



## **Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO<sub>2</sub>- Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen) - Sustainable Kitchen**

(Projekt SUKI)

### 1. Zwischenbericht

Methodenpapier zum Energie-  
verbrauch der Großküchen

---

Die Ressourcen Management Agentur (RMA)  
ist ein Klimabündnisbetrieb



## **Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO2- Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingun- gen und Grenzen) - Sustainable Kitchen**

(Projekt SUKI)

### **1. Zwischenbericht**

(Vers. 0.1)

**Hans Daxbeck  
Diederik de Neef  
Georg Schindl**

gefördert aus Mitteln  
des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung  
des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft,  
Umwelt und Wasserwirtschaft  
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit  
der Stadt Wien – MA22 (ÖkoKauf) und MA38  
des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung  
des Amtes der Niederösterreichischen Landesregierung  
dem Umweltministerium der Tschechischen Republik  
der Südböhmischen Universität České Budějovice  
der Masaryk-Universität in Brunn

Wien, Juni 2009

Projektleitung:

Hans Daxbeck

Projektsachbearbeitung:

Hans Daxbeck, Diederik de Neef, Matej Ďurčo, Georg Schindl

Projektpartner:

Österreich: Ressourcen Management Agentur (RMA), BIO AUSTRIA

Tschechien: Südböhmische Universität České Budějovice, Daphne ČR, EPOS

Mitarbeitende Großküchen:

Österreich:

Wien: Sozialmedizinisches Zentrum Baumgartner Höhe Otto-Wagner-Spital; EB-  
Restaurantsbetriebe Ges.m.b.H.

Niederösterreich: Landhausküche in St. Pölten, HBLA und Bundesamt für Wein- und Obstbau  
in Klosterneuburg

Oberösterreich: Landtagsküche in Linz; Landeskrankenhaus Rohrbach

Tschechien:

Südböhmen: Koleje a menzy der Südböhmischen Universität České Budějovice, Küche der  
Grundschule in Sezimovo Ústí

Vysočina: Küche der Fachschule in Jihlava

Südmähren: Küche der Grundschule in Brunn

Impressum:

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung

Argentinerstrasse 48 / 2. Stock

1040 Wien

Tel.: +43 (0)1 913 22 52.0

Fax: +43 (0)1 913 22 52.22

Email: [office@rma.at](mailto:office@rma.at) [www.rma.at](http://www.rma.at)

# Inhaltsverzeichnis

**Inhaltsverzeichnis ..... I**

**Methoden ..... 1**

1.1 Datenerfassung Energie ..... 1

    1.1.1 Datenerfassung für die Energieverbrauchsanalyse..... 1

        1.1.1.1 Fragebogen:..... 1

        1.1.1.2 Datenerfassung vor Ort:..... 1

        1.1.1.3 Messen des Elektrizitätsverbrauchs ..... 1

            1.1.1.3.1 Gemessene Größen:..... 2

            1.1.1.3.2 Selektion der Großküchengeräte ..... 4

            1.1.1.3.3 Messdauer ..... 5

            1.1.1.3.4 Messort ..... 6

            1.1.1.3.5 Verwendetes Messgerät ..... 6

            1.1.1.3.6 Wer verrichtet die Messung ..... 7

    1.1.2 Datenerfassung der energiespezifischen Daten..... 7

1.2 Berechnungen für die Energieverbrauchsanalyse ..... 7

    1.2.1 Gesamtenergieverbrauch ..... 7

    1.2.2 Energieverbrauchsstruktur..... 8

    1.2.3 Energieverbrauch pro Mahlzeit..... 8

    1.2.4 Energieverbrauchswert..... 11

1.3 Abschätzung der CO<sub>2</sub> Emissionen ..... 12

    1.3.1 Abgeleitete Energieträger: Elektrizität ..... 12

        1.3.1.1 CO<sub>2</sub>-Emissionen resultierend aus der Elektrizitätserzeugung – Vorschlag 1 ..... 12

        1.3.1.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen resultierend aus der Elektrizität – Vorschlag 2 ..... 13

        1.3.1.3 Wahl der Abschätzungsmethode von CO<sub>2</sub> Emissionen - Elektrizität ..... 14

    1.3.2 Abgeleitete Energieträger: Fernwärme..... 15

        1.3.2.1 Schritt 1: Feststellen Erzeugungsmix..... 15

        1.3.2.2 Schritt 2: Aufgliederung der Energieträgeraggregate ..... 16

        1.3.2.3 Schritt 3: Bestimmen repräsentativer oder Durchschnittswerte ..... 16

        1.3.2.4 Schritt 4: Berechnen der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Fernwärme Erzeugungsmix ..... 17

    1.3.3 Primäre Energieträger: Gas und Öl ..... 18

    1.3.4 CO<sub>2</sub> Emissionen verursacht durch den Transport ..... 19

---

1.4	Datenverarbeitung.....	20
<b>Anhang</b>	.....	<b>21</b>
Anhang 1:	Parameter und Zweck des Fragenbogens.....	21
Anhang 2:	Praxis Beispiele der Energieeffizienz von sechs Großküchen.....	23
Anhang 3:	Typische Großküchengeräte.....	24

