchennuggets mit Pommes). Beide Gerichte wurden mit dem Konvektomaten zubereitet, bei einer geringen Anzahl an Essen (Ferienzeit mit 53 Essen), was zu einer geringeren Effizienz pro Gericht führt.

3.6 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Kochen

Der Bereich Kochen ist mit ca. 21 % am Gesamtenergieverbrauch beteiligt. In der folgenden Tabelle werden die Energieverbräuche der Praxistestschulen miteinander verglichen um auf dieser Basis die Energieverbräuche für das Kochen und Garen in den 22 KEEKS-Schulen hochrechnen zu können. Die Berechnung ist wie folgt:

- Ø täglicher Energieverbrauch (Schul- + Schließstage) (Konvektomat + Hockerkocher) in kWh: Durchschnittswert der Energiemessungen in den Praxistests während der Schulzeit und Ferienzeit
- Ø täglicher Energieverbrauch (Schul- + Schließstage) (Konvektomat + Hockerkocher) in

kWh: Durchschnittswert der Energiemessungen in den Praxistests während der Schulzeit

- Ø täglicher Energieverbrauch (Schul- + Schließstage) (Konvektomat + Hockerkocher) in kWh: Durchschnittswert der Energiemessungen in den Praxistests während der Ferienzeit
- Ø Energieeffizienz (Energieverbrauch für 100 Essen) (Konvektomat + Hockerkocher) pro Schule in der Schulzeit in kWh: Durchschnittswert des Energieverbrauchs für 100 Essen in der Schulzeit

Tabelle 19: Energieverbräuche von Hockerkocher und Konvektomaten

Alle Werte in kWh	GGG Mengen- i-cher Str.	KGS Trierer Straße	KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße	Mittelwert
Anzahl Essen Schulzeit / Ferienzeit	139 / 58	186 / 55	167 / 51	
Ø täglicher Energieverbrauch (Schul-+Ferienzeit, Konvektomat + Hockerkocher)	16,1	4,5	7,8	9,4
Ø täglicher Energieverbrauch Schulzeit (Konvektomat + Hockerkocher)	16,4	5,2	7,9	9,8
Ø täglicher Energieverbrauch Ferienzeit (Konvektomat + Hockerkocher)	15,5	3,1	7,5	8,7
Ø Energieeffizienz (Energieverbrauch für 100 Essen) (Konvektomat + Hockerkocher) pro Schule in der Schulzeit	11,8	2,8	4,8	6,5
Jährlicher Energieverbrauch durch Stand-By Betrieb	395	17	787	400
Energieverbrauch pro Jahr (Konvektomat + Hockerkocher)	3644	1089	1763	2185
Differenz zu KGS Trierer Str.	-2555	0	-673	-1096
Anteil	-70 %	0 %	-38 %	-50 %

Quelle: Energieverbrauchshochrechnung auf Basis von 194 Schultagen und 140 Schließtagen (EEP 2017-42).

Anhand der Messdaten kann man davon ausgehen, dass die Energieverbräuche für Konvektomat und Hockerkocher die großen Posten im Gesamtenergieverbrauch für den Prozess des "Kochen" darstellen. Beispielsweise entfielen in der Mengener Str., in der alle Kochgeräte gemessen wurden, auf den Konvektomaten 86 % der gemessenen Verbräuche der verschiedenen Kochgeräte, auf den Hockerkocher 1,5 % und auf das Kochfeld 12,5 %. Diese Zahlen sind nicht ohne weiteres auf die anderen Schulen übertragbar, da andere Schulen den Hockerkocher stärker und das Kochfeld weniger stark einsetzen und zudem kleinere (oder zumindest besser ausgelastete) Konvektomaten nutzen. An der Wilhelm-Schreiber-Straße entfallen von den gemessenen Verbräuchen der Kochgeräte 87 % auf den Konvektomaten und 13 % auf den Hockerkocher. An der Trierer Straße wiederum haben die beiden gemessenen Geräte Konvektomat und Hockerkocher zueinander ein Verbrauchsverhältnis von 55 % zu 45 %.

Die Praxistestdaten zeigen, dass die KGS Trierer Straße (mit den höchsten Schülerzahlen unter den drei hier betrachteten Schulen während der Schulzeit) den niedrigsten Energieverbrauch für das Kochen (Konvektomat und Hockerkocher) aufweist. Mit einem **durchschnittlichen Energieverbrauch für das Kochen (in der Schulzeit) von ca. 5 kWh pro Tag und somit einem hochgerechneten Jahresverbrauch von ca. 1.000 kWh** liegt der Energieverbrauch der KGS

Trierer Straße für das Kochen ca. 38 % unter dem Energieverbrauch der KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße und sogar ca. 70 % unter dem Energieverbrauch der GGS Mengenicher Straße.

Interessant ist auch das Stand-by-Thema. Die Messungen haben gezeigt, dass die Geräte im Stand-by beträchtliche jährliche Stromverbräuche erreichen mit ca. 400 kWh pro Gerät, ohne dass erklärbar ist, warum die Geräte diese Verbräuche haben. So könnte Energie gespart werden, indem die Geräte zumindest in den Ferien und ggf. übers Wochenende nicht im Stand-by-Modus verbleiben, falls dies möglich ist. Wenn man von 140 Schließtagen ausgeht und sich den durchschnittlichen Energieverbrauch für den Konvektomaten an den geschlossenen Tagen je Schule betrachtet, können unterschiedliche Potenziale für unterschiedliche Schulen erkannt werden. Wenn der Konvektomat an Schließtagen komplett ausgeschaltet werden würde, könnten in der GGS Mengenicher Straße ca. 170 kWh/Jahr gespart werden, in der KGS Trierer Straße ca. 7 kWh/Jahr und in der KOGS Wilhelm-Schreiber-Straße ca. 330 kWh/Jahr (2 Konvektomaten). Aus derart stark gespreizten Werten einen Mittelwert zu errechnen, ist problematisch, aber grob geschätzt handelt es sich im Schnitt um ca. 0,5 kWh pro Tag, woraus sich bei 22 Schulen ein theoretisches Einsparpotenzial von ca. 4.000 kWh pro Jahr errechnen lässt. Praktisch mag diese Zahl deutlich kleiner sein, da nach Auskunft des Herstellers Eloma das Hochfahren komplett vom Strom genommener Geräte ebenfalls Energie verbraucht, weshalb die Ersparnis geprüft werden muss.

3.7 Einsparpotentiale

Die Praxistestdaten können genutzt werden, um annäherungsweise die Größenordnungen der Einsparpotentiale zu berechnen. Hierzu wird folgendes Verfahren verwendet.

Potentialrechnung Maßnahme Austausch ineffizienter Konvektomaten in den 22 Schulküchen

Auf Basis der Praxisdaten hat sich gezeigt, dass in Schulen mit Schülerzahlen zwischen 150-250 täglich zubereiteten Essen ein Konvektomat mit 10 kW Anschlusswert genutzt werden kann, da in der Trierer Straße und in der Wilhelm-Schreiber-Straße solche Konvektomaten genutzt werden. Für Schulen mit >250 täglich ausgegebenen Essen ist ein großer und vielleicht auf Grund der Größe weniger effizienter Konvektomat mit >10 kW Anschlussleistung wahrscheinlich notwendig.

- Schritt 1: In folgenden Tabelle sind alle 22 Schulküchen aufgelistet und die Schulküchen, welche täglich zwischen 150-250 Essen zubereiten und einen Konvektomat mit >10 kW Anschlussleistung sind mit einem x markiert.
- Schritt 2: Für alle Schulen, in welchen bereits ein Konvektomat mit 10 kW Anschlussleistung genutzt wird, wurde der auf Basis der Praxistests hochgerechnete Jahresverbrauch der Wilhelm-Schreiber-Straße angesetzt (1.556 kWh). Für alle Schulen, welche einen Konvektomaten mit ≥ 17 kW Anschlussleistung genutzt wird, wurde der auf Basis der Praxistests hochgerechnete Jahresverbrauch der Mengenicher Straße angesetzt (3.720 kWh).
- Schritt 3: Damit wurde der Gesamtstromverbrauch für den Konvektomat an Schulen mit 150-250 täglich servierten Essen berechnet von ca. 49.680 kWh.

- Schritt 4: In der Spalte "Szenario 1 – Anschaffung von Konvektomaten mit 10 kW Anschlussleistung in Schulen mit 150-250 Essen (in kWh)" wurden dann der Energieverbrauch des Konvektomaten in allen Schulen auf 1.560 kWh heruntergesetzt und der Gesamtstromverbrauch aus diesen Zahlen berechnet mit ca. 20.280 kWh
- Schritt 5: Berechnung der Differenz: 29.400 kWh

Tabelle 20: Bestimmung des Optimierungspotentials durch Anschaffung kleinerer Konvektomaten

Schule	Anzahl Konvektomaten	Elektr. Anschlussleistung	Durchschn. Essenszahl	Schulen mit 150-250 Essen und Konvektomat >10kW eAL	Hochrechnung jährlicher Energieverbrauch Schulzeit (kWh)	Szenario 1 – Anschaffung von Konvektomaten mit 10kW (kWh)
Zülp	1	10	43		1560	1560
Aug	1	10	61		1560	1560
Brehm	1	19	112	x	3720	1560
AltMühl	1	10	135		1560	1560
AltMühl	2	10	135		1560	1560
AltMühl	3	10	135			
JanK	1	17	136	x	3720	1560
Dell-Urn	1	17	149	x	3720	1560
Diep	1	17	165	x	3720	1560
Meng	1	17	165	x	3720	1560
DellTh	1	11	170		1560	1560
DellTh	2	10	170			
Lind	1	19	171	x	3720	1560
Trier	1	10	184		1560	1560
Trier	2	10	184			
Ant	1	19	200	x	3720	1560
Ant	2	18,6	200	x		
Schmitt	1	17	204		1560	1560
Schmitt	2	10	204			
Schreib	1	20	208	x	3720	1560
Ness	1	19	212	x	3720	1560
Loch	1	19	219	x	3720	1560
Nuss	1	10	249		1560	1560
Nibe	1	19	263			
Cäsar	1	19	274			
Cäsar	2	10	274			
Mühl	1	19,8	341			
Mühl	2	19	341			
Monte	1	19	397			

Monte	2	17	397			
Monte	3	10	397			
Main	1	37	434			
Main	2	10	434			
Main	3	10	434			
Gesamtstromverbrauch für Konvektomat an Schulen mit 150-250 täglich servierten Essen					49680	
Gesamtstromverbrauch für Konvektomat an Schulen mit 150-250 täglich servierten Essen, wenn nur effiziente Konvektomaten (max. 10 kW Anschlussleistung) genutzt werden						20280
Einsparpotenzial						29400

Quelle: EEP 2017-42; Anmerkung: Hochrechnung nur Schulen mit 150 bis 250 Essen, Annahme 225 Verpflegungstage. Szenario 1 - nur Schulen mit 150 bis 250 Essen, Anschlussleistung der Konvektomaten 10 kW

Die Berechnung in obiger Tabelle hat gezeigt, dass in den Schulen mit 150-250 Schülerzahlen (17 Schulen) mit den derzeitig vorhandenen Konvektomaten (8 Schulen Konvektomat ≤ 10 kW Anschlussleistung, 9 Schulen Konvektomat ≥ 17 kW Anschlussleistung) der jährliche Stromverbrauch des Konvektomaten bei ca. 49.600 kWh liegt. Würde man in den 9 Schulen mit größeren Konvektomaten einen Konvektomaten mit nur 10 kW Anschlusswert einsetzen, läge der jährliche Energieverbrauch bei ca. 20.200 kWh. Dies ist eine Einsparung von 29.400 kWh. Bezogen auf einen jährlichen Stromverbrauch der Konvektomaten von ca. 76.300 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von 38 % der Energie für Konvektomaten. Bezogen auf einen jährlichen Verbrauch Kochen von 101.500 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von ca. 29 % der Energie für das Kochen.

Was die Nutzung der Kochgeräte betrifft, haben die Praxistests Folgendes gezeigt:

- Die Praxistests haben gezeigt, dass in Schulen mit durchschnittlichen Essenszahlen zwischen 150-250 kleinere Konvektomaten (mit ≤ 10 kW Anschlusswert) genutzt werden können und deutliche Einsparungen erzielt werden können gegenüber der Nutzung eines großen Konvektomaten (mit ≥ 17 kW Anschlusswert).
- In der Mengenicher Straße (1 Konvektomat mit 17 kW Anschlusswert) wird der Konvektomat fast täglich genutzt und der durchschnittliche tägliche Verbrauch des Konvektomaten liegt bei 15,85 kWh. Der Hockerkocher wird selten dazu benutzt - der durchschnittliche Verbrauch für Konvektomat plus Hockerkocher liegt bei 16,09 kWh.
- In der Wilhelm-Schreiber Schule (2 Konvektomaten mit 10 kW Anschlusswert) wird mindestens einer der Konvektomaten fast täglich genutzt und der durchschnittliche tägliche Verbrauch liegt bei 6,74 kWh (58 % niedriger als in Mengenicher Straße). Der Hockerkocher wird teilweise parallel genutzt mit niedrigen Energieverbräuchen - der durchschnittliche Verbrauch für Konvektomat plus Hockerkocher liegt bei 7,79 kWh.
- In der Trierer Straße (1 Konvektomat 10 kW Anschlusswert) wird der Konvektomat seltener genutzt und auch mal auf dem Hockerkocher gekocht. Der durchschnittliche tägliche Verbrauch des Konvektomaten alleine liegt bei 2,44 kWh (85 % niedriger als in der Mengenicher Straße). Da hier oft auf dem Hockerkocher gekocht wird, erhöht sich

der Durchschnittliche Verbrauch durch diese Energieverbräuche - der durchschnittliche Verbrauch für Konvektomat plus Hockerkocher liegt bei 4,47 kWh.

3.8 Zusammenfassung Kochen

Die Auswertung der 22 Schulküchen hat ergeben, dass Kochen mit dem Konvektomaten vermutlich der drittgrößte energieverbrauchende Prozess im Küchenbetrieb mit geschätzten 101.500 kWh/a ist (ca. 53,8 t CO₂-Äq.). Hierbei gibt es - im Unterschied zum Kühlen oder Bilanzierung der Menüs - deutliche Unsicherheiten, da die Prozesse nicht eindeutig erfasst werden konnten.

Die Praxistests haben folgende Ergebnisse gezeigt:

- Erstens, dass in Schulen mit durchschnittlich 150-250 Essen kleinere Konvektomaten (mit ≤10 kW Anschlusswert, 8 Schulen) genutzt werden können und deutliche Einsparungen erzielt werden können gegenüber der Nutzung eines großen Konvektomaten (mit ≥17 kW Anschlusswert, 9 Schulen). Die Berechnung hat gezeigt, dass in den Schulen mit 150-250 Essen (17 Schulen) mit den derzeitig vorhandenen Konvektomaten (8 Schulen Konvektomat ≤10 kW Anschlussleistung, 9 Schulen Konvektomat ≥17 kW Anschlussleistung) der jährliche Stromverbrauch des Konvektomaten bei ca. 49.600 kWh liegt. Würde man in den 9 Schulen mit größeren Konvektomaten einen Konvektomaten mit nur 10 kW Anschlusswert einsetzen, läge der jährliche Energieverbrauch bei 20.200 kWh. Dies ist eine Einsparung von ca. 29.400 kWh (oder 15.600 CO₂-Äq.). Bezogen auf einen jährlichen Stromverbrauch des Konvektomaten aller 22 Schulküchen von ca. 75.000 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von ca. 38 % der Energie für Konvektomaten. Bezogen auf einen jährlichen Verbrauch Kochen für alle 22 KEEKS-Küchen von ca. 101.500 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von ca. 30 % der Energie für Kochen. Bezogen auf den Gesamtverbrauch für die Küchentechnik (490.000 kWh) ist das ein Einsparpotenzial von ca. 6 %.
- Es scheint aber noch einen Verhaltensfaktor zu geben der sich deutlich in der KGS Trierer Straße äußert. Die mit einem kleinen Konvektomaten ausgestattete Schule weist einen Energieverbrauch für den Prozess des Kochens von 5,2 kWh pro Tag auf (geschätzter Jahresverbrauch 1.030 kWh/a), der im Vergleich 30 % bzw. 70 % niedriger liegt als in anderen Schulen. Auf Basis einer Mittelwertberechnung der Differenz zu den anderen 22 Schulküchen kann ein Einsparpotential durch effizientes Kochen in der Größenordnung von ca. 30.000 kWh/a geschätzt werden (ca. 6 % des gesamten Energieverbrauchs der Küchen mit 490 MWh, entspricht ca. 15,6 t CO₂-Äq.). Die großen Unterschiede zwischen den Schulen bei der Nutzung von Hockerkocher und Konvektomat, den wichtigsten Geräten für das Kochen, lassen sich vor allem auf die Nutzung unterschiedlich großer Konvektomaten zurückführen, daher kann der soeben ermittelte Wert nicht auf die geschätzten knapp 30.000 kWh Einsparpotenzial, die dem Austausch der Geräte zuzurechnen sind, addiert werden.
- Zweitens, dass hohe Stand-by-Energieverbräuche vorliegen. Grob geschätzt könnten ca. 3.000-4.000 kWh pro Jahr durch die Vermeidung des Stand-by-Betriebs eingespart werden (ohne Berücksichtigung von Stromverbräuchen beim Hochfahren). Hierzu

müssten Schalter eingebaut werden. Dies wären ca. 1,5 % des gesamten Strom-Energieverbrauchs der Küchen von ca. 490 MWh bzw. 1,6 bis 2,1 CO₂-Äq (0,3 % der Gesamtemissionen).

Kochen ist somit ein sehr relevanter Prozess, der ungefähr 21 % des Stromverbrauchs verursacht. Ein Energieverbrauch von 0,25 bis 0,35 kWh/Essen kann als Zielwert angestrebt werden, was den gesamten Energieverbrauch in der Küche betrifft. Der bisherige Wert von ca. 0,11 kWh pro Essen für die Kochprozesse könnte, wie gezeigt, um bis zu 40 % gesenkt werden, woraus sich ein Zielwert von ca. 0,06-0,07 kWh pro Essen ergeben würde. Von den ermittelten ca. 54 t CO₂-Äq für das Kochen könnten vermutlich ca. 22 t eingespart werden (entspricht ca. 8 % der Gesamtemissionen).

- In Ferienzeiten sollten eher solche Gerichte gekocht werden, bei denen sich der Technischeinsatz an die geringere Zahl an Mahlzeiten anpassen lässt (Herdplatte oder Ho-ckerkocher statt Konvektomat).
- Bei Neuanschaffungen sollte auf eine angemessene Größe des Konvektomaten geachtet werden.
- Alle Geräte sollten mit Schaltern versehen werden, um sie über Nacht auszuschalten (Trennung vom Netz zur Vermeidung von Stand-by-Verlusten). Allerdings führt das Hochfahren der Geräte zu höheren Stromverbräuchen, weshalb eine genauere Prüfung der möglichen Stromersparnis anzuraten ist. Für längere Pausen, wie zum Beispiel den Ferien, ist das komplette Abschalten der Geräte aus Herstellersicht aber zu empfehlen.

4 Technik- Spülen

4.1 Durchführung und Einschränkungen

Der Energieverbrauch der Schulküchen beim Spülen in Bezug auf eine ausgegebene Anzahl von Essen kann im Prinzip von drei wesentlichen Situationen abhängig sein:

- der Technik (Gerätetyp, Warmwassernutzung),
- den täglichen Menüs (was wird gekocht?) sowie
- das Nutzerverhalten des Küchenpersonals (Voll- oder Teilbeladung).

Um hierzu Aussagen zu treffen, wurden in den fünf Praxisküchen drei Spülmaschinen vermessen, bei zwei Schulen wurde hierdurch der Prozess des Spülens erfasst (Mainzer Straße sowie Mengener Straße). Auf dieser Basis wurde der Energieverbrauch des "Spülprozesses" pro Essen bestimmt. Unsicherheiten ergeben sich hierbei durch die unterschiedlichen Typen (Mainzer Straße: Haubenspülmaschine, Mengener Straße Frontlader. Handspülprozesse z.B. von Blechen oder großen Kochtöpfen wurden nicht erfasst. Eine Befragung über die Anzahl der Spülprozesse (Strichliste) ergab keine sinnvollen Ergebnisse.

4.2 Ergebnisse des Praxistest für die beiden Schulen

Der Praxistest zeigte vier wesentliche Ergebnisse:

- Der Energieverbrauch für das Spülen ist zwischen den Küchen sehr unterschiedlich, bei einer großen Anzahl von Essen wird weniger Energie für das Spülen gebraucht als in kleinen Küchen.
- Weiterhin ist der Energieverbrauch für das Spülen in der Schulzeit - mit Ausnahme am Tag des Schulbeginns und des letzten Schultages - sehr kontinuierlich, es wird somit immer in der gleichen Art gespült.
- Der Energieverbrauch ist in der Ferienzeit mit weniger Essen deutlich höher als in der Schulzeit. Er ist zudem sehr variabel.
- Der Energieverbrauch für das Spülen pro Essen beträgt zwischen 0,05 kWh (entspricht 24,9 g CO₂-Äq) in der Schulzeit in großen Küchen und 0,17 kWh (entspricht 88,5 g CO₂-Äq) in kleinen Küchen in der Ferienzeit. Im Mittel ergibt sich ein Wert von 0,07 kWh pro Essen für das Spülen (Wert aus großer Küche und kleiner Küche, Schulzeit und Ferienzeit).

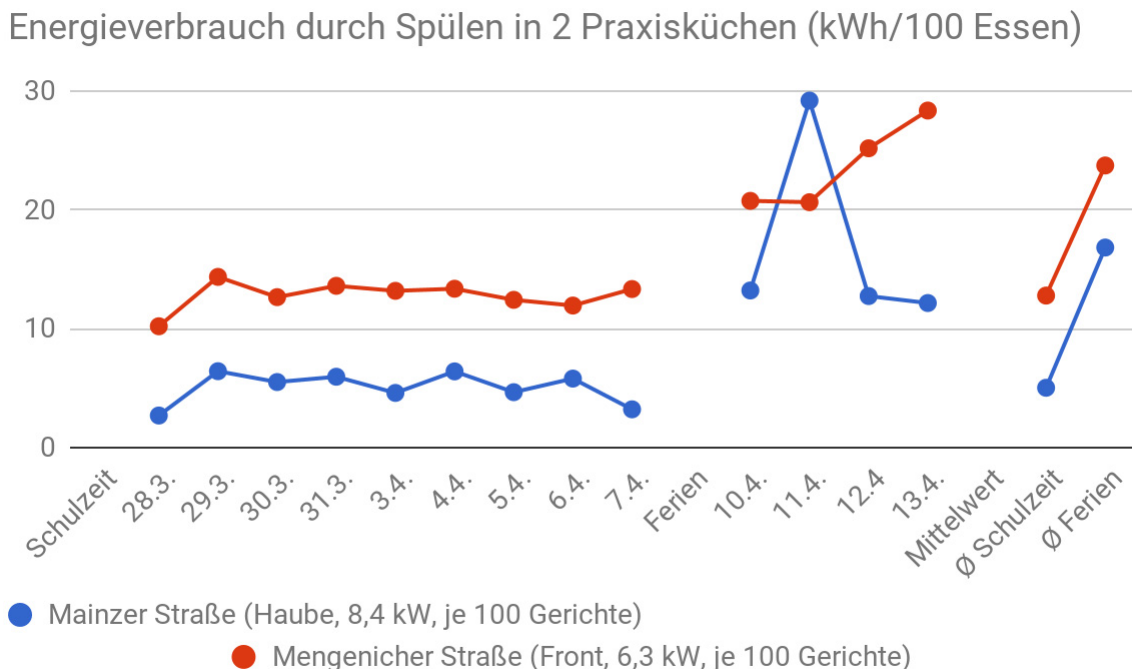
Die Ergebnisse des Praxistest sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Tabelle 21: Auswertung des Praxistests für den Prozess "Spülen"

Erläuterung	Mainzer Str. (Haube, 8,4 kW)	Mengenicher Str. (Front, 6,3 kW)
Anzahl Essen Schulzeit / Tag	449	150
Anzahl Essen Ferienzeit / Tag	147	62
Anzahl Essen Schulzeit / 9 Tage	4.044	1.354
Anzahl Essen Ferienzeit / 4 Tage	1.456	487
Anzahl Essen im Messzeitraum	5.499	1.841
Energieverbrauch Schulzeit [kWh]	189	161
Energieverbrauch Ferienzeit [kWh]	91	55
Energieverbrauch im Messzeitraum [kWh]	280	266
Energieverbrauch pro Essen - Schulzeit [kWh]	0,047	0,119
Energieverbrauch pro Essen - Ferienzeit [kWh]	0,167	0,113
Energieverbrauch pro Essen - Gesamt [kWh]	0,051	0,145
THG-Emissionen pro Essen - Gesamt [g CO₂-Äq]	27,0	76,7
Mittlerer Energieverbrauch/Essen, beide Schulen, Gesamt [kWh]	0,074	
Mittlere THG-Emissionen/Essen, beide Schulen, Gesamt [g CO ₂ -Äq]	39,5	

Quelle und Anmerkung: Eigene Darstellung nach EEP 2017-43. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

Abbildung 11: Energieverbrauch der Spülmaschinen in Schul- und Ferienzeiten (Gesamtverbrauch für alle Essen)



Quelle: Eigene Abbildung nach EEP 2017-44

4.3 Energieverbrauch und Menüs

In einem zweiten Schritt wurde der Energieverbrauch für die einzelnen Tage mit bekannten Menüs analysiert. Hiermit sollte geprüft werden, ob es möglich ist, durch die Auswahl der Menüs - und damit auch der Zubereitungsprozesse - Einfluss zu nehmen auf den Energieverbrauch.

Insgesamt zeigt dies, dass das Menü selber nur einen geringen Einfluss auf das Spülen hat, da in den Schulküchen der Verbrauch relativ konstant ist in den Schulzeiten egal ob Suppe gekocht (Feuertopf) wird oder ein Gericht welches ausschließlich im Konvektomaten (Lasagne). Der wesentliche Grund hierfür ist, dass die Zahl der Bestecke und des Geschirrs der relevante Faktor ist und zudem Bleche und große Töpfe im Spülbecken gesäubert werden.

Eine Besonderheit ist ebenfalls wichtig. Der Energieverbrauch der Mainzer Straße (Haubenspüler) in der Ferienzeit mit ca. 135 bis 140 Essen ist fast gleich mit der Mengener Straße in der Schulzeit (140 Essen)². Dies legt den Schluss nahe, dass nicht die Technik entscheidend ist, sondern die Anzahl der Bestecke (und dem damit verbundenen Nutzerverhalten)

4.4 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Spülen

Die Hochrechnung der Ergebnisse auf den Verbund der 22 Schulküchen beruht auf den obigen Messergebnissen in Mainzer und der Mengener Straße. Hierbei wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- Entscheidend für den Spülenergieverbrauch ist die Anzahl der Essen.
- Der Energieverbrauch für das Spülen wird gleitend angenommen auf Basis der Messergebnisse einer großen und einer kleinen Küche: 10 kWh/100 Essen bei Schulen bis zu 110 Essen, 13 kWh/100 Essen bei den Schulen bis 180 Essen/Tag (Messwert Mengener Straße), 10 kWh bei Schulen mit 200 bis 220 Essen, 7 kWh/100 Essen bei Schulen von 270 bis 290 Essen und darüber 5 kWh / Essen (Messwert Mainzer Straße).
- In den Ferienzeiten wird ebenfalls ein Staffelung in Anlehnung an der Anzahl der Essen vorgenommen von 16 - 24 - 20 - 13 angenommen, wobei der höchste Wert die Referenz der Mengener, der niedrigste der der Mainzer Straße ist.
- Die Anzahl der Ferienessen wird auf ca. 1/3 der Essen der Schulzeit geschätzt.
- Die Anzahl der Lehreressen wird auf 8 % geschätzt auf Basis der Erhebung von 2016 (vgl. Scharp et mult al. 2017-12)
- Es werden 192 Verpflegungstage und 32 Ferientage genutzt.

Auf dieser Basis ergeben sich die folgenden Ergebnisse (Berechnung nach EEP 2017-41):

- Der Energieverbrauch für das Spülen in den Schulzeiten liegt bei ca. 80.000 kWh, was ca. 42 t CO₂-Äq entspricht (Basis 880.000 Schüler- und Lehreressen).
- Der Energieverbrauch für das Spülen in den Ferienzeiten liegt bei ca. 10.000 kWh, was 5,3 t CO₂-Äq entspricht (Basis 48.000 Schüler- und Lehreressen).
- Bei einer Gesamtzahl von ca. 933.000 Essen (hiervon sicher erfasst 815.000 in der

² Hierbei wurde das Rindergulasch in der Mainzer Straße - welches beim Energieverbrauch der ca. 38 kWh verursacht - nicht berücksichtigt, da dieser Wert fast doppelt so hoch ist wie der Durchschnitt aller Menüs.

Schulzeit, zusätzlich hochgerechnet ca. 5 % Ferienessen (36 % Ferienessen an 32 Ferientagen) sowie geschätzten 8 % Lehreressen) ergibt sich Energieverbrauch pro Essen für das Spülen von 0,1 kWh.

- Bei einem berechneten Jahresenergieverbrauch von ca. 490.000 kWh für die 22 Schulküchen (Basis: Gesamtenergieverbrauch der vier Praxisküchen, s.o.) liegt der Anteil des Spülens somit bei geschätzten 18 %.

4.5 Einsparpotentiale

An den 22 Testschulen werden 15 Frontlader mit ca. 6,3 kW Leistung (wie in der Mengener Straße, Winterhalter UC - L) genutzt, sowie 8 Maschinen mit einer Leistung von 7,6 bis 8,4 kW (z.B. Mainzer Straße). Nur drei Maschinen sind deutlich größer mit ca. 11 kW (Montessori und Brehmstraße) sowie 16 kW (Mühlstraße).

Die Berechnung der Einsparpotentiale basiert auf der Anzahl der Essen (Schulessen sowie geschätzte Ferien- und Lehreressen, gesamt 930.000 Essen) sowie einem in Bezug auf die Zahl der Bestecke abgestuften Annahme des Energieverbrauchs für das Spülen.

Im Unterschied zu Haushaltsspülmaschinen gibt es keine Energieklassifizierung der Spülmaschinen. Auch die Hersteller geben keinen Energieverbrauch an, weshalb das technische Potential - der Austausch alter gegen neuer Technik - nur vermutet werden kann. Die wesentliche Begründung für die Annahme eines technischen Potentials ist, dass 40 % der eingesetzten Spülmaschinen der 22 Küchen eine deutlich höhere Leistungsaufnahme haben als die gemessene Maschine in der Mengener Straße.

- Geschätztes Einsparpotential durch neuere Geräte: 10 % des Gesamtverbrauchs für Spülen bzw. 9.000 kWh (4,8 t CO₂-Äq).

Das Spülen in den Ferienzeiten ist mit deutlich höheren Energieverbräuchen pro Essen als in den Schulzeiten verbunden. Erklärbar ist dieser hohe Verbrauch nur durch eine gleich hohe Anzahl von Spülgängen bei geringeren Essenszahlen. Eine vorsichtige Schätzung sollte dennoch möglich sein, wenn man als Bezugspunkte entweder den Ferienwert der Mainzer Straße mit 13 kWh pro 100 Essen für alle Schulen, so zeigt sich ein Einsparpotential von 37 % in den Ferienzeiten:

- Geschätztes Einsparpotential in der Ferienzeit mit Durchschnittswert: ca. 48.500 Essen (Kinder und 8 % Erwachsene, 32 Ferientage), bei 13 kWh je 100 Essen (Ferienwert Mainzer Straße) insgesamt 6.300 kWh (3,3 t CO₂-Äq), d.h. eine Einsparung von 37 % bzw. 3.700 kWh (2,0 t CO₂-Äq) in Bezug auf dem Energieverbrauch von geschätzten 10.000 kWh in der Ferienzeit.

Das Spülen wird vor allem durch das Geschirr und das Besteck geprägt, da Bleche oder große Töpfe meist in Spülbecken gesäubert werden. In den Schulzeiten wird aufgrund der höheren Essenszahlen auch effizienter gespült. Nimmt man den gemessenen Wert in der Mainzer Straße von 5 kWh / 100 Essen als Zielwert für alle Schulen, so ergäbe sich ein Einsparpotential von 45 % in der Schulzeit:

- Geschätztes Einsparpotential in der Schulzeit: ca. 880.000 Essen (Kinder und 8 % Erwachsene, 192 Schultage), bei 5 kWh je 100 Essen insgesamt 44.000 kWh (23 t CO₂-

Äq), d.h. eine Einsparung von 45 % bzw. 36.000 kWh (19 t CO₂-Äq) in Bezug auf dem Energieverbrauch von geschätzten 80.000 kWh (42 t CO₂-Äq) in der Schulzeit.

Zusammenfassend kann geschätzt werden, das durch technische Potentiale ca. 9.000 kWh/Jahr (4,8 t CO₂-Äq), durch eine Änderung des Spülverhaltens (nur noch volle Beladung) in den Ferien ca. 3.700 kWh/Jahr (2,0 t CO₂-Äq; Bezug 13 kWh/100 Essen) und in den Schulzeiten ca. 36.000 kWh/Jahr (19 t CO₂-Äq; Bezug 5 kWh/100 Essen) eingespart werden können. Im Idealfall könnten ca. 48.000 kWh eingespart werden, was ca. 25 t CO₂-Äquivalenten entspricht. Dies könnten bezogen auf ca. 490.000 kWh Stromverbrauch der 22 Schulküchen insgesamt, ca. 10 % sein.

Im Ergebnis sollte folgendes weiterhin untersucht werden:

- Gibt es Spülmaschinen, die eine höhere Effizienz bei kleinen Geschirrzahlen haben?
- Ist eine Veränderung des Spülverhaltens im Rahmen der Prozesse möglich?
- Was sind die Ursachen für die hohen Verbräuche in den Ferienzeiten?
- Warum verursachen einige Menüs so hohe Energieverbräuche?

5 Technik - Kühlen

5.1 Durchführung und Einschränkungen

Im Messzeitraum 29.03.-27.04.17 wurden in den Schulen des Praxistests Kühl- und Gefriergeräte gemessen. Im 30-tägigen Messzeitraum entfallen 12 Tage auf den Schulbetrieb, 4 Tage auf den Ferienbetrieb und 14 Tage sind Schließtage. Um hierzu Aussagen zu treffen, wurden in den fünf Praxisküchen 10 Kühlschränke und 9 Gefrierschränke und eine Kühltruhe vermessen. Von den zwanzig Messpunkten konnten 16 verwendet werden, vier entfielen wegen Störungen der Messgeräte. Auch wenn in keiner Schule alle Geräte gemessen wurden, sind die Ergebnisse nutzbar zur Bestimmung des Energieverbrauchs für das Kühlen, da die Geräte dieser Klasse fast alle im Dauerbetrieb gleichartig genutzt werden (kein zwischenzeitliches Abschalten im Messzeitraum von 30 Tagen). Nur in der Schule Mengenicher Straße wurde ein Kühlschrank während einer längeren Schließzeit abgeschaltet.

Der Energieverbrauch der Schulküchen für Kühlen und Gefrieren je Essen ist abhängig von

- der Effizienz der eingesetzten Technik,
- dem Wartungsverhalten durch das Küchenpersonal (regelmäßiges Abtauen, Reinigung der äußeren Wärmeüberträger)
- dem Nutzungsverhalten des Küchenpersonals (Abschalten nicht benötigter Geräte z.B. im Ferienbetrieb oder bei längeren Schließzeiten) sowie
- der Nutzung von Lebensmitteln mit Kühlbedarfen in der Schulverpflegung

5.2 Ergebnisse des Praxistest für die Schulen

Der Praxistest lieferte Energieverbräuche der Kühlschränke in den fünf Praxisschulen für die Schul-, die Ferien- und die Schließzeit. Der tägliche Energieverbrauch zwischen diesen drei Zeiten schwankt nur gering um vier bis fünf Prozent (sofern keine Kühlschränke abgeschaltet werden, s.u.). Mit anderen Worten: Das häufige Öffnen in den Schulzeiten mit großen Essenszahlen hat nur einen geringen Einfluss, somit kann durch Verhaltensänderung - hinsichtlich der Schul- und Schließtage - nur ein geringes Potential erschlossen werden.

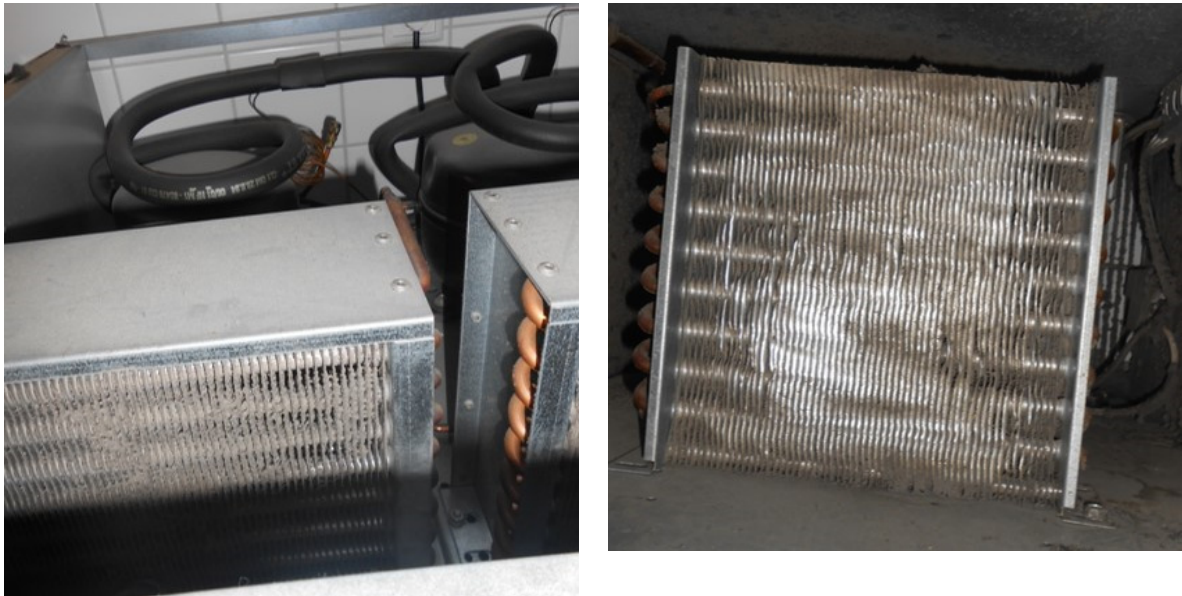
- Differenz Energieverbrauch pro Tag Schul- und Schließzeiten: ca. 5 %

Als eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Energieeffizienz werden das regelmäßige Abtauen sowie die Reinigung des äußeren Wärmeübertragers angesehen. Nach Auskunft des Küchenpersonals ist das Abtauen jedoch nicht erforderlich, da die Geräte mit einer Abtauautomatik versehen sind. Die Reinigung der Wärmeübertrager kann durch Abpinseln und Wegsaugen des Staubes erfolgen, es wird jedoch kein großes Potential hier gesehen (EEP 2017-43).

- Es wird kein besonderes großes Einsparpotential durch regelmäßiges Abtauen gesehen, da die Kühlgeräte eine Abtauautomatik haben. Zudem war im Betriebsrundgang nicht ersichtlich, dass die PK-Schränke vereist waren (im Gegensatz zu den TK-Schränken)
- Die Reinigung der Wärmeübertrager ist für einen optimalen Betrieb der Kühlschränke sinnvoll, da der Energierundgang eine starke Verschmutzung zeigt. Die Reduktion des

Energieverbrauchs wird aber als gering eingeschätzt (EEP und Scharp 2017-46). Zusammen mit einem Abrücken von der Wand - zur Erhöhung der Luftzirkulation - wird das Einsparpotential auf ca. 2 % geschätzt.

Abbildung 12: Verstaubte Wärmeübertrager (Register) in zwei Projektküchen (Mainzer Straße und Janusz-Korczak-Schule)



Quelle: EEP

Prinzipiell sollte es auch möglich sein, Kühlschränke in längeren Ferienzeiten abzuschalten. Dies geschah in der Mengenicher Straße, hier wurde ein Kühlschrank in den Ferien abgeschaltet, was dazu führte, dass der Energieverbrauch der Kühlschränke um ein Drittel sank (0,8 kWh statt ca. 2,7 kWh). Allerdings sind aufgrund des Ferienprogramms die Schließzeiten begrenzt: in 7 Ferienwochen (49 Tage) wird grundsätzlich Mittagsverpflegung ausgegeben, es werden jedoch durchschnittlich nur 35 % der Ausgabemenge je Schulküche nachgefragt. In nur fünf Ferienwochen (35 Tage) sind die Küchen komplett geschlossen.

- Werden in den Ferienwochen mit verringerter Essensausgabe $\frac{1}{3}$ der Kühlgeräte abgeschaltet und in den Ferienwochen ohne Essensausgabe $\frac{2}{3}$ der Kühlgeräte abgeschaltet, ergibt sich ein Einsparpotential von 3.350 kWh.

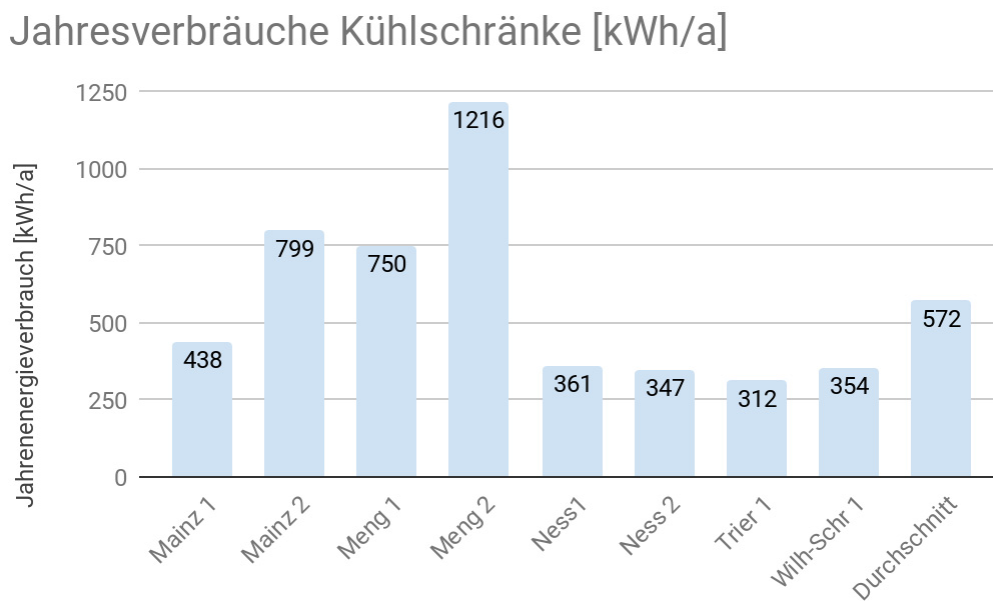
Auffällig sind die hohen Unterschiede zwischen den Geräten. Während fünf Kühlschränke Energieverbräuche pro Tag von etwas weniger bis 1,25 kWh pro Tag (Jahresverbrauch 185 bis 241 kWh) hatten, hatten drei Geräte Energieverbräuche von 2,3, 2,9 bzw. 3,4 kWh pro Tag, so dass der maximale Energieverbrauch bei ca. 1.200 kWh/Jahr liegt. Dies ist ein deutliches Indiz für ein technisches Einsparpotential. Der Austausch alter Geräte wird von Seiten EEP ausdrücklich empfohlen. Wo es möglich ist, soll eine Kühlzelle mehrerer einzelner Geräte vorgezogen werden (EEP 2017-43).

- Technische Effizienz der Kühlschränke (Energieverbrauch pro Schultag): 0,86 kWh/d bis 3,4 kWh/d

Ausgehend von der Bestimmung der Energieverbräuche im Messzeitraum erfolgte eine Hochrechnung auf das Jahr für 8 Kühlschränke in den fünf Küchen. Hieraus wurde ein Mittelwert für den Energieverbrauch eines Kühlschranks pro Jahr in Höhe von ca. 570 kWh/a (min ca. 300 kWh, max. ca. 1.200 kWh) gebildet. Diese breite Streuung zeigt gleichfalls das technische Potential, wenn effizientere Kühltechnik eingesetzt wird.

- Mittlerer Jahresenergieverbrauch eines Kühlschranks in den Testküchen: ca. 570 kWh/a (entspricht 300 kg CO₂-Äquivalenten)

Abbildung 13: Jährliche Energieverbräuche der Kühlschränke des Praxistest



Quelle: Eigene Abbildung

Auf Basis der Anzahl Menüs lässt sich dann auch ein Energieverbrauch pro Essen bestimmen. Hierbei musste jedoch der Anteil der Essen für Erwachsene auf Basis der Bestimmung in 2016 erfolgen, er lag damals bei ca. 8 % über alle Schulen. Auch der Anteil der Ferienessen konnte nur Basis der Erhebung der Praxisküchen erfolgen. Er lag im Messzeitraum bei ca. 36 %, d.h. etwas mehr als Drittel der Schulkinder nahm im Ferienprogramm eine Mahlzeit ein. Im Ergebnis wurden geschätzt ca. 935.000 Essen zubereitet, hier entfiel auf diesem Zeitraum ca. 34.000 kWh Strom für Kühlenergie (entspricht 18 t CO₂-Äq). Dies bedeutet, dass pro Essen zwischen 20 und ca. 80 Wh Energie für das Kühlen aufgewendet werden.

- Mittlerer Energieverbrauch pro Essen für das Kühlen: ca. 33 Wh (gewichtetes Mittel; min. 20 Wh, max. 82 Wh), was ca. 18 g CO₂-Äq entspricht (gewichtetes Mittel; min. 11 g CO₂-Äq, max. 44 g CO₂-Äq)

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse tabellarisch vor.

Tabelle 22: Berechnung des Energieverbrauchs für Kühlen (5 Praxisküchen)

Kühlschränke - Messergebnisse	Mainz 1	Mainz 2	Meng 1	Meng 2	Ness1	Ness2	Trier1	Wils1	MW*
EV Kühlschrank pro Tag - Schultag (kWh)	1,25	2,28	2,89	3,40	0,99	0,97	0,86	1,00	1,70
EV Kühlschrank pro Tag - Ferientag (kWh)	1,17	2,18	2,54	3,34	0,93	0,96	0,86	1,01	1,62
Differenz Schultag - Ferientag (%)	6,8 %	4,4 %	12,1 %	1,6 %	6,1 %	1,1 %	0,0 %	-1,3 %	3,9 %
EV Kühlschrank pro Tag - Schließtag (kWh)	1,14	2,09	0,81	3,26	1,00	0,93	0,86	0,93	1,38
Differenz Schultag - Schließtag (%)	8,8 %	8,3 %	n.v.	3,9 %	-0,7 %	3,5 %	0,3 %	6,8 %	4,4 %
EV gesamt - 192 Schultage (kWh)	241	437	555	652	191	186	165	192	327
EV Kühlschrank pro Tag - 32 Ferientage (kWh)	37	70	81	107	30	31	27	32	52
EV Kühlschrank pro Tag - 140 Schließtage (kWh)	160	292	114	457	140	131	120	130	193
Mittelwert - EV gesamt (kWh/a*KS)	438	799	750	1.216	361	347	312	354	572
THG-Emissionen (kg CO2-Äq/a*KS)	232	423	397	644	191	184	165	188	303
Jahresverbräuche Kühlen	Mainz	Meng	Ness	Trier	Wils				
Anzahl Kühlschränke gemessen / nicht gemessen	2 / 1	2 / 1	2 / 1	1 / 1	1 / 2				
EV gemessen (kWh/a)	1.237	1.966	708	312	354				
EV geschätzt (kWh/a)	572	572	572	572	1.144				
EV gesamt (kWh/a*Küche)	1.809	2.538	1.280	884	1.499				
THG-Emissionen (kg CO2-Äq/a*Küche)	959	1.345	678	469	794				
EV Kühlen pro Essen (Wh)	Mainz	Meng	Ness	Trier	Wils	IW / Summ			
Anzahl Essen Schüler Schultag (erfasst)	416	139	196	186	167	221			
Anzahl Essen Schüler Ferientag (erfasst)	136	58	90	55	51	78			
Anzahl Essen Erwachsene (8%, Mittelwert 2016)	33 / 11	11 / 5	16 / 7	15/4	13/4				
Anzahl Essen / a (192 Schul-, 32 Ferientage, kWh)	90.962	30.828	43.753	40470	36.392	242.404			
EV gesamt (kWh/a*Küche)	1.809	2.538	1.280	884	1.499	8.010			
EV Kühlen pro Essen (Wh)	20	82	29	22	41	33			
THG-Emissionen Kühlen pro Essen (g CO2-Äq)	11	44	16	12	22	18			

Quelle und Anmerkung: Eigene Berechnung nach EEP 2017-41. EV = Energieverbrauch. n.v. = In der Mengenicher Straße wurde in den Ferienzeiten ein Kühlschrank ausgeschaltet. Da dies kein typisches Verhalten für den Verbund ist, wurde dieser Wert bei der Berechnung des Durchschnittes nicht berücksichtigt, bei der Berechnung des

Gesamtverbrauchs aber doch. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

5.3 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Kühlen

In einem zweiten Schritt erfolgte eine Hochrechnung des Energieverbrauchs für das Kühlen auf den Verbrauch der 22 Schulküchen. Grundlage war die Anzahl der Essen sowie der zuvor bestimmte Wert für das Kühlen pro Essen. Diese Berechnung zeigte, dass ca. 31.000 kWh/a nur für das Kühlen aufgewendet werden. Die Kühlung zählt somit mit ihren 6,3 % von ca. 490.000 kWh zu den drei ganz gewichtigen Verbrauchern. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zusammen:

Tabelle 23: Berechnung des Energieverbrauchs für Kühlen in den 22 Testschulen

EV der 22 Testschulen für Kühlen	Kinder	Erwachsene	Gesamt	Kommentar
Anzahl Essen pro Schultag	4.247	340	4.587	Erwachsene geschätzt mit 8 % auf Basis der Befragung 2016
Anzahl Essen pro Ferientag	1.529	122	1.651	Anzahl geschätzt auf 36 %, Mittelwert der 5 Praxisschulen
Anzahl Essen pro Jahr	864.349	69.148	933.497	192 Schul-, 32 Ferientage
EV Kühlen pro Essen (Wh)			33	Berechnet auf Basis von 9 Kühlschränken der Praxisschulen
EV der 22 Testschulen (kWh)			30.846	
THG-Emissionen de 22 Testschulen (t CO₂-Äq)			16,3	

Quelle und Anmerkungen: Eigene Berechnung nach EEP 2017-41. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

- Energieverbrauch der Schulen für das Kühlen: Ca. 31.000 kWh/a. Dies sind ca. 6,3 % des Gesamtenergieverbrauchs von ca. 490.000 kWh und gut 16 t CO₂-Äq.

5.4 Einsparpotentiale

In einem letzten Schritt erfolgte eine Potentialanalyse. Hierbei wurden zwei Annahmen gemacht. Zum einen wird ein Austausch von ineffizienten gegen effiziente Geräte angedacht. Hierbei wurden die Top4-Geräte des Praxistest als Maßstab genommen, also Geräte mit ca. 350 kWh Energieverbrauch pro Jahr. Zum zweiten wurde das Abschalten von $\frac{2}{3}$ der nicht genutzten Geräte an ca. 35 Tagen bzw. 5 Wochen berechnet (Gesamtzahl der Schließstage 140). Die Ergebnisse finden sich in der nachfolgenden Tabelle:

Tabelle 24: Abschätzung von Einsparpotentialen am gesamten Energieverbrauch in den 22 Netzwerkschulen

Modellrechnung 1 - Effiziente Kühlschränke	Bezug	Wert	Einsparung Energie (kWh)	Einsparung CO ₂ -Äq (kg)	Anteil Kühlen	Anteil Gesamt
Anzahl der Kühlschränke im Verbund		58				
Mittelwert EV - Gesamt (kWh)	572	33.184				
Mittlerer EV wie die Top4-Geräte (kWh)	344	19.928	13.256	7.025	60,05%	2,71%
Abschaltung von 2/3 der Kühlschränke an 35 Ferientagen ohne Essensausgabe (kWh) *	1,46	35	1.839	974	5,54%	0,38%
Abschaltung von 1/3 der Kühlschränke an 49 Ferientagen mit Essensausgabe (kWh) **	1,62	49	1.511	801	4,55%	0,31%
Reinigung Register und Abrücken	33.184	2%	664	352	3,33%	0,14%

Quelle: Eigene Berechnung nach EEP 2017-41. *Abschaltung von 36 Geräten (61 %): in jeder Schule bleibt ein Kühlschrank in Betrieb. **Abschaltung von 19 Geräten entspricht 32,7 %. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

Im Ergebnis zeigt sich, dass Bestandsmaßnahmen und Investitionen deutliche Potentiale erschließen können. Die Bestandsmaßnahmen stellen sich wie folgt dar:

- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch Abschalten von 2/3 aller Kühlgeräte in fünf Ferienwochen ohne Essensausgabe (35 Tage): ca. 1.800 kWh (5,5 % der Kühlenergie, 0,4% der Gesamtenergie), was ca. 970 kg CO₂-Äquivalenten entspricht.
- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch Abschalten von 1/3 aller Kühlgeräte in sieben Ferienwochen mit reduzierter Essensausgabe (49 Tage): ca. 1.500 kWh (4,5 % der Kühlenergie, 0,3 % der Gesamtenergie), was ca. 800 kg CO₂-Äq entspricht.
- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch regelmäßige Reinigung der Register und einmaliges Abrücken könnten ca. 650 kWh bzw. 350 kg CO₂-Äq eingespart werden (Annahme 2% Einsparung).

Deutlich größte Potentiale könnte man erschließen, wenn man die Geräte komplett gegen effiziente Geräte (350 kWh/a) austauscht.

- Investitionsmaßnahmen: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch effizientere Technik: ca. 13.000 kWh/a (ca. 40 % der Kühlenergie, ca. 2,5 % der Gesamtenergie) bzw. ca. 7 t CO₂-Äquivalenten entspricht.

Die größten Einsparungen hat man, wenn man Investitionsmaßnahmen und Pflege miteinander kombiniert.

- Investitionen und Pflege: Neue Geräte erschließen ca. 13.000 kWh/a. Mit dem Abschalten der Geräte in den Ferienzeiten (1/3 der Geräte) und in den Schließzeiten (2/3 der Geräte) können 2.200 bzw. ca. 400 kWh eingespart werden (ca. sofern die neue Geräte gleichfalls immer gut gereinigt und von der Wand abgerückt werden, so könnte man vielleicht noch einmal ca. 650 bzw. ca. 400 kg CO₂-Äq. eingespart werden).

Insgesamt könnten durch ein Bündel von Maßnahmen ca. 8 t der THG-Emissionen eingespart werden bzw. ca. 15.500 kWh (ca. 3 % des gesamten Energieverbrauchs).

6 Technik - Gefrieren

6.1 Durchführung und Einschränkungen

Im Messzeitraum 29.03.-27.04.17 wurden in den Schulen des Praxistests auch die Gefriergeräte gemessen. Im 30-tägigen Messzeitraum entfallen 12 Tage auf den Schulbetrieb, 4 Tage auf den Ferienbetrieb und 14 Tage sind Schließtage. Um hierzu Aussagen zu treffen, wurden in den fünf Praxisküchen 9 Gefrierschränke und eine Kühltruhe vermessen. Von den zehn Messpunkten konnten 8 verwendet werden, ein Gefrierschrank entfiel wegen Störungen der Messgeräte. Auch wenn in keiner Schule alle Geräte gemessen wurden, sind die Ergebnisse nutzbar zur Bestimmung des Energieverbrauchs für das Gefrieren, da die Geräte dieser Klasse fast alle im Dauerbetrieb gleichartig genutzt werden (kein zwischenzeitliches Abschalten im Messzeitraum von 30 Tagen).

Der Energieverbrauch der Schulküchen für Gefrieren je Essen ist abhängig von

- der Effizienz der eingesetzten Technik,
- dem Wartungsverhalten durch das Küchenpersonal (regelmäßiges Abtauen, Reinigung der äußeren Wärmeüberträger)
- dem Nutzungsverhalten des Küchenpersonals (Abschalten nicht benötigter Geräte z.B. im Ferienbetrieb oder bei längeren Schließzeiten) sowie
- der mengenmäßigen Nutzung von Tiefkühllebensmitteln in der Schulverpflegung

6.2 Ergebnisse des Praxistest für die Schulen

Der Praxistest lieferte Energieverbräuche der Gefrierschränke in den fünf Praxisschulen für die Schul-, die Ferien- und die Schließzeit. Der tägliche Energieverbrauch zwischen diesen drei Zeiten schwankt mit größeren Abweichungen um vier Prozent (max.: 12 %, min -6 %). Mit anderen Worten: Das häufigere Öffnen in den Schulzeiten mit großen Essenszahlen hat nur einen geringen Einfluss, somit kann durch Verhaltensänderung - hinsichtlich der Schul- und Schließtage - nur ein geringes Potential erschlossen werden.

- Differenz des Energieverbrauchs pro Tag zwischen Schul- und Schließzeiten: ca. 4 %

Als eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Energieeffizienz wird vor allem das regelmäßige Abtauen, möglicherweise auch die Reinigung des äußeren Wärmeüberträgers (abpinseln, saugen) angesehen. Bei der Küchenbegehung durch EEP wurde festgestellt, dass diverse Gefriergeräte vereist waren (siehe Bilder sowie EEP 2017-43).

- Eine Verringerung des Energieverbrauchs für Gefrieren durch regelmäßiges Abtauen um mindestens 10 % ist zu erwarten (Verbraucherzentrale NRW 2016, Hausgeräte+ o.J.).
- Die Reinigung der Wärmeüberträger ist für einen optimalen Betrieb der Gefrierschränke sinnvoll, die Reduktion des Energieverbrauchs wird aber als sehr gering eingeschätzt.

Abbildung 14: Vereiste Gefrierschränke in den Projektküchen (Beispiel Wilhelm-Schreiber-Straße)



Quelle: EEP

Prinzipiell sollte es auch möglich sein, Gefrierschränke in längeren Ferienzeiten abzuschalten. Allerdings sind aufgrund des Ferienprogramms die Schließzeiten begrenzt: in 7 Ferienwochen (49 Tage) wird grundsätzlich Mittagsverpflegung ausgegeben, es werden jedoch durchschnittlich nur 35 % der Ausgabemenge je Schulküche nachgefragt. In nur fünf Ferienwochen (35 Tage) sind die Küchen komplett geschlossen.

- Werden in den Ferienwochen mit verringerter Essensausgabe $\frac{1}{3}$ der Gefriergeräte abgeschaltet und in den Ferienwochen ohne Essensausgabe $\frac{2}{3}$ der Gefriergeräte, ergibt sich ein Einsparpotential von gut 15.000 kWh, was 8 t CO₂-Äquivalenten entspricht.

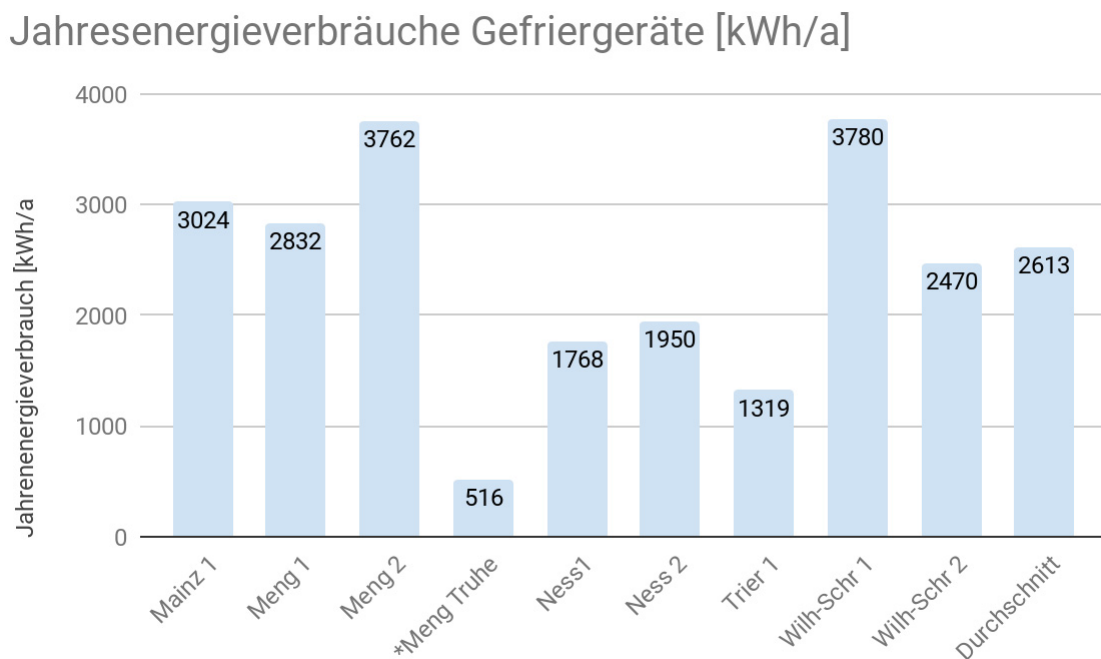
Auffällig sind die hohen Unterschiede zwischen den Geräten. Während drei verbrauchsarme Gefrierschränke Energieverbräuche zwischen 3,7 bis 5,3 kWh pro Tag (Jahresverbrauch 1.319 bis 1.950 kWh) hatten, hatten die zwei verbrauchstärksten Geräte Energieverbräuche von rund 10,5 kWh pro Tag, so dass der maximale Energieverbrauch bei ca. 3.780 kWh/Jahr liegt. Dies ist ein deutliches Indiz für ein technisches Einsparpotential. Der Austausch alter Geräte wird **von Seiten EEP ausdrücklich empfohlen. Wo es möglich ist, soll eine Tiefkühlzelle mehrerer einzelner Geräte vorgezogen werden (EEP 2017-43).**

- Technische Effizienz der Gefrierschränke (Energieverbrauch pro Schultag): 3,7 kWh/d bis 10,6 kWh/d

Ausgehend von der Bestimmung der Energieverbräuche im Messzeitraum erfolgte für die acht Gefrierschränke und eine Gefriertruhe der fünf Küchen eine Hochrechnung auf das Jahr. Hieraus wurde ein Mittelwert für den Energieverbrauch eines Kühlschranks pro Jahr gebildet in Höhe von ca. 2.600 kWh/a (Minimum ca. 1.300, maximal ca. 3.800 kWh, ohne Berücksichtigung der Kühltruhe). Diese breite Streuung zeigt gleichfalls das technische Potential, wenn man effizientere Kühltechnik einsetzt.

- Mittlerer Jahresenergieverbrauch eines Gefrierschranks in den Testküchen: ca. 2.600 kWh/a (1,4 t CO₂-Äq/a)

Abbildung 15: Jährliche Energieverbräuche der Gefrierschränke des Praxistest



Quelle: Eigene Abbildung. Die Kühltruhe fließt nicht in die Mittelwertbildung ein

Auf Basis der Anzahl Menüs lässt sich dann auch ein Energieverbrauch pro Essen bestimmen. Hierbei musste jedoch der Anteil der Essen für Erwachsene auf Basis der Bestimmung in 2016 erfolgen, er lag damals bei ca. 8 % über alle Schulen. Auch der Anteil der Feriessen konnte nur Basis der Erhebung der Praxisküchen erfolgen. Er lag im Messzeitraum bei ca. 36 %, d.h. etwas mehr als ein Drittel der Schulkinder nahm im Ferienprogramm eine Mahlzeit ein. Im Ergebnis wurden in den fünf Praxisküchen 242.400 Essen zubereitet, hier entfielen auf diesen Zeitraum ca. 39.200 kWh Ströme für Gefrierenergien. Dies bedeutet, dass pro Essen zwischen 85 und 315 Wh Energie für das Gefrieren aufgewendet werden.

- Mittlerer Energieverbrauch pro Essen für das Gefrieren: ca., 160 Wh (gewichtetes Mittel; min. 85 Wh, max. 315 Wh), was ca. 85 g CO₂-Äquivalenten entspricht (gewichtetes Mittel; min. 45 g CO₂-Äq, max. 167 g CO₂-Äq)

Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse tabellarisch vor.

Tabelle 25: Berechnung des Energieverbrauchs für Gefrieren in den fünf Praxisküchen

Gefrierschrank - Messer- gebnisse	Mainz 1	Meng1	Meng2	Ness1	Ness2	Trier1	Wils1	Wils2	MW
EV Gefrierschrank pro Tag - Schultag (kWh)	8,67	7,93	10,48	5,01	5,29	3,69	10,62	7,00	7,34
EV Gefrierschrank pro Tag - Ferien tag (kWh)	8,86	7,69	10,38	4,81	4,64	3,63	10,24	6,62	7,11
Differenz Schultag - Ferien- tag (%)	-2,1 %	3,1 %	0,9 %	3,9 %	12,3 %	1,8 %	3,6 %	5,4 %	3,6 %
EV Gefrierschrank pro Tag - Schließ tag (kWh)	7,68	7,60	10,13	4,66	5,61	3,53	10,09	6,53	6,98
Differenz Schultag - Schließ- tag (%)	11,4 %	4,2 %	3,3 %	7,0 %	-6,0 %	4,4 %	5,0 %	6,8 %	4,5 %
EV gesamt - 192 Schultage	1.665	1.522	2.012	962	1.016	709	2.039	1.344	1.409
EV Gefrierschrank pro Tag - 32 Ferientage (kWh)	283	246	332	154	149	116	328	212	228
EV Gefrierschrank pro Tag - 140 Schließ tage (kWh)	1.075	1.064	1.418	652	785	494	1.412	914	977
Mittelwert - EV gesamt (kWh/a*GS)	3.024	2.832	3.762	1.768	1.950	1.319	3.780	2.470	2.613
THG-Emissionen (kg CO2- Äq/a*GS)	1.603	1.501	1.994	937	1.034	699	2.003	1.309	1.385
Jahresverbrauch alle Ge- frierschränke	Mainz	Meng		Ness		Trier	Wils		MW
Anzahl der Gefrierschränke gemessen/ nicht gemessen	1/3	2/2/1*		2/2		1/3	2/4		
EV gemessen (kWh/a)	3.024	6.594		3.718		1.319	6.250		
EV geschätzt (kWh/a)	7.839					5.226	5.226		
EV gesamt (kWh/a*Küche)	10.863	6.594		3.718		6.545	11.476		7.839
THG-Emissionen (kg CO2- Äq/a*Küche)	5.758	3.495		1.971		3.469	6.082		4.155
EV Gefrierschrank pro Es- sen (Wh)	Mainz	Meng		Ness		Trier	Wils		MW / Summe
Anzahl Essen Schüler Schul- tag (erfasst)	416	139		196		186	167		221
Anzahl Essen Schüler Feri- entag (erfasst)	136	58		90		55	51		78
Anzahl Essen Erwachsene (8%, Mittelwert 2016)	33/ 11	11/ 5		16/ 7		15/ 4	13/ 4		
Anzahl Essen / a (192 Schul- , 32 Ferientage, kWh)	90.962	30.828		43.753		40.470	36.392		242.404
EV gesamt (kWh/a*Küche)	10.863	6.594		3.718		6.545	11.476		39.197
EV Gefrierschrank/Essen (Wh)	119	214		85		162	315		162
THG-Emissionen Gefrieren pro Essen (g CO2-Äq)	63	113		45		86	167		86

Quelle und Anmerkung: Eigene Darstellung nach EEP 2017-43. *Gefriertruhe in der Mengenicher Straße; MW = Mittelwert. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

6.3 Hochrechnungen des Energieverbrauchs durch Gefrieren

In einem zweiten Schritt erfolgte eine Hochrechnung des Energieverbrauchs für das Gefrieren auf den Verbrauch der 22 Schulküchen. Grundlage war die Anzahl der Essen in Höhe von 933.500 Essen (Kinder, Erwachsene sowie Schul- und Feriessen) sowie der zuvor bestimmte Wert von ca. 160 Wh für das Gefrieren pro Essen. Diese Berechnung zeigte, dass ca. 150.000 kWh/a nur für Gefrieren aufgewendet werden. Das Gefrieren ist somit mit anteiligen 31 % von ca. 490.000 kWh der größte Verbraucher in der Schulküche. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zusammen:

Tabelle 26: Berechnung des Energieverbrauchs für Gefrieren (22 Schulen)

EV der 22 Projektschulen für Gefrierschrank	Kinder	Erwachsene	Gesamt	Kommentar
Anzahl Essen pro Schultag	4.247	340	4.587	Erwachsene geschätzt mit 8 % auf Basis der Befragung 2016
Anzahl Essen pro Ferientag	1.529	122	1.651	Anzahl geschätzt auf 36 %, Mittelwert der 5 Praxisschulen
Anzahl Essen pro Jahr	864.349	69.148	933.497	192 Schul-, 32 Ferientage
EV Gefrierschrank pro Essen (Wh)			162	
EV der 22 Projektschulen (kWh/a)			150.946	
THG-Emissionen der 22 Projektschulen (t CO₂-Äq/a)			80	

Quelle: Eigene Berechnung nach EEP 2017-41. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq.

- Energieverbrauch der Schulen für das Gefrieren: Ca. 150.000 kWh/a. Dies sind ca. 31 % des Gesamtenergieverbrauchs von ca. 490.000 kWh und 80 t CO₂-Äq.

6.4 Einsparpotentiale

In einem letzten Schritt erfolgte eine Potentialanalyse. Hierbei wurden zwei Annahmen gemacht.

- Zum einen wird ein Austausch von ineffizienten gegen effiziente Geräte angedacht. Hierbei wurden die Top4-Geräte des Praxistest (ohne Kühltruhe) als Maßstab genommen, also Geräte mit durchschnittlich 1.880 kWh Energieverbrauch pro Jahr.
- Zum zweiten wurde das Abschalten von $\frac{2}{3}$ der nicht genutzten Geräte an ca. 49 Tagen bzw. 7 Wochen berechnet (Gesamtzahl der Schließtage 140).

Die Ergebnisse finden sich in der nachfolgenden Tabelle:

Tabelle 27: Abschätzung von Einsparpotentialen in den 22 Projektschulen beim Gefrieren

Modellrechnung 1 - Effiziente Gefrierschränke	Bezug	Wert	Einsparung Energie (kWh)	Einsparung CO₂-Äq (t)	Anteil Gefrieren	Anteil Gesamt
Anzahl der Gefrierschränke im Verbund		57				
Mittelwert EV - Gesamt (kWh)	2.613	148.947				
Bestand: Abschaltung von 2/3 der Gefrierschränke an 35 Ferientagen ohne Essensausgabe (kWh) **	6,98	35	8.547	4,5	5,74 %	1,75 %
Bestand: Abschaltung von 1/3 der Gefrierschränke an 49 Ferientagen mit Essensausgabe (kWh)	7,11	49	6.619	3,5	4,44 %	1,35 %
Bestand: Regelmäßiges Abtauen und Reinigung Lüftung (Bestand)	10 %	14.895	14.895	7,9	10,00 %	3,04 %
Mittlerer EV wie die Top4-Geräte im Bestand (kWh)	1.877	106.976	41.971	22,2	28,18 %	8,57 %
Investition: Ersatz aller Geräte gegen durchschnittlich A+Geräte (500 kWh/a, eigene Recherche)	500	28.500	120.447	63,8	80,87 %	24,60 %
Investition: Optimale Geräte nach EEP 2017-43 (385 kWh/a)*	385	21.945	127.002	67,3	85,27 %	25,94 %
Investition und Bestandspflege: Abschaltung von 2/3 der Gefrierschränke an 35 Ferientagen ohne Essensausgabe (kWh) **	1,37	35	4.099	2,2	2,75 %	0,84 %
Investition und Bestandspflege: Abschaltung von 1/3 der Gefrierschränke an 49 Ferientagen mit Essensausgabe (kWh)	1,37	49	1.275	0,7	0,86 %	0,26 %
Investition und Bestandspflege: Temperatureinstellung, Reinigung, Abtauen, Abrücken	28.500	10 %	2.850	1,5	1,91 %	0,58 %
Summe Bestandspflege					20,18 %	6,14 %
Summe Investition	A+++ Geräte	500			80,87 %	24,60 %
Summe Investition und Bestandspflege					86,39 %	26,28 %

Quelle und Anmerkung: Eigene Berechnung nach EEP 2017-41. *EEP setzt für die eigene Energieeinsparberechnung den Liebherr Tiefkühlschrank GG 5210-23 an. Dieser ist deutlich effizienter als alle Tiefkühlgeräte im Praxistest. Die Energieeinsparungen durch den Ersatz aller Gefrierschränke durch das genannte Modell würden den gesamten Energiebedarf der Schulküchen um 26 % reduzieren. Wenn man durchschnittliche Geräte mit 500 kWh/a nimmt, liegt die Einsparung auch noch bei 80% der Gefrierenergie. **Abschaltung von 35 Geräten (61 %): in jeder Schule bleibt ein Kühlschrank in Betrieb. Die Umrechnung von elektrischer Energie in CO₂-Äquivalenten erfolgte mit Werten von IFEU: 1 kWh entspricht 530 g CO₂-Äq. Die Schätzung eines Einsparpotentials von 10% durch Pflege (Abrücken, Abtauen und Registerreinigung) basiert auf Angaben von der Verbraucherzentrale (2018) und von EEP.