# Methoden

## 1.1 Datenerfassung Energie

### 1.1.1 *Datenerfassung für die Energieverbrauchsanalyse*

#### 1.1.1.1 Fragebogen:

Die Erfassung von Energiedaten erfolgt grob in zwei Teilen: der erste Teil umfasst die Energieverbrauchsanalyse, der zweite Teil behandelt die Erfassung von energiespezifischen Daten. Das Ziel der Energieverbrauchsanalyse ist einerseits den gesamten Energieverbrauch zu bestimmen und andererseits die Energieverbrauchsstruktur und Energieeffizienz zu untersuchen. Für diesen Zweck sind zwei Fragebögen entwickelt worden: der erste Fragebogen erfasst Energieverbrauchsdaten (gesamt und pro Küchenbereich) sowie Lieferantendaten und Kosten pro eingesetzten Energieträger. Weiters werden allgemeine Daten bezüglich der Küche erfasst, wie etwa Betriebsart, Anzahl Produktionstage pro Jahr, Durchschnitt der produzierten Mahlzeiten pro Woche und Informationen über einen eventuellen Transport. Der zweite Fragebogen erfasst Energieverbrauchsdaten pro Großküchengerät welches bei der Zubereitung von Speisen verwendet wird. Für jedes Großküchengerät wird auf jeden Fall die Gerätebezeichnung und der Energieträger erfasst, dazu kommt idealerweise der gemessene Energieverbrauch. Falls der gemessene Energieverbrauch nicht verfügbar ist werden folgende Gerätedaten erfasst: Hersteller, Typ, Anzahl, Nennleistung, Betriebszeit, Wirkungsgrad und eine Einschätzung darüber, welche Geräte einen hohen Energieverbrauch haben. Eine Tabelle mit allen angeführten Parametern und entsprechenden Zweck ist in Anhang 1: Parameter und Zweck des Fragenbogens wiedergegeben.

#### 1.1.1.2 Datenerfassung vor Ort:

Eine Großküche wird in den meisten Fällen nicht derart detaillierte Energiedaten liefern können, deshalb ist eine Datenerhebung vor Ort der folgende Schritt in der Datenerfassung. Eine Datenerhebung vor Ort kann zum Beispiel bedeuten, den Küchen falls notwendig Ausföhlhilfe anzubieten, eine Aufnahme der Großküchengeräte durchzuführen oder Messungen für ausgewählte Großküchengeräte zu verrichten. Messungen für einzelne Großküchengeräte sind nur möglich wenn diese elektrisch betrieben werden und über eine eigene Sicherung verfügen. Wenn eine Gruppe von Geräten gemeinsam abgesichert ist kann der Elektrizitätsverbrauch der Gerätegruppe gemessen werden. In diesem Fall sollten zusätzlich zu den Messdaten auch Gerätedaten (Bezeichnung des Geräts, Hersteller, Typ, Anzahl, Nennleistung) und Betriebszeiten der einzelnen Geräte erfasst werden. Damit ist es möglich, den Elektrizitätsverbrauch für einzelne Geräte der zu schätzen.

#### 1.1.1.3 Messen des Elektrizitätsverbrauchs

Die Messung hat den Zweck den Großteil der Stromverbraucher einem Bereich zuzuordnen. Aus diesem Grund sind elektrische Kleinverbraucher weniger interessant als Großverbraucher weil sie an sich keine großen Beträge zu dem Elektrizitätsverbrauch liefern. Ausnahme sind Geräte oder Maschinen welche im Dauerbetrieb sind wie etwa die Kühlung oder das Lüftungssystem.

Um ein Messprogramm zu definieren muss zuerst bestimmt werden ob grundsätzlich eine Messung des Stromverbrauchs einzelner Großküchengeräte, insbesondere der Großverbraucher, möglich ist. Wenn Großküchengeräte über eine eigene Sicherung verfügen

kann eine Messung durchgeführt werden. Jene Großküchengeräte, deren Elektrizitätsverbrauch zu messen ist, werden ausgewählt. Diese Selektion basiert auf der Nennleistung der Großküchengeräte, d.h. es werden Geräte mit einer hohen Nennleistung oder langen Betriebszeit ausgewählt.

Die Details betreffend der Messungen werden in einem Messprogramm beschrieben, in dem spezifiziert wird, welche Größen erfasst werden sollen. Hier wird festgelegt, von welchen Großgeräten der Verbrauch gemessen werden soll, wie lange die Messung durchgeführt werden soll, wo sie stattfinden soll, welches Messgerät zur Verwendung kommt und wer die Messung durchführt.

#### 1.1.1.3.1 Gemessene Größen:

Bei den Messungen geht es darum den Elektrizitätsverbrauch zu erfassen. Anstatt den Energieverbrauch in kWh zu messen wie bei einem Energiezähler liefert die zeitliche Aufzeichnung der Leistung (bzw. Wirkleistung) Daten aufgrund denen der Elektrizitätsverbrauch sowie die Leistungskurve ermittelt werden können. Eine Leistungskurve stellt den unterschiedlich hohen Verbrauch eines Großküchengeräts während des Gebrauchs dar; meist wird kurz nach dem Einschalten des Geräts eine Leistungsspitze erreicht, mit Fortdauer des Betriebes flacht die Leistungskurve ab.

In Großküchen wird häufig 3-Phasenwechselstrom (bzw. Drehstrom) verwendet. Die Leistung soll über alle drei Phasen gemessen werden, wobei bei Drehstrom drei unterschiedliche Leistungswerte auftreten: die Wirkleistung ( $P$  in W), die Scheinleistung ( $S$  in VA) und die Blindleistung ( $Q$  in VAR). Für Messungen ist allerdings nur die Wirkleistung von Interesse.

Das zu bestimmende Zeitintervall über das die Leistung aufgezeichnet werden soll hängt einerseits von den technischen Möglichkeiten des Messgeräts ab und andererseits von dem Umstand, welche Werte liefern ein brauchbares Ergebnis. Ein zu fein gewähltes Zeitintervall (etwa eine Aufzeichnung pro Sekunde) liefert einen Überfluss an Daten und ist somit für diese Anwendung ungeeignet. Hingegen ein zu grobes Zeitintervall (etwa eine Aufzeichnung pro Stunde) reicht nicht aus um Spitzenleistungen zu erfassen.

Das Messgerät PCE-UT 232 besitzt eine Kapazität die maximal 99 Messwerte registrieren kann. Mit einer Messdauer von 8 Stunden kann somit alle 5 Minuten die Leistung aufgezeichnet werden – diese ist ausreichend für den Zweck der Messung.

Die Originaldaten werden in einfacher tabellarischer Form erfasst. Diese Daten beinhalten mindestens die Zeitangabe, die entsprechende Leistung, eine Bezeichnung des gemessenen Geräts (Bezeichnung, Hersteller, Typ, Nennleistung) und die Metadaten über die Messung selber (Name der Personen die die Messung verrichtet haben, Ort, Datum, Zeit). (siehe Abbildung 1 und 2 für eine Beispieltabelle).

Zusätzlich zur Tabelle ist es erforderlich, die Messungen fotografisch für die weitere Bearbeitung des Projekts SUKI festzuhalten.



Messung: "Name Großküche"	
Zeit	kW
08:00	0
08:05	12
08:10	3
08:15	93
08:20	84
08:25	80

Abbildung 1: Zu erfassende Messdaten für die Gesamtleistung und die Leistung der ausgewählten Geräte

<b>Metadaten Messung:</b>	<i>Erste Bank Restaurantsbetrieb</i>
Messung verrichtet durch:	
Name/Firma	<i>Hr. de Neef / RMA</i>
Name/Firma	<i>Hr. Elektriker / EB-R</i>
Name/Firma	
Ort	<i>Adresse und Ort</i>
Großküche	<i>Name des Großküche</i>
Datum	
Zeit	
<b>Großküchengerätedaten:</b>	
Bezeichnung	
Hersteller	
Typ	
Nennleistung	

Abbildung 2: Zu erfassende Metadaten zu Messungen

In den Abbildungen 3 und 4 ist eine Möglichkeit dargestellt wie die erfassten Daten (es handelt sich hier um fiktive Daten) wiedergegeben werden können. Die Abbildung 3 zeigt den Tagesleistungsverlauf in grau und einen TagesDurchschnittswert für die registrierte Leistung in rot. Die Abbildung 4 stellt den ermittelten Elektrizitätsverbrauch im Zeitintervall von 5 Minuten über einen Zeitraum von 8 Stunden dar.