Wie beim Kühlen so kann auch beim Gefrieren zwischen Maßnahmen im Bestand und Investitionsmaßnahmen unterschieden werden.

- Bestandsmaßnahme Abschaltung: Wenn in den Ferienzeiten mit Essensausgabe und in den Schließzeiten $\frac{1}{3}$ bzw. 23 der Gefrierschränke des Bestandes ausgeschaltet werden, könnten ca. 10% der Gefrierenergie mit ca. 15.000 kWh/a bzw. 8 Tonnen CO₂-Äq eingespart werden.
- Bestandsmaßnahme Reinigung: Wenn die im Praxistest nachweislich deutlich vereisten Gefrierschränke regelmäßig abgetaut werden, die Register gereinigt werden und die Schränke von den Wänden abgerückt werden, so können schätzungsweise 10% Energie eingespart werden. Diese Schätzung basiert auf Einschätzungen der Verbraucherzentrale NRW (ebd. 2016). Dies wären ca. 15.000 kWh/a bzw. ca. 8 Tonnen CO₂-Äq.

Deutlicher hingegen ist das Potential mit den Investitionen. Hierbei wurden zwei Szenarien gerechnet mit modernen durchschnittlichen Gefrierschränken von 500 kWh/a Jahresverbrauch oder hocheffizienten Geräten mit ca. 385 kWh Jahresverbrauch. Ergebnis zeigt sich, dass der Ersatz alter Geräte gegen neue ca. 25 % der Gesamtenergie des Schulküchenverbundes eingespart werden können (ca. 120.000 bis 127.000 kWh bzw. ca. 65 t CO₂-Äq).

- Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch effizientere Technik mit Gefrierschränken 500 kWh Jahresverbrauch: Ca. 120.000 kWh Einsparung, d.h. ca. 80 % der Gefrierenergie bzw. ca. 25% der Gesamtenergie. Dies spart ca. 64 t CO₂-Äq.
- Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch hocheffiziente Gefriertechnik 385 kWh Jahresverbrauch: Ca. 127.000 kWh Einsparung, d.h. ca. 85 % der Gefrierenergie bzw. ca. 26% der Gesamtenergie. Dies spart ca. 67 t CO₂-Äq. Es zeigt sich somit, die Einsparungen durch noch bessere Technik nicht unbedingt noch größere Potentiale erschließt.

Kombiniert man die

- Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch Abschalten von $\frac{2}{3}$ aller Gefrierschränke in fünf Ferienwochen ohne Essensausgabe (35 Tage): Ca. 8.500 kWh (ca. 9 % der Gefrierenergie, ca. 2 % der Gesamtenergie), was 4,5 t CO₂-Äquivalenten entspricht.
- Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch Abschalten von $\frac{1}{3}$ aller Gefriergeräte in sieben Ferienwochen mit reduzierter Essensausgabe (49 Tage): ca. 6.600 kWh (4 % der Gefrierenergie, gut 1 % der Gesamtenergie), was 3,5 t CO₂-Äquivalenten entspricht.

Das wesentliche Ergebnis dieser Analyse ist, dass eine Modernisierung der Gefrierschränke dringend geboten ist um ca. 25 % der Gesamtenergie des Verbundes einzusparen, da Verhaltensänderungen mit Pflegemaßnahmen nur einen geringen Einfluss auf den Energieverbrauch haben im Verhältnis der Neuanschaffung.

7 Technik Kühlen versus Gefrieren

Die obigen Berechnungen haben gezeigt, welche Bedeutung das Gefrieren für den Energieverbrauch hat. Es ist deshalb überlegenswert welche Möglichkeiten bestehen, den Energieverbrauch für das Gefrieren noch weiter zu reduzieren. Hierzu wurden Interviews mit Transgourmet - dem Hauptlieferanten der Netzwerkküchen - geführt.³ Im Ergebnis zeigt sich, dass die Mehrzahl der Waren auch als Kühl- oder Trockenware (Brötchen) verfügbar sind. Sämtliche Gemüsesorten sind z.B. bei Transgourmet als PK-Ware zubereitungsfähig vorhanden. Mehrkosten z.B. durch Putzen oder Waschen fallen nicht an. Einzig Seefisch und Fertiggerichte sind fast ausschließlich TK-Ware. Es wurde deshalb ein Szenario durchgerechnet, bei dem nur ein Gefrierschrank bei den Schulen verbleibt (35 werden ersetzt) und die Gefrierschränke durch hocheffiziente Kühlschränke ersetzt werden (345 kWh/a). Hierbei ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Szenario 1 - Effiziente PK-TK-Technik: Das erste Szenario sieht den Ersatz aller Kühlschränke gegen energieeffiziente Kühlschränke mit 345 kWh/a Verbrauch sowie aller Gefrierschränke gegen energieeffiziente TK-Schränke mit 500 kWh Jahresverbrauch vor. Im Ergebnis werden ca. 133.000 kWh Strom bzw. ca. 64 t CO₂-Äq eingespart. Dies sind ca. 25 % des gesamten Stromverbrauchs bzw. der THG-Emissionen (Bezug: 22 Schulküchen, ca. 490 MW Gesamtstromverbrauch).
- Szenario 2 - Weniger TK-Kapazität: Das zweite Szenario sieht den Ersatz aller Geräte gegen PK-Schränke mit 345 kWh/a Verbrauch sowie die gegen TK-Schränken mit 500 kWh Jahresverbrauch vor. Zusätzlich werden anstelle von 36 TK-Schränken nun die gleiche Anzahl von PK-Schränken gekauft, es wird somit rechnerisch insgesamt 139.000 kWh Strom eingespart (74 t CO₂-Äq, Szenario 1 + Ersatz von 36 effizienten TK gegen 36 effiziente PK, Einsparung pro Gerät 155 kWh bzw. ca. 3 t CO₂-Äq). Dies sind ca. 28 % des gesamten Stromverbrauchs bzw. der THG-Emissionen bzw. 70 % der Energie für Kühlen und Gefrieren.

TK-Ware ist üblicherweise preiswerter als frische (gekühlte) Ware. Eine Einsparung von 130 MWh ist aber auch mit Kostenersparnissen von ca. 39.000 € verbunden, welches die Mehrkosten mehr als ausreichend decken würde, zudem ein wichtiges Lagergut TK-Brötchen - ein Pfennig-Artikel - waren. Die folgende Tabelle zeigt die Berechnungsmodi:

³ Gespräche von Dr. Scharp auf der Abschlussveranstaltung NahGast am 23.2.2018 in Berlin und in der Verkauferschulung von Transgourmet am 2.2.2018 in Cloppenburg.

Tabelle 28: Szenarien zum Ersatz von TK durch PK-Kapazität (kWh)

	EV Küh- len (PK)	EV Gefrieren (TK)	Einsparung durch eff. PK (345 kWh/a, , 7 t CO2- Äq)	Einsparung durch eff. TK (500 kWh/a, 58 TK, 64 t CO2-Äq)	Einsparung durch eff. PK und TK, weniger TK (93 PK, 22 TK, 3 t CO2-Äq)
Bestand (57 PK- und 58 TK-Schränke)	33.200	148.900			
Bestandsoptimierung (57 PK- und 58 TK- Schränke / 345 kWh/a bzw. 500 kWh/a)	19.700	29.000	13.500	119.900	
Bestandsoptimierung (93 PK- und 22 TK- Schränke / 345 kWh/a bzw. 500 kWh/a)	32.100	11.000			5.600

Quelle und Abkürzungen: Eigene Berechnung auf Basis von EEP 2017-43. EV = Energieverbrauch; ESP = Energie-Einsparpotential, eff. = effiziente

8 Technik - Beleuchtung

Die Beleuchtung wurde im Rahmen des Praxistests nicht messtechnisch erfasst. Alle folgenden Aussagen und Hochrechnung resultieren auf der Erfassung durch EEP aus dem Jahr 2017. Hierbei wurden die Leistungskennwerte der Auslastung, elektrischer Aufnahmeleistung und der Betriebsstunden (vgl. EEP und Scharp 2017-46) dokumentiert. Weiterhin wurden eigene Hochrechnungen für die ausgegebenen Essen für alle 22 Schulküchen erstellt auf Basis der von den Schulen in 2017 gemeldeten Zahlen sowie von Schätzungen der Ferien- und der Lehrermenüs.

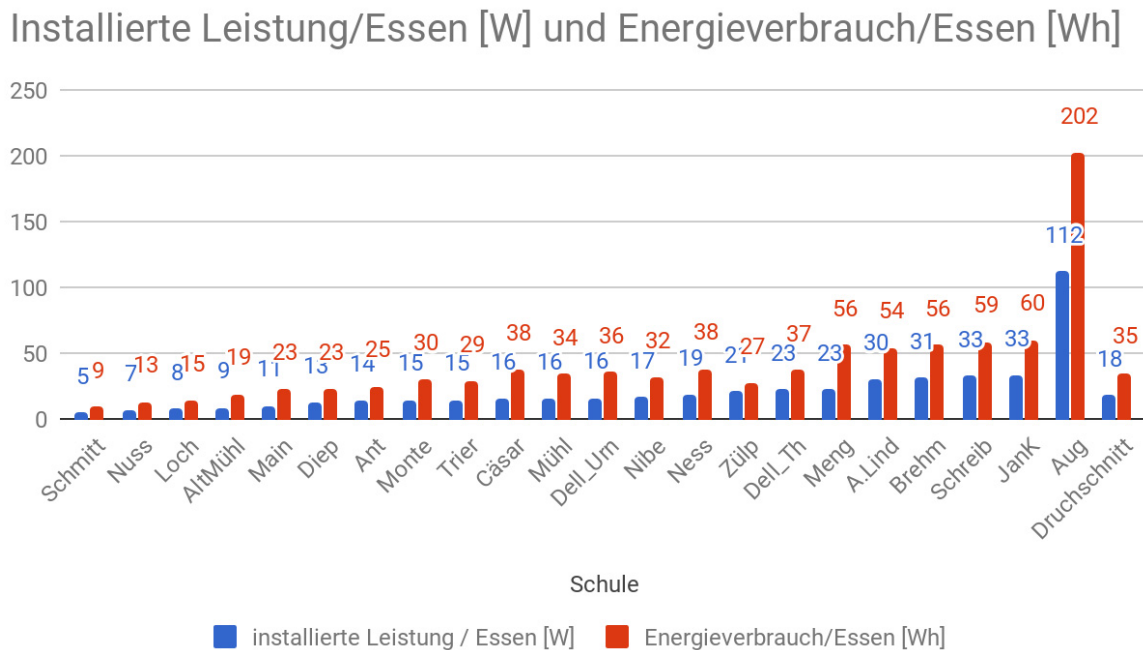
In jeder (Praxis-)Küche ist eine Beleuchtung der Küchen- und Nebenräume vorhanden. Insgesamt werden in den Küchenbereichen der Schulen ca. 380 Leuchtmittel verwendet (ohne Kellerräume z.B. für Waschmaschinen), zumeist Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von 18 W (94 Stück) bis zu 59 W (222 Stück). Weitere 64 Leuchten haben eine Leistung dazwischen. Zur Berechnung des jährlichen Energieverbrauchs wurden von EEP zwischen 1.300 und 2.500 Betriebsstunden (je nach Umfang der natürlichen Beleuchtung) für die verschiedenen Küchen angenommen (vgl. EEP und Scharp 2017-46). Die gewichtete mittlere Leistung der Leuchtstoffröhren beträgt 44 Watt, die mittlere jährliche Betriebsdauer der Leuchten über alle Schulen 1.950 Stunden. Während die Betriebsdauer der Beleuchtung über alle Schulen um +/- 30 % um diesen Durchschnittswert schwankt, weichen die installierten Beleuchtungsleistungen (Anzahl der Leuchtmittel mit jeweiliger Leistungsaufnahme) der Schulen zum Teil sehr stark voneinander ab, mit einem Durchschnitt von ca. 770 Watt (Spannweite installierte Beleuchtungsleistung 186 W in der Schmittstraße und 1.840 W in der Auguststraße). Daraus resultieren auch stark unterschiedliche Werte für den jährlichen Energieverbrauch für die Beleuchtung pro Küche von ca. 300 kWh in der Zülpicher Straße und ca. 3.300 kWh in der Auguststraße. Der Mittelwert des Energieverbrauchs für die Beleuchtung liegt bei ca. 1.500 kWh. Die folgende Tabelle listet die Messwerte auf:

Tabelle 29: Kennwerte für die Beleuchtung

Schule	Betriebsstunden [h/a]	Anzahl Lampen	Stromverbrauch [kWh/a]	Beleuchtung [W] / Schule	Essen / Jahr
A.Lind	1.800	18	1.879	1.044	34.509
AltMühl	2.200	4	510	232	26.376
Ant	1.800	10	1.062	590	42.202
Aug	1.800	36	3.283	1.824	16.265
Brehm	1.800	12	1.253	696	22.200
Cäsar	2.400	16	2.131	888	56.709
Dell_Th	1.650	14	1.340	812	36.047
Dell_Urn	2.200	9	1.148	522	32.091
Diep	1.800	14	806	448	34.948
JanK	1.800	17	1.775	986	29.453
Loch	1.900	17	657	346	45.059
Main	2.200	14	1.786	812	77.150
Meng	2.500	13	1.885	754	33.410
Monte	2.050	31	2.513	1.226	83.525
Mühl	2.150	48	2.528	1.176	74.073
Ness	2.050	14	1.665	812	43.521
Nibe	1.900	16	1.763	928	55.390
Nuss	1.950	8	780	400	58.907
Schmitt	1.850	4	344	186	36.927
Schreib	1.800	51	2.416	1.342	41.103
Trier	1.925	11	1.228	638	42.642
Zülp	1.300	4	302	232	10.990
Durchschnitt:	1.947	17	1.503	768	42.432
Summe	42.825	381	33.056	16.894	933.497
Einsparpotential durch LED (65%, kWh/a)			21.486		
THG-Einsparpotential durch LED (65%, t CO₂-Äq/a)			11,4		
Restverbrauch (kWh/a)			11.570		
Betriebszeit > Durchschnitt			Beleuchtungsleistung max. 50% vom Durchschnitt		
Betriebszeit = 2/3 vom Durchschnitt			Stromverbrauch > Durchschnitt		
Beleuchtungsleistung > Durchschnitt			Stromverbrauch max. 50% vom Durchschnitt		

Quelle und Anmerkungen: Eigene Darstellung nach EEP 2017-45

Im Ergebnis werden geschätzt jährlich rund 33.000 kWh (Eigene Berechnung nach EEP 2017-45 und -46) für die Beleuchtung der am Projekt beteiligten 22 Schulen aufgewendet, was ca. 6,7 % am Gesamtenergieverbrauch ausmacht (Gesamtenergieverbrauch ca. 490 MWh/a). Dieser Energieverbrauch entspricht THG-Emissionen in Höhe von rund 18 t CO₂-Äq. Die folgende Abbildung zeigt den Energieverbrauch und die Leistung der einzelnen Schulen in Bezug auf die Zahl der Essen.

Abbildung 16: Installierte Leistung bzw. Energieverbrauch je Essen für alle Projektschulen

Quelle: Eigene Abbildung nach EEP 2017-45

Aufgrund der deutlichen Unterschiede zwischen den Schulküchen sollte untersucht werden, ob die installierte Beleuchtungsleistung in einigen Küchen reduziert werden kann. Eine pauschale Aussage hierzu kann nicht getroffen werden, da die natürlichen Lichtverhältnisse der einzelnen Küchen derzeit nicht vorliegen.

8.1 Verwendung von LED-Leuchten und Röhren

Eine gewichtige Möglichkeit, Energie in der Beleuchtung zu sparen, sind LED-Röhren. Diese sind gegenüber herkömmlichen Leuchtstoffröhren zwischen 60 und 70 % effizienter, haben eine längere Lebensdauer und funktionieren ohne Quecksilberverbindungen (vgl. TEC Report 2014; spar-helferchen o.J. und Leuchtmittel o.J.). Ein Austausch gegen LED-Technologien ist also auch im Fall der Leuchtstoffröhren angeraten, insofern die Anlage komplett in Stand gesetzt wird.

- Durch die ausschließliche Verwendung von LED-Röhren in allen Schulen können bei einer angenommenen Energieeinsparung von 65 % rund 21.500 kWh und so gut 11 t CO₂-Äquivalente eingespart werden. Das entspricht 4,4 % der des Gesamtenergiebedarfs.

Die jährliche finanzielle Einsparung für Strom nach Umrüstung auf LED-Leuchtmittel beträgt rund 6.000 Euro (angenommener Strompreis: 0,2775 €/kWh), summiert über alle 22 Projektküchen. Es ist anzuraten, zukünftig Leuchten nicht mehr durch konventionelle Modelle zu ersetzen, sondern sofort gegen LED auszutauschen da die Amortisation bei ca. 2 Jahren liegt. Das Auswechseln noch funktionierender Leuchtmittel, ist aus kostentechnischer und material-/energieverbrauchstechnischer Sicht jedoch nicht zu empfehlen.

8.2 Verwendung von Bewegungsmeldern

Eine weitere Möglichkeit wäre die Verwendung von Bewegungsmeldern. In den meisten Schulen wird der Stromverbrauch durch Vergessen des Lichtausschaltens in den Nebenräumen jedoch als nicht relevant angesehen. Unter der Annahme, dass in jeder Schule für einige Tage im Jahr die Leuchten in den Nebenräumen nicht ausgeschaltet werden, wird eine hoch geschätzte Einsparung von 15 kWh (8 kg CO₂-Äq) pro Jahr und Schule geschätzt. Nur in den Schulen, in denen der Energieverbrauch in den Nebenräumen zwischen 450 und 900 kWh/a liegt, empfehlen sich Bewegungsmelder sofern an 30 Tagen nicht das Licht ausgeschaltet wird.

8.3 Einsparpotentiale

In jeder (Praxis-)Küche ist eine Beleuchtung der Küchen- und Nebenräume vorhanden. Jährlich werden rund 33.000 kWh für die Beleuchtung der am Projekt beteiligten 22 Schulen aufgewendet, was ca. 6,7 % am Gesamtenergieverbrauch ausmacht (Gesamtenergieverbrauch ca. 490 MWh/a). Mehrheitlich liegt der Verbrauch in den einzelnen Schulen zwischen 1.100 und 2.000 kWh/a, in vier Schulen bis zu 2.500 kWh/a und nur in einer Schule liegt der Energieverbrauch bei ca. 3.300 kWh/a (Auguststraße mit nur 16.000 Essen/a). Der mittlere Energieverbrauch liegt bei 1.500 kWh/a. Insgesamt werden in den Küchenbereichen der Schulen ca. 380 Lampen verwendet, zumeist mit einer Leistung von 58 W. LED-Röhren sind gegenüber herkömmlichen Leuchtstoffröhren zwischen 60 und 70 % effizienter, haben eine längere Lebensdauer und funktionieren ohne Quecksilberverbindungen (vgl. TEC Report 2014; spar-helferchen o.J. und Leuchtmittel o.J.). Ein Austausch der aktuell vorhandenen Leuchtstoffröhren gegen LED-Röhren kann Beleuchtungsenergie in einer Größenordnung von ca. 21.500 kWh einsparen (ca. 4,4 % des Gesamtstromverbrauchs von 490 MWh für 22 Schulküchen, unter der Annahme von 65% Effizienzsteigerung). Das entspricht gut 11 t CO₂-Äq.

9 Technik - Weitere Energiesparpotentiale

9.1 Raumluftechnik

Durch den Energierundgang zusammen mit EEP in den Schulküchen konnten zusätzliche Energiesparpotentiale erkannt werden (vgl. EEP und Scharp 2017-46). In wenigstens einer der Schulküchen kommt eine Raumluftechnik (RLT) Anlage zum Einsatz. Hierzu fiel auf, dass an entsprechender Schule keine Betriebszeiten für die Anlage hinterlegt waren, diese also folglich im Dauerbetrieb arbeitet. Durch eine entsprechende Programmierung - angepasst an die Betriebszeiten der Schulküche - ließe sich der Energieverbrauch von ca. 17.500 kWh/Jahr auf 12.000 kWh/Jahr reduzieren

- Somit können jährlich 5.250 kWh Elektroenergie eingespart werden (ca. 1 % des Gesamtstromverbrauchs)

9.2 Warmwasser-Perlatores

Die in den Schulküchen verbauten Wasserhähne besitzen eine relativ hohe Durchflussmenge. Insbesondere bei warmem Wasser geht somit viel der Energie für das Erwärmen des Wassers "den Abfluss hinunter". Durch wassersparende Strahlregler (Perlatores) kann der Durchfluss bei gleichbleibendem Druckniveau reduziert werden, und somit Wasser und Energie gespart werden. Da die Warmwasserversorgung in den meisten Schulen außerhalb der Schulküchen zentral für die gesamte Schule installiert ist, konnte diese nicht in die Energieanalyse mit aufgenommen werden. Aus Schätzwerten lässt sich dennoch ein, relativ zu den vorangegangenen Einsparpotentialen geringer Wert, ermitteln.

- Durch wassersparende Perlatores können jährlich ca. 70 kWh Energie gespart werden.

9.3 Wärmen

Das Warmhalten der Speisen ist wichtig für den Schulküchenprozess, da auf verschiedene Zeiten der Schüler Rücksicht genommen werden muss. Auch die gesetzlichen Richtlinien zur Temperatur der auszugebenden Speisen - warme Speisen +65 °C und gekühlte Speisen max. +10 °C - ist unbedingt einzuhalten. Daneben sind Hygienemaßnahmen zu berücksichtigen, die eine maximale Angebotsdauer von drei Stunden, wegen Keimbildung und Nachgareffekten, erlauben. Zum Warmhalten von Speisen können folgende Geräte zum Einsatz kommen: Bain Marie (Wärmebad), Wärmewagen, Warmhalteboxen und Wärmelampe.

- Warmhalteboxen verbrauchen keine Energie, da sie durch Isolierung die Hitze der gegarten Speisen lediglich konservieren. Inwieweit diese genutzt werden können hängt vom Speiseausgabensystem ab. Die Warmhaltezeiten der einzelnen Schulen liegen zwischen 30 Minuten und 2,5 Stunden.
- Das Warmhalten im Wärmebad: Bain Marie ist die häufigste eingesetzte Technik in den 22 Schulküchen. Dies sind mobile Wagen, in denen ein Wasserbad elektrisch erwärmt wird.

Im Praxistest wurden 3 Bain Marie und ein Wärmewagen gemessen. Hiervon ausgehend wurde ermittelt, dass an den 22 Schulküchen jährlich ca. 14.000 kWh fürs Warmhalten und Servieren aufgewendet, im rechnerischen Mittel somit ca. 600 kWh/a. Der Bereich Warmhalten ist mit ca. 3 % am Gesamtstromverbrauch beteiligt. Hierbei sollte geprüft werden, ob eine Erwärmung mit Strom sinnvoller ist als die Verwendung von Heißwasser aus dem Boiler. Aufgrund des durchschnittlich geringen Verbrauchs scheinen keine Maßnahmen notwendig.

9.4 Waschen

Das Waschen von Arbeitskleidung, Handtüchern und Arbeitstextilien ist auch Teil des täglichen Schulküchenprozesses. Elf der befragten Küchenleitungen gaben an, die Waschmaschine im Durchschnitt ein- bis dreimal wöchentlich zu nutzen. Acht weitere gaben an, dass die Maschine ein- bis zweimal täglich zum Einsatz kommt. In einer Schule mit zwei Standorten wird die Waschmaschine bis zu 18-mal pro Woche genutzt. Im Bereich Waschen sind in vielen Schulen bereits sehr effiziente Haushaltsgeräte (bis zu EEKL A+++) verfügbar.

Insgesamt verbraucht dieser Bereich ca. 7.800 kWh/Jahr an allen Praxisschulen (Basis Messung zweiter Geräte und Hochrechnung über Leistung- und Nutzungsdaten). Dies macht einen Anteil am Gesamtenergieverbrauch von lediglich 1,8 % aus. Die Mengenicher weist den höchsten Verbrauch in diesem Bereich auf, mit 738 kWh/Jahr. Die anderen Schulen liegen bei ca. 520 kWh und darunter. Bei Neuanschaffungen von Waschmaschinen und Trocknern sollte immer auf eine möglichst hohe Energieeffizienzklasse geachtet werden, weitere Maßnahmen werden nicht vorgeschlagen.

10 Lebensmittel - Klimaeffiziente Menüs

10.1 Durchführung und Einschränkungen

Im Praxistest wurde an den fünf Schulen auch über einen Zeitraum von 19 Verpflegungstagen (20.03.2017 - 13.04.2017) die Menüs und die Zahl der ausgegebenen Essen erfasst. Hierbei entfielen 15 Verpflegungstage auf den regulären Betrieb zur Schulzeit und 4 Verpflegungstage auf den Ferienbetrieb. An den Schließtagen, am Wochenende und in den Ferien wurden keine Menüs gekocht. Die Treibhausgas (THG) Emissionen für einen Schultag setzen sich entsprechend aus dem KF-Wert multipliziert mit der Anzahl der ausgegebenen Essen zusammen.

Entsprechende Berechnungen, Hochrechnungen und Analysen beruhen auf folgenden Annahmen, die mit gewissen Einschränkungen und Unsicherheiten behaftet sind:

- Zur Bilanzierung der Klimawirksamkeit wurde eine entsprechende Rezepttreue angenommen, um auf Grundlage des Rezeptordners des Netzwerk e.V. und der nach CO₂-Äquivalenten bilanzierten Zutaten die Klimawirkung (KF = Klima Faktor) der jeweiligen Gerichte zu berechnen (Eyrich 2017-48).
- Die KF-Werte - berechnet von IFEU (Schmidt et al. 2017-22) - berücksichtigen die Klimaauswirkung der jeweiligen Lebensmittel bilanziert entsprechend im bundesdeutschen Einzelhandelsdurchschnitt vom Acker zur Ladentheke. Im Unterschied dazu kaufen die Schulküchen zum größten Anteil beim Großlieferanten Transgourmet.
- Die Küchenprozesse und das Abfallaufkommen sind hier nicht enthalten, sie werden in einem eigenen Schritt berechnet (siehe oben und unten).
- Weiterhin bezieht sich die Energieverbrauchsanalyse auf einen anderen Zeitraum (KW 13-17) als die Analyse der Speisepläne (KW 12-15), da die Energiemessung zeitversetzt eine Woche später erfolgte.
- Alle Schulen geben Speisen für die Beschäftigten der Schule aus, allerdings nur in geringem Umfang. In 2016 betrug dieser Anteil im Jahresdurchschnitt ca. 8 %. Es wurde versucht, genauere Daten (auch zu entsprechenden Portionsgrößen) im Praxistest abzufragen, was allerdings nicht von allen Schulküchen gewährleistet werden konnte. Durch entsprechend hohe Un-
- sicherheiten, schwieriges Datenhandling einerseits und geringem Einfluss andererseits wurde dieser Aspekt somit nicht in seiner vollen Komplexität in die Auswertung mit aufgenommen. Für Hochrechnungen wurde angenommen, dass durchschnittlich 8 % mehr Menüs zubereitet wurden als Schüler/-innen menüs auf Basis der Erhebung von 2016.
- An jeder Schule isst ein gewisser Anteil (ca. 7 %) der Schüler/-innen vegetarisch. Menüs mit Fleisch werden in der Regel für diese Vegetarier abgewandelt, wofür in den seltensten Fällen gesondert ausgewiesene Rezepturen angegeben wurden. Entsprechend war es nicht möglich, hierfür anfallende THG- Emissionsveränderungen mit zu berücksichtigen.
- Portionsgrößen beziehen sich auf die die in den Rezepturen der Netzwerk Schulküchen ausgeschriebenen Mengen. Diese sind ausgelegt für Schüler/-innen der Primarstufe (Grundschule). Mögliche Abweichungen von den Rezepturen bzw. abweichende Ausgabegrößen konnten nicht genau erfasst und berücksichtigt werden.

10.2 Ergebnisse des Praxistest für die fünf Schulen

Im Testzeitraum von 4 Wochen wurden 17.570 Essen in den fünf Praxistestschulen ausgegeben. Dies ergibt eine Treibhausgasemission (THG) von ca. 9.300 kg CO₂-Äquivalenten. Dies entspricht etwa dem CO₂ Ausstoß von ca. 67.000 km Autofahrt (ca. 1,7-mal Äquatorumfang), schätzungsweise 930 gefällten Bäumen⁴ oder ca. 27.000 km Flugreise (ca. 2x Hin- und Rückflug Berlin - New York)⁵.

Bedingt durch eine Woche Ferienbetrieb mit ca. 70 % weniger ausgegebenen Essen in den Ferien und geschlossener Schulküche am Karfreitag fiel in der KW 15 nur eine THG-Emission von rund 1.060 kg CO₂-Äq durch Schulessen an, während im Schulbetrieb ein wöchentlicher Durchschnitt von ca. 2.760 kg CO₂-Äq errechnet wurde.

Tabelle 30: Ausgegebenen Essen und ihre Klimawirkung

Kalenderwoche	ausgegebene Essen	THG Emissionen [kg CO ₂ -Äq]	KF Wert für 10 Menüs [kg CO ₂ -Äq/10 Port.]
12	5.100	2.500	5,0
13	5.400	2.900	5,4
14	5.500	2.800	5,1
15 (Ferien)	1.600	1.100	6,8
gesamte 4 Wochen	17.600	9.300	5,5

Quelle: Eigene Tabelle

Gemittelt über die Praxistestphase wurden Menüs mit einer durchschnittlichen Emission von ca. 5,6 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen gekocht, wobei die niedrigsten und höchsten Wochendurchschnittswerte der einzelnen Schulen bei 3,0 und 9,3 kg CO₂-Äq / 10 Port. lagen.

Dies zeigt, dass zwischen den einzelnen Schulküchen durchaus Unterschiede in der Praxis der Menüplanung bestehen (können). Aus Sicht der Klimawirkung drückt sich diese durch eine wöchentliche Schwankungsbreite von ca. +/-1,7 kg CO₂-Äq / 10 Portion aus.

10.3 Hochrechnung der THG Emissionen durch Lebensmittel

Unter Annahme einer identischen Menüplanung wie im Praxistest, lassen sich dessen Ergebnisse auf alle 22 Netzwerk e.V. Schulküchen und auf ein ganzes Jahr hochrechnen. Im Durchschnitt werden von allen 22 Schulküchen an 192 Schultagen ca. 4.250 Essen an Schulkinder ausgegeben (Erhebung in 2017); Dazu kommen Lehrer/-innen Essen, die nach einer Erhebung 2016 ca. 8 % der Schüler/-innen Menüs ausmachen. Das gleiche Verhältnis wird für 32 Ferientage angenommen, an denen (nach Erhebungen des Praxistests) die Menüausgabe um mehr als 70 % reduziert wurde (36 % Essen in Bezug auf die Schulzeiten). Die Zahl der Feriessen beläuft sich auf Basis des Praxistests mit fünf Schulküchen auf ca. 36 % der Schulessen. So

⁴ Eigene Berechnung mit www.wissen-info.de/rechner/co2_ausstoss.php

⁵ Eigene Berechnung mit Hilfe von http://www.wissen-info.de/rechner/co2_ausstoss.php

werden jährlich ca. 933.500 Essen ausgegeben, welche multipliziert mit der durchschnittlichen Klimawirkung der Menüs eine THG-Emission von ca. 478.000 kg CO₂-Äq freisetzen.

Tabelle 31: Hochrechnung der Klimawirkung der Menüplanung aller 22 Netzwerk e.V. Schulküchen auf das Jahr 2017

	Tage	Essen (Kinder) pro Tag	Essen ges. pro Tag	Essen ges. pro Jahr	KF pro Portion	THG Emissionen
Einheit	[Anz./d]	[Anz./d]	[Anz./d]	[Anz./a]	[kg CO ₂ -Äqu / Port.]	[kg CO ₂ -Äqu]
Schulbetrieb	192	4.247	4.587	880.658	0,50	442.480
Ferienbetrieb	32	1.530	1.650	52.800	0,68	35.770
Gesamt	224	5.777	6.237	933.458	0,53	478.250

Quelle: Eigene Tabelle: Eyrich 2017-47.

10.4 Optimierungspotentiale der Menüs im Praxistests

Ausgehend von den der Praxistestphase zugrundeliegenden 4 Wochenplänen für die Menüplanung lassen sich durch Veränderung der Menüauswahl und einzelner Menü Rezepturen THG-Reduktionspotentiale berechnen. Um eine ansprechende, gesunde und abwechslungsreiche Mittagsversorgung der Schüler/-innen zu gewährleisten, wurden hierfür zwei Szenarien innerhalb der DGE Empfehlungen für Schulverpflegung (DGE 2015) definiert, in denen die vorliegenden 4 Wochenpläne folgendermaßen abgewandelt wurden:

Tabelle 32: Szenarien für die Optimierungspotentiale

Szenario 1: pro Woche...	Szenario 2: pro Woche...
<ul style="list-style-type: none"> • max. 2x Menüs mit Fleisch • Alternativ für jedes weitere Menü mit Fleisch, ein klimaschonendes veganes Menü⁶ • 1x Menü mit Fisch • Ersetzen aller Menüs mit Rindfleisch durch ein alternatives Fleischgericht mit geringerer Klimaauswirkung • Einbezug von klimaoptimierten Menüs, wo vorhanden⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> • max. 1x Menü mit Fleisch • Alternativ für jedes weitere Menü mit Fleisch, ein klimaschonendes veganes Menü (siehe Szenario 1) • 1x Menü mit Fisch • Ersetzen aller Menüs mit Rindfleisch durch ein alternatives Fleischgericht mit geringerer Klimaauswirkung • Einbezug von klimaoptimierten Menüs, wo vorhanden

⁶ Im Rahmen von des Arbeitspaketes 3 wurden von ProVeg /VEBU klimaoptimierte vegane Rezepte mit sehr geringer Klimawirkung entwickelt. Siehe Oswald et al. 2017-20.

⁷ Im Rahmen des KEEKS Projekts wurden in den untersuchten Schulküchen häufig gekochte Menüs leicht abgewandelt und einzelne Zutaten reduziert oder ersetzt, wodurch deren Klimabilanz deutlich verbessert werden konnte. Siehe Oswald et. al. 2017-18, Scharp et. al. 2017-19, Oswald et. al. 2017-20.

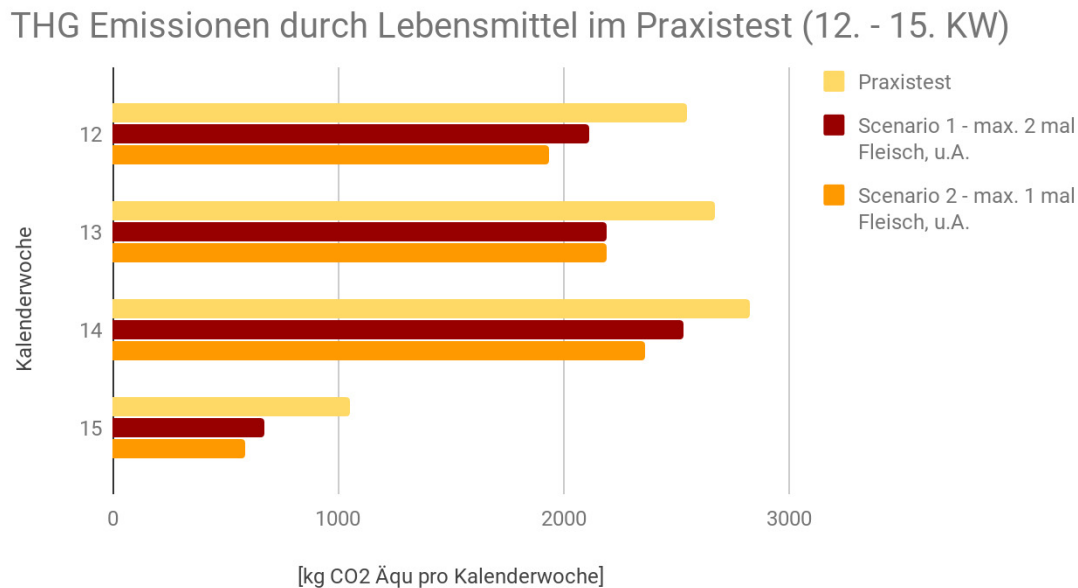
Basiswert: 9.100 kg CO₂ Äq	Basiswert: 9.100 kg CO₂ Äq
Szenario 1: 7.510 kg CO₂ Äq	Szenario 2: 7.080 kg CO₂ Äq

Quelle: Eigene Darstellung. Anmerkung: * = Im Rahmen von des Arbeitspaketes 3 wurden von ProVeg /VEBU, IZT und Netzwerk e.V. klimaoptimierte vegane Rezepte mit sehr geringer Klimawirkung entwickelt, in denen Zutaten mit hoher THG Emission durch "klimaoptimierte" Zutaten ersetzt wurden. Siehe Oswald et al. 2017-20.