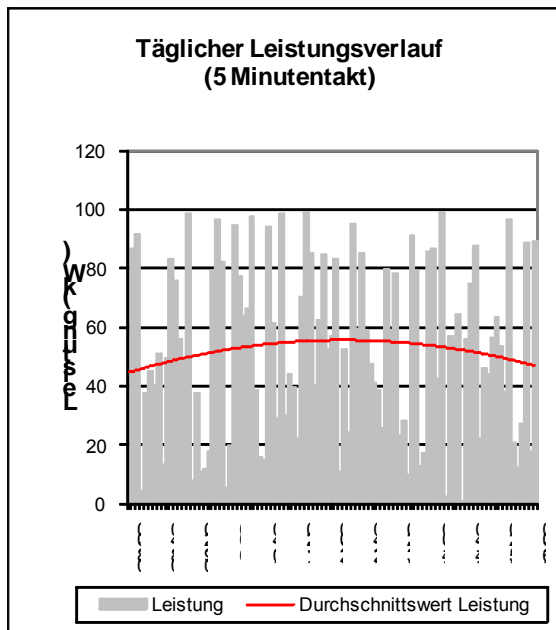


Abbildung 3: Mögliche Wiedergabe des täglichen Leistungsverlaufs

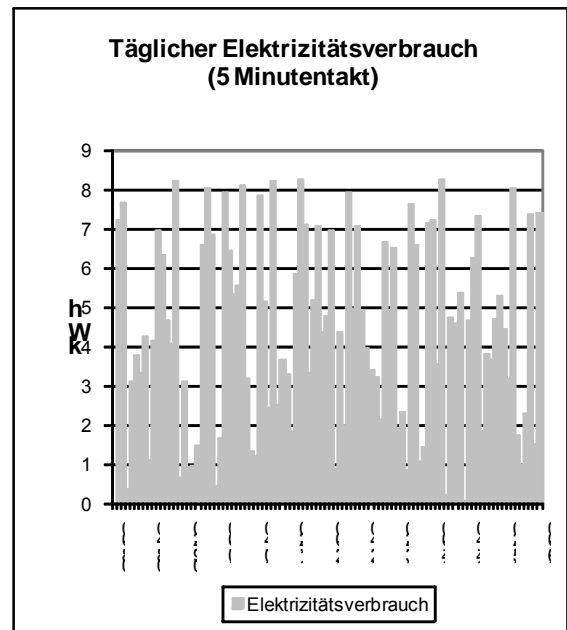


Abbildung 4: Mögliche Wiedergabe des täglichen Elektrizitätsverbrauchs

#### 1.1.1.3.2 Selektion der Großküchengeräte

Wie weiter oben bereits angeführt basiert die Selektion der Großküchengeräte für die Messungen auf der Nennleistung und Betriebsdauer. Die Hypothese lautet: Geräte mit einer hohen Nennleistung verbrauchen auch relativ viel Strom; gleiches gilt für Geräte die eine relativ lange Betriebsdauer aufweisen. Vermutlich kann hier ein Einsparungspotenzial gefunden werden. Der Vorteil dieser Hypothese ist dass die Nennleistung für alle Geräte einfach zu erfassen ist. Daher fängt ein Messprogramm mit jenen Geräten an welche die höchsten Nennleistungen besitzen und endet bei den Geräten mit niedrigen Nennleistungen.

Eine Liste von Haushaltsgroßgeräten für Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen und deren Energieverbrauch ist durch das Bremer Energie Institut von der Universität Bremen erstellt worden {Kleinhempel, 2004}. Die Liste zeigt dass folgende Geräte relativ viel Energie verbrauchen (geordnet nach Bereichen):

- Küche: Kippbratpfanne, Salamander, Brat-/Grillplatte, Friteuse, Nudelkocher.
- Lüftung: Umlufthauben, Ablufthauben.
- Spülbereich: Korbspülmaschinen, Bandspülmaschinen.
- Ausgabe: Bain-Marie (Wasserbad)

Einen detaillierten Überblick zu Großküchengeräten liefert der Anhang 3: Typische Großküchengeräte. Rot markierte Großküchengeräte sind nach Kleinhempel als relativ energieineffizient markiert.

Das stimmt zum Teil überein mit den Großküchengeräten die eine hohe Nennleistung aufweisen. In absteigender Größenordnung sind dies folgende Geräte: Bandspülautomat, Kombidämpfer, Druckkochkessel, Kippkochkessel, Kippbratpfanne, Friteuse.

Zusätzlich sind die Bereiche Kühlung und Lüftung oft Großverbraucher obwohl die Nennleistung für die Geräte dieser Bereiche relativ niedrig ist. Der Grund dafür liegt in dem Umstand dass diese Geräte oft einem ständigen Verbrauch unterliegen und somit zu Großverbrauchern werden.

Es wird für die Messung für jeden Bereich der vermutliche elektrische Großverbraucher selektiert und der Leistungsverlauf erfasst. Mit diesen Daten soll ein Überblick bezüglich der Stromverbräuche der einzelnen Bereiche geschaffen werden. Zusätzlich wird der gesamte Stromverbrauch erfasst.

Darüber hinaus ist es wichtig in den verschiedenen Großküchen den Elektrizitätsverbrauch bestimmter ähnlicher Geräte zu messen damit ein Vergleich hergestellt werden kann. In Abbildung 5 ist eine Großküche als System schematisch wiedergegeben; das System umfasst acht Prozesse. Für jeden Prozess sind Beispiele für elektrische Großverbraucher aufgelistet. Basierend auf den Beispielen aus dem Kapitel 1.2.2 (Energieverbrauchsstruktur) sind auf jeden Fall für die Bereiche Kochen, Kühlen, Spülung und Lüftung Messungen durchzuführen.

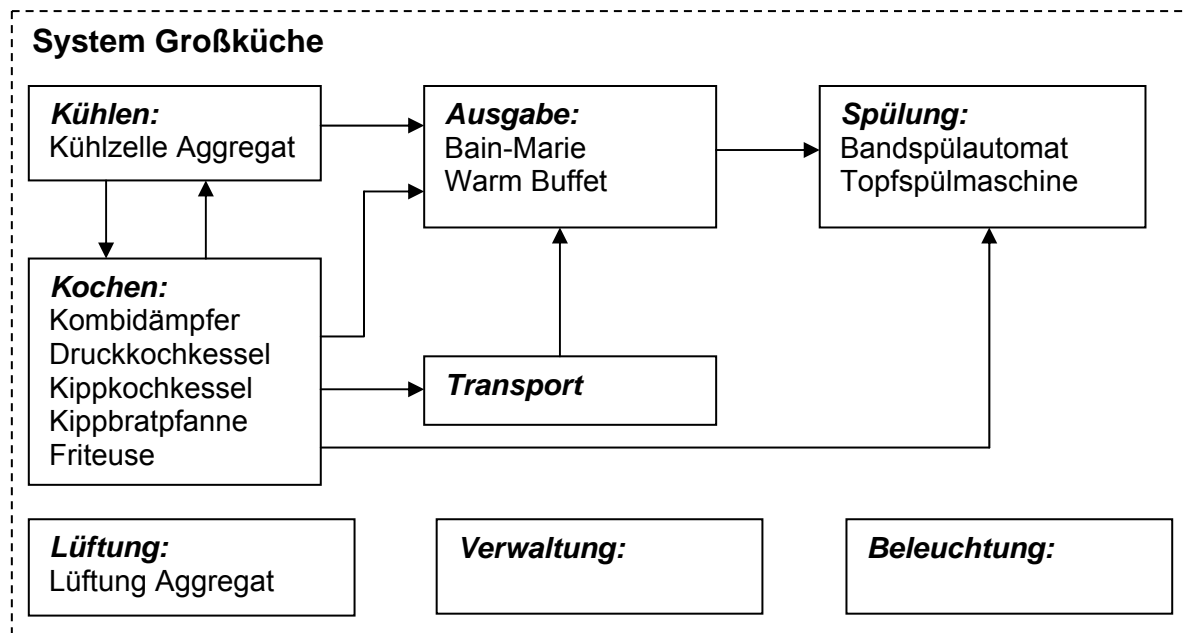


Abbildung 5: Vereinfachte schematische Darstellung des Systems und der Prozesse einer Großküche mit den möglichen Hauptstromverbraucher

#### 1.1.1.3.3 Messdauer

Die Messdauer soll je Großgerät bestimmt werden. Sie ist abhängig von der Leistungskurve des betreffenden Geräts. Wenn eine repräsentative Messung in einer Stunde erfasst werden kann ist es offensichtlich nicht notwendig länger zu messen. Für viele Geräte wird eine Messdauer von einer Stunde zu wenig sein und daher wird bei derartigen Geräten ein Leistungsverlauf von bis zu einem Tag zu erfassen sein. Unten (siehe Abbildung 6) folgen einige Beispiele von Leistungsverläufen aus dem Bericht „Fallstudie Testküche“ der Schweizer Bundesamt für Konjunkturfragen {Perincioli, 1992 #2620}. Es ist zu beachten dass die Leistungskurven der unterschiedlichen Geräte unbekannt sind und in Folge dessen versuchsweise herausgefunden werden müssen.

In der untenstehenden Abbildung 6 ist der Tagesleistungsverlauf einer Kippbratpfanne wiedergegeben. Der Leistungsverlauf zeigt relativ große Schwankungen über einen Zeitraum von einem Tag. Um ein Aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten ist es notwendig, den Elektrizitätsverbrauch über einen ganzen Tag zu messen.

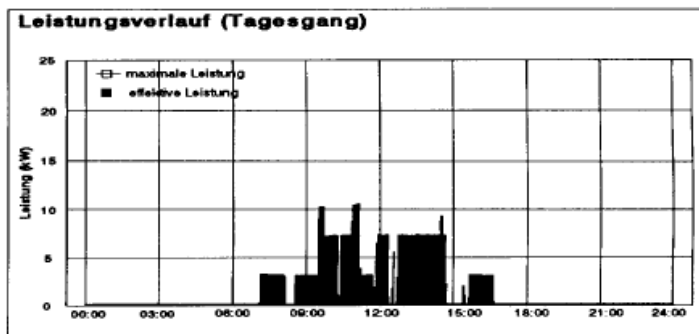


Abbildung 6: Tagesleistungsverlauf einer Kippbratpfanne Salvis KPBN90

In der untenstehenden Abbildung 7 ist der Tagesleistungsverlauf einer Bain-Marie (Heißwasserbad) wiedergegeben. Der Leistungsverlauf ist relativ gleichmäßig über den Tag verteilt; damit ist eine kürzere Messdauer zu rechtfertigen.

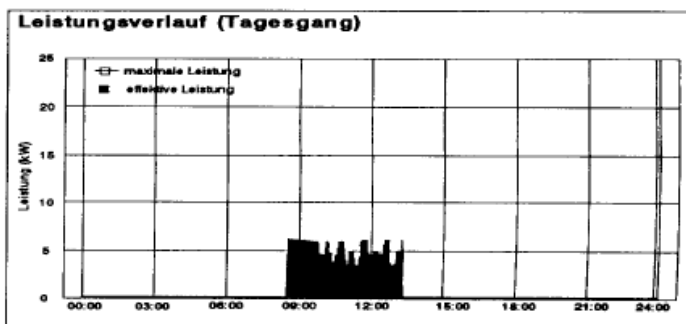


Abbildung 7: Tagesleistungsverlauf einer Bain-Marie Weibel AG Chur 40165

Idealerweise soll über mehrere Tage gemessen werden damit die erhobenen Werte repräsentativ sind. Wenn möglich kann ein Mehrtages- Messprogramm zur Anwendung kommen; aufgrund der Anzahl der teilnehmenden Großküchen und der zu messenden Geräte wird das jedoch nicht in allen Fällen zu verwirklichen sein.