Die alternativen Menüs zur Substitution von Speisen mit (Rind-) Fleisch und solchen mit hoher Klimawirkung wurde nach mehr oder weniger subjektiven Entscheidungskriterien ausgewählt. Es wurde einerseits versucht Menüs auszuwählen, die eine gewisse Ähnlichkeit zu den im Praxistest gekochten Gerichten aufwiesen (siehe Anhang 1). Andererseits kann im Hinblick auf die Akzeptanz des Essens bei den Schulkindern nicht vom gleichen Erfahrungsschatz wie von den Küchenleitungen ausgegangen werden. Gleichermaßen stellt die Auswahl eine von unzähligen Alternativmenüs mit verschiedenen Klimawirkungen dar, weshalb die errechneten Reduktionspotentiale als Richtwerte gesehen werden sollten.

Wäre in den untersuchten Praxistest- Küchen eine Menüplanung entsprechend *Szenario 1* zur Anwendung gekommen, könnten die THG-Emissionen der 17.500 in den fünf Praxistestschulen ausgegebenen Essen von derzeit ca. 9.300 auf ca. 7.500 kg CO₂-Äq reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion von rund 20 % und einer durchschnittlichen THG-Emission von 4,4 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen.

Durch eine weitere Substitution der im Praxistest gekochten Fleischgerichte auf ein Menü mit Fleisch pro Woche - gemäß *Szenario 2* könnten die Gesamtemissionen aller Praxistestschulen etwa um weitere 400 kg CO₂-Äq auf ca. 7.100 kg CO₂-Äq reduziert werden, was einer THG-Emissionsreduktion von rund 25 % entspräche. Die durchschnittliche THG-Emission würde auf durchschnittlich ca. 4 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen sinken.

Abbildung 17: THG-Emissionen durch Lebensmittel im Praxistest

Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Eyrich 2017-48

Das es möglich ist, ein weiteres Fleischgericht durch andere Proteinquellen zu ersetzen, spiegelt sich in der aktuellen Diskussion um neue Kriterien für eine vegetarische Menülinie in der DGE wieder. Nach ProVeg sollen wertvolle pflanzliche Proteine nach den neuen Richtlinien ab sofort zum Standard zählen (ProVeg 2018). Laut den Empfehlungen gehören mindestens eine Portion Hülsenfrüchte sowie mindestens eine Portion Nüsse, Kerne oder Ölsamen pro Woche auf den Teller. Der Schwerpunkt der Menügestaltung liegt auf vollwertigen pflanzlichen Alternativen wie beispielsweise Linsenbolognese, Kichererbsencurry, Polentaschnitten sowie Bohnen- oder Getreidebratlinge, die einfach zubereitet werden können.

Bei der Szenario-Analyse im Praxistest fiel außerdem auf, dass eine potentielle THG Reduktion an den fünf untersuchten Schulen in unterschiedlicher Höhe ausfallen würde. Je nachdem wie weit die reale Menüplanung in den vier Praxistestwochen von den in Szenario 1 und 2 formulierten Vorgaben abweichen, liegen potentielle THG Reduktionen der einzelnen Schulen zwischen

- 7 % und 27 % in Szenario 1 und
- 7 % und 37 % in Szenario 2.

Entsprechend lassen diese Werte auch eine vergleichende Bewertung zu, inwieweit die Schulküchen innerhalb der Praxistestphase bereits klimaoptimiert gekocht haben. Dabei kann allerdings keine Aussage getroffen werden, inwieweit entsprechende Beobachtungen auf einer bewussten Entscheidung der Küchenleitungen (z.B. durch den bisherigen Input aus dem KEEKS Projekt) fußen oder auf einer zufälligen Auswahl der Menüs, bzw. an einer Auswahl der Menüs nach anderen - hier nicht erfassten - Kriterien, oder weiteren möglichen Faktoren zurückzuführen sind. Denkbare weitere Faktoren könnten z.B. bei günstigen Einkaufspreisen der Zutaten oder bei Schüler/-innen beliebten Menüs gesehen werden.

- Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass durch die Anwendung der vorgeschlagenen Maßnahmen in der Menüplanung (Szenarien 1 & 2) im Praxistest eine THG-Emissionsreduktion der 5 teilnehmenden Schulküchen von 20 % bis 25 % erreichen ließe. Die durchschnittliche THG Emission würde auf durchschnittlich von ca. 4,4 bzw. ca. 4 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen sinken.
- Hierbei würde die THG Emissionen der 17.500 in den fünf Praxistestschulen ausgegebenen Essen in der Schul- und der Ferienzeit von derzeit ca. 9.300 auf ca. 7.500 kg CO₂-Äq reduziert werden. Dies entspricht einer Reduktion von rund 20 % und einer durchschnittlichen THG Emission von 4,4 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen.
- Durch eine weiter Substitution der im Praxistest gekochten Fleischgerichte auf ein Menü mit Fleisch pro Woche - gemäß *Szenario 2* könnten die Gesamtemissionen aller Praxistestschulen etwa um weitere 400 kg CO₂-Äq auf ca. 7.100 kg CO₂-Äq reduziert werden, was einer THG Emissionsreduktion von rund 25 % entspräche. Die durchschnittliche THG Emission würde auf durchschnittlich ca. 4 kg CO₂-Äq pro 10 Portionen sinken.
- In den Zeiten des Ferienbetriebs wären besonders hohe Einsparungen möglich, allerdings ist der Anteil der Ferienmenüs nur ein Drittel (36 %) des Schulbetriebs.

10.5 Einsparpotentiale durch Menüplanung

Diese Potentiale können genutzt werden, um eine Hochrechnung auf den Verbund der 22 Netzwerk e.V. Schulen durchzuführen. Grundlage hierfür sind einerseits die 224 Betriebstage der Schulküchen (192 Schultage und 32 Tage im Ferienbetrieb, Daten siehe 38), die ca. 933.500 ausgereichten Essen pro Jahr (36 % Ferienessen sowie 8 % Lehreressen), der mittlere Wert eines ausgereichten "Praxismenüs" von 5,4 kg CO₂-Äqu sowie die mittleren THG-Einsparwerte der beiden Szenarien für die fünf Praxisküchen (ca. 4 bzw. 4,4 kg CO₂-Äq). Auf dieser Basis ergibt sich ein jährliches Potential für die Reduktion der THG Emissionen durch Menüplanung und von ca. 79.800 kg CO₂-Äq für Szenario 1 (17 %) und ca. 101.900 kg CO₂-Äq für Szenario 2 (21 %).

Tabelle 33: Hochgerechnete THG-Reduktionen für die 22 Schulküchen nach Szenario 1 & 2

	Basiswert	Scenario 1	THG Reduktion	Scenario 2		THG Reduktion
Einheit	[kg CO ₂ -Äqu]	[kg CO ₂ -Äqu]	[%]	[kg CO ₂ -Äqu]		[%]
Schulbetrieb	442.480	375.800	15 %	356.500		19 %
Ferienbetrieb	35.770	22.700	37 %	19.900		44 %
Gesamt	478.250	398.500	17 %	376.400		21 %

Quelle: Eigene Darstellung, vgl. Eyrich 2017-48 und Eyrich et al. 2017-47

Als Ergebnis der Potentialanalyse lässt sich festhalten, dass durch die Auswahl der Menüs und deren Rezepturen ein deutlicher Beitrag zur Klimawirkung der Speisen geleistet werden kann, wenn dadurch:

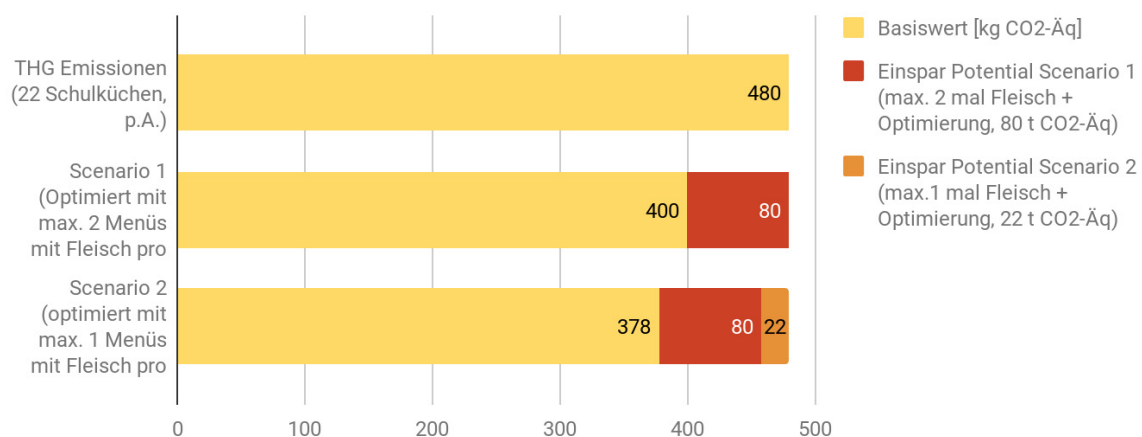
- zum einen der Fleischanteil reduziert wird (und auf Rindfleisch verzichtet wird) und
- für jedes Gericht, wenn möglich Klimaschutzpotentiale erschlossen werden (z.B. Reduktion oder Ersatz von Milchprodukten).

Unter Annahme identischer Bedingungen wie im Praxistest lassen sich diese Potentiale auf den gesamten Schulverbund mit 22 Schulküchen und ein Schuljahr hochrechnen, sofern man die obigen Werte gewichtet nach Schul- und Ferienbetrieb:

- Unter Szenario 1 wäre eine THG Reduktion von **17 % der jährlichen Emissionen** durch Lebensmittel möglich: absolut ca. **79.800 kg CO₂-Äq weniger (verbleibend 389.500 kg CO₂-Äq)**
- Durch eine weitere Reduktion der Fleischgerichte auf ein Menü pro Woche wäre eine weitere Reduktion um 4 % möglich (22.100 kg CO₂-Äq. In Bezug auf den per Hochrechnung abgeschätzten Status Quo eine THG Reduktion von **21 % der jährlichen Emissionen** durch Lebensmittel: absolut ca. **101.900 kg CO₂-Äq weniger (verbleibende 376.400 kg CO₂-Äq).**
- Würde dieser Wert erreicht werden, so ergäbe sich ein Mittelwert von 0,4 kg CO₂-Äq anstelle von 0,51 CO₂-Äq.

Abbildung 18: Einsparpotentiale durch Menüplanung

Einsparpotential durch Fleischreduktion und Klimaeffizienz-



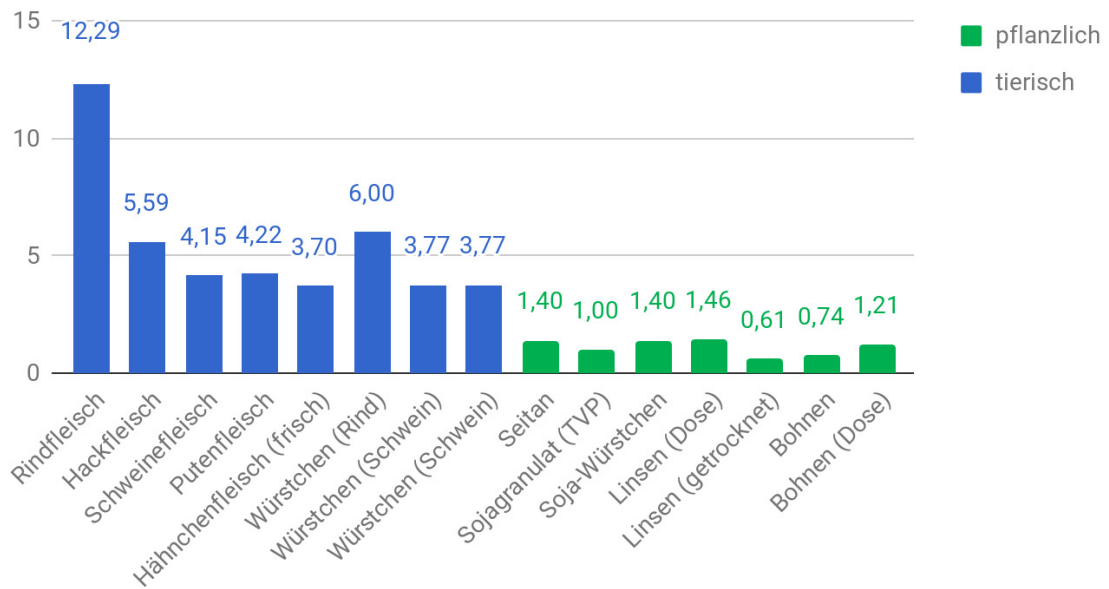
Quelle: Eigene Graphik, vgl. Eyrich 2017-48 und Eyrich et al. 2017-47

Weitere Potentiale können durch den Austausch zusätzlicher Menüs durch klimafreundliche Alternativen erschlossen werden. Es ist durchaus möglich, einen gesamten Menüplan mit vegetarischen – bei dem an zwei Tagen Milchprodukte ausgereicht werden - und rein pflanzlichen Menüs zu erstellen. Die Kriterien der DGE an einen ausgewogenen und gesunden Menüplan würden dabei weiterhin erfüllt werden. Ob ein rein vegetarisches Speisenangebot bei den KEEKS-Zielgruppen auf ausreichend Akzeptanz stößt, muss noch erprobt werden (Oswald et. al, 2017-18). Aus diesem Grund schließen die oben genannten Szenarien 1 und 2 die Verwendung von ein bis zwei Mahlzeiten Fleisch noch mit ein. Bei einem rein vegetarischen Speiseplan kann mit einer weiteren Reduzierung des gesamten Einsparpotenzials gerechnet werden. Folgende Grafik zeigt die Einsparpotentiale pro einem Kilogramm Lebensmittel verschiedener Fleischarten und pflanzlicher Alternativen. Es ist eindeutig zu erkennen, dass allein

durch den Wechsel von Fleisch zu pflanzlichen Alternativen, eine deutliche Ersparnis erzielt werden kann. Diese Ersparnis wirkt sich dementsprechend auf den gesamten **Speiseplan aus**.

Abbildung 19: Vergleich der THG-Emissionen von tierischem Fleisch und pflanzlichen Alternativen

CO₂-Äquivalente tierisches Fleisch und pflanzliche Alternativen



Quelle: Eigene Graphik, vgl. Eyrich, Blatt Klimafaktor 2017-48

11 Lebensmittel mit hohen THG-Werten (Milchprodukte, Eier und Reis)

In den obigen Szenarien wurde aufgezeigt, wie durch eine Reduktion des Fleischanteils, welches bei den Lebensmitteln den höchsten THG-Beitrag leistet - erhebliche THG-Einsparpotentiale in den Speiseplänen erschlossen werden können. In den Schulküchen werden aber auch im großen Umfang Kuhmilchprodukte und andere vegetarische Zutaten tierischen Ursprungs verwendet, die hohe THG-Werte mit sich bringen. Das folgende Kapitel behandelt zunächst die Milchprodukte, die gleichfalls hohe Klimafaktoren haben und wesentlich zu den THG-Emissionen der Schulverpflegung beitragen (Vgl. Scharp et. mult. al 2017-16). Dies sind die Milchprodukte Butter, Käse, Quark, Schmand, Sahne, Milch und Joghurt. Aber auch Reis und ggf. Eier müssen betrachtet werden, um zu prüfen, welche THG-Potentiale erschlossen werden könnten.

11.1 Alternativen zu Eiprodukten

Eier werden als Hauptbestandteil eines der beliebtesten Gerichte als Rührei (mit Spinat) oder zum Binden in Aufläufen eingesetzt. Insgesamt nehmen sie jedoch eine untergeordnete Rolle ein. Im Rahmen des Praxistests wurden in den Menüs Eier im Umfang von 107 kg CO₂-Äq verwendet. Dies entspricht ca. 0,1 % der gesamten THG-Emissionen. Für den Gesamtverbund lassen sich dadurch insgesamt auf Basis von ca. 933.500 Essen die THG Emissionen von ca. 478,3 t auf ca. 478,2 t CO₂-Äq (Eyrich et al. 2017-47, Blatt Auswertung). Alternativ zu der Verwendung von Eiern können Mehle aus Hülsenfrüchten oder verschiedene Typen von Tofu verwendet werden, passende Rezepte hierfür werden in den eigens für die KEEKS-Rezepte angeboten. Das Einsparpotential der Verwendung von pflanzlichen Alternativen liegt bei 19 % bezogen auf den Praxistest können jedoch aufgrund der geringen Gesamtmenge insgesamt nur 0,1 % eingespart werden.

Tabelle 34: Einsparpotentiale durch bei Hühnereiprodukten durch klimaeffiziente Alternativprodukte

Bestimmung der Potentiale für den Eierersatz	Hühnerei
THG-Werte (kg CO ₂ -Äq/kg Eiprodukte)	2,04
THG-Werte (kg CO ₂ -Äq/kg Ersatzprodukt)	1,66
Einsparpotential	19 %
Ersatzprodukt	Tofu
THG-Emissionen/a (Praxistest, kg CO ₂ -Äq)	2,04
THG-Emissionen/a (22 Schulküchen, t CO ₂ -Äq)	0,1
THG-Anteil Eiprodukt	0,022 %
THG-Anteil Ersatzprodukt	0,018 %

Quelle: Eyrich et al. 2017-47, Blatt Auswertung

11.2 Alternativen zu Milch

Die im Praxistest gekochten Menüs wurden hinsichtlich des Einsatzes von Milchprodukten untersucht. Insgesamt wurden in den 4 Wochen des Praxistests in fünf Schulküchen 17.600 Essen gekocht, deren Zutaten vom Feld bis zur Theke ein THG-Potential von 9.100 kg CO₂-Äq aufweisen (ohne Nachtisch). Es wurde die jeweilige Menge der eingesetzten Milchprodukte pro Portion in den Hauptgerichten bestimmt. Auf Basis standardisierter THG-Werte wurden dann über die Zahl der Portionen die Gesamtemissionen (CO₂-Äquivalente) der jeweiligen Zutat berechnet. Über die Hochrechnungen sämtlicher Zutaten der einzelnen Menüs konnten die anteiligen THG-Emissionen berechnet werden, die auf Milchprodukte zurückgeführt werden können. Mithilfe der THG-Werte möglicher Alternativprodukte lassen sich maximale Einsparpotentiale ermitteln, wenn eine vollständige Substitution von Milchprodukten gegen klimafreundliche Alternativen erfolgen würde.

Tabelle 35: Maximal theoretische Einsparpotentiale durch Wechsel von Kuhmilchprodukten zu klimaeffizienten Alternativprodukten

	Butter	Milch	Joghurt	Quark	Sahne	Käse	Schmand
THG-Werte (kg CO₂-Äq/kg Milchprodukt)	9,2	1,44	2,37	3,4	4,31	5,82	3,66
THG-Werte (kg CO₂-Äq/kg Ersatzprodukt)	2,71	0,3	0,8	0,8	0,7	1,9	0,8
max. Einsparpotential ****	71%	79%	66%	76%	84%	67%	78%
Ersatzprodukt	Öl*	Hafermilch	Sojajoghurt	Sojaquark	pflanzl. Sahnealternative	Käseersatz**	Sojaalternative***
THG-Emissionen/a (Praxistest, kg CO₂-Äq)	189	171	99	168	256	415	47
THG-Emissionen (t CO₂-Äq/a, 22 Schulküchen)	9,9	9,0	5,2	8,8	13,5	21,8	2,5
THG-Anteil Milchprodukt	2,1%	1,9%	1,1%	1,8%	2,8%	4,6%	0,5%
THG-Anteil Ersatzprodukt	0,6%	0,4%	0,4%	0,4%	0,5%	1,5%	0,1%

*Öl mit Buttergeschmack, **pflanzliche Käsealternative auf Basis von Kokosfett, ***Soja-Sahne-Quark-Gemisch, ****max. = maximaler Wert, wenn Milchprodukte vollkommen gegen Alternativprodukte ausgetauscht werden.

Im 4-wöchigen Praxistest wurden Kuhmilchprodukte wie Butter, Quark, Käse, Milch, Sahne, Schmand und Joghurt in großem Umfang in den Hauptgerichten genutzt, Milchgetränke und

Süßspeisen wurden nicht erfasst.⁸ Diese haben in Bezug auf 9.100 kg CO₂-Äq (17.600 Essen in vier Wochen an fünf Schulen) einen Anteil von ca. 15 % bzw. 1.350 kg CO₂-Äq. Rechnet man diesen Wert auf ca. 933.500 Essen pro Jahr hoch, ergeben sich ca. 70,7 t CO₂-Äq durch die Verwendung von Kuhmilchprodukten in den Menüs. Werden die Kuhmilchprodukte in einem theoretischen Maximalszenario durch klimaschonenden Alternativen wie Öl mit Buttergeschmack, Soja-Quark und -Joghurt, pflanzliche Sahnealternativen, Hafermilch und veganen Käse ersetzt, so würde der Anteil der Alternativen zu Kuhmilchprodukten nur ca. 4 % betragen (ca. 18,5 t von 490 t CO₂-Äq). Damit würden 52,2 t CO₂-Äquivalente eingespart werden.

Die DGE-Richtlinie sagen jedoch aus, dass in der Mittagsverpflegung (und auch beim Frühstück) Milchprodukte auszugeben sind (vgl. DGE 2015):

- Mindestens 8 x Milch oder Milchprodukte basierend auf folgenden Qualitäten:
 - Milch: 1,5 % Fett,
 - Naturjoghurt: 1,5 % bis 1,8 % Fett,
 - Käse: max. Vollfettstufe (≤ 50 % Fett i. Tr.),
 - Speisequark: max. 20 % Fett i. Tr.).

Butter und Schmand werden nicht erwähnt. Hinsichtlich der Mengen empfiehlt die DGE eine Zuvor von 250 bis 310 g/Tag (Watzl 2015), bei 1 bis 3 Portionen. Bayern empfiehlt für Kinder von 7 bis 12 Jahren 400 ml Milchprodukte pro Tag (Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz und Jutta Kamensky o.J.).

Da im Praxistest weder die Fettstufen noch die Süßspeisen oder Milch als Getränk erfasst wurden, ist die Abschätzung eines Potentials sehr schwierig. Auf der einen Seite werden z.B. Milchprodukte verwendet wie Butter oder Schmand, die nicht explizit von der DGE für die Schulspeisung empfohlen - aber auch nicht ausgeschlossen - werden. Zudem gibt es eine intensive Diskussion im Rahmen der vegetarischen oder veganen Ernährung um z.B. Milchersatzprodukte z.B. "Soja-" oder "Hafermilch" sowie "Sojajoghurt" (vgl. eine Zusammenfassung verschiedener Studien unter DGE o.J.). Trotz intensiver Behandlung der Substitutionsfrage gibt es bisher keine klaren richtungsweisenden Aussagen. Die Pole - nur Milch oder nur vegetarische/vegane Alternativen sind vermutlich die Positionen, die nicht eingenommen werden sollten. Für den Ersatz von Milchprodukten gegen Sojaalternativen werden vielfältige Argumente ins Feld geführt (vgl. z.B. Vernetzungsstelle Kita- und Schulverpflegung Baden-Württemberg 2016). sowohl pro (Klimaschutz, Tierwohl, zu hoher Fettanteil, gesundheitlich unbedenklich) als auch contra (Gesundheit, Tradition, Geschmack).

Vor diesem Hintergrund kann nur ein geringes Einsparpotential angenommen werden.

- Ohne gesundheitliche Bedenken - unter Beachtung der Allergiefrage - kann ein Teil Milchprodukte - hier Quark und Sahne - gegen Sojaprodukte ersetzt werden: Einsparpotential geschätzt 1 % der THG-Emissionen des Praxistests.
- Auf Butter und Schmand kann ganz verzichtet werden. Einsparpotential knapp 2 %.
- Bei Verwendung von fettarmen Käse kann möglicherweise ein Einsparpotential von 1 % CO₂-Äq. erschlossen werden.

⁸ Im Rahmen des bundesweiten KEEKS-Projektes wurden auch Vier-Wochen-Pläne von weiteren 25 Schulküchen analysiert. Auch hier zeigte sich, dass über die DGE-Empfehlungen hinaus Milchprodukte im großen Umfange genutzt wurden. Vergleiche ProVeg und Jugendherbergen Thüringen 2018. Online: https://drive.google.com/open?id=1di_AbrLwbNiekcQdb2xORauuwoWyJTvfwczvH9eN4k4.

Im Ergebnis scheint es plausibel, dass ca. knapp 4,0 % bzw. 19 t der THG-Emissionen durch den Verzicht auf Butter und Schmand, die Verwendung von fettarmen Käse sowie eines geringen Ersatzes von Quart und Sahne gegen Soja- oder Alternativprodukte.

11.3 Alternativen zu Reis

In vielen Gerichten, die während des Praxistests gekocht wurden, wurde Reis verwendet. Durch die beim Anbau entstehenden Methanemissionen (durch das Verfaulen von Pflanzenresten) ist Reis eine Stärkebeilage mit hohen THG-Emissionen. Allein durch die Substitution von Reis durch Dinkel lassen sich Treibhausgas Einsparungen von max. ca. 2 % (ca. 9,8 t CO₂-Äq) realisieren (in Bezug auf Lebensmittel Gesamtemissionen, vgl. EEP und Scharp 2017-46, Blatt Maßnahmenauswertung).

12 Lebensmittel - Lebensmittelauswahl

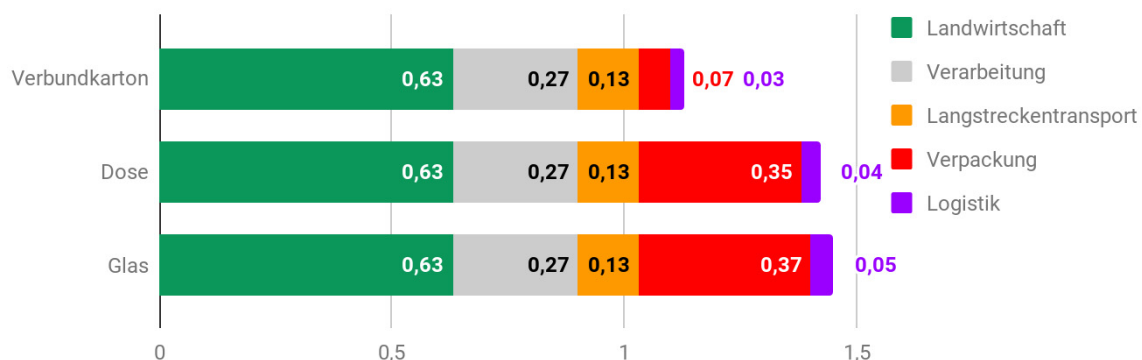
Außerhalb des Praxistest wurden auf Basis von Ökobilanzierungen verschiedene Aspekte der Lebensmittelauswahl bzw. deren Verpackung näherungsweise weitere Optimierungspotentiale bestimmt. Im Folgenden wird auf diese weiteren Möglichkeiten eingegangen, die durch eine bewusste Auswahl von Lebensmitteln erschlossen werden können.

12.1 Verpackung

Die Verpackung kann die Treibhausgasbilanz eines Lebensmittels stark beeinflussen. Gleichzeitig bestehen in bestimmten Fällen erhebliche Optimierungspotentiale. Dies wird im Vergleich der THG-Bilanz von Tomatensauce in unterschiedlichen Verpackungstypen in der folgenden Abbildung veranschaulicht.

Abbildung 20: Treibhausgasemissionen bei der Herstellung von 1 kg konservierter Tomatensauce mit drei unterschiedlichen Verpackungsvarianten

THG-Potential Tomatensauce je Verpackung in kg CO₂-Äq / kg Tomatensoße



Quelle. Eigene Darstellung nach Eyrich et al. 2017_47

In Dosen- oder Glasverpackungen wird die THG-Bilanz des Produkts maßgeblich von den mit der Verpackung verbundenen THG-Emissionen bestimmt. Für dieses Produkt existiert mit dem Verbundkarton aber eine klimafreundlichere Alternative auf dem Markt, die mit erheblichen THG-Einsparungen verbunden ist.

Um abzuschätzen, wie groß der Einfluss einer bewussteren Wahl von Verpackungsvarianten auf die Gesamt-THG-Bilanz der Schulen ist, wurde eine Szenarioanalyse durchgeführt: Es wurde angesetzt, dass sämtliche Lebensmittel in einer treibhausgas- und energieoptimierten Verpackung eingekauft werden, sofern es eine entsprechende Variante auf dem Markt gibt. Die Informationen zu standardmäßig verwendeten Verpackungstypen und Einkaufsmengen basieren auf der Erhebung für den Status quo Betrieb in AP2. Deutliche Veränderungen zwischen diesem Zeitraum und dem Praxistest werden aber nicht erwartet. Mit 2 % Einsparpotential zählt diese Maßnahme nicht zu den vielversprechendsten Optionen.

Ursächlich dafür ist einerseits, dass die mit der Verpackung verbundenen Emissionen bereits im Status-Quo-Betrieb im Durchschnitt über alle Produkte keinen großen Anteil an der THG-Bilanz haben und andererseits, dass es nicht immer eine klimafreundliche Verpackungsvariante auf dem Markt gibt.

12.2 Bio-Lebensmittel

In Analogie zur oben beschriebenen Szenarioanalyse zum Einfluss von Verpackungsformen wurde berechnet, welche Veränderungen sich auf die THG-Bilanz ergeben, wenn überwiegend Bio-Lebensmittel eingekauft würden. Das Ergebnis von 2 % Einsparpotential ist ebenfalls in Abbildung 21 veranschaulicht. Diese Maßnahme setzt - allein aus Sicht des Klimaschutzes - keine allzu großen Reduktions-Potentiale frei. Allerdings werden weitere positive Effekte für eine nachhaltige Landwirtschaft gefördert z.B. im Bereich des Grundwasserschutzes und der Biodiversität.

12.3 Saisonale und regionale Küche

Insbesondere bei der Verwendung von frischem Obst und Gemüse außerhalb der jeweiligen Saison in Deutschland besteht ein erhöhtes Risiko, sehr hohe Treibhausgasemissionen pro Kilogramm Produkt zu verursachen, da in diesem Fall u.a. hohe Lasten durch die Beheizung von Gewächshäusern mit fossilen Energieträgern oder Flugimporte entstehen können (Reinhardt et al. 2009). Saisonalität spielt bei tierischen Produkten hingegen eine untergeordnete Rolle für die THG-Bilanz.

Vor diesem Hintergrund wurde eine Szenarioanalyse durchgeführt unter der Randbedingung, dass die Schulen sämtliche frische Produkte saisonal und regional einkaufen. Mit ca. 1 % THG-Einsparpotential (siehe Abbildung 20) zählt auch diese Maßnahme nicht zu den vielversprechendsten Optionen. Zu den Hauptgründen für dieses Ergebnis zählt, dass die transportbedingten Lasten bereits im Status quo einen geringen Anteil an der THG-Bilanz haben und dass frisches Obst und Gemüse im Status quo einen geringen Anteil an den insgesamt verwendeten Lebensmitteln haben.

12.4 Einsparpotentiale

Außerhalb des Praxistest wurden auf Basis von Ökobilanzierungen verschiedene Aspekte der Lebensmittelauswahl (Biologische Lebensmittel, saisonal-regionale Lebensmittel, Dinkel statt Reis) bzw. die Verpackung näherungsweise weitere Optimierungspotentiale bestimmt. Diese sind:

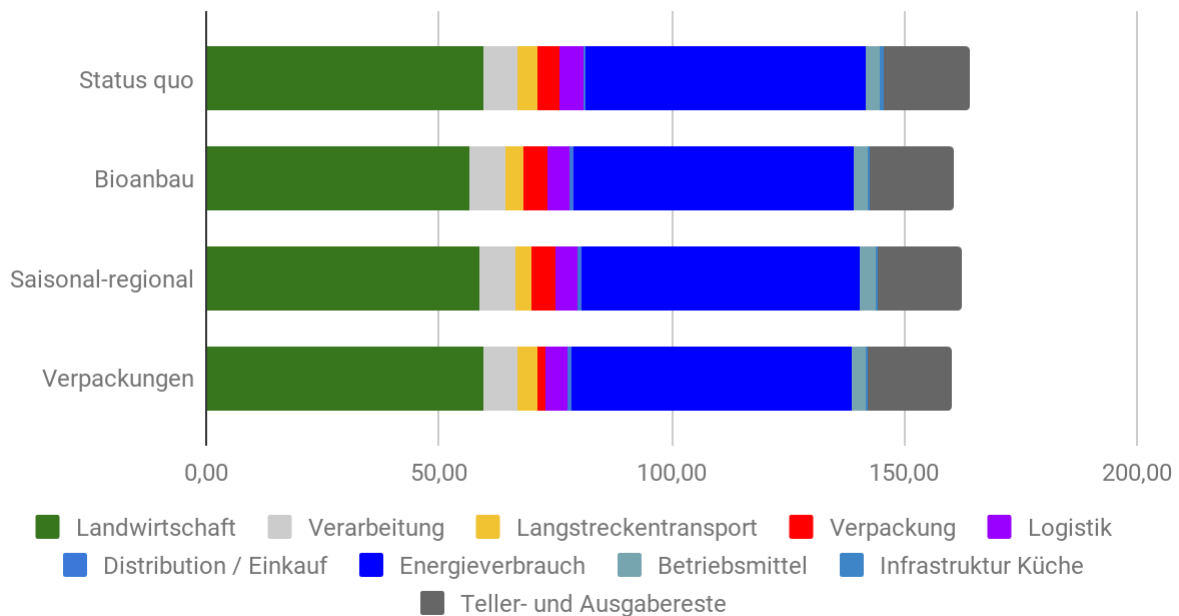
- **Verpackungen:** 2 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem die Küchen - falls möglich – klimafreundlichere Verpackungsvarianten wählen, insbesondere Dosen- und Glasverpackungen meiden.
- **Bio-Lebensmittel:** 2 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem überwiegend Bio-Lebensmittel verwendet werden.
- **Saisonale und regionale Küche:** 1 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem

sämtliche Produkte - falls möglich und sinnvoll - regional und frisches Obst und Gemüse gleichzeitig ausschließlich saisonal eingekauft werden.

- **Dinkel statt Reis:** 2 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem die Schulen Reis durch Dinkel ersetzen.

Abbildung 21: THG-Emissionsminderung durch Lebensmittelauswahl

Status quo, Bioanbau, Verpackungen und Saisonal-regional (g CO₂-Äq/Essen)



Quelle: Eigene Darstellung von IFEU, vgl. Eyrich et al. 2017-47

Tabelle 36: THG-Einsparpotentiale durch Lebensmittelauswahl

	Basiswert (t CO ₂ -Äq)	Verpackung (10 t CO ₂ -Äq)	Bio-Lebensmittel (10 t CO ₂ -Äq)	Saisonal-regional (5 t CO ₂ -Äq)	Realistisches Potential (12 t CO ₂ -Äq)
THG-Emissionen (22 Schulküchen, p.A.)	478				
THG-Reduktion durch klimafreundliche Verpackungen	468	10			
THG-Reduktion durch Bio-Lebensmittel	468		10		
THG-Reduktion durch saisonale-regionale Küche	473			5	
THG-Reduktion durch das Maßnahmenpaket (maximal)	453	10	10	5	
THG-Reduktion durch realistisches Maßnahmenpaket	466				12

Quelle: Eigene Darstellung (Eyrich et al. 2017-47; Eyrich et al. 2018)

Auf Basis dieser Ergebnisse wird keiner der untersuchten Handlungsansätze als prioritär für die Optimierung der THG-Bilanzen der Schulen angesehen. Dennoch sollten die Potentiale von "low-hanging fruits", die sich gleichzeitig in klare und einfache Empfehlungen formulieren lassen, ausgeschöpft werden, indem

- der Einkauf von Dosen- und Glasverpackungen vermieden wird, falls klimafreundlichere Alternativen wie z.B. Verbundkartons angeboten werden,
- frisches Obst und Gemüse, das per Flugzeug importiert wurde, nicht mehr verwendet wird und
- Reis durch ein funktional und geschmacklich ähnliches Produkt wie z.B. Dinkel ersetzt wird.

Für den Gesamtverbund lassen sich dadurch insgesamt auf Basis von ca. 933.500 Essen die THG Emissionen um rund 7 % verringern von ca. 478 t auf ca. 453 t CO₂-Äq. Nimmt man an, dass nur die Hälfte der Einsparung erzielt wird, so würden sich die Emissionen auf 466 t CO₂-Äq verringern.