#### 1.1.1.3.4 Messort

Der Sicherungskasten der betreffenden Großküche ist jener Ort wo die Messungen durchgeführt werden. Wichtig ist dabei dass der Produktionsprozess der Großküche nicht gestört wird und dass die Arbeitssicherheit gewährleistet ist. Es ist deshalb empfehlenswert, vor der Messung den Ort zu begehen, um die Messung räumlich planen zu können.

#### 1.1.1.3.5 Verwendetes Messgerät

Es sind verschiedene 3-Phasenwechselstrom Messgeräte auf dem Markt verfügbar. Bei der Wahl der Messgeräte sind folgende Aspekte zu beachten: der Messbereich, die Anschlussweise, der Datenlogger und die Art und Weise der Datenübertragung sowie der Preis. In der untenstehenden Tabelle 1 sind einige auf dem Markt verfügbare 3-Phasenwechselstrom Messgeräte anhand der oben angeführten Kriterien gegenübergestellt. Die Auflistung der Leistungsmessgeräte erfolgte nach aufsteigendem Preis.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der auf dem Markt verfügbaren 3-Phasenwechselstrom Messgeräten

Messgerät	Bezeichnung	Hersteller	Messbereich	Anschlussweise	Datenlogger	Preis (€)
PCE-UT 232	Leistungsmessgerät	PCE Group	✓		x	349,-
PX 120	Wattmeter	Metrix	x	✓	✓	412,-
PCE 360 (TES3600)	Leistungsmessgerät	PCE Group	✓	✓	✓	1250,-
PCE 380	Netzanalysator	PCE Group	✓	✓	✓	1800,-
C.A. 8332B C.A. 8334B	Netzanalysator	Chauvin Arnoux	✓	✓	✓	1990,- 2950,-
Mavowatt 30, 40, 70	Netzanalysator	Gossen Metrawatt	✓		✓	k.a.
Multilog	Netzanalysator	KBR	✓	✓	✓	k.a.

#### 1.1.1.3.6 Wer verrichtet die Messung

Eine Messung kann nur von einem professionellen Elektriker durchgeführt werden. Größere Einrichtungen beschäftigen oft einen Elektriker. Dieser kennt das hauseigene elektrische System sehr gut und ist für das Funktionieren der elektrischen Installationen verantwortlich. Um einen reibungslosen Ablauf der anstehenden Messungen zu gewährleisten wäre es daher gut wenn der Hauselektriker das Messgerät im Sicherungskasten anschließt um die Messungen durchzuführen. Die Aufgabe für den Elektriker sind das An- und Abschließen des Messgeräts, die Ablesung der gemessenen Werte und deren entsprechende Bewertung wird von einem Mitarbeiter des Projekts SUKI Projekt verrichtet.

#### 1.1.2 Datenerfassung der energiespezifischen Daten

Die energiespezifischen Daten umfassen den Energieerzeugungsmix, den Kohlenstoffemissionsfaktor pro Energieträger, den Anteil oxidierten Kohlenstoff pro Energieträger, den Heizwert pro Energieträger, den Wirkungsgrad der Umwandlungstechnologie, den Umwandlungseinsatz und –ausstoß, Transportverluste und den Verbrauch des Sektors Energie. Diese Parameter mit dem entsprechenden Zweck sind im Anhang 1: Parameter und Zweck des Fragebogens wiedergegeben.

Die Erfassung der energiespezifischen Daten findet in Form einer Literatur- sowie Internetrecherche statt. Es werden Durchschnittswerte der oben angeführte Parameter erhoben; damit können Durchschnittswerte für CO<sub>2</sub> Emissionen ermittelt werden.

## 1.2 Berechnungen für die Energieverbrauchsanalyse

### 1.2.1 Gesamtenergieverbrauch

In dem Fragebogen ‚Energieverbrauch‘ werden die Energieverbrauchsdaten pro Energieträger erfasst. Um den gesamten Energieverbrauch ermitteln zu können ist eine Umrechnung in die normierte Einheit Joule (J) notwendig. Für primäre Energieträger wie Öl oder Gas kann man mittels des Heizwerts der abgegebenen Energie in Joule umgerechnet werden. Für abgeleitete Energieträger wie Elektrizität und Fernwärme kann man abhängig von der Einheit

unter Verwendung eines Umrechnungsfaktors auf Joule umrechnen. Beispielsweise wird Elektrizität meistens in kWh oder MWh ausgedrückt, für die Umrechnung in Joule gilt: 1 kWh = 3,6 MJ. Nachdem der Verbrauch jedes Energieträgers in die normierte Einheit umgerechnet wurde ergibt deren Summierung den gesamten Energieverbrauch.