13 Lebensmittel - Abfall

Abfälle tragen insgesamt erheblich zur Treibhausgasbilanz bei. In jedem Gramm Abfall sind die anteiligen Klimawirkungen der gesamten Herstellungskette enthalten. Entsprechend verringert sich die Klimawirkung des Abfalls, wenn innerhalb der Wertschöpfungskette THGs eingespart werden können.

Im Praxistest wurden an 5 Schulen die täglich anfallenden Abfallmengen derjenigen Lebensmittel dokumentiert, die gekocht worden sind und in gekochtem Zustand die Küche verlassen haben. Hierunter fallen sowohl Ausgabe- als auch Tellerreste. Details zur Auswertung sind in Schulz-Brauckhoff et. al. (2017-34) aufgeführt.

Die beteiligten fünf Praxisküchen bekamen für die Erhebung der Abfallmengen Wochenzettel, auf denen sie die Mengen und die Unterscheidung der Abfallarten dokumentieren sollten. Eine Spezifizierung des Abfalls nach Zutaten war nicht vorgesehen und hätte auch einen erheblichen Mehraufwand bedeutet.

13.1 Ergebnisse des Praxistests

Von den insgesamt zubereiteten Speisen mit einer Gesamtmasse von ca. 6.100 kg fiel entsprechend der Erhebungen rund 1.200 Liter bzw. 1.000 kg an Abfall (Teller- und Ausgabereste, vgl. Nachi et al. 2017-53) an; ca. 16 % der gekochten Speisen. Hierbei sollte berücksichtigt werden, dass darunter sowohl unvermeidbare Abfälle, wie Tierknochen oder Obstschalen, als auch vermeidbare Abfälle, wie nicht gegessene Beilagen oder zu viel gekochte Essensmenge, fallen.

Da die Anzahl der täglich an der Schulspeisung teilnehmenden Personen von Schule zu Schule und von Tag zu Tag variiert, wurde für die Datenermittlung die dokumentierte Abfallmenge mit der Anzahl der Essen ins Verhältnis gesetzt, um eine Vergleichbarkeit zwischen den Schulen zu schaffen. Abfälle variieren von 0 ml/Portion bis 250 ml/Portion. Ab 100 ml/Portion haben wir die Abfallmenge als hoch definiert. Das Volumen des Abfalls lässt sich mit dem Faktor 0,9 von ml auf g umrechnen (Kranert et.al. 2012 S.79ff). Im Durchschnitt fielen somit im Mittel ca. 50 g Abfall pro Menü an (bei Portionsgrößen zwischen 250 und 400 g), d.h. 12 % bis 20 % wurden weggeworfen. Bei der Berechnung der Abfallmengen zeigten sich Unregelmäßigkeiten in der Dokumentation und sehr hohe Spannweiten der Abfallmengen, wodurch die Abschätzung eines allgemeingültigen Einsparpotentials durch Reduzierung der Lebensmittelabfälle erschwert wurde. Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft die Abfallmengen, sofern diese über einem Drittel der gekochten Mengen lagen.

Tabelle 37: Beispielhafte Abfallmengen

Schule	Datum	KF	Menü	Essen	Abfall	Abfall	Gewicht (ausg. Essen)	Abfall (Gesamt)	Abfall
Einheit		10 Port		N	l	ml/ Port	kg	kg	%
Mainzer	03.04.	1,9	Kartoffel-Gemüse-Auflauf	416	35,0	84	90	32	35 %
Meng	24.03.	3,4	Fisch mediterran	136	5,7	42	14	5	37 %
Mainzer	30.03.	5,5	Lachsfilet	416	15,0	36	35	14	39 %
Mainzer	13.04.	8,7	Fisch mit Kräutern und Käse	133	20,0	150	46	18	39 %
Mainzer	20.03.	1,1	Farwelle Nudel mit Pesto	335	45,0	134	102	41	40 %
Meng	10.04.	5,7	Lasagne	60	9,7	162	19	9	46 %
Trierer	12.04.	1,6	Vegetarische Hackbällchen a la. Pomodore	54	6,5	120	13	6	45 %
Wils	23.03.	5,5	Makkaroni in Parmesan- Sahnesoße	179	23,0	128	44	21	47 %
Meng	12.04.	10,0	Hamburger mit Pommes	63	15,1	240	25	14	54 %
Meng	03.04.	6,0	Vollkornnudeln mit Brok- koli-Sahne-Sauce	138	6,5	47	10	6	59 %
Mainzer	22.03.	4,4	Putengeschnetzeltes in Champignon-Rahm-Sauce	335	50,0	149	54	45	83 %
Meng	11.04.	3,9	Putenschnitzel	48	10,7	223	12	10	80 %
Mainzer	06.04.	1,0	Gemüsebrühe mit Maulta- schen, Rohkost	416	50,0	120	44	45	102%
Wils	12.04.	0,6	Frühlingsalate nach Rezept	47	10,5	223	9	9	105%
Wils	10.04.	3,0	Vollkornwaffeln mit Puder- zucker nach Rezept	54	13,5	250	11	12	110%

Die obige Tabelle zeigt, dass es kaum möglich ist, nach Gerichten, Zeiten oder Schülerzahlen zu differenzieren. Einzig die hohe Zahl der Ferientage lässt vermuten, dass in den Ferienzeiten ein mengenmäßig optimale Planung nur schwer durchzuführen ist. Die Werte, die oberhalb von 100% liegen, lassen darauf schließen, dass entweder die Rezeptmengen nicht eingehalten wurden oder dass Abfallmengen falsch eingeschätzt wurden.

Allein die Sensibilisierung für das Thema Lebensmittelabfälle kann bereits zu Verhaltensveränderungen führen. Besonders im Zusammenhang mit den zu messenden täglich anfallenden Abfallmengen wurde während der ersten Praxistestphase ein bewussterer Umgang mit den Lebensmitteln bei den Schülerinnen und Schülern und dem pädagogischen Personal beobachtet.

Die Messergebnisse des Praxistests waren jedoch nicht ausreichend, um Rückschlüsse auf die tatsächlich weggeworfenen Lebensmittel im Bezug zu den Menüs zu ziehen und sind zudem nicht immer plausibel. Um das Einsparpotential im Hinblick auf das Abfallaufkommen dennoch realistisch einschätzen zu können, wurden die erhobenen Ergebnisse durch die Ergebnisse weiterer Studien, u.a. "ReFoWas - Pathway to Reduce Food Waste" und "SKOOL" ergänzt. Die Studien haben sich gleichermaßen mit der Messung von Lebensmittelabfällen in der Schulpflege bzw. Außer-Haus-Verpflegung auseinandergesetzt. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Kapitel Einsparpotentiale aufgeführt.

13.2 Optimierungsmaßnahmen zur Minderung des Abfallaufkommens

Um die Abfallmengen zu reduzieren und dadurch Umweltvorteile zu erschließen, wurden folgende Maßnahmen zur Optimierung entwickelt und in Expertenrunden diskutiert:

- Ein mit der Schule abgestimmtes, möglichst genaues Essensmengen-Management;
- das Einrechnen eines bestimmten Anteils an Fehlkindern sowie Bereithalten von Fertigmensüs;
- eine intelligente Resteküche (sofern hygienisch unbedenklich);
- die Essensbetreuung durch pädagogisches Personal;
- ein tägliches Feedbacksystem zum Abgleich der Mengenkalkulation und zum besseren Verstehen, welche Gerichte bzw. welche ihrer Komponenten bei den Kindern beliebt sind;
- ein Austausch mit den Küchenleitungen anderer Schulküchen über Problemstellung und "best practice" Erfahrungen;
- die Weitergabe von Ausgaberesten an Schulpersonal oder andere Einrichtungen
- das Einfrieren von übrig gebliebenen Menüs;
- eine Verankerung von Abfallzielen im Schulprogramm und
- ein Austausch nicht kindgerechter Menüs.

Für viele der o.g. Vorschläge ist es wichtig, den Schulküchen den dafür notwendigen zeitlichen Raum im Arbeitsalltag bereitzustellen.

13.3 Maßnahmen und Einsparpotentiale

Im Folgenden werden die Einsparpotentiale auf Basis verschiedener Maßnahmen betrachtet unter Berücksichtigung der Vorschläge der Küchenleitungen des KEEKS-Projektes sowie der Projekte ReFoWas (Waskow und Blumenthal 2016), SKOOL (IFWC 2016) und iSuN (Goebel et al. 2014).

13.3.1 Einsparpotential nach Netzwerk e.V.

Insgesamt wurde in Gesprächen mit den Küchenleitungen vorgeschlagen, den Abfall dadurch zu mindern, dass die Zahl der zu kochenden Essen in der Schulzeit um 5% und um 10% in der Ferienzeit reduziert wird. Begründet wurde dies am Beispiel der Sommerferien. In der ersten Woche der Ferien kommen 15% weniger Schüler zur Ferienbetreuung als angemeldet, in der

2. Ferienwoche ca. 25 bis 30 % und in der 3. Ferienwoche ca. 35 bis 40 % (hier besonders die letzten beiden Tage).

Folgt man diesem Vorschlag, so könnten in der Schulzeit ca. 33 t CO₂-Äq und in der Ferienzeit ca. 7,3 t CO₂-Äq eingespart werden. Rechnerisch ist jedoch kein großer Unterschied, ob in den Ferien 5 % oder 10 % weniger Essen zubereitet werden, da hier ohnehin nur 10 % der regulären Mengen zur Schulzeit gekocht werden.

13.4 Einsparpotential nach ReFoWas

Bei dem Forschungsprojekt ReFoWas wurden die Produktionsmengen und Ausgabereste spezifisch nach Speisekomponente gewogen und gemessen. Die Tellerreste wurden als Gesamt- abfall gemessen. Nach einer Status-Quo-Analyse wurden Maßnahmen zur Reduzierung der Lebensmittelabfälle entwickelt und in den Schulküchen implementiert (vgl. Waskow und Blumenthal 2016). Folgende Maßnahmen wurden als besonders relevant identifiziert:

- die Reduzierung von Überproduktion in der Küche;
- der Austausch nicht kindgerechter Menüs und die Überprüfung der Speisepläne auf kinder- und jugendgerechte Menüs;
- die Verbesserung der Attraktivität und der Qualität der Schulverpflegung durch Investitionen (dank monetären Einsparungen);
- die Verbesserung der Kommunikation zwischen relevanten Akteuren, vor allem regelmäßiger Austausch zwischen der Küchenleitung, dem Personal und der Schule;
- die Schulung des Ausgabepersonals im Umgang mit den Schüler/-innen und der Ansprache dieser und
- die Verankerung von Abfallzielen im Schulprogramm.

In einer zweiten Messung wurde kontrolliert, wie sich die Abfallmengen im Vergleich zum Status Quo verändert hatten. Die Ergebnisse zeigten, dass das Einsparpotential mit 14-48 % stark variiert. Das durchschnittliche Einsparpotenzial lag bei 30 % (vgl. Waskow und Blumenthal 2017).

13.4.1 Einsparpotential nach SKOOL

Das Projekt SKOOL der International Food Waste Coalition (IFWC 2016) untersuchte Lebensmittelabfälle in der Schulverpflegung auf internationaler Ebene. Hierzu wurden in Frankreich, Italien und Großbritannien insgesamt 6 Schulen und 6 Küchen hinsichtlich ihrer Lebensmittelabfälle untersucht. Das Küchenpersonal musste alle Lebensmittelabfälle wiegen und nach Warengruppe differenziert in eine App eintragen. Zusätzlich wurde der Grund dokumentiert, weshalb das Lebensmittel weggeworfen wurde. Die Abfallmessungen fanden getrennt nach Küchenabfällen und Tellerresten statt. Im Anschluss an eine Status-Quo-Messung wurden Maßnahmen entwickelt und umgesetzt. Das SKOOL-Projekt differenzierte die Handlungsempfehlungen vor allem nach relevanten Akteuren:

- Kinder sollten für das Thema sensibilisiert werden, indem sie u.a. ihre eigenen Lebensmittelabfälle wogen, um ein Verantwortungsbewusstsein für eigene Lebensmittelabfälle zu entwickeln oder belohnt zu werden, wenn Teller leer gegessen wurden.

- Die Küchenleitung sollte die benötigten Speisemengen genauer einschätzen und gegebenenfalls Rezepte anpassen oder beim Kochen auch Reste des Vortages kreativ mit einbinden.
- Für das Personal der Speisenausgabe sollte eine Broschüre entwickelt werden, die den Mitarbeiter/-innen Ratschläge an die Hand gibt, um die Mittagspause für die Schüler/-innen zu verbessern.

Nach der Umsetzungsphase fand eine Kontrollmessung statt. Das SKOOL-Projekt konnte in einigen Schulküchen sogar eine Zunahme des Lebensmittelabfalls messen. Das durchschnittliche Einsparpotential lag aber bei 12% (vgl. IFWC 2016).

13.4.2 Einsparpotential nach iSuN

Das Projekt "Reduktion von Warenverlusten und Warenvernichtung in der AHV" des Instituts für Nachhaltige Ernährung (iSuN) untersuchte Lebensmittelabfälle nicht nur in der Schulpflegung, sondern in der gesamten Außer-Haus-Verpflegung. Hierzu fanden Abfallmessungen in fünf Projektküchen statt, darunter jeweils die Küche eines Studentenwerks, eines Seniorenheims, eines Fachkrankenhauses, einer Werkstatt für Menschen mit Behinderung und eines Schul-Caterers. Die Abfälle wurden getrennt nach Warengruppe und Abfallart gewogen. Auch hier folgte im Anschluss eine Maßnahmenplanung und Umsetzungsphase. Das umgesetzte Maßnahmenpaket beinhaltete Handlungsempfehlungen zur verbesserten Kommunikation, Speiseplanung, Ausgabemenge und Speisenverteilung, angepasst an die jeweilige Institution. Anschließend wurden auch hier Kontrollmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass die Abfallmengen in zwei der Projektküchen nicht verringert werden konnten. Die Spannweite des Einsparpotentials lag zwischen 0-18%. Das durchschnittliche Einsparpotential betrug 8% (vgl. Göbel et al. 2014).

13.4.3 Einsparpotential für das KEEKS-Projekt

Vor dem Hintergrund der aufgeführten Studien ReFoWas, SKOOL, iSuN und den Einschätzungen der Küchenleitungen wird ein durchschnittliches Einsparpotential von 15% prognostiziert (Maßnahmenpaket WI). Das Einsparpotenzial bezieht sich dabei nicht nur auf einzelne Maßnahmen, sondern vielmehr auf die Umsetzung eines Maßnahmenpakets. Dieses wäre:

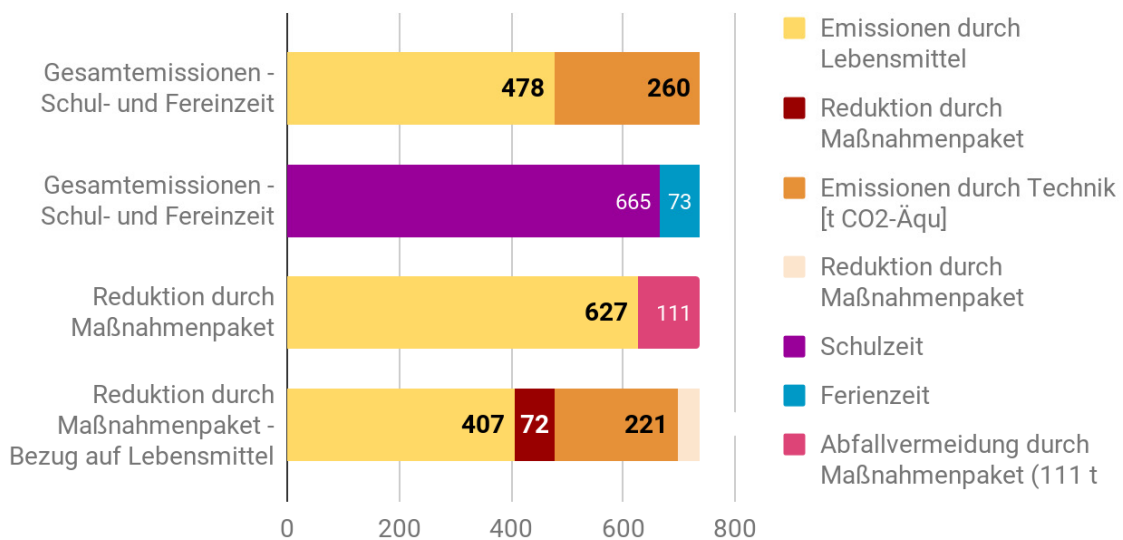
- eine 5-prozentige Mengenreduktion beim Kochen (bei Bevorratung von schnell zu erwärmenden Ersatzmenüs);
- ein mit der Schule abgestimmtes Essensmengen-Management, das die tägliche Fluktuation der Schüler berücksichtigt;
- Beachtung der Mengeneempfehlungen während der Zubereitung;
- Anpassung der Portionsgrößen an die Zielgruppe;
- Austausch nicht kindgerechter Menüs;
- Akzeptanzförderung der angebotenen Speisen;
- Essensbetreuung durch pädagogisches Personal;
- ein tägliches Feedbacksystem zum Abgleich der Mengenkalkulation und zum besseren Verstehen, welche Gerichte bzw. Komponenten bei den Schülern beliebt sind und welche nicht;
- die Weitergabe von Ausgaberesten an das Schulpersonal oder andere Einrichtungen;

- das Einfrieren von übrig gebliebenen Menüs und Ausgabe zu späteren Zeitpunkten;
- eine intelligente Resteküche sowie
- die Sensibilisierung von Schülern, Küchenpersonal und pädagogischem Personal für das Thema Abfall.

Insgesamt ergibt sich dadurch ein jährliches Einsparpotential von 111 t CO₂-Äq auf der Annahme, dass 15 % THG-Emissionen sowohl bei den Lebensmitteln als auch bei der Zubereitung eingespart werden.

Abbildung 22: Einsparpotenziale durch ein Maßnahmenpaket

Einsparpotential Abfallmanagement (t CO₂-Äq/a)



Quelle: Eigene Abbildung nach Eyrich et al. 2017-47

14 Zusammenfassung: Methoden, Ergebnisse und Potentiale

Das Arbeitspaket AP05 dient einerseits der ersten Erprobung von Maßnahmen für mehr Klima- und Energieeffizienz in der Schulküche und andererseits der Fundierung der Erkenntnisse aus AP02 Status-quo-Analyse, AP03 Potentialbestimmung sowie AP04 Hemmnisanalyse. Um dies zu erreichen, wurden ein Praxistest des Maßnahmenkonzepts mit seinen Empfehlungen sowie eine (Elektro-) Energieverbrauchsanalyse durchgeführt. In diesem Arbeitspapier erfolgt die Zusammenfassung der Energieverbrauchs- und Menüanalyse mit der Bestimmung der Potentiale für das Energiesparen.

Grundlage dieser Potentialanalyse war ein Praxistest in der Zeit vom 20. März bis einschließlich 28. April 2017 mit fünf Praxisküchen. Zur Ermittlung der Daten wurden drei Konzepte umgesetzt:

- Es wurden zum einen Fragebögen für die Küchen genutzt, um den Einkauf und die Speisenplanung untersuchen zu können.
- Weiterhin wurde der Energieverbrauch von den fünf Praxisküchen gemessen, wobei 32 Steckermessgeräte (Kühlschränke, Waschmaschinen, Bain Marie) sowie 17 Drehstrommessungen (Konvektomaten, Spülmaschinen, Hockerkocher) Messpunkte genutzt wurden.
 - Die Auswertung erfolgt zum einen über den Gesamtstromverbrauch von vier Praxisküchen (einer konnte nicht vermessen werden wegen eines fehlenden Anschlusses) mit der Bestimmung des Energieverbrauchs pro Essen und die Hochrechnung auf den Verbund (Verfahren BV-A) sowie
 - zum anderen über die Messwerte und standardisierte Werte (Auslastung, Betriebsdauer) mit der Hochrechnung auf den Verbund (Verfahren BV-B).
- Zum Schluss wurden die ausgereichten Menüs analysiert und die Potentiale durch eine Veränderung der Rezepte bestimmt. Hierbei sind jedoch zwei Unterschiede relevant. Diese wurden bei der Berechnung berücksichtigt:
 - Der Energieverbrauch der Praxisschulen bezieht sich nur auf vier Schulen, da bei der fünften die Sicherung für die gesamte Küche nicht auffindbar war. Im Unterschied dazu, wurden die Speisepläne für die fünf Praxisschulen ausgewertet.
 - Weiterhin bezieht sich die Energieverbrauchsanalyse auf einen anderen Zeitraum als die Analyse der Speisepläne, da die Energiemessung zeitversetzt eine Woche später erfolgte.
- Die Bestimmung des Energieverbrauchs bezieht sich auf den Stromverbrauch der Küchen, Warmwasser und Heizung wurden nicht berücksichtigt. Im Ergebnis liegt somit der Energieaufwand pro Essen höher als ausgewiesen.

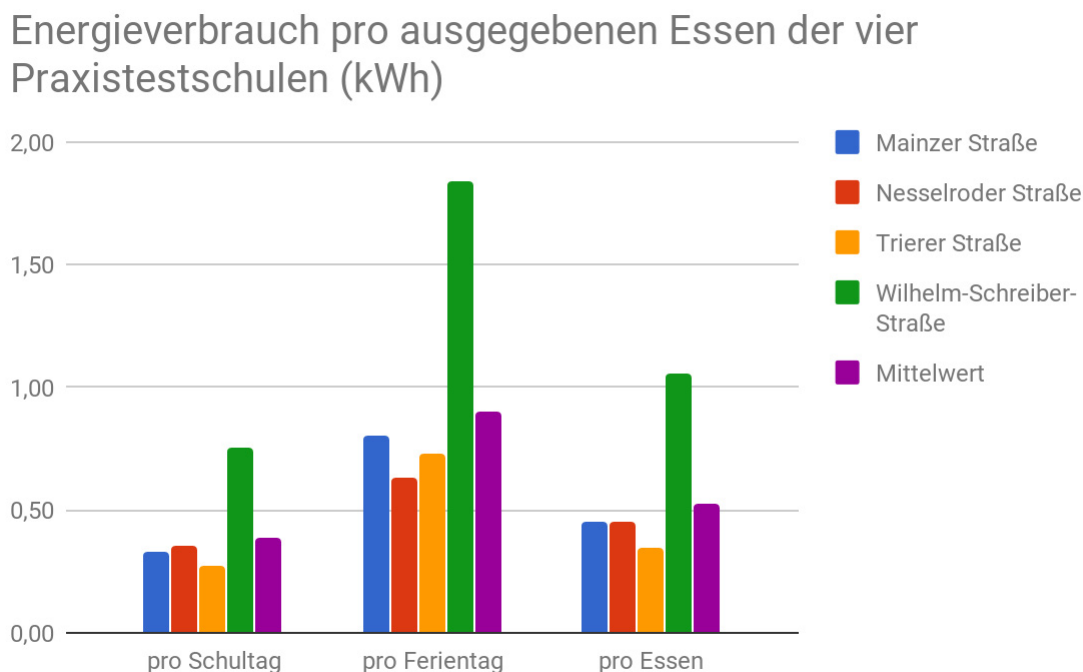
Energieverbrauch der Praxisküchen, des Verbundes und pro Essen (EV-A)

Im Verfahren BV-A wurde über den Zeitraum von 12 Schultagen, 4 Ferientagen und 14 Schließtagen (gesamt ein Verbrauchsmonat) ein mittlerer Energieverbrauch im Praxistest von ca. 8.300 kWh pro Küche bestimmt über die Messung am Elektroanschluss. In einer Küche konnte der Gesamtstromverbrauch nicht bestimmt werden. Hochgerechnet auf das Jahr mit 192

Schultagen, 32 Ferientagen und 140 Schließtagen ergibt sich ein Verbrauch von ca. 110.000 kWh für die vier Praxisküchen bestimmt.

Dieser Verbrauch korrespondiert mit ca. 208.000 Essen der vier Praxisküchen im Jahr. In diesem Wert sind 36 % Ferienessen (erhoben im Praxistests und somit die Grundlage für die Hochrechnung auf den Verbund) sowie 8 % Lehreressen enthalten sowohl in der Schul- als auch der Ferienzeit (Erhebung in 2016, Grundlage für die Hochrechnung auf den Verbund). Im Ergebnis werden ca. 0,5 kWh pro Essen aufgewendet für alle Küchenprozesse (rechnerischer Werte: 0,525). Dieser Wert schwankt zwischen den Praxisküchen von 0,33 kWh/Essen bis 0,75 kWh in den Schulzeiten sowie zwischen 0,73 bis 1,84 in den Ferienzeiten aufgrund der geringeren Essenszahlen.

Abbildung 23: (Elektro-)Energieverbräuche pro ausgegebenen Essen in den Praxistestschulen (kWh)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-40

Dieser spezifische Energieverbrauch kann genutzt werden, um auf Basis der ausgegebenen Essen, der geschätzten Ferien- und Lehreressen den Gesamtenergieverbrauch des Verbundes von 22 Schulküchen zu bestimmen. Ausgehend von dem so erhaltenen Gesamt-Mittelwert von ca. 0,5 kWh/Essen und den insgesamt im Jahr ausgegebenen ca. 933.500 Essen aller 22 Schulküchen (inklusive 36 % Ferienessen sowie 8 % Lehreressen) ergibt sich somit ein (Elektro-)Energieverbrauch von ca. 490.000 kWh in 2017.

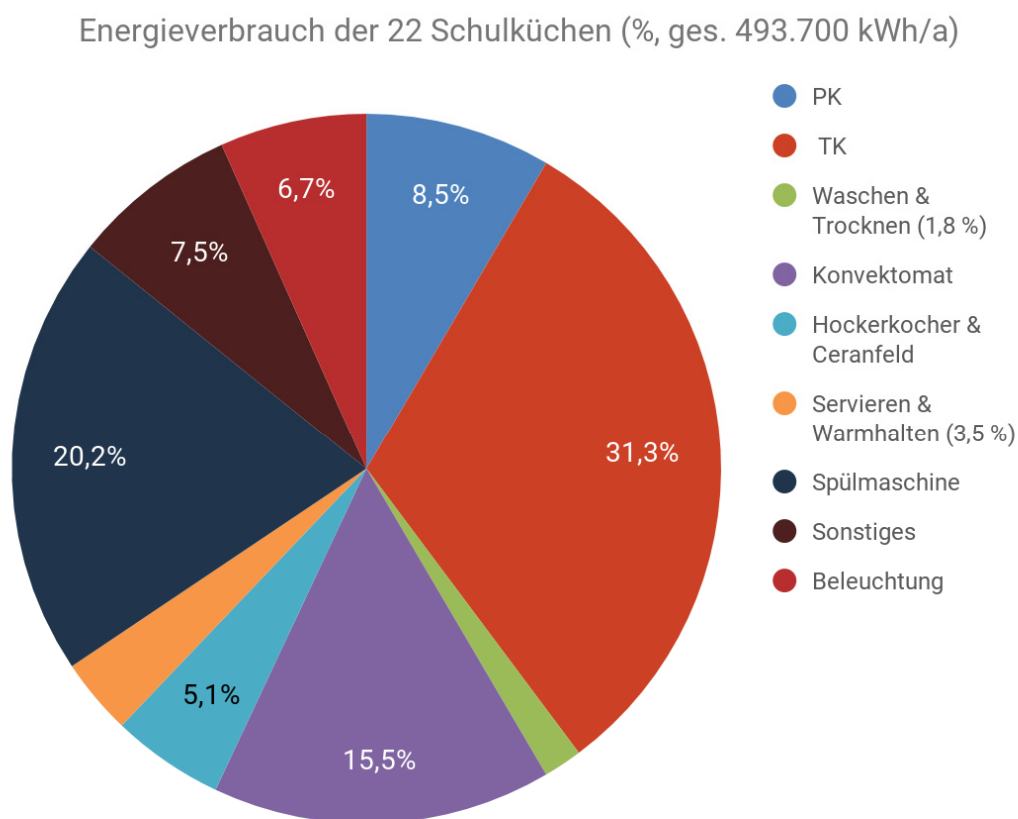
(Elektro-)Energieverbrauch des Verbundes nach Prozessbereichen und pro Essen (EV-B)

Parallel dazu wurde zur Datenvalidierung auf einem zweiten Wege der Gesamtenergieverbrauch von EEP abgeschätzt (vgl. EEP 2017-41). Hierbei wurden sowohl die Messwerte des Praxistests als auch eine Bestimmung des Energieverbrauchs anderer Geräte (Wasserkocher,

Mikrowellen, Dunstabzugshaube) anhand ihrer Leistung, Auslastung und Betriebsstunden durchgeführt.

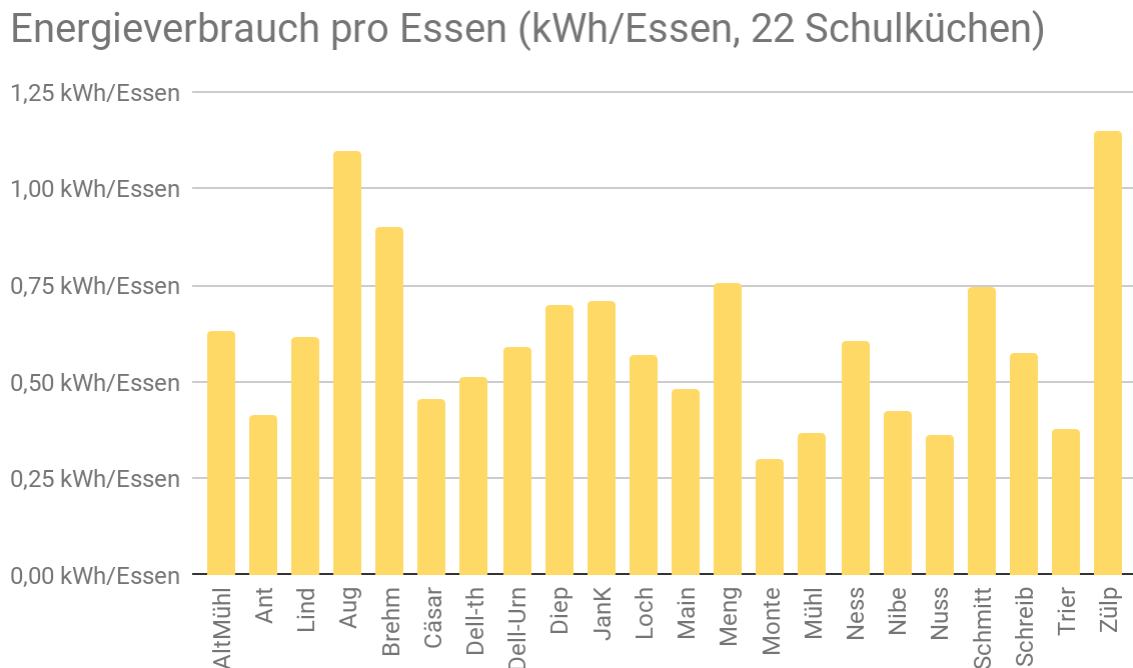
Für jede Schule wurde dann zunächst der gesamte Energieverbrauch bestimmt. Für den Schulverbund ergibt sich dann ein Energieverbrauch pro Jahr von ca. 493.700 kWh. Dies bedeutet eine Abweichung von knapp 1 % von dem auf dem zweiten Wege EV-A - spezifischer Energieverbrauch der Praxisküchen pro Essen hochgerechnet auf die Gesamtzahl aller Essen - berechneten Gesamtenergieverbrauch von ca. 489.500 kWh. Der Hauptgrund wird sein, dass nicht alle Gerätetypen hinreichend genau erfasst wurden und insbesondere bei den Konvektomaten nur unzureichende Daten vorliegen. Der Energieverbrauch nach EV-B teilt sich wie folgt auf:

Abbildung 24: (Elektro-)Energieverbrauch der Schulen nach Prozessbereichen (%) mittels der Berechnung nach EV-B



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP und Scharp 2017-46

Nach EEP ergibt sich ein Energieverbrauch pro Essen von 0,5 kWh/Essen (rechnerisch 0,495), der jedoch zwischen 0,21 und 1,19 kWh/Essen schwankt.

Abbildung 25: Energieverbrauch pro Essen und Schule (kWh/Essen)

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP und Scharp 2017-46

Ergebnisse der Gesamtenergieanalyse nach EV-B

Die Analyse der Energieverbrauchsdaten nach EV-B zeigt folgende besonders wichtigen Ergebnisse:

4. Insbesondere das Tiefkühlen ist vermutlich der wichtigste Prozessbereich nach EV-B, der schätzungsweise ein Drittel des Energieverbrauchs abdeckt. Dieser sollte prioritär untersucht werden hinsichtlich Einsparpotentialen.
5. Weiterhin ist das Spülen nach EV-B prioritär zu untersuchen aufgrund des hohen Energieverbrauchs von ca. 20 % des Gesamtverbrauchs.
6. Danach folgt das Kochen mit ca. 15 %, hier ist der Verbrauch aber auf viele Geräte und Prozesse verteilt.
7. Beleuchtung und Kühlen sind gleichfalls mit einer Größenordnung von 8 bis 9 % relevant nach EV-B. Hier könnte durch kostengünstige Neubeschaffung schnell ein Effizienzpotential erschlossen werden.
8. Nach EV-B schwanken die Energieverbrauchswerte zwischen den Schulen pro Essen sehr stark: von 0,14 kWh/Essen z.B. in der Jankstraße und 1,15 kWh / Essen in der Zülpener Straße.
9. Würden alle Schulen, die über dem Durchschnittswert von ca. 0,5 kWh/Essen liegen, diesen Erreichen, so könnten ca. 15 % oder ca. 70.000 kWh eingespart werden.

Technik und Prozesse - Spülen

Der Energieverbrauch für das Spülen wurde vollständig in zwei Küchen erfasst, der Mainzer Straße (große Küche, ca. 450 Essen in der Schulzeit) und der Mengenicher Straße (kleine Küche, ca. 150 Essen). Der Energieverbrauch der Schulküchen beim Spülen in Bezug auf eine ausgegebene Anzahl von Essen kann im Prinzip von drei wesentlichen Situationen abhängig sein:

- der Technik (Gerätetyp, Warmwassernutzung),
- den täglichen Menüs (was wird gekocht?) sowie
- das Nutzerverhalten des Küchenpersonals (Voll- oder Teilbeladung).

Unsicherheiten der Bestimmung des Energieverbrauchs für das Spülen ergeben sich hierbei zum einen durch die unterschiedlichen Typen (Mainzer Straße: Haubenspülmaschine, Mengenicher Straße Frontlader). Weiterhin wurden Handspülprozesse z.B. von Blechen oder großen Kochtöpfen nicht erfasst. Eine Befragung über die Anzahl der Spülprozesse (Strichliste) ergab keine sinnvollen Ergebnisse. Die folgende Tabelle zeigt die Messwerte für zwei Praxisküchen, bei denen der Prozess "Spülen" erfasst wurde.

Tabelle 38: Auswertung des Praxistests für den Prozess "Spülen"

Erläuterung	Mainzer Str. (Haube, 8,4 kW)	Mengenicher Str. (Front, 6,3 kW)
Anzahl Essen Schulzeit / Tag	449	150
Anzahl Essen Ferienzeit / Tag	147	62
Anzahl Essen Schulzeit / 9 Tage	4.044	1.354
Anzahl Essen Ferienzeit / 4 Tage	1.456	487
Anzahl Essen im Messzeitraum	5.499	1.841
Energieverbrauch Schulzeit [kWh]	189	161
Energieverbrauch Ferienzeit [kWh]	91	55
Energieverbrauch im Messzeitraum [kWh]	280	266
Energieverbrauch pro Essen - Schulzeit [kWh]	0,047	0,119
Energieverbrauch pro Essen - Ferienzeit [kWh]	0,167	0,113
Energieverbrauch pro Essen - Gesamt [kWh]	0,051	0,145
THG-Emissionen pro Essen - Gesamt [g CO₂-Äq]	27,0	76,7
Mittlerer Energieverbrauch/Essen, beide Schulen, Gesamt [kWh]	0,074	
Mittlere THG-Emissionen/Essen, beide Schulen, Gesamt [g CO ₂ -Äq]	39,5	

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-43

Der Praxistest zeigte vier wesentliche Ergebnisse:

- Der Energieverbrauch für das Spülen ist zwischen den Küchen sehr unterschiedlich, bei einer großen Anzahl von Essen - in der Schulzeit der Mainzer Straße - wird weniger Energie für das Spülen gebraucht als in kleinen Küchen (sowohl Schul- als auch Ferienzeit).
- Weiterhin ist der Energieverbrauch für das Spülen in der Schulzeit - mit Ausnahme am Tag des Schulbeginns und des letzten Schultages - sehr kontinuierlich, es wird somit immer in der gleichen Art gespült.
- Der Energieverbrauch ist in der Ferienzeit mit weniger Essen deutlich höher als in der Schulzeit. Er ist zudem sehr variabel.