### 1.2.2 Energieverbrauchsstruktur

Die Energieverbrauchsstruktur verschafft einen Überblick in den Energieverbrauch der verschiedenen Bereiche in den Küchen (z.B. Kochen, Spülung, Kühlung, usw.). Die Ergebnisse der Energieverbrauchsstruktur ermöglichen es Bereiche mit einem großen Energieverbrauch zu filtern und geben eine Richtung für die Auswahl weiterer zu untersuchender Großküchengeräte vor. Die Stromverbrauchsstruktur eines Krankenhauses ist in Abbildung 8 wiedergegeben. Der Energieverbrauch je Bereich wird in prozentuellen Anteilen des Gesamtenergieverbrauchs angegeben.

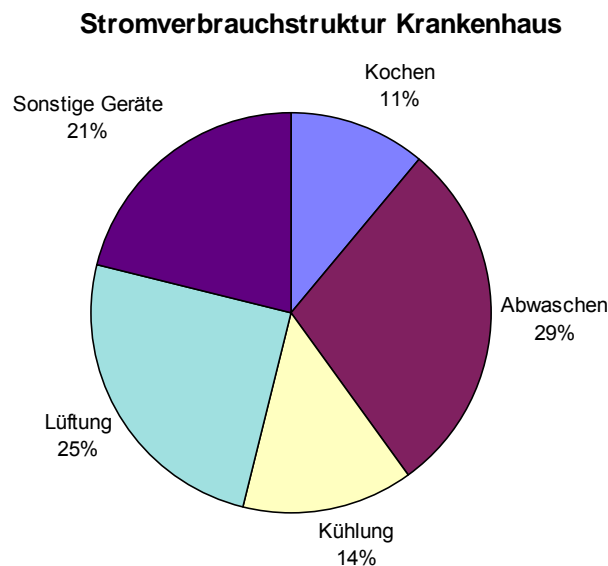


Abbildung 8: Stromverbrauchsstruktur in einem Krankenhaus, Großküche – cook & chill

Quelle: ÖEKV Workshop Energieeffizienz Großküchen

### 1.2.3 Energieverbrauch pro Mahlzeit

Der Energieverbrauch pro Mahlzeit ist eine Kennzahl für die Energieeffizienz der Großküche. Wie der Name bereits sagt ist die Kennzahl ein Verhältnis zwischen des gesamten jährlichen Energieverbrauchs der Großküche und der Anzahl der produzierten Mahlzeiten pro Jahr, ausgedrückt in kWh/Mahlzeit (siehe Formel 1).

$$\text{Energieverbrauch / Mahlzeit} = \frac{\text{Energieverbrauch(jährlich)}}{\text{Mahlzeiten(jährlich)}}$$

Formel 1: Energieverbrauch pro Mahlzeit

Wenn absolute Energieverbrauchswerte verfügbar sind können diese nicht ohne weiteres gegenübergestellt und miteinander verglichen werden. Der Grund dafür liegt in der Verschiedenheit der Küchengeräte, der Kochsysteme, der Handlungsweise des Personals, etc.. Mit einer Kennzahl kann der Energieverbrauch der untersuchten Großküchen gegenübergestellt

werden. Derartige Kennzahlen können der Literatur entnommen werden (z.B. {Horbaly, 1992 #2610}), daneben gibt es Richtlinien wie beispielsweise der Rohatsch Richtwert<sup>1</sup> {Kleinhempel, 2004 #2606} und der Energieverbrauch Benchmarkwert {ÖEKV e.a., 2002 #2621} deren Verwendung in diesem Fall interessant ist aber mit der nötigen Umsicht geschehen soll. Der Vorteil solcher Kennwerte ist die Möglichkeit, einzelne Küchen mit den Kennwerten zu vergleichen. Damit bekommt man eine Abschätzung darüber wie sich der Energieverbrauch zu dem Richtwert verhält; ein Nachteil dieser Richtwerte ist deren unbekannte Genauigkeit.

Die Rohatsch Richtlinie gibt einen Richtwert von 0,7 bis 0,8 kWh pro Mahlzeit in einer Großküchen an. Der Benchmarkwert für den Energieverbrauch aus dem „Energy Concept Advisor“ {ÖEKV e.a., 2002 #2621} wird als ein „ziemlich guter statistische Indikator“ für die Energieeffizienz von Großküchen beschrieben. Der Benchmarkwert wird nach der Formel 2 ermittelt wobei NR die Anzahl der produzierten Mahlzeiten pro Tag angibt.