- Der Energieverbrauch für das Spülen pro Essen beträgt zwischen 0,05 kWh (entspricht 25 g CO₂-Äq) in der Schulzeit und 0,17 kWh (entspricht ca. 90 g CO₂-Äq) in der Ferienzeit. Im Mittel ergibt sich ein Wert von ca. 0,07 kWh (entspricht ca. 40 g CO₂-Äq) pro Essen für das Spülen (Wert aus großer Küche und kleiner Küche, Schulzeit und Ferienzeit).

Auf dieser Basis lässt sich ein Richtwert für den Prozess des Spülens bestimmen:

- Der minimale Wert der Mainzer Straße mit ca. 0,05 kWh/Essen wird sich sicher nicht erreichen lassen. Auch der Mittelwert der obigen Messungen - eine große und eine kleine Küche, wird nicht zu erreichen sein, da die kleineren Küchen im Verbund dominieren. Deshalb erscheint ein Wert von 0,1 kWh/Essen als plausibel.
- Bei einer Gesamtzahl von ca. 933.000 Essen und dem Energieverbrauch pro Essen für das Spülen von 0,1 kWh ergibt sich ein Energieverbrauch für das Spülen in den 22 Netzwerkschulen von ca. 90.000 kWh (ca. 80.000 kWh in Schulzeiten, ca. 10.000 kWh in Ferienzeiten), was ca. 48 t CO₂-Äq entspricht.
- Bei einem berechneten Jahresenergieverbrauch von ca. 490.000 kWh für die 22 Schulküchen liegt der Anteil des Spülens somit bei geschätzten 18 %.

Weiterhin wurden die möglichen Einsparpotentiale näher bestimmt.

- Im Unterschied zu Haushaltsspülmaschinen gibt es keine Energieklassifizierung der Spülmaschinen. Es wird jedoch ein technisches Einsparpotential durch den Ersatz alter gegen neuer Geräte von 10 % des Gesamtverbrauchs für Spülen bzw. 9.000 kWh (4,8 t CO₂-Äq) angenommen. Begründet wird dies zum einen dadurch, dass 40 % der eingesetzten Spülmaschinen der 22 Küchen eine deutlich höhere Leistungsaufnahme haben als die vermessenen Geräte. Weiterhin ergab die Befragung eines Herstellers, dass eine höhere Energieeffizienz der neueren Maschinen vorhanden ist.
- Das Spülen in den Ferienzeiten ist mit deutlich höheren Energieverbräuchen pro Essen als in den Schulzeiten verbunden. Wählt man als Bezugspunkt den Ferienwert der Mainzer Straße mit 13 kWh pro 100 Essen für alle Schulen, so würde sich ein Energieverbrauch von 6.300 kWh (3,3 t CO₂-Äq) ergeben. In Bezug auf den Energieverbrauch in den Ferien von 10.000 kWh zeigt sich ein Einsparpotential von 37 % in den Ferienzeiten in Höhe von 3.700 kWh (2,0 t CO₂-Äq).
- Das Spülen wird vor allem durch das Geschirr und das Besteck geprägt, da Bleche oder große Töpfe meist in Spülbecken gesäubert werden. In den Schulzeiten mit 880.000 Essen wird aufgrund der höheren Essenszahlen auch effizienter gespült. Nimmt man den gemessenen Wert in der Mainzer Straße von 5 kWh / 100 Essen als Zielwert für alle Schulen, so ergäbe sich ein Einsparpotential von 45 % in der Schulzeit (36.000 kWh; 19,1 t CO₂-Äq) in Bezug auf den geschätzten Energieverbrauch in der Schulzeit von 80.000 kWh (42 t CO₂-Äq).

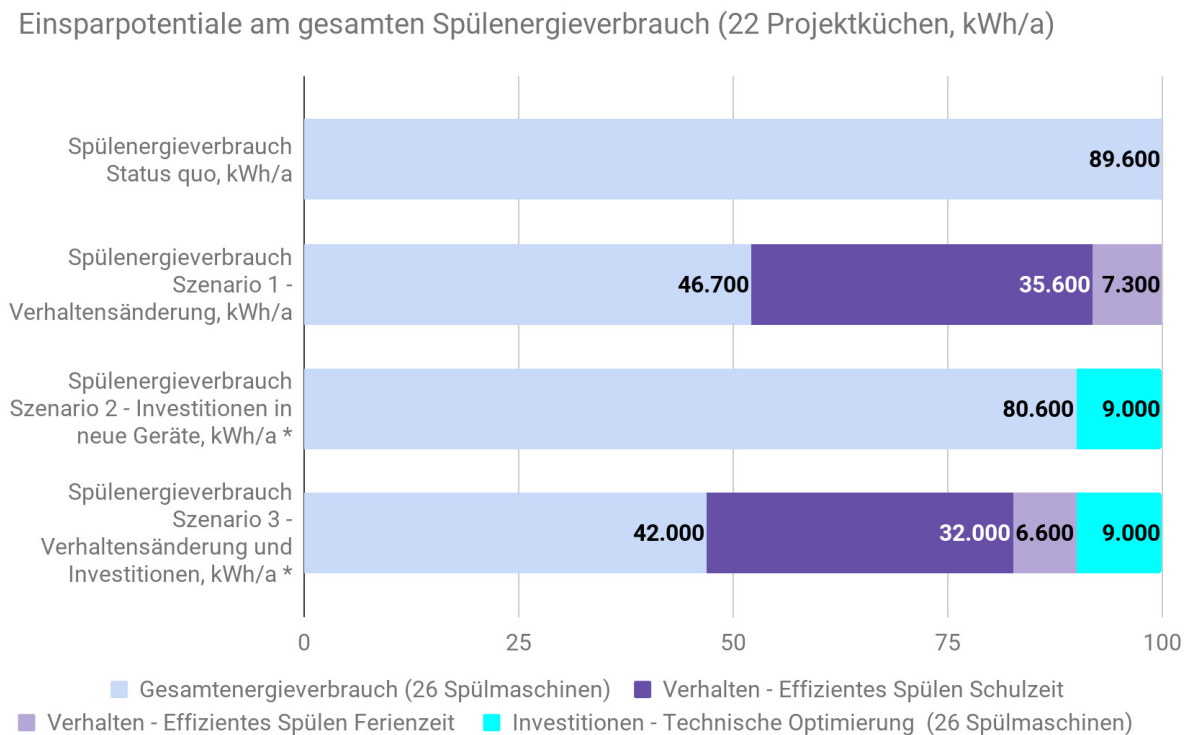
Zusammenfassend kann geschätzt werden, dass folgende Mengen eingespart werden können:

- durch technische Potentiale ca. 9.000 kWh/Jahr (4,8 t CO₂-Äq),
- durch eine Änderung des Spülverhaltens (nur noch volle Beladung) in den Ferien ca. 3.700 kWh/Jahr (2,0 t CO₂-Äq; Bezug 13 kWh/100 Essen) und

- in den Schulzeiten ca. 36.000 kWh/Jahr (19 t CO₂-Äq; Bezug 5 kWh/100 Essen)

Im Idealfall könnten ca. 48.000 kWh (ca. 25 t CO₂-Äq) eingespart werden. Dies könnten bezogen auf ca. 490.000 kWh Stromverbrauch gesamt für 22 Schulküchen, ca. 10 % des Energieverbrauchs sein.

Abbildung 26: Energie-Effizienzpotentiale für unterschiedliche Maßnahmen beim Spülen



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-44

3.1.1.1.1 Technik und Prozesse - Kühlen

Der Energieverbrauch der Schulküchen für das Kühlen ist abhängig von

- der Effizienz der eingesetzten Technik,
- dem Wartungsverhalten durch das Küchenpersonal (regelmäßiges Abtauen)
- dem Nutzungsverhalten des Küchenpersonals (Abschalten nicht benötigter Geräte z.B. im Ferienbetrieb oder bei längeren Schließzeiten) sowie
- der Nutzung von Lebensmitteln mit Kühlbedarfen in der Schulverpflegung.

Der Praxistest lieferte Energieverbräuche der Kühlschränke in den fünf Praxisschulen für die Schul-, die Ferien- und die Schließzeit. hierbei zeigten sich folgende Ergebnisse:

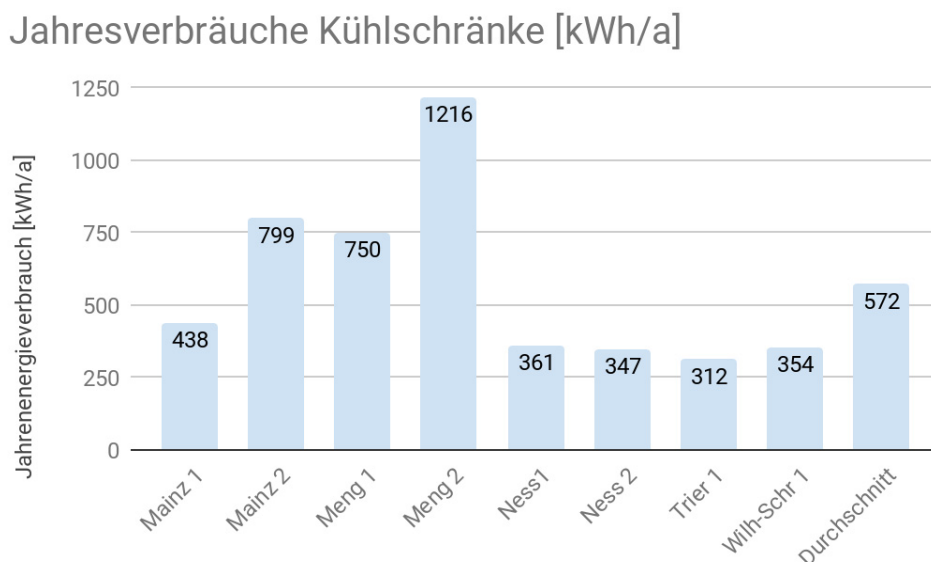
- Der tägliche Energieverbrauch zwischen diesen drei Zeiten schwankt nur gering um vier bis fünf Prozent. Dies bedeutet, dass häufiges Öffnen in den Schulzeiten den Energieverbrauch nur wenig beeinflusst.
- Es wird auch kein besonderes Einsparpotential durch regelmäßiges Abtauen gesehen, da die Kühlgeräte eine Abtauautomatik haben. Ebenso bringt die Reinigung der Register nur wenig Energieeinsparung.

- Das Abschalten von Kühlschränken in den Ferienwochen kann durchaus zu einer Einsparung von ca. 10 % der Kühlenergie führen.
- Auffällig sind die hohen Unterschiede zwischen den Geräten. Während fünf Kühlschränke Energieverbräuche von etwas weniger bis 1,25 kWh pro Tag (Jahresverbrauch 185 bis 241 kWh) hatten, hatten drei Geräte Energieverbräuche von 2,3, 2,9 bzw. 3,4 kWh pro Tag, so dass der maximale Energieverbrauch bei ca. 1.200 kWh/Jahr liegt. Dies ist ein deutliches Indiz für ein technisches Einsparpotential.

Auf Basis der Energieverbrauchsanalyse können auch Richtwerte für den Energieverbrauch des Kühlens berechnet werden:

- Der Mittelwert des Energieverbrauchs für die acht Kühlschränke des Praxistests liegt bei ca. 570 kWh/Jahr, was 300 kg CO₂-Äquivalenten entspricht.

Abbildung 27: Jährliche Energieverbräuche der gemessenen Kühlschränke des Praxistests



Quelle: Eigene Abbildung

- Auf dieser Basis und einer Anzahl von ca. 240.000 Essen, die in den fünf Schulen des Praxistests im Jahr ausgereicht werden (inkl. 36 % Ferienessen und 8 % Essen für Erwachsene), ergeben sich Energieverbräuche zwischen 20 bis 82 Wh/Essen für das Kühlen, im Mittel ca. 33 Wh/Essen. Die Werte für die THG-Emissionen liegen entsprechend zwischen 11 bis 43 g CO₂-Äq/Essen und im Mittel bei 18 g CO₂-Äq/Essen.
- Der gesamte Energieverbrauch für das Kühlen in allen 22 Netzwerkschulen ergibt somit auf Basis von der 33 Wattstunden pro Essen und ca. 933.500 Essen pro Jahr einen Energieverbrauch von ca. 31.000 kWh, was gut 16 t CO₂-Äquivalenten entspricht.
- Der Anteil des Kühlens am Gesamtenergieverbrauch der Schulküchen in Höhe von ca. 490.000 kWh liegt bei ca. 6,3 %.

Im Ergebnis zeigt sich, dass Bestandsmaßnahmen und Investitionen deutliche Potentiale erschließen können. Die Bestandsmaßnahmen stellen sich wie folgt dar:

- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch Abschalten von 2/3 aller Kühlgeräte in fünf Ferienwochen ohne Essensausgabe (35 Tage): ca. 1.800 kWh (5,5 % der Kühlenergie, 0,4% der Gesamtenergie), was ca. 970 kg CO₂-Äquivalenten entspricht.
- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch Abschalten von 1/3 aller Kühlgeräte in sieben Ferienwochen mit reduzierter Essensausgabe (49 Tage): ca. 1.500 kWh (4,5 % der Kühlenergie, 0,3 % der Gesamtenergie), was ca. 800 kg CO₂-Äq entspricht.
- Bestandsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch regelmäßige Reinigung der Register und einmaliges Abrücken könnten ca. 650 kWh bzw. 350 kg CO₂-Äq eingespart werden (Annahme 2 % Einsparung).

Deutlich größte Potentiale könnte man erschließen, wenn man die Geräte komplett gegen effiziente Geräte (350 kWh/a) austauscht.

- Investitionsmaßnahmen: Einsparpotential der Schulen beim Kühlen durch effizientere Technik: ca. 13.000 kWh/a (ca. 40 % der Kühlenergie, ca. 2,5 % der Gesamtenergie) bzw. ca. 7 t CO₂-Äquivalenten entspricht.

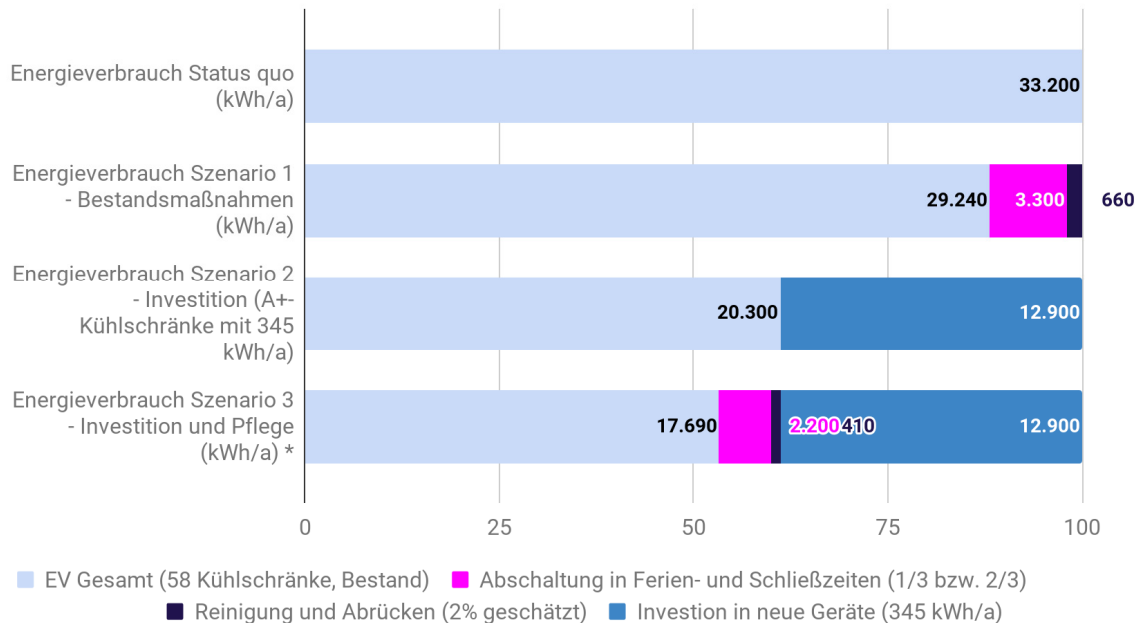
Die größten Einsparungen hat man, wenn man Investitionsmaßnahmen und Pflege miteinander kombiniert.

- Investitionen und Pflege: Neue Geräte erschließen ca. 13.000 kWh/a. Mit dem Abschalten der Geräte in den Ferienzeiten ($\frac{1}{3}$ der Geräte) und in den Schließzeiten ($\frac{2}{3}$ der Geräte) können 2.200 bzw. ca. 400 kWh eingespart werden (ca. sofern die neue Geräte gleichfalls immer gut gereinigt und von der Wand abgerückt werden, so könnte man vielleicht noch einmal ca. 650 bzw. ca. 400 kg CO₂-Äq. eingespart werden).

Insgesamt könnten durch ein Bündel von Maßnahmen ca. 8 t der THG-Emissionen eingespart werden bzw. ca. 15.500 kWh (ca. 3 % des gesamten Energieverbrauchs).

Abbildung 28: Bestands- und Investitionsmaßnahmen im Prozess "Kühlen"

Einsparpotentiale am gesamten Kühlenergieverbrauch (22 Projektküchen)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-43

3.1.1.1.1 Technik und Prozesse - Gefrieren

Der Energieverbrauch der Schulküchen für das Gefrieren ist abhängig von

- der Effizienz der eingesetzten Technik,
- dem Wartungsverhalten durch das Küchenpersonal (regelmäßiges Abtauen)
- dem Nutzungsverhalten des Küchenpersonals (Abschalten nicht benötigter Geräte z.B. im Ferienbetrieb oder bei längeren Schließzeiten) sowie
- der Nutzung von Lebensmitteln mit Gefrierbedarfen in der Schulverpflegung.

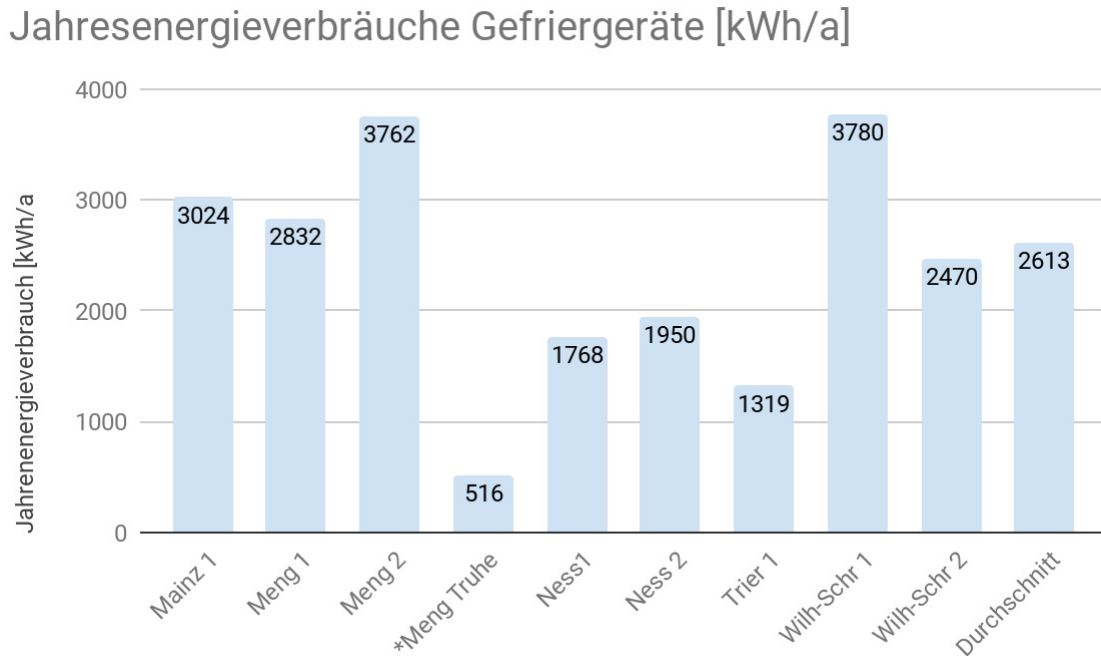
Der Praxistest lieferte Energieverbräuche der Gefrierschränke in den fünf Praxisschulen für die Schul-, die Ferien- und die Schließzeit. Hierbei zeigten sich folgende Ergebnisse:

- Der tägliche Energieverbrauch zwischen diesen drei Zeiten schwankt bei breiter Streuung im Mittel nur gering um rund 4 %. Dies bedeutet, dass häufiges Öffnen in den Schulzeiten den Energieverbrauch nur wenig beeinflusst.
- Auffällig sind die hohen Unterschiede zwischen den Geräten. Während die drei verbrauchsärmsten Gefrierschränke Energieverbräuche zwischen 3,7 bis 5,3 kWh pro Tag (Jahresverbrauch 1.319 bis 1.950 kWh) hatten, hatten die zwei verbrauchsstärksten Geräte Energieverbräuche von rund 10,5 kWh pro Tag, so dass der maximale Energieverbrauch bei ca. 3.800 kWh/Jahr liegt. Dies ist ein deutliches Indiz für ein technisches Einsparpotential.

Auf Basis der Energieverbrauchsanalyse können auch Richtwerte für den Energieverbrauch des Gefrierens berechnet werden:

- Der Mittelwert des Energieverbrauchs für die acht Gefrierschränke des Praxistests liegt bei ca. 2.600 kWh/Jahr (1,4 t CO₂-Äq/Jahr).

Abbildung 29: Jährliche Energieverbräuche der Gefrierschränke des Praxistest



Quelle: Eigene Abbildung. *Meng Truhe ist eine Gefriertruhe und kein Gefrierschrank, wegen Typenungleichheit wird sie in der Berechnung des Durchschnittswertes nicht berücksichtigt

- Auf dieser Basis und einer Anzahl von ca. 240.000 Essen, die in den fünf Schulen des Praxistests pro Jahr ausgereicht werden (inkl. 36 % Feriessen und 8 % Essen für Erwachsene), ergeben sich Energieverbräuche von 85 bis 315 Wh/Essen für das Gefrieren, im Mittel ca. 160 Wh/Essen. Die Werte für die THG-Emissionen liegen entsprechend zwischen 45 bis 167 g CO₂-Äq/Essen und im Mittel bei 85 g CO₂-Äq/Essen
- Der gesamte Energieverbrauch für das Gefrieren in den 22 Netzwerkschulen ergibt somit auf Basis von 160 Wattstunden pro Essen und ca. 933.000 Essen pro Jahr einen Energieverbrauch von ca. 150.000 kWh (80 t CO₂-Äq).
- Der Anteil des Gefrierens am Gesamtenergieverbrauch in Höhe von ca. 490.000 kWh der Schulküchen liegt bei ca. 31 %.

Die erfassten Verbräuche der Gefriergeräte des Praxistests können genutzt werden, um ein technisches Einsparpotential zu berechnen. Hierbei kann unterschieden werden zwischen Maßnahmen im Bestand und Investitionsmaßnahmen unterschieden werden.

Die Bestandsmaßnahmen sind die richtige Temperatureinstellung, der Abschaltung, das Abtauen, das Reinigen der Register und das Abrücken von den Wänden.

- Bestandsmaßnahme Abschaltung: Wenn in den Ferienzeiten mit Essensausgabe und in den Schließzeiten ½ bzw. 2/3 der Gefrierschränke des Bestandes ausgeschaltet werden, könnten ca. 10 % der Gefrierenergie mit ca. 15.000 kWh/a bzw. 8 Tonnen CO₂-Äq eingespart werden.

- Bestandsmaßnahme Reinigung: Wenn die im Praxistest nachweislich deutlich vereisten Gefrierschränke regelmäßig abgetaut werden, die Register gereinigt werden und die Schränke von den Wänden abgerückt werden, so können schätzungsweise 10 % Energie eingespart werden. Diese Schätzung basiert auf Einschätzungen der Verbraucherzentrale NRW (ebd. 2016). Dies wären ca. 15.000 kWh/a bzw. ca. 8 Tonnen CO₂-Äq.

Deutlicher hingegen ist das Potential mit den Investitionen. Hierbei wurden zwei Szenarien gerechnet mit modernen durchschnittlichen Gefrierschränken von 500 kWh/a Jahresverbrauch oder hocheffizienten Geräten mit ca. 385 kWh Jahresverbrauch. Ergebnis zeigt sich, dass der Ersatz alter Geräte gegen neue ca. 25 % der Gesamtenergie des Schulküchenverbundes eingespart werden können (ca. 120.000 bis 127.000 kWh bzw. ca. 65 t CO₂-Äq).

- Investitionsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch effizientere Technik mit Gefrierschränken 500 kWh Jahresverbrauch: Ca. 120.000 kWh Einsparung, d.h. ca. 80 % der Gefrierenergie bzw. ca. 25% der Gesamtenergie. Dies spart ca. 63,5 t CO₂-Äq.
- Investitionsmaßnahme: Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch hocheffiziente Gefriertechnik 385 kWh Jahresverbrauch: Ca. 127.000 kWh Einsparung, d.h. ca. 85 % der Gefrierenergie bzw. ca. 26% der Gesamtenergie. Dies spart ca. 67 t CO₂-Äq. Es zeigt sich somit, die Einsparungen durch noch bessere Technik nicht unbedingt noch größere Potentiale erschließt.

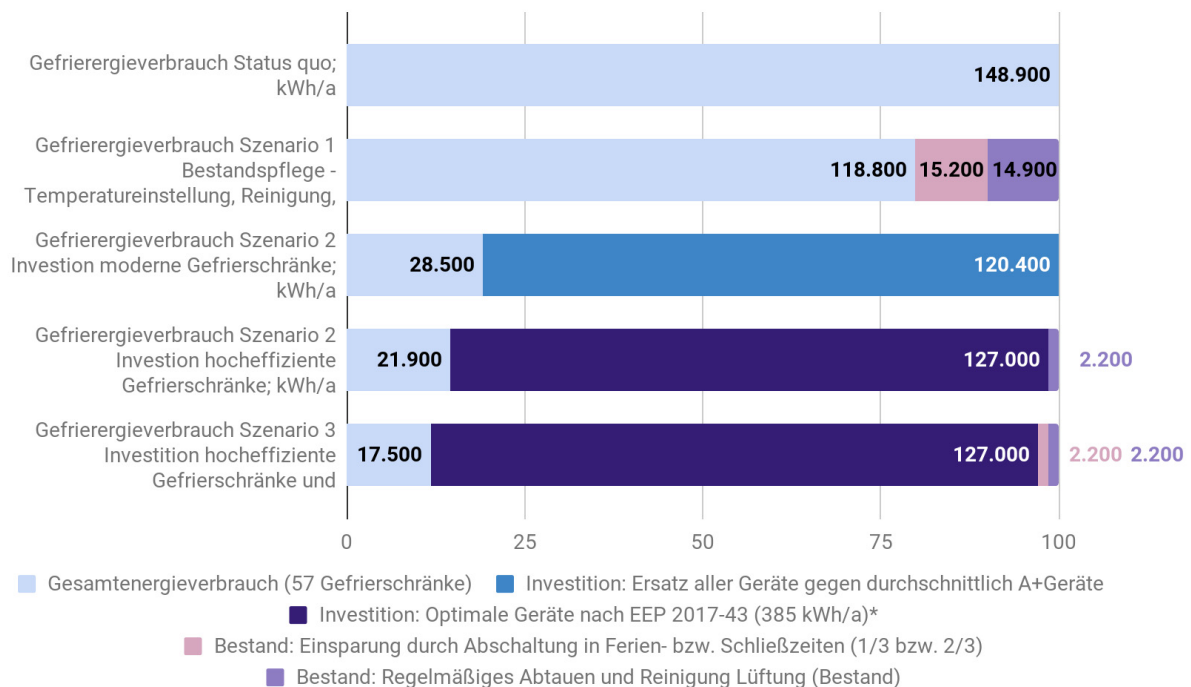
Kombiniert man die Investitionen mit Bestandsmaßnahmen - d.h. zunächst eine Neuanschaffung von effizienten Geräten (500 kWh/a) und dann die Bestandspflege - so zeigt sich das Folgende:

- Investitionen und Bestandspflege: Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch Abschalten von $\frac{2}{3}$ aller Gefrierschränke in fünf Ferienwochen ohne Essensausgabe (35 Tage): Ca. 4.100 kWh (ca. 3 % der Gefrierenergie, ca. 0,8 % der Gesamtenergie), was 2,2 t CO₂-Äquivalenten entspricht.
- Investitionen und Bestandspflege: Einsparpotential der Schulen beim Gefrieren durch Abschalten von $\frac{1}{3}$ aller Gefriergeräte in sieben Ferienwochen mit reduzierter Essensausgabe (49 Tage): ca. 1.300 kWh (ca. 0,9 % der Gefrierenergie, ca. 0,3 % der Gesamtenergie), was 0,7 t CO₂-Äquivalenten entspricht.

Das wesentliche Ergebnis dieser Analyse ist, dass eine Modernisierung der Gefrierschränke dringend geboten ist um ca. 25 % der Gesamtenergie des Verbundes einzusparen, da Verhaltensänderungen mit Pflegemaßnahmen nur einen geringen Einfluss auf den Energieverbrauch haben im Verhältnis der Neuanschaffung.

Abbildung 30: Bestands- und Investitionsmaßnahmen im Prozess "Kühlen"

Einsparpotentiale am gesamten Gefrierenergieverbrauch (22 Projektküchen)



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-43

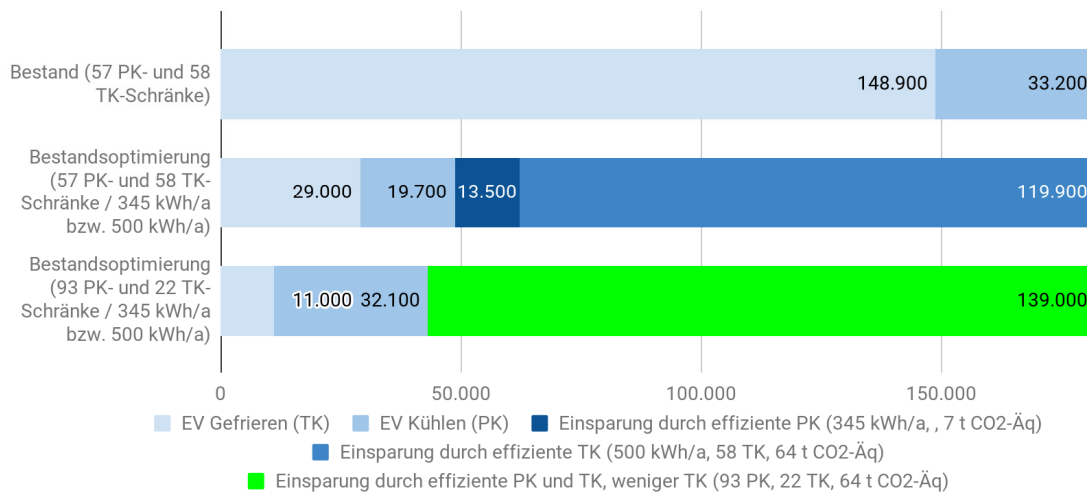
14.1 Technik und Prozesse - Kühlen versus Gefrieren

Gefrieren hat die größte Bedeutung für den Energieverbrauch. Es ist deshalb geprüft, ob eine Reduktion der Gefrierkapazität durch Verwendung von PK-Ware möglich ist. Dies wurde von Transgourmet bestätigt, nur wenige Waren wie Fertiggerichte oder Seefisch sind nur als TK-Ware verfügbar. Es wurde deshalb ein Szenario durchgerechnet, bei dem nur ein Gefrierschrank in jeder Schulen verbleibt und die übrigen Gefrierschränke. Hierbei ergeben sich folgende Ergebnisse:

- Szenario 1 - Effiziente PK-TK-Technik: Das erste Szenario sieht den Ersatz aller Kühlschränke gegen energieeffiziente Kühlschränke mit 345 kWh/a Verbrauch sowie aller Gefrierschränke gegen energieeffiziente TK-Schränke mit 500 kWh Jahresverbrauch vor. Im Ergebnis werden ca. 133.000 kWh Strom bzw. ca. 64 t CO₂-Äq eingespart. Dies sind ca. 25 % des gesamten Stromverbrauchs bzw. der THG-Emissionen (Bezug: 22 Schulküchen, ca. 490 MW Gesamtstromverbrauch).
- Szenario 2 - Weniger TK-Kapazität: Das zweite Szenario sieht den Ersatz aller Geräte gegen PK-Schränke mit 345 kWh/a Verbrauch sowie die gegen TK-Schränken mit 500 kWh Jahresverbrauch vor. Zusätzlich werden anstelle von 36 TK-Schränken nun die gleich Anzahl von PK-Schränken gekauft, es wird somit rechnerisch 139.000 kWh Strom eingespart (74 t CO₂-Äq). Dies sind ca. 28 % des gesamten Stromverbrauchs bzw. der THG-Emissionen bzw. 70 % der Energie für Kühlen und Gefrieren.

Abbildung 31: Energieeinsparpotentiale durch Reduktion der Gefrierkapazität und Optimierung des Bestandes

Energieeinsparung durch effiziente Technik und Reduktion der Gefrierkapazität (kWh/a, 22 Schulküchen)



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von EEP 2017-43

14.2 Technik und Prozesse - Kochen und Garen

Im Rahmen des Praxistests wurden in fünf Schulen auch Messungen des Energieverbrauchs verschiedener Kochgeräte vorgenommen wie von Konvektomaten, Hockerkocher und Kochfeldern. Da in keiner der Schulen mit Gas gekocht wird, bezieht sich der Energieverbrauch ausschließlich auf elektrischen Strom.

Einschränkend ist festzustellen, dass die Auswahl der Messpunkte - insgesamt 11 Stück - nur Energieverbrauchswerte für die Geräte in der Mengenicher Straße geliefert hat. Es lässt somit nur beschränkt feststellen, wie viel Energie pro Essen aufgewendet wird.

Der Konvektomat kommt in fast allen betrachteten Schulen sehr häufig zum Einsatz und ist der größte Verbraucher beim Prozess "Kochen und Garen". Da in der Mengenicher Straße als einzige der fünf Praxisküchen alle drei Kochgeräte gemessen wurden, verwenden wir diese als Beispiel, um die Relation der Küchengeräte deutlicher zu zeigen. Durchschnittlich werden hier ca. 18 kWh pro Schultag an Koch-Energie verbraucht. Der Konvektomat verbraucht im Schnitt ca. 16 kWh (ca. 0,165 kWh/Essen), wohingegen im Vergleich die Nutzung des Hockerkochers mit 0,24 kWh (= 0,002 kWh/Essen) oder das Kochfeld mit 2,33 kWh (= 0,016 kWh/Essen) sehr viel weniger ins Gewicht fällt (s. Tabelle 3). Dies bedeutet, dass in Mengenicher Straße vor allem mit dem Konvektomaten und dem Kochfeld gekocht wird, nicht mit dem Hockerkocher.

Tabelle 39: Energieverbrauch der Kochgeräte im Vergleich, Mengenicher Straße

Mengenicher Straße	Konvektomat	Hockerkocher	Kochfeld
Gesamtstromverbrauch [kWh] im Messzeitraum (12 Tage: 8 Schultage, 4 Ferientage)	190	3	28
Ø Energieverbrauch pro Tag [kWh/h]	15,85	0,24	2,33
Küchengeräte anteilig am gesamten Verbrauch Kochen (%)	86	1,3	12,6
Ø Energieverbrauch pro Essen	0,165	0,002	0,016

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP (2017-42)

Die Auswertung der 22 Schulküchen hat ergeben, dass Kochen mit dem Konvektomaten vermutlich der drittgrößte energieverbrauchende Prozess im Küchenbetrieb mit geschätzten 101.500 kWh/a ist (ca. 53,8 t CO₂-Äq., ca. 21 % des Gesamtstromverbrauchs). Dieser Energieverbrauch wurde von EEP mit Hilfe von Messdaten und Gerätedaten des Praxistests bestimmt (EEP und Scharp 2017-46).⁹ Hierbei gibt es - im Unterschied zum Kühlen oder Bilanzierung der Menüs - deutliche Unsicherheiten, da zwar Geräte, aber nicht die Prozesse eindeutig erfasst wurden. Dennoch konnten zwei Optimierungsmaßnahmen identifiziert werden.

Zunächst sollten die Geräte auf die richtige Essenzahl angepasst werden. Zu große Konvektomaten treiben den Energieverbrauch in die Höhe. Auf Basis der Praxisdaten hat sich gezeigt, dass in Schulen mit Schülerzahlen zwischen 150-250 täglich zubereiteten Essen ein Konvektomat mit 10 kW Anschlusswert genutzt werden kann, da in der Trierer Straße und in der Wilhelm-Schreiber-Straße solche Konvektomaten genutzt werden. Für Schulen mit >250 täglich ausgegebenen Essen ist ein großer und vielleicht auf Grund der Größe weniger effizienter Konvektomat mit >10 kW Anschlussleistung wahrscheinlich notwendig. Die Potentialberechnung erfolgte zeigt, dass in den Schulen mit 150-250 Essen (17 Schulen) mit den derzeitig vorhandenen Konvektomaten (8 Schulen Konvektomat ≤10 kW Anschlussleistung, 9 Schulen Konvektomat ≥17 kW Anschlussleistung) der jährliche Stromverbrauch des Konvektomaten bei ca. 49.600 kWh liegt. Würde man in den 9 Schulen mit größeren Konvektomaten einen Konvektomat mit nur 10 kW Anschlusswert einsetzen, läge der jährliche Energieverbrauch bei 20.200 kWh. Dies ist eine Einsparung von ca. 29.400 kWh (oder 15.600 CO₂-Äq). Bezogen auf einen jährlichen Stromverbrauch des Konvektomaten aller 22 Schulküchen von ca. 75.000 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von ca. 38 % der Energie für Konvektomaten. Bezogen auf einen jährlichen Verbrauch Kochen für alle 22 KEEKS-Küchen von ca. 101.500 kWh wäre das ein Einsparpotenzial von ca. 30 % der Energie für Kochen. Bezogen auf den Gesamtverbrauch für die Küchentechnik (490.000 kWh) ist das ein Einsparpotenzial von ca. 6 %.

Es scheint aber noch einen Verhaltensfaktor zu geben der sich deutlich in der KGS Trierer Straße äußert. Die mit einem kleinen Konvektomaten ausgestattete Schule weist einen Energieverbrauch für den Prozess des Kochens von 5,2 kWh pro Tag auf (geschätzter Jahresverbrauch 1.030 kWh/a), der im Vergleich 30 % bzw. 70 % niedriger liegt als in anderen Schulen.

⁹ Für Konvektomaten und Hockerkocher wurden durchschnittliche Messwerte und 224 Betriebstage, für Ceranfeld und Backofen wurden Auslastungsanteile (%), Aufnahmeleistung und Betriebsstunden verwendet zur Berechnung des Energieverbrauchs.

Auf Basis einer Mittelwertberechnung der Differenz zu den anderen 22 Schulküchen kann ein Einsparpotential durch effizientes Kochen in der Größenordnung von ca. 30.000 kWh/a geschätzt werden (ca. 6 % des gesamten Energieverbrauchs der Küchen mit 490 MWh, entspricht ca. 15,6 t CO₂-Äq). Die großen Unterschiede zwischen den Schulen bei der Nutzung von Hockerkocher und Konvektomat, den wichtigsten Geräten für das Kochen, lassen sich vor allem auf die Nutzung unterschiedlich großer Konvektomaten zurückführen, daher kann der soeben ermittelte Wert nicht auf die geschätzten knapp 30.000 kWh Einsparpotenzial, die dem Austausch der Geräte zuzurechnen sind, addiert werden.

Weiterhin haben die Messungen gezeigt, dass hohe Stand-by-Energieverbräuche vorliegen. Grob geschätzt könnten ca. 3.000-4.000 kWh pro Jahr durch die Vermeidung des Stand-by-Betriebs eingespart werden, wobei jedoch genauere Messungen notwendig sind, da das Hochfahren mit höheren Stromverbräuchen verbunden ist. Zum Abschalten müssten Schalter eingebaut werden. Dies wären ca. 1,5 % des gesamten Strom-Energieverbrauchs der Küchen von ca. 490 MWh bzw. 1,6 bis 2,1 CO₂-Äq (0,2% der Gesamtemissionen).

Kochen ist somit ein sehr relevanter Prozess, der ungefähr 21 % des Stromverbrauchs verursacht. Ein Energieverbrauch von 0,25 bis 0,35 kWh/Essen kann als Zielwert angestrebt werden, was den gesamten Energieverbrauch in der Küche betrifft. Der bisherige Wert von ca. 0,11 kWh pro Essen für die Kochprozesse könnte, wie gezeigt, um bis zu 40 % gesenkt werden, woraus sich ein Zielwert von ca. 0,06-0,07 kWh pro Essen ergeben würde.

Auf dieser Basis lassen sich verschiedene Empfehlungen geben:

- Die Dimensionierung der Konvektomaten sollte geprüft werden, sie sollten der Zahl der Essen angepasst werden.
- Bei häufig stark schwankenden Essenszahlen sollte anstelle eines großen zwei kleine in den Küchen zur Verfügung zu haben - wie es in der KOGS Wilhelm-Schreiber-Schule gehandhabt wird.
- Sofern zwei Konvektomaten vorhanden sind aber nur einer genutzt wird, sollte dieser vom Strom abgeklemmt werden, wenn er überdimensioniert ist.
- In Zeiten mit geringen Schülerzahlen (Ferienbetrieb mit häufig von 30 bis 50 Essen) sollten mehr Gerichte für Hockerkocher oder Herdplatte gekocht werden.
- Sofern ein Konvektomat genutzt wird, sollte er immer voll belegt werden und die verschiedenen Zutaten sollten nicht auch noch auf Herd oder Backofen zubereitet werden.
- An den Schließtagen sollten die Konvektomaten ganz abgeschaltet werden, ggf. sollten nachträglich Schalter eingebaut werden.

Mit den soeben aufgeführten Optimierungsmaßnahmen könnten grob geschätzt in den 22 Schulküchen insgesamt jährlich ca. 33.000 kWh (29.400 kWh/a durch neue Geräte und 3.400 kWh/a durch Stand-by-Abschaltung) eingespart werden. Bezogen auf den jährlichen Gesamtstromverbrauch der 22 Schulen von ca. 490.000 kWh wären dies knapp 7 %.

14.3 Technik und Prozesse – Beleuchtung

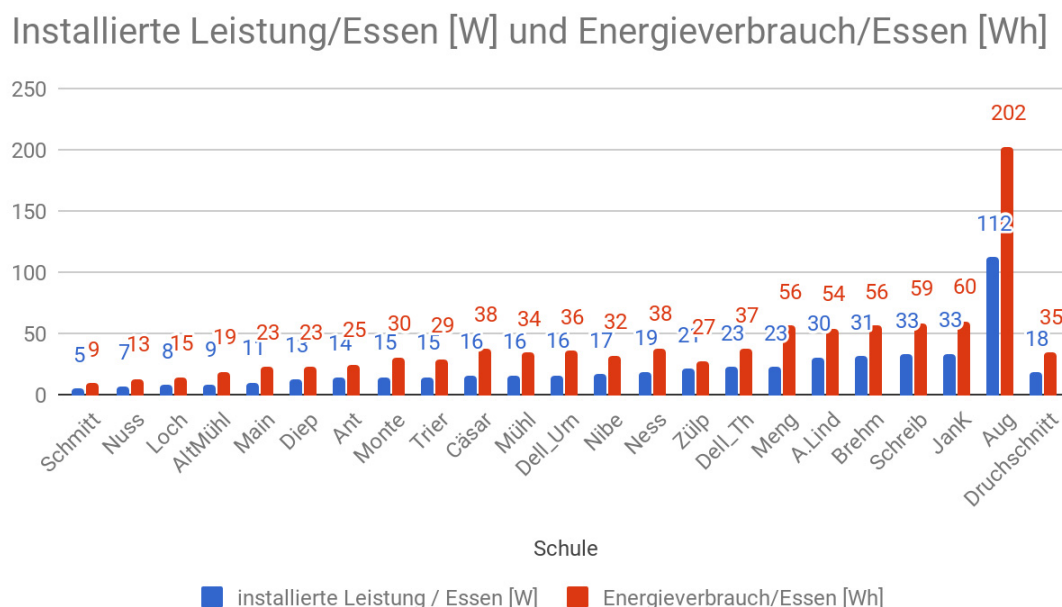
In jeder (Praxis-)Küche ist eine Beleuchtung der Küchen- und Nebenräume vorhanden. Insgesamt werden in den Küchenbereichen der Schulen ca. 380 Lampen verwendet, zumeist mit

einer Leistung von 58 W. Auf Basis der Anzahl der Leuchten, der Leistung und der Betriebsstunden lässt sich der Energieverbrauch pro Küche berechnen (vgl. EEP 2017-45 und -46). Es werden jährlich geschätzt 33.000 kWh für die Beleuchtung der am Projekt beteiligten 22 Schulen aufgewendet, was ca. 6,7 % am Gesamtenergieverbrauch ausmacht (Gesamtenergieverbrauch ca. 490 MWh/a).

Mehrheitlich liegt der Verbrauch in den einzelnen Schulen zwischen 1.100 und 2.000 kWh/a, in vier Schulen bis zu 2.500 kWh/a und nur in einer Schule liegt der Energieverbrauch bei ca. 3.300 kWh/a (Auguststraße mit nur 16.000 Essen/a). Der mittlere Energieverbrauch liegt bei 1.500 kWh/a (vgl. EEP 2017-45 und -46).

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Essen, der Beleuchtungssituation und der Küchengröße ergeben sich sehr unterschiedliche Energieverbräuche pro Essen wie die folgende Abbildung zeigt.

Abbildung 32: Installierte Leistung bzw. Energieverbrauch je Essen für alle Projektschulen



Quelle: Eigene Abbildung nach EEP 2017-45 und -46

LED-Röhren sind gegenüber herkömmlichen Leuchtstoffröhren zwischen 60 und 70 % effizienter, haben eine längere Lebensdauer und funktionieren ohne Quecksilberverbindungen (vgl. TEC Report 2014; spar-helferchen o.J. und Leuchtmittel o.J.). Ein Austausch der aktuell vorhandenen Leuchtstoffröhren gegen LED-Röhren kann Beleuchtungsenergie in einer Größenordnung von ca. 21.000 kWh (gut 11 t CO₂-Äq) einsparen (ca. 4,4 % des Gesamtstromverbrauchs von 490 MWh für 22 Schulküchen, unter der Annahme von 65 % Effizienzsteigerung). Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zusammen:

Tabelle 40: Kennwerte für die Beleuchtung

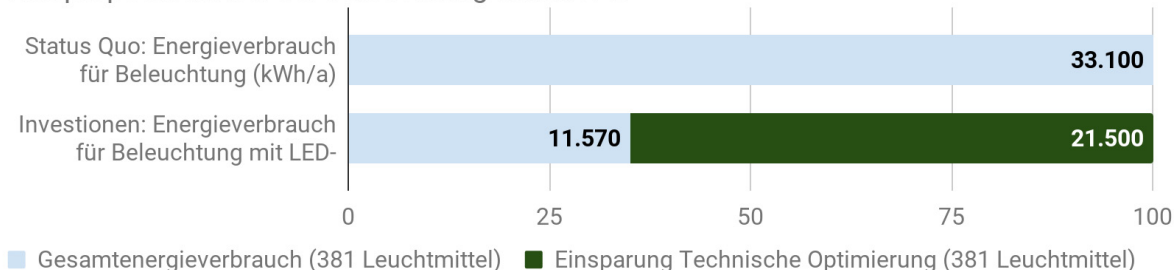
	Betriebsstunden [h/a]	Anzahl Lampen	Stromverbrauch [kWh/a]	Beleuchtung [W] / Schule	Essen / Jahr	Wh / Essen
Pro Küche	1.947	17	1.503	768	42.432	35,4
22 Küchen	42.825	381	33.100	16.894	933.497	
Einsparpotential durch LED (65%, kWh/a)			21.500			
THG-Einsparpotential durch LED (65 %, t CO ₂ -Äq/a)			11,4			
Restverbrauch (kWh/a)			11.570			
Gesamtstromverbrauch (eigene Schätz.)			490.000			
Einsparpotential durch LED (%)			4,4 %			

Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-45

Die folgende Abbildung stellt die Energieeinsparung durch LED-Lampen dar:

Abbildung 33: Energieeinsparung durch Investitionen in LED-Technik

Einsparpotential bei der Beleuchtung durch LED



Quelle: Eigene Darstellung nach EEP 2017-45

14.4 Technik und Prozesse - Raumluftanlagen

Durch den Energierundgang zusammen mit EEP in den Schulküchen konnten zusätzliche Energiesparpotentiale erkannt werden (vgl. Eyrych et al. 2017-47). Ein Beispiel ist der an den Küchenbetrieb angepassten Betrieb der Raumlufttechnik. Diese war in einer Küche auf Dauerbetrieb geschaltet, weshalb hier ein Einsparpotential von ca. 5.000 kWh/a geschätzt wurde (1% des gesamten elektrischen Energieverbrauchs des Verbundes).

Ein weiterer Aspekt wäre die die Installation von (warm-) wassersparenden Strahlreglern an den Wasserhähnen, hier ist jedoch nur ein geringer Einspareffekt zu erwarten.

14.5 Lebensmittel - Klimateffiziente Menüs

Die während der Praxistestphase gekochten Menüs wurden anhand ihrer Klimawirkung vom Acker zur Ladentheke bilanziert. Hierbei gibt es vier Einschränkungen:

- Die Bilanzierung ist auf die "Supermarktttheke" ausgerichtet und nicht die Lieferung durch den Großhandel,
- die Kühlform (PK- oder TK-Ware),
- auch die Gebindegröße wurden nicht an die Schulküchen angepasst sowie
- für einige Convenience-Gerichte musste grobe Abschätzungen getroffen werden.

Im Ergebnis verursachten die in den 4 Wochen Praxistest 17.570 ausgegebenen Menüs an den fünf Schulen demnach einen THG Ausstoß von ca. 9.300 kg CO₂-Äquivalenten. Der Mittelwert pro Essen lag bei 5,46 g CO₂-Äq. Hochgerechnet auf alle 22 von Netzwerk e.V. betriebenen Schulküchen in Köln würde sich daraus eine jährliche THG Emission von ca. 478.000 kg CO₂-Äquivalenten aus 933.500 Essen ergeben.

Durch eine Veränderung der Menüauswahl und der Menürezepturen lässt sich diese Zahl entsprechend reduzieren. Durch mehrere Maßnahmen, vorrangig jedoch einer Reduktion der Menüs mit Fleisch auf 2 Gerichte pro Woche (entsprechend der derzeitigen Empfehlungen der DGE) bzw. 1 Gericht pro Woche (entsprechend der derzeit laufenden Diskussion in der DGE über die Nutzung pflanzlicher Proteine in der Schulspeisung, vgl. ProVeg 2018) ließen sich die THG Emissionen in den 5 Praxistest-Schulküchen auf 7.500 kg CO₂-Äquivalente bzw. 7.100 kg CO₂-Äquivalente reduzieren. Die Optimierungen hierbei betreffen vor allem die Mengenreduzierung.

Als Ergebnis der Potentialanalyse lässt sich festhalten, dass durch die Auswahl der Menüs und deren Rezepturen ein deutlicher Beitrag zur Klimawirkung der Speisen geleistet werden kann, wenn dadurch:

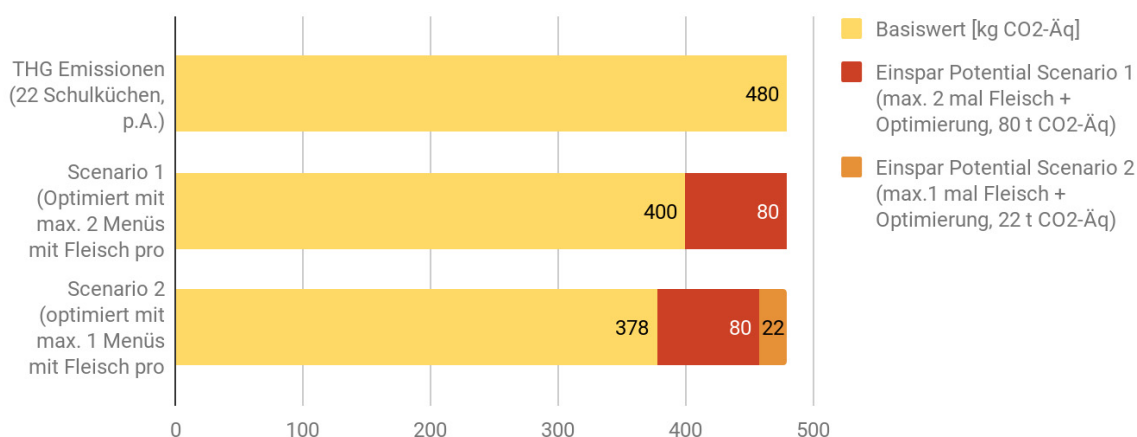
- zum einen der Fleischanteil reduziert wird (und auf Rindfleisch verzichtet wird) und
- für jedes Gericht, wenn möglich, Klimaschutzpotentiale erschlossen werden (z. B. Reduktion oder Ersatz von Milchprodukten).

Unter Annahme identischer Bedingungen wie im Praxistest lassen sich diese Potentiale auf den gesamten Schulverbund mit 22 Schulküchen, ein Schuljahr mit 933.500 Essen einem THG-Werte von 478.250 kg CO₂-Äq wie folgt hochrechnen:

- Unter Szenario 1 wäre eine THG Reduktion von **17 % der jährlichen Emissionen** durch Lebensmittel möglich: absolut ca. **79.800 kg CO₂-Äq weniger (verbleibend 389.500 kg CO₂-Äq)**
- Durch eine weitere Reduktion der Fleischgerichte auf ein Menü pro Woche wäre eine weitere Reduktion um 4 % möglich (22.100 kg CO₂-Äq. In Bezug auf den per Hochrechnung abgeschätzten Status Quo eine THG Reduktion von **21 % der jährlichen Emissionen** durch Lebensmittel: absolut ca. **101.900 kg CO₂-Äq weniger (verbleibende 376.400 kg CO₂-Äq).**
- Würde dieser Wert erreicht werden, so ergäbe sich ein Mittelwert von 0,4 kg CO₂-Äq anstelle von 0,51 CO₂-Äq.

Abbildung 34: Einsparpotentiale durch Menüplanung

Einsparpotential durch Fleischreduktion und Klimaeffizienz-



Quelle: Eigene Graphik, vgl. Eyrich 2017-48 und Eyrich et al. 2017-47

Durch eine weitere Optimierung der Menüplanung anhand der Klimawirksamkeit der Gerichte könnten potentiell sogar noch weitere THG Reduktionen erreicht werden.

14.6 Lebensmittel - Zutaten mit hohen THG-Werten

Die Menüs des Praxistests wurden weiterhin hinsichtlich der Verwendung von besonders klimarelevanten Zutaten wie fettreiche Milchprodukten und Reis untersucht. Fettreiche Milchprodukte - insbesondere Butter und danach die Milchprodukte wie Käse oder Quark - erhalten ihre Bedeutung für die THG-Bilanzen v.a. durch die Methanemissionen der Milchviehzucht sowie dem Anbau von Viehfutter.

In dem Praxistest über vier Wochen wurden im großen Umfang Milchprodukte wie Butter, Quark, Käsen, Milch, Sahne, Schmand und Joghurt genutzt. Die folgende Tabelle zeigt die Mengen verschiedener Milchprodukte - hochgerechnet auf die 933.500 Essen der 22 Schulküchen über ein Jahr sowie deren Anteil an den THG-Emissionen. Der Anteil der Milchprodukte am THG-Aufkommen beträgt schätzungsweise 15 % bzw. 71 t CO₂-Äq.

Tabelle 41: THG-Emissionen und Anteile am gesamten THG-Aufkommen durch Lebensmittel (Bezug: 178 t CO₂-Äq)

	Butter	Milch	Joghurt	Quark	Sahne	Käse	Schmand
THG-Emissionen (t CO₂-Äq/a, 22 Schulküchen)	9,9	9	5,2	8,8	13,5	21,8	2,5
THG-Anteil Milchprodukt	2,1%	1,9%	1,1%	1,8%	2,8%	4,6%	0,5%
THG-Anteil Ersatzprodukt	0,6%	0%	0,4%	0,4%	0,5%	1,5%	0,1%

Quelle: Eigene Darstellung nach Eyrich et. al. 2017-47

Da im Praxistest weder die Fettstufen noch die Süßspeisen oder Milch als Getränk erfasst wurden, ist die Abschätzung eines Potentials sehr schwierig. Auf der einen Seite werden z.B. Milchprodukte verwendet wie Butter oder Schmand, die nicht explizit von der DGE für die Schulspeisung empfohlen - aber auch nicht ausgeschlossen - werden. Zudem gibt es eine intensive Diskussion im Rahmen der vegetarischen oder veganen Ernährung um z.B. Milcherersatzprodukte z.B. "Soja-" oder "Hafermilch" sowie "Sojajoghurt" (vgl. eine Zusammenfassung verschiedener Studien unter DGE o.J.). Vor diesem Hintergrund kann nur ein geringes Einsparpotential angenommen werden.

- Ohne gesundheitliche Bedenken - unter Beachtung der Allergiefrage - kann ein Teil Milchprodukte - hier Quark und Sahne - gegen Sojaprodukte ersetzt werden: Einsparpotential geschätzt 1 % der THG-Emissionen des Praxistests.
- Auf Butter und Schmand kann ganz verzichtet werden. Einsparpotential knapp 2 %.
- Bei Verwendung von fettarmen Käse kann möglicherweise ein Einsparpotential von 1 % CO₂-Äq. erschlossen werden.

Im Ergebnis scheint es plausibel, dass ca. knapp 4,0 % bzw. 19 t der THG-Emissionen durch den Verzicht auf Butter und Schmand, die Verwendung von fettarmen Käse sowie eines geringen Ersatzes von Quark und Sahne gegen Soja- oder Alternativprodukte.

Neben den Milchprodukten ist auch die Verwendung von Reis von Bedeutung. Die Nassreisproduktion in tropischen Regionen verursacht hohe Methan-Emissionen durch das Verfaulen von Pflanzenresten. Durch eine konsequente Nassreis Substitution durch Getreidealternativen wie Dinkel können weitere THG Reduktionspotentiale erschlossen werden in Höhe von max. ca. 2 % (max. ca. 9,6 t CO₂-Äq in Bezug auf 478 t CO₂-Äq.).

14.7 Lebensmittel - Lebensmittelauswahl

Außerhalb des Praxistest wurde auf Basis von Ökobilanzierungen verschiedene Aspekte der Lebensmittelauswahl (Bio-Lebensmittel, saisonale und regionale Küche, sowie die Verpackung) näherungsweise weitere Optimierungspotentiale bestimmt. Die Potentiale dieser Maßnahmen sind:

- **Verpackungen:** 2 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem die Küchen - falls möglich – klimafreundlichere Verpackungsvarianten wählen, insbesondere Dosen- und Glasverpackungen meiden.
- **Bio-Lebensmittel:** 2 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem überwiegend Bio-Lebensmittel verwendet werden.
- **Saisonale und regionale Küche:** 1 % Einsparpotential lässt sich erschließen, indem sämtliche Produkte - falls möglich und sinnvoll - regional und frisches Obst und Gemüse gleichzeitig ausschließlich saisonal eingekauft werden.

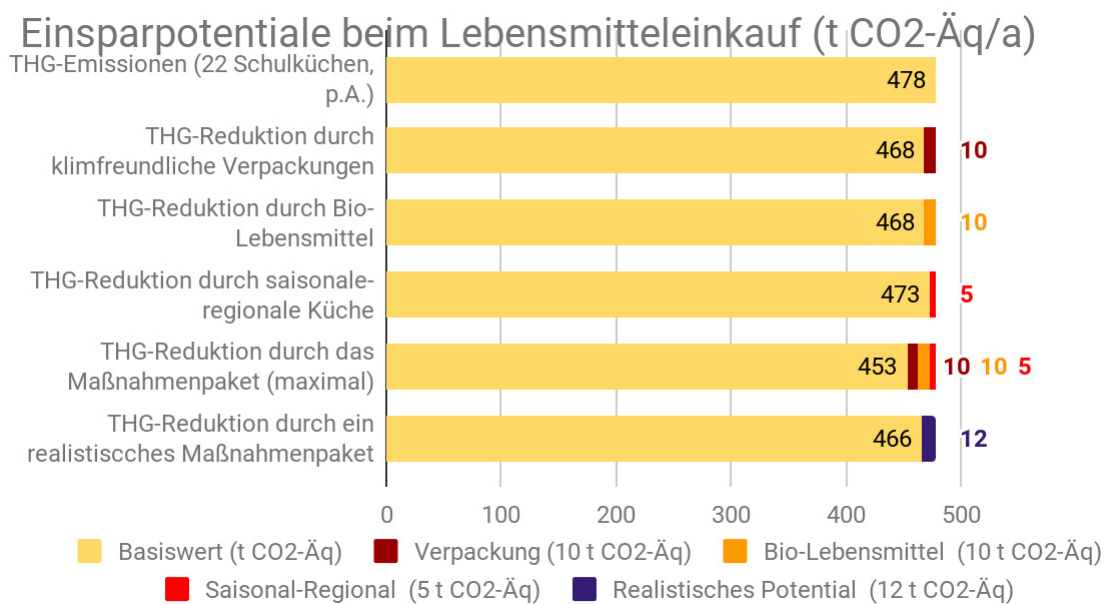
Auf Basis dieser Ergebnisse wird keiner der untersuchten Handlungsansätze als prioritär für die Optimierung der THG-Bilanzen der Schulen angesehen. Dennoch sollten die Potentiale von "low-hanging fruits", die sich gleichzeitig in klare und einfache Empfehlungen formulieren lassen, ausgeschöpft werden, indem

- der Einkauf von Dosen- und Glasverpackungen vermieden wird, falls klimafreundlichere Alternativen wie z.B. Verbundkartons angeboten werden,

- frisches Obst und Gemüse, das per Flugzeug importiert wurde, nicht mehr verwendet wird und

Für den Gesamtverbund bedeuten obige Werte ein Potential von ca. 5 % bzw. von ca. 24 t CO₂-Äq in Bezug auf 478 t Gesamtemissionen. Dies gilt unter den Annahmen, dass sämtliches Obst und Gemüse frisch und regional und zudem überwiegend als Bioqualität gekauft wird. Dies ist jedoch vermutlich nicht umsetzbar, so dass das gesamte Einsparpotential der Maßnahmen in der Praxis eher auf 2,5 % bzw. 12 t CO₂-Äq geschätzt werden sollte. Die folgende Tabelle fasst die Werte zusammen.

Abbildung 35: Abschätzung der Potentiale durch Lebensmittelauswahl



Quelle: Eigene Darstellung, Eyrich et al. 2018

14.8 Lebensmittel – Abfall

Abfallvermeidung ist ein komplexes Themengebiet, hier gibt es nicht die eine Lösung, sondern nur Maßnahmenbündel. Im Rahmen des Praxistest wurde auch der Abfall durch Messungen erfasst. Leider waren die Messergebnisse nicht ausreichend, um Rückschlüsse auf die tatsächlichen weggeworfenen Lebensmittel in Bezug zu den Menüs zu ziehen. Zudem war die Erfassung der Abfallmengen nicht immer plausibel. Eine exakte Klimabilanzierung war somit nicht möglich.

Auf Basis der Befragungen der Küchenleitungen ergab sich ein Richtwert von ca. 5 % der bestellten Essen in der Schulzeit und eventuell 10 % in der Ferienzeit, die üblicherweise nicht abgeholt werden, weil die Kinder trotz Anmeldung wegen Krankheit oder vorzeitigem Verlassen der Schule nicht zum Essen erscheinen. Die Ferienzeit fällt jedoch nicht besonders ins Gewicht, wie auch die folgende Abbildung zeigt. Entsprechend schlagen wir vor, diese 5 % weniger zuzubereiten. Um einer zu geringen Mengenplanung vorzubeugen, die bei diesem Vorgehen auftreten könnte, sollten schnell zuzubereitende Fertiggerichte bereit liegen (PK-Ware

wie vorgekochte Nudeln und Sauce Bolognese). Eine nur 5-Prozentige Mengenreduktion (anstelle einer Reduktion von ist nur als Richtwert zu verstehen und berücksichtigt, dass zumeist die Fleisch- und Fischanteile eher nicht weggeworfen werden würden und dass manchmal Ersatzprodukte - d.h. Fertigménüs - ausgegeben werden würden. Das 5 %-Einsparpotential läge bei einem Gesamtaufkommen von 738 t CO₂-Äqu somit bei knapp 37 t.

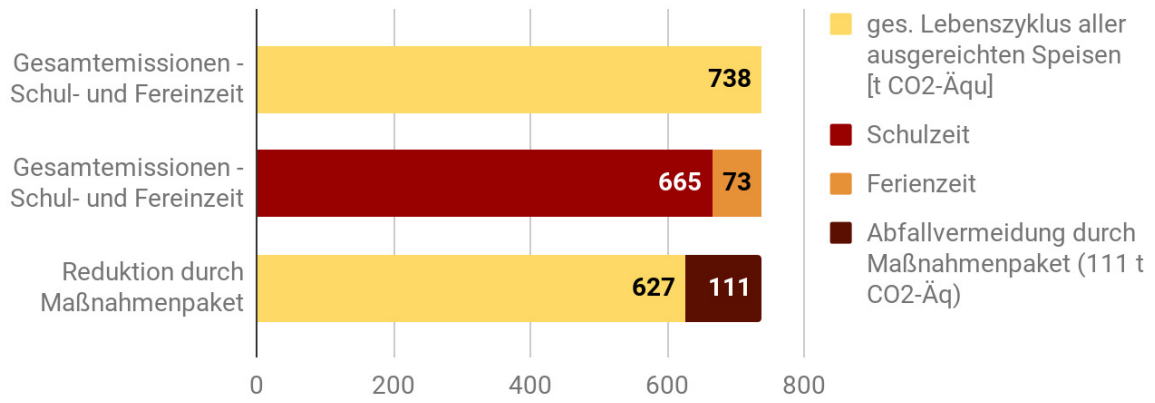
Um ein gesamtes Einsparpotential im Bereich Abfallaufkommen zu quantifizieren, wurden weitere Studien herangezogen, die das Abfallaufkommen in der Schulverpflegung bzw. Außer-Haus-Verpflegung untersucht haben. Eine Abschätzung des gesamten Einsparpotentials wurde daher unter Berücksichtigung der Projekte "ReFoWas - Pathway to Reduce Food Waste", "SKOOL - School Kitchen Optimisation, Organisation and Learning" und "iSuN - Reduktion von Warenverlusten und Warenvernichtung in der AHV - ein Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz". Vor diesem Hintergrund ergibt sich ein Maßnahmenbündel, um die Abfallmengen in den Schulküchen zu reduzieren (Waskow und Blumenthal 2016, IFWC 2016, Goebel et al. 2014):

- eine 5-prozentige Mengenreduktion beim Kochen (bei Bevorratung von schnell zu erwärmenden Ersatzmenüs);
- ein mit der Schule abgestimmtes Essensmengen-Management, das die tägliche Fluktuation der Schüler berücksichtigt;
- Beachtung der Mengeneempfehlungen während der Zubereitung;
- Anpassung der Portionsgrößen an die Zielgruppe;
- Austausch nicht kindgerechter Menüs;
- Akzeptanzförderung der angebotenen Speisen;
- Essensbetreuung durch pädagogisches Personal;
- ein tägliches Feedbacksystem zum Abgleich der Mengenkalkulation und zum besseren Verstehen, welche Gerichte bzw. Komponenten bei den Schülern beliebt sind und welche nicht;
- die Weitergabe von Ausgaberesten an das Schulpersonal oder andere Einrichtungen;
- das Einfrieren von übrig gebliebenen Menüs und Ausgabe zu späteren Zeitpunkten;
- eine intelligente Resteküche sowie
- die Sensibilisierung von Schülern, Küchenpersonal und pädagogischem Personal für das Thema Abfall.

Das Potential dieser Maßnahmen lässt sich allerdings schwer einzeln differenzieren, sondern sollte als ein Maßnahmenbündel betrachtet werden. Das gemessene Einsparpotential variiert in den Studien sehr stark und Wechselwirkungen und Synergieeffekten lassen sich nur Fall-spezifisch quantifizieren. So wurde ein Einsparung von 0 % (vgl. iSuN / Goebel et al. 2014) bis hin zu 48 % (Gewicht, vgl. ReFoWas / Waskow und Blumenthal 2017) festgestellt. Vor diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung der eigenen Ergebnisse wird ein Einsparpotential durch die Reduzierung von Lebensmittelabfällen von 15 % prognostiziert. Das Einsparpotential bezieht sich dabei nicht auf einzelne Maßnahmen, sondern auf die Umsetzung des obigen Maßnahmenbündels. Hierdurch ergibt sich ein jährliches Einsparpotential von ca. 111 t CO₂-Äq.

Abbildung 36: Einsparpotential durch Abfallmanagement

Einsparpotential Abfallmanagement (t CO₂-Äq/a)



Quelle: Eigene Abbildung, vgl. Eyrich 2017-47

15 Anhang: Datengrundlage

Tage	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl Schultage mit Verpflegung Anzahl Schließstage = 141 (2017) Anzahl Ferientage mit Verpflegung 	192 140 32	Tage (2017) Tage (2017)
Menüs	Anzahl der Essen (Portionen, gerundet)	933.500	Anzahl
Menüs	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Schüler/-innen-Essen (Angaben von NW für 2017, Schultage) Anzahl der Lehrer/-innen-Essen (8%, Erhebung 2016) Anzahl der Ferienessen (36%, Berechnung auf Basis des PT, Schüler + Lehrer/-innen) 	815.400 65.200 52.800	
Lebensmittel	Portionsgröße im Praxistest (4 Wochen, 5 Schulen, Wert laut Rezept, Hauptgericht)	350	g/Portion
Lebensmittel	THG-Emissionen im 4-Wochen-Praxistest (5 Schulen, 19 Verpflegungstage, Quelle: Eyrich et al. 2017-47)	9.103	kg CO ₂ -Äq
Lebensmittel	THG-Emissionen pro Essen (Praxistest, (gerundet, EEP-2017-47)	0,523 (0,52)	g CO ₂ -Äq/Essen
Lebensmittel	THG-Emissionen für 933.500 Essen der 22 Schulküchen (gerundet, EEP-2017-47)	478.274 (478)	kg CO ₂ -Äq / Jahr t CO ₂ -Äq / Jahr
Strom	Stromfaktor (UBA 2017)	0,53	kg CO ₂ -Äq/kWh
Strom	THG-Emissionen der Küchen durch Stromverbrauch (Basis: Gesamtstromverbrauch 5 Schulküchen, Anzahl der Essen im 4-Wochen- Test, ohne WW und Heizung) (gerundet)	259,5 (260)	t CO ₂ -Äq
Strom	Gesamtstromverbrauch (22 Schulküchen, berechnet auf Basis von 933.500 Essen und Emissionsfaktor pro Portion (ohne WW, gerundet)	489.600 (490)	kWh/a MWh/a
Strom	Gesamtstromverbrauch nach EEP 2917-46 auf Basis der Messungen im Praxistest (Messdaten, Nutzungszeiten, Leistung und Auslastungsfaktoren)	493.700 (493)	kWh/a MW/a
CO ₂ -Äq	Gesamtemissionen für 22 Schulküchen, 933.500 Menüs (gerundet)	737.800 (738)	kg CO ₂ -Äq t CO ₂ -Äq
CO ₂ -Äq	Gesamtemissionen pro Essen (Menüs und Küche, gerundet)	0,79 (0,8)	g CO ₂ -Äq/Essen g CO ₂ -Äq/Essen

Quelle: Eigene Darstellung

16 Anhang: Klimateffiziente Rezepte

Original Rezept	KF Wert	Ersatz Rezept	KF Wert
	<i>kg CO² Äqu / 10 Portionen</i>		<i>kg CO² Äqu / 10 Portionen</i>
Chili con Carne mit Reis	10,04	Kürbis con Carne	3,17
Chili con Carne mit Reis	10,04	Soja-Gulasch mit Salzkartoffeln und Rotkohl	3,02
Frischer Rindergulasch	20,29	Putengulasch	3,28
Gulaschsuppe	6,91	Gemüsesuppe mit Wurst	2,14
Hähnchen Piccata	9,65	Frikassee mit Reis	3,09
Hähnchenkeule mit Rosmarinkartoffeln	6,58	Falafel im Brot	2,01
Hähnchenunterschenkel mit Pommes frites und Gurkensalat	8,22	Putenschnitzel mit Reis und Salat	3,87
Hamburger mit Pommes	9,98	Mais-Karotten-Bratlinge und Ofenkartoffeln	1,58
Hamburger mit Pommes	9,98	Geflügelfrikadellen mit Salzkartoffeln und Blumenkohl	4,33
Hamburger selbstgemacht nach Rezept	6,91	Geflügelfrikadellen mit Salzkartoffeln und Blumenkohl	4,33
Hühnersuppe	8,17	Gemüsesuppe mit Kichererbsen	2,07
Lasagne	5,72	Schneller Nudelauflauf	1,60
Pizza mit Ananas und Salami	4,36	Kartoffelgratin mit Broccoli und Blumenkohl	1,77
Spaghetti Bolognese mit frischen Tomaten	6,16	Soja- Bolognese mit Nudeln	2,30
Spaghetti Bolognese mit Rindergehacktem	5,44	Fleisch reduzierte Bolognese mit Nudeln	4,54
Spaghetti Bolognese mit Rindergehacktem	5,44	Soja -Bolognese mit Nudeln	2,30
Tomatensuppe vegan	9,32	Linsenbolognese	1,19

17 Anhang: Übersicht der Maßnahmen

Anteile = Einsparpotential durch die Maßnahme in Bezug auf die Gesamtemissionen für 933.500 Menüs von 738 t CO₂-Äq (Menüs 478 t und Küchentechnik 260 t CO₂-Äq)

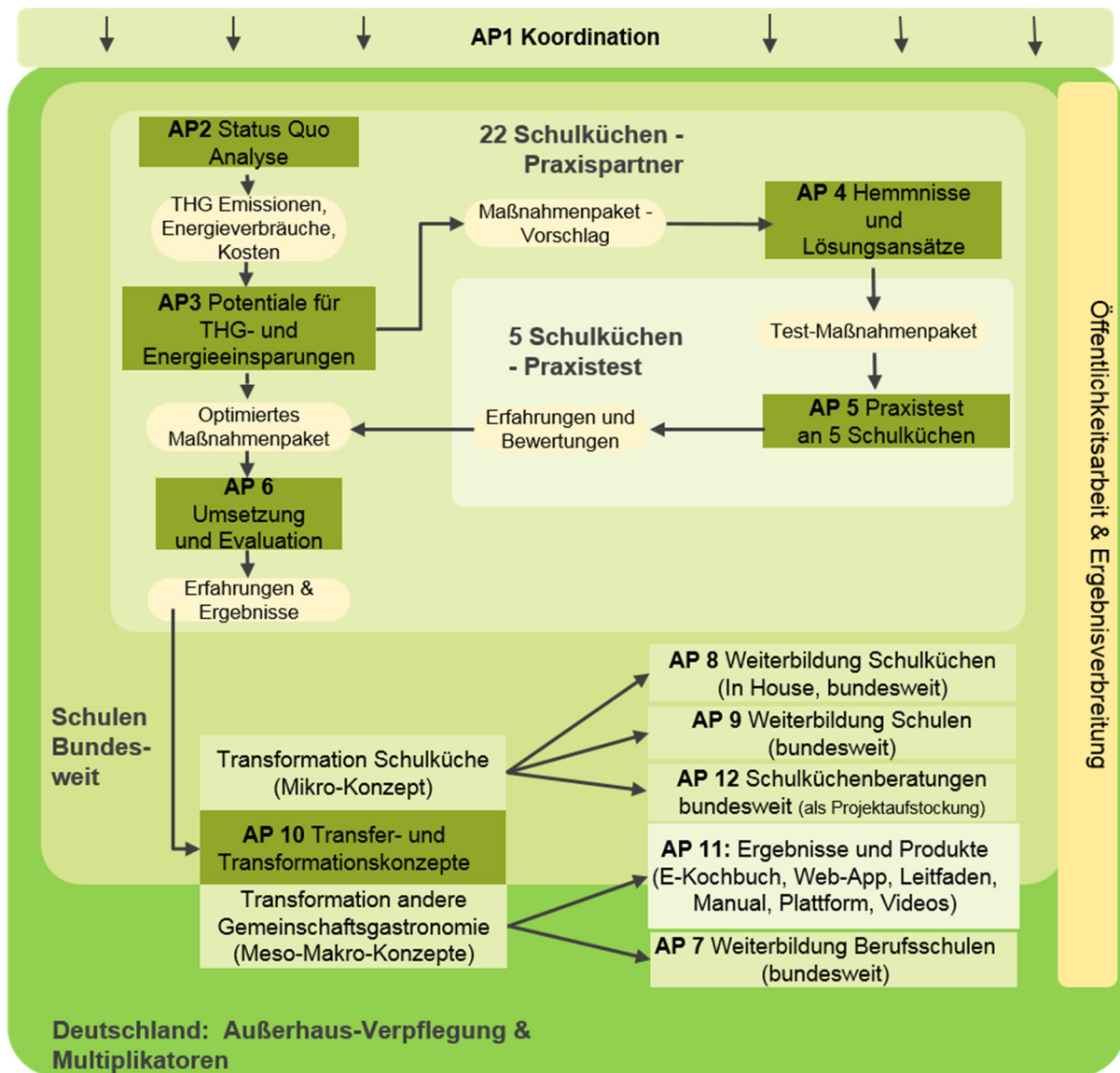
Kategorie	Maßnahme	CO ₂ -Äq.	Anteil (%)	Rang
Menüs	CO₂-Äq durch Menüs	478.300	64,8	
Menüs	Abfallmanagement (111 t CO ₂ -Äq)	110.700	15,0	1
Menüs	2*Fleisch u.a. (80 t CO ₂ -Äq)	79.800	10,8	2
Menüs	1*Fleisch u.a. (weitere 22 t CO ₂ -Äq)	22.100	3,0	6
Menüs	Milchprodukte ersetzen (Teilersatz, rund 19 t CO ₂ -Äq*)	18.500	2,5	4
Menüs	Dinkel statt Reis (max. 10 t CO ₂ -Äq)	9.600	1,3	9a
Menüs	Verpackungsoptimierung (max. 10 t CO ₂ -Äq)	9.600	1,3	9b
Menüs	Biozutaten (max. 10 t CO ₂ -Äq)	9.600	1,3	9c
Menüs	Saisonal-regional (max. 5 t CO ₂ -Äq)	4.800	0,7	12a
Technik	CO₂-Äq durch Küchentechnik	259.700	35,2	
Verhalten	Spülen - Effizientes Spülen in Schul- und Ferienzeit (23 t CO ₂ -Äq)	22.700	3,1	5
Verhalten	Gefrieren - Abschaltung von TK in Ferien (2/3 bzw. 1/3, 8 t CO ₂ -Äq)	8.000	1,1	10a
Verhalten	Gefrieren - Temperatureinstellung, Reinigung, Abtauen, Abrücken (8 t CO ₂ -Äq)	8.000	1,1	10b
Verhalten	Raumlufttechnik - optimierter Betrieb (2,8 t CO ₂ -Äq)	2.800	0,4	13a
Verhalten	Kühlen - Abschaltung von PK in Ferien (2/3 bzw. 1/3, 1,8 t CO ₂ -Äq)	1.800	0,2	14a
Verhalten	Kühlen - Reinigung der Register und Abrücken (0,35 t CO ₂ -Äq)	350	0,05	15
Technik	CO₂-Äq durch Küchentechnik			
Investitionen	Gefrieren - Ersatz aller Geräte auf hocheffizientes Level (500 kWh/a, 64 t CO ₂ -Äq)	63.500	8,6	3
Investitionen	Kochen - Austausch zu groß dimensionierter Konvektomaten (ca. 16 t CO ₂ -Äq.)	15.600	2,1	7
Investitionen	Beleuchtung - Ersatz aller Leuchtmittel durch LED (11 t CO ₂ -Äq)	11.400	1,5	8
Investitionen	Kühlen - Ersatz aller Geräte auf Top4-Level (345 kWh/a, 7 t CO ₂ -Äq)	7.200	1,0	11
Investitionen	Spülen - Ersatz aller Geräte gegen effizienteste Geräte Effizienzklasse (5 t CO ₂ -Äq)	4.800	0,7	12b
Investitionen	PK/TK - Ersatz von 36 TK gegen 36 PK (PK 344 kWh/a, TK 500 kWh/a, 3 t CO ₂ -Äq)	3.000	0,4	13b
Investitionen	Kochen - Abschalten des Stand-by (4,2 t CO ₂ -Äq)	1.800	0,2	14b

*max. = maximaler Wert, wenn Milchprodukte vollständig gegen vegane Alternativprodukte ausgetauscht werden

18 Anhang: Das KEEKS-Projekt

Grundlage der Planung des Vorhabens waren 12 Arbeitspakete wie in der folgenden Abbildung aufgeführt:

Abbildung 37: Planung des Vorhabens - die elf Arbeitspakete des KEEKS-Projektes



Quelle: Eigene Darstellung

Das Vorhaben begann mit der Entwicklung von Indikatoren für eine nachhaltige Schulverpflegung, da eine alleinige Fokussierung auf die THG-Emissionen und den Energieverbrauch der Komplexität der Schulernährung nicht gerecht geworden wäre. Parallel dazu erfolgte eine Status-Quo-Analyse der 22 Schulküchen, die detailliert den Energieverbrauch, die zur Verfügung stehende Küchentechnik, die Zubereitungs- und Verarbeitungsprozesse und den Lebensmitteleinsatz erfasste (**AP 02**). Die Ergebnisse wurden in Status-Quo-Papieren für die jeweiligen Projekt-Schulküchen beschrieben. Es erfolgte daraufhin eine Bestimmung von Handlungsop-

tionen und den damit verbundenen Potenzialen für eine klima- und energieeffiziente Schulküche (**AP 03**). Hierzu gehörte eine vollständige vorläufige Bilanzierung des vorliegenden Rezeptordners von Netzwerk e.V. mit seinen über 200 Menüs um zu erkunden, bei welchen Gerichten die größten THG-Emissionen vorlagen. Für die bestehenden Menüs wurden in Teilen Optimierungsvorschläge gegeben, wie z.B. welche alternativen Zutaten klimafreundlicher sind, und welche die Ursache für hohe THG-Emissionen waren. Parallel dazu wurde damit begonnen, 50 klimaeffizienten Menüs zu entwickeln. Wesentliche Qualitätsempfehlungen, wie z. B. die der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) wurden in den Auswertungen und der Menükonzeption berücksichtigt. Die Auswahl weiterer Handlungsoptionen beruhte auf einer Betrachtung und qualifizierten Berechnung der THG-Emissionen aller Prozessschritte, beginnend mit der Nahrungsmittelherstellung über den Einkauf, die Lagerung, die Zubereitung, die Menüplanung bis hin zu den Teller- und Ausgaberesten bereits gekochter Speisen. Die Handlungsoptionen wurden im **AP 04** mit den Küchenleiter/-innen stets diskutiert, um die zentralen Hemmnisse für die Umsetzung hin zu einer klima- und energieeffizienten Küche erheben zu können und individuelle Lösungen zur Überwindung von Hemmnissen für mehr Klima- und Energieeffizienz zu finden. Anschließend erfolgte der erste Praxistest (Pretest) an fünf Schulen (**AP 05**) nach wissenschaftlichen Standards. Dieser Praxistest umfasste die Analyse der Vierwochen-Pläne der fünf Küchen sowie umfassende Messungen der Küchentechnik (58 Messpunkte sowie vier ergänzende Gesamtstromverbrauchsmessungen). Die Auswertung zeigte deutlich die großen Energieverbraucher der Küche (Gefrieren, Garen und Kochen sowie Spülen), aber auch bei den Lebensmitteln (Fleisch, Milchprodukte). Hierauf aufbauend erfolgte die Auswertung der Ergebnisse sowie die Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen zu einem allgemeingültigen Maßnahmenkonzept, das auch konzeptionelle Grundlage für den KEEKS-Leitfaden war. Danach wurden in einer Umsetzungsphase (**AP 06**) alle weiteren Schulküchen einbezogen und individuell begleitet. Auch, wenn keine Investitionen in die Technik möglich waren und der Abfall nicht erfasst werden konnte, zeigten die Evaluationen ein Bewusstsein aller Beteiligten für die KEEKS-Vorschläge hin zu einer klima- und energieeffizienten Küche in den Schulen. Hierauf aufbauend wurden diverse Qualifizierungsformate für verschiedene Zielgruppen entwickelt und durchgeführt (**AP 07, 08, 09**). Ergänzend zu den 22 Küchen von Netzwerk e.V. wurden noch weitere 25 Schulküchen im Rahmen von KEEKS-Schulen-Bundesweit (**KEEKS-SB, AP 12**) aufgenommen. Hierzu gehörten auch 5 regionale Qualifizierungen.

19 Anhang: KEEKS-Ergebnisdokumentationen

- Engelmann, T.; Nachi, S.; Oswald, V.; Reinhardt, G; Rettenmaier, N.; Rohn, H.; Scharp, M.; Schmidt, T.; Schulz-Brauckhoff, S.; Schweißinger, J.; Speck, M.; Stübner, M.; Witkowski, P.; Bienge, K.; Wilke, A. (2017-01): Erfassung des Status Quo: Bestimmung der Kriterien zur Bewertung nachhaltiger Schulgastronomie - Leitindikatoren. Arbeitspapier AP 02-01a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Engelmann, T.; Nachi, S.; Oswald, V.; Reinhardt, G; Rettenmaier, N.; Rohn, H.; Scharp, M.; Schmidt, T.; Schulz-Brauckhoff, S.; Speck, M.; Stübner, M.; Witkowski, P.; Bienge, K.; Wilke, A. (2017-02): AP 02-01b Praxistauglichkeit der Indikatoren. Arbeitspapier AP-02-01b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, V.; Schulz-Brauckhoff, S.; Nachi, S.; Stübner, M.; Witkowski, P. (2017-03): Erfassung des Status Quo: Bestimmung der Kriterien zur Bewertung nachhaltiger Schulgastronomie - Experteninterviews. Arbeitspapier AP 02-01c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, V.; Stübner, M.; Witkowski, P. (2017-04): Erfassung des Status Quo: Bestimmung der Kriterien zur Bewertung nachhaltiger Schulgastronomie – Exkurs Gütesiegel. Arbeitspapier AP 02-01d zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Engelmann, T.; Howell, H.; Oswald, O.; Scharp, M.; Schulz-Brauckhoff, S. (2017-05): Erfassung des Status Quo: Technik und Prozesse. Projektbericht AP 02-02a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, V.; Witkowski, P.; Stübner, M.; Scharp, M. (2017-06): Erfassung des Status Quo: Menüs, Kosten, Herkünfte. Arbeitspapier AP 02-02b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Reinhardt, G.; Schmidt, T.; Rettenmaier, N. (2017-07): Erfassung des Status Quo: Energie und Emissionen. Arbeitspapier AP 02-02c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, M.; Wilke, A. (2017-08): Erfassung des Status Quo: Energie und Emissionen auf Basis des Klimatarier-Rechners. Projektbericht AP-02-02d zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Nachi, S.; Schulz-Brauckhoff, S.; Scharp, M. (2017-09): Befragung der Küchenleitungen zum Status Quo: Menüs, Kosten, Herkünfte. Arbeitspapier AP 02-03 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Bienge, K.; Engelmann, T.; Oswald, V.; Rettenmaier, N.; Scharp, M., Schmidt, T.; Stübner, M.; Witkowski, P. (2017-10): Status Quo Papiere - Auswertung, Analyse und Zusammenfassung. Arbeitspapier AP 02-04 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, M.; Bienge, K.; Engelmann, T.; Nachi, S.; Oswald, V.; Reinhardt, G; Rettenmaier, N.; Rohn, H.; Schmidt, T.; Schulz-Brauckhoff, S.; Speck, M.; Witkowski, P. (2017-11): Status Quo Papiere - Auswertung, Analyse und Zusammenfassung. Arbeitspapier AP 02-05 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- EEP (2017-12) Status-Quo-Analyse der KEEKS-Küchen - Technik, Prozesse und Menüs. Projektdokument KEEKS_SQ_Kuechen.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Nachi, S.; Oswald, V.; Reinhardt, G; Rettenmaier, N.; Scharp, M.; Schmidt, T.; Schulz-Brauckhoff, S.; Stübner, M.; Witkowski, P.; Bienge, K.; (2017-13): Status-Quo-Analyse der KEEKS-Menüs - Rezepte, Zutaten und Emissionen Projektdokument KEEKS_SQ_Menues.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schmidt, Tobias; Gärtner, Sven; Reinhardt, Guido; Rettenmaier, Nils (2017-14): Ableitung der Randbedingungen für die Potenzialanalyse. Projektbericht AP 03-01 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Scharp, Michael; Schmidthals, Malte; Schmidt, Tobias (2017-15): Mapping von Küchenprozessen und -technik: Prozess- und Technikpotenziale. Projektbericht AP 03-02/03 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Oswald, Vera; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Schmidt, Tobias; Stübner, Meta; Wilhelm-Rechmann, Angelika (2017-16): Potenzialanalyse - Mapping von Küchenangeboten -

Hot Spots der Vorkette und von Lebensmitteln. Projektbericht AP 03_04a zum KEEKS-Projekt. Berlin.

- Schmidt, Tobias (2017-17): Mapping von Küchenangeboten - Potenziale der Hot Spots. Projektbericht AP 03-04b zum KEEKS-Projekt. Heidelberg.
- Oswald, Vera; Stübner, Meta; Nachi, Sarrah (2017-18): Zusammenstellung klimaoptimierter Menüs - Methodik. Projektbericht AP 03-05a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Oswald, Vera; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Schmidt, Tobias; Bienge, Katrin; Nachi, Sarrah; Stübner, Meta, Monetti, Silvia; Wilhelm-Rechmann, Angelika (2017-19): Zusammenstellung klimaoptimierter Menüs - Übersicht der Menüs und Zutaten. Projektbericht AP 03-05b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, Vera; Bienge, Katrin; Scharp, Michael; Stübner, Meta; Monetti, Silvia; Wilhelm-Rechmann, Angelika (2017-20): Zusammenstellung klimaoptimierter Menüs - Rezepte. Projektbericht AP 03-05c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, Vera; Stübner, Meta (2017-26): Zusammenstellung klimaoptimierter Menüs – 4-Wochenplan. Projektbericht AP 03-05d zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Nachi, Sarrah; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Scharp, Michael (2017-21): Speiseplananalysen der KEEKS-Schulen in 2017. Projektbericht AP 03-5d zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schmidt, Tobias; Reinhardt, Guido; Rettenmaier, Nils; Gärtner, Sven (2017-22): Potenzialanalyse - Berechnung von Energie- und Klimagasbilanzen. Projektbericht AP 03-06 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Oswald, Vera; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Wilhelm-Rechmann, Angelika; Schmidt, Tobias; Bienge, Katrin; Engelmann, Tobias; Nachi, Sarrah; Stübner, Meta; Monetti, Silvia; Schmidhals, Malte; Speck, Melanie; Hildebrandt, Tim; Ludwig, Katrin (2017-23): Handlungsstrategien und Optionen für die Schulküchen - Entwurf eines KEEKS-Maßnahmenkonzeptes. Projektbericht AP 03-07 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schmidt, Tobias; Gärtner, Sven; Rettenmaier, Nils; Scharp, Michael (2017-24): Ressourcenschonung im weiteren Sinne: Phosphat und Flächenbedarf (Exkurs). Projektbericht AP 03-08 zum KEEKS-Projekt. Heidelberg.
- Scharp, Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Oswald, Vera; Howell, Eva (2017-25): Zusammenfassung der Handlungsoptionen. Projektbericht AP03-09 zum KEEKS-Bericht. Berlin.
- Scharp, Michael; Eyrich, Ralph; Wagner, Tobias (2019): Potenziale der KEEKS- und Netzwerk-Menüs. Kalkulationsdatenbank AP03-00 zum KEEKS-Projekt (AP03-00_Potenziale_KEEKs_Netzwerk_Menues_Kalkulationsdatenbank_20180710.xlsx). Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Eyrich, Ralph; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael; Oswald, Vera; Howell, Eva; (2017-34): Praxistest - Menüs und KEEKS-Indikatoren. Projektbericht AP 05-04b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Eyrich, Ralph; Ludwig, Katrin; Schmidhals, Malte; Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Wagner, Tobias; Monetti, Silvia (2017-35): Praxistest - Einsparpotenziale bei Technik, Prozessen, Menüs und Abfall. Projektbericht AP 05-04c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Wagner, Tobias; Scharp, Michael (2018-01c): Bilanzierung der KEEKS-Maßnahmen und KEEKS-Menüs Projektdokument AP06-01c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Engelmann, T.; Scharp, M, Muthny, J.. (2019-C): KEEKS-E-Kochbuch mit 50 klimaschonenden Rezepten. KEEKS-Material 2019-C. Friedberg und Berlin
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Wilhelm-Rechmann, Angelika (2017-26): Hemmnisanalyse - Hemmnisse erheben und spiegeln – Prozess- und Produktebene. Projektbericht AP 04-01 zum KEEKS-Projekt. Berlin.

- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Wilhelm-Rechmann, Angelika (2017-27a): Hemmnisanalyse - Auswertung und Zusammenstellung der Top-Ansatzpunkte zur Hemmnisüberwindung. Projektbericht AP 04-02a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Scharp, Michael (2017-27b): Hemmnisse auswerten - Maßnahmen und Lösungsvorschläge. Projektdatei AP 04_02b zum KEEKS-Projekt. Friedberg und Berlin.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; (2017-28): Hemmnisanalyse - Lösungsansätze zur Hemmnisüberwindung. Projektbericht AP 04-03a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias (2017-29a): Lösungsansätze zu Klimaeffizienzmaßnahmen im Zusammenhang mit Lebensmitteln - Ergebnisse aus Gruppendiskussion mit Beiratsmitgliedern. Projektbericht AP 04-03b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Howell, Eva; Ziegler, Franziska (2017-29b): Interviewtranskript - Netzwerk e.V. Management zu Hemmnisüberwindung. Projektbericht AP 04-03c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Engelmann, Tobias; Scharp, Michael; Eyrich, Ralph (2017-29c): Maßnahmen - Hemmnisse - Lösungen. Projektbericht AP 04-03d zum KEEKS-Projekt. Friedberg und Berlin.
- Bliesner-Steckmann, Anna; Scharp, Michael, Wagner, Lynn (2017-29d): Maßnahmen - Hemmnisse - Kosten. Projektbericht AP04-03e zum KEEKS-Projekt. Wuppertal und Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael (2017-31): Praxistest - Qualifizierung der Mitarbeiter/-innen. Projektbericht AP 05-02 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah (2017-32): Praxistest - Praxistest des KEEKS-Konzepts. Projektbericht AP 05-03 zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Eyrich, Ralph; (2017-33): Praxistest - Energie, Technik und Prozesse. Projektbericht AP 05-04a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Eyrich, Ralph; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael; Oswald, Vera; Howell, Eva; (2017-34): Praxistest - Menüs und KEEKS-Indikatoren. Projektbericht AP 05-04b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Eyrich, Ralph; Ludwig, Katrin; Schmidthals, Malte; Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Wagner, Tobias; Monetti, Silvia (2017-35): Praxistest - Einsparpotenziale bei Technik, Prozessen, Menüs und Abfall. Projektbericht AP 05-04c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael; Oswald, Vera; Howell, Eva (2017-36): Praxistest - Evaluation durch Zielgruppenbefragung - Auswertung. Projektbericht AP 05-05a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Oswald, Vera; Howell, Eva (2017-37): Praxistest - Evaluation durch Zielgruppenbefragung - Handout. Projektbericht AP 05-05b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Oswald, Vera; Howell, Eva (2017-38): Praxistest - Evaluation durch Zielgruppenbefragung - Fragebogen. Projektbericht AP 05-05c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Nachi, Sarrah; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Wagner, Tobias; Engelmann, Tobias (2017-39a): Erhebungsbogen zur tagesgenauen Erfassung von klimarelevanten Informationen. Projektdokument für die Beispielschule WILS: AP 05_01_Fragebogen_WILS_KW15. Projektdokument AP 05-05e. Köln.
- Oswald, Vera; Stübner, Meta (2017-39b): Erhebungsbogen für ein Feedback zu den Rezepten und klimaeffizienten Menüs. Projektdokument AP 05-05d. Berlin.
- Scharp, Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Barthels, Ruth; Engelmann, Tobias; Eyrich, Ralph; Monetti, Silvia; Barthels, Ruth; Howell, Eva; Speck, Melanie; Stübner, Meta; Wagner, Tobias (2017-40): Praxistest - Zusammenfassung. Projektbericht AP 05-06 zum KEEKS-Projekt. Berlin.

- EEP (2017-41): Messdaten der fünf Praxisküchen - Gesamt. Berlin. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP, Engelmann, Tobias; Howell, Eva (2017-42): Messdaten der fünf Praxisküchen - Kochen. Berlin. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP; Scharp, Michael; Ludwig, Katrin; Schmidthals, Malte (2017-43): Messdaten der fünf Praxisküchen - Kühlen. Berlin. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP, Schmidthals, Malte; Scharp, Michael (2017-44): Messdaten der fünf Praxisküchen - Spülen-Waschen. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP und Eyrich, Ralph (2017-45): Messdaten der fünf Praxisküchen - Wärmen-Salatbar - Beleuchtung. Berlin. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP und Scharp, Michael; (2017-46): Messdaten der 22 Schulküchen - Gesamt. Berlin. Messprotokoll zu AP 05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-47): Auswertung des Energierundgangs. Ergebnisauswertung zu AP 05. Berlin.
- Eyrich, Ralph; Wagner, Tobias; Scharp; Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine (2017-48): Menüauswertung und Potenzialanalyse der Menüplanung. Projektdokument AP 05_PT_Menüauswertung_Potenzialanalyse_Menüplanung_20180131_Eyrich_2017-47 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- Scharp, Michael; Wagner, Tobias; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Oswald, Vera; Speck, Melanie (2017-48): KEEKS Menüs - Analysedatei. Projektdokument KEEKS_Menues_Analysedatei_20171116_2017-48.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Oswald, Vera; Stübner, Meta (2017-49): Auswertung der Befragung zu den Praxistest-Menüempfehlungen. Projektdokument: AP 05_05f. Berlin.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah (2017-50): Qualifizierung der Mitarbeiter/-innen im Praxistest. Projektdokument: AP 05_2_ Qualifizierung der Mitarbeiter_innen.pptx. Köln.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Ziegler, Franziska (2017-52): Energieverbrauch für Kochen und gesamt gemessene Gerät nach Schulen und Gerichten. Projektdokument AP 05_PT_Menüauswertung_Kochen_Gerätevergleich_Verhältnis_Gesamtenenergie zum KEEKS-Projekt. Friedberg.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Muthny, Jana (2017-52a): Energieverbrauch Geräte und Menüs. Projektdokument AP 05_PT_Menüauswertung_Kochen_F10_energieverbrauch_Geräte_Menüs_171109-52a.xlsx zum KEEKS-Projekt, Friedberg.
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Muthny, Jana (2017-52b): Hochrechnung der Energieverbräuche der 22 Schulküchen für das Kochen. Projektdokument AP 05_PT_Menüauswertung_Kochen_F10_22_Schulküchen_Hochrechnung_Energieverbrauch_Kochen_anhand_Schülerzahlen_2017-52c.xlsx zum KEEKS-Projekt, Friedberg.
- Nachi, Sarrah; Howell, Eva; Schulz-Brauckhoff, Sabine (2017-53): Abfallmengen im Praxistest. Projektdokument AP 05_PT_Menüauswertung_Abfall_Nachi_2017-53 zum KEEKS-Projekt. Köln.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael (2018-01a): Konzeptentwicklung und –diskussion. Projektdokument AP 06-01a zum KEEKS-Projekt. Köln.
- Scharp, Michael; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Wagner, Tobias; Engelmann, Tobias (2018-01b): KEEKS-Maßnahmenkonzept Projektdokument AP 06-01b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Wagner, Tobias (2018-01c): Bilanzierung der KEEKS-Maßnahmen und -Menüs Projektdokument AP 06-01c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Oswald, Vera; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Wilhelm-Rechmann, Angelika; Schmidt, Tobias; Bienge, Katrin; Nachi, Sarrah; Stübner, Meta; Monetti, Silvia; Schmidthals, Malte; Speck, Melanie; Hildebrandt, Tim; Ludwig, Katrin; Eyrich, Ralph (2018-01d): KEEKS-Menüs. Projektdokument AP 06-01d zum KEEKS-Projekt. Berlin

- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Oswald, Vera (2018-02): Qualifizierung der Mitarbeiter/-innen. Projektbericht AP 06-02 zum KEEKS-Projekt. Köln.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah (2018-03): Umsetzung des KEEKS-Konzepts. Projektbericht AP 06-03 zum KEEKS-Projekt. Köln.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Eyrich, Ralph; Scharp, Michael (2018-04a): Evaluation der Umsetzungsphase – Primäre Zielgruppe - Fragebogen. Projektbericht AP 06-04a zum KEEKS-Projekt. Köln
- Eyrich, Ralph; Koch, Sophie (2018-04b): Evaluation der Umsetzungsphase – Primäre Zielgruppe - Auswertung der Befragung. Projektbericht AP 06-04b zum KEEKS-Projekt. Köln.
- Schmidthals, Malte; Scharp, Michael; Eyrich, Ralph (2018-05a): Evaluation des Maßnahmenkonzepts - Fragebogen für Interviews mit der sekundären Zielgruppe. Projektbericht. AP 06-05a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schmidthals, Malte; Scharp, Michael; Eyrich, Ralph (2018-05b): Evaluation des Maßnahmenkonzepts - Kurzfassung. Projektbericht AP 06-05b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Schmidthals, Malte; Scharp, Michael; Eyrich, Ralph (2018-05c): Evaluation des Maßnahmenkonzepts - Auswertung der Interviews mit der sekundären Zielgruppe. Projektbericht AP 06-05c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Nachi, Sarrah; Schulz-Brauckhoff, Sabine; Schmidthals, Malte; Eyrich, Ralph; Scharp, Michael (2018-06): Umsetzungsphase - Zusammenfassung der Ergebnisse. Projektbericht AP 06-06 zum KEEKS-Projekt. Berlin.

20 Literatur

- ProVeg (2018): Pflanzliche Proteine als Standard – Neue DGE-Richtlinien. Online: www.proveg.de (Newsletter).
- Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Scharp, Michael; Eyrich, Ralph; (2017-33): Praxistest - Energie, Technik und Prozesse. Projektbericht AP05-04a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Reinhardt, Guido; Gärtner, Sven; Münch, Julia; Häfele, Sebastian (2009): Ökologische Optimierung regional erzeugter Lebensmittel: Energie- und Klimagasbilanzen. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg, Heidelberg, 2009.
- Schulz-Brauckhoff, Sabine; Nachi, Sarrah; Scharp, Michael; Oswald, Vera; Howell, Eva; Eyrich, Ralph (2017-34): Praxistest - Menüs und KEEKS-Indikatoren. Projektbericht AP05-04b zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, Michael; Eyrich, Tobias; Ludwig, Katrin; Schmidhals, Malte; Howell, Eva; Engelmann, Tobias; Scharp; Wagner, Tobias (2017-35): Praxistest - Einsparpotentiale bei Technik, Prozessen, Menüs und Abfall. Projektbericht AP05-04 zum KEEKS-Projekt. Berlin. Projektbericht AP05-04c zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- EEP (2017-41): Messdaten der fünf Praxisküchen - Gesamt. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-42): Messdaten der fünf Praxisküchen - Kochen. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-43): Messdaten der fünf Praxisküchen - Kühlen. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-44): Messdaten der fünf Praxisküchen - Spülen-Waschen. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-45): Messdaten der fünf Praxisküchen - Wärmen-Salatbar. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-46): Messdaten der 22 Schulküchen - Gesamt. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- EEP (2017-47): Messdaten der 22 Schulküchen - Beleuchtung. Messdatenauswertung zu AP05. Berlin. Messprotokoll zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin.
- Oswald, Vera; Stübner, Meta; Nachi, Sarrah (2017-18): Zusammenstellung klimaoptimierter Menüs - Methodik. Projektbericht AP03-05a zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, M.; Ludwig, K.; Schulz-Brauckhoff, S.; Nachi, S.; Oswald, V. (2017-12): Status-Quo-Analyse der KEEKS-Küchen - Technik, Prozesse und Menüs. Projektdokument KEEKS_SQ_Kuechen.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- Scharp, M.; Ludwig, K.; Schulz-Brauckhoff, S.; Nachi, S.; Oswald, V. (2017-12): Status-Quo-Analyse der KEEKS-Küchen - Technik, Prozesse und Menüs. Projektdokument KEEKS_SQ_Kuechen.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin. Blatt
- Nacchi, S.; Oswald, V.; Reinhardt, G; Rettenmaier, N.; Scharp, M.; Schmidt, T.; Schulz-Brauckhoff, S.; Stübner, M.; Witkowski, P.; Bienge, K.; (2017-13): Status-Quo-Analyse der KEEKS-Menüs - Rezepte, Zutaten und Emissionen Projektdokument KEEKS_SQ_Menues.xlsx zum KEEKS-Projekt. Berlin.
- KEEKS, Eyrich (2017-48): Menüauswertung & Potenzialanalyse Menüplanung zu AP05 des KEEKS-Projekts. Berlin
- Verbraucherzentrale NRW (2016): Kühlen und Gefrieren. Stand 07.11.2016. Online:

<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/umwelt-haushalt/wohnen/kuehlen-und-gefrieren-10573>.

- Hausgeräte+ o.J.: Gefrierschrank regelmäßig abtauen. Online: <https://www.hausgeraete-plus.de/tipps/gefrierschrank-regelmaessig-abtauen>.
- Waskow, F.; Blumenthal, A. (2016): Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen: Working Paper I. Online unter: <http://refowas.de/images/WPVZ12.pdf>. Zuletzt zugegriffen am 06.04.2018. Zuletzt zugegriffen am 06.04.2018.
- Waskow, F.; Blumenthal, A. (2017): Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen: Working Paper II. Online unter: http://refowas.de/images/ReFoWas_Workingpaper-II_Waskow_Blumenthal_26.09.2017.pdf. Zuletzt zugegriffen am 06.04.2018.
- Göbel, C.; Blumenthal, A.; Niepagenkemper, L.; Baumkötter, D.; Teitscheid, P.; Wetter, C. (2014) Reduktion von Warenverlusten und Warenvernichtung in der AHV - ein Beitrag zur Steigerung der Ressourceneffizienz. Online unter: <https://www.fh-muenster.de/isun/downloads/studie-lebensmittelverschwendung/Studie-Lebensmittelabfaelle-Gemeinschaftverpflegung-Zahlen-Ursachen-Massnahmen-2014.pdf>. zuletzt abgerufen am 05.04.2018
- IFWC - International Food Waste Coalition (2016): SKOOL Report _ Oct. 2016. Online verfügbar unter: http://internationalfoodwastecoalitionorg.webhosting.be/wp-content/uploads/2016/12/IFWC_SKOOL-Report_EN2016.pdf. Zuletzt zugegriffen am 06.04.2018

21 Impressum

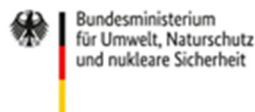
© IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung

Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit aufgrund eines Beschlusses des Bundestages unter den Förderkennzeichen 03KF0037A-F im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative gefördert. Die Verantwortung für diesen Text liegt bei den Autor/-innen.

Kontakt: Dr. Michael Scharp, Schopenhauerstraße 26, 14129 Berlin, Tel. 030-803088-14, E-Mail m.scharp@izt.de



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Verbundpartner:

IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH, 14129 Berlin, Dr. Michael Scharp, Tel. 030 - 803088-14, Teilprojekt: Projektkoordination und Bildung für Klimaeffizienz



Faktor 10 – Institut für nachhaltiges Wirtschaften gemeinnützige GmbH, 61169 Friedberg, Holger Rohn, Tel. 06031-791137, Teilprojekt: Status Quo in den Küchen und Berufsbildung



proveg Deutschland e.V., 10785 Berlin, Sebastian Joy, Tel. 030-29028253-0, Teilprojekt: Energieanalyse, Beratung und Schulungen für Küchen



Netzwerk e.V. – Soziale Dienste und Ökologische Bildung, 50739 Köln, Sabine Schulz-Brauckhoff, Tel. 0221-888996-21, Teilprojekt: Praxistest und Umsetzung



IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gemeinnützige GmbH, 69120 Heidelberg, Dr. Guido Reinhardt, Tel. 06221-4767-31, Teilprojekt: Potentiale für Klima- und Energieeffizienz



Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gemeinnützige GmbH, 42103 Wuppertal, Dr. Melanie Speck und Katrin Bienge, Tel. 0202-2492-302/-191, Teilprojekt: Qualifizierung und Transformation in Küchen und Branche

Impressum

IZT - Institut für Zukunftsstudien
und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH

Tel.: +49 (0) 30 803088-0

Fax: +49 (0) 30 803088-88

Schopenhauerstr. 26
14129 Berlin

Berlin, AG Charlottenburg, HRB 18 636

Wissenschaftlicher Direktor
Prof. Dr. Stephan Rammler

Geschäftsführer
Dr. Roland Nolte

Aufsichtsratsvorsitzende
Doris Sibum