$$\text{Energieverbrauchsbenchmarkwert} = 105 \times NR^{-0,63}$$

*Formel 2: Gesamter Energieverbrauch, Benchmarkwert*

Es stellt sich hier die Frage wie gut spiegeln diese Richtwerte die Praxis wider. Die nachfolgenden Grafiken geben insgesamt sechs Praxisbeispiele aus der Slowakei<sup>2</sup>, Deutschland<sup>3</sup>, der Schweiz<sup>4</sup> und den Niederlanden<sup>5</sup> an (siehe Abbildung 9 und 10). Die Grafiken zeigen wie 'gut' die Richtwerte die tatsächlichen Verbrauchswerte in der Praxis widerspiegeln. Aus der Grafiken lässt sich ablesen dass der Benchmarkwert mit einem Faktor von 0,5 bis 1,5 von dem tatsächlichen Energieverbrauch abweicht. Der Rohatsch Richtwert weicht mit einem Faktor von 0,2 bis 0,7 von dem tatsächlichen Energieverbrauch ab. Wenn wir in der Grafik das Beispiel mit 129 Mahlzeiten pro Tag nicht betrachten dann ist für den Benchmarkwert eine durchschnittliche Abweichung 0,7 festzustellen, der Rohatsch Richtwert weicht durchschnittlich um einen Faktor von 0,4 vom tatsächlichen Energieverbrauch ab. Der angeführte Benchmarkwert stellt also lediglich ein Hilfsmittel dar mit dem die Energieeffizienz der Großküchen evaluiert werden kann.

<sup>1</sup> Rohatsch, M., Lemme, F., Neumann, P., Wagner, F., 2002. *Großküchen Planung – Entwurf - Einrichtung*. Verlag Bauwesen. Berlin.

<sup>2</sup> Quelle: ÖEKV e.a., 2002. Energy Concept Advisor

<sup>3</sup> Quelle: [www.vvph.de/Grosskueche.120.0.html](http://www.vvph.de/Grosskueche.120.0.html)

<sup>4</sup> Quelle: Horbaly, R., Renggli, U., 1992. Energieverbrauch in gewerbliche Küchen. Ravel, Bundesamt für Konjunkturfragen.

<sup>5</sup> Quelle: SenterNovem, 2005. *Energie Innovatie Scan UMC Radboud - Kansen voor de Keuken*.

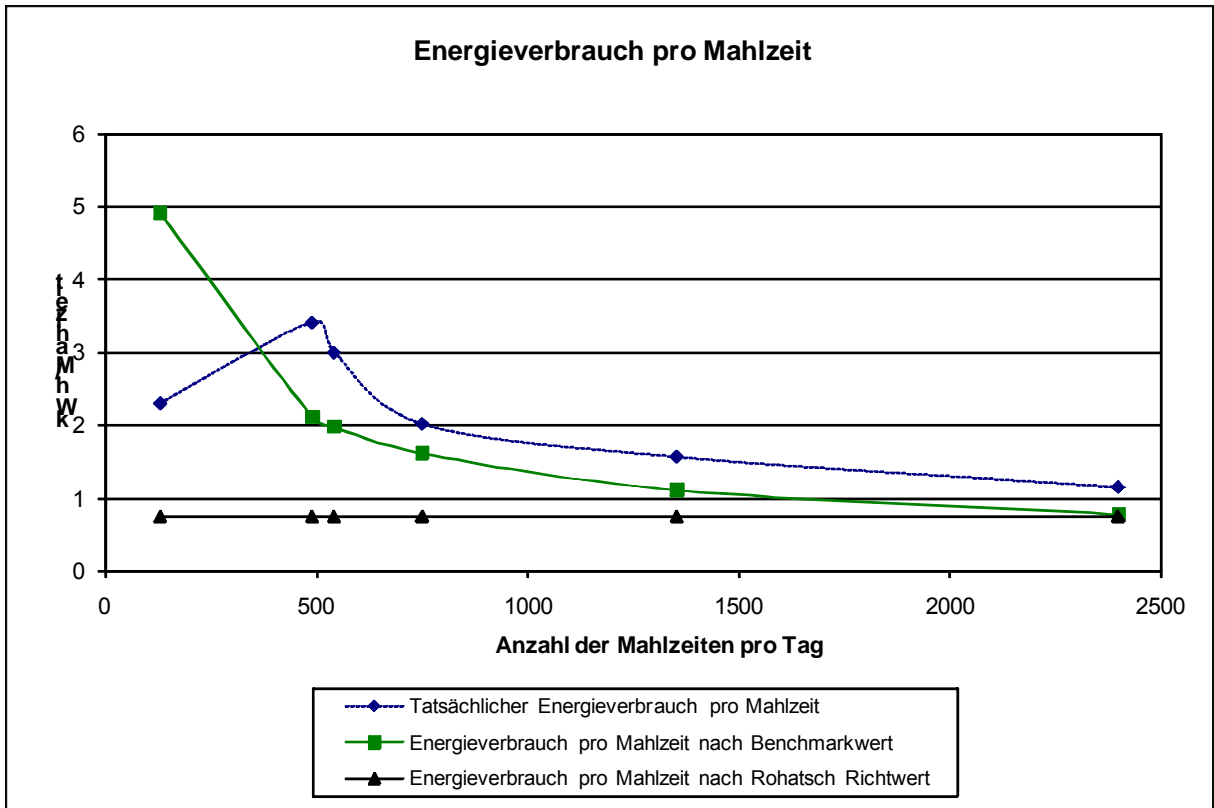


Abbildung 9: Vergleich tatsächlicher Energieverbrauch pro Mahlzeit und Richtwerte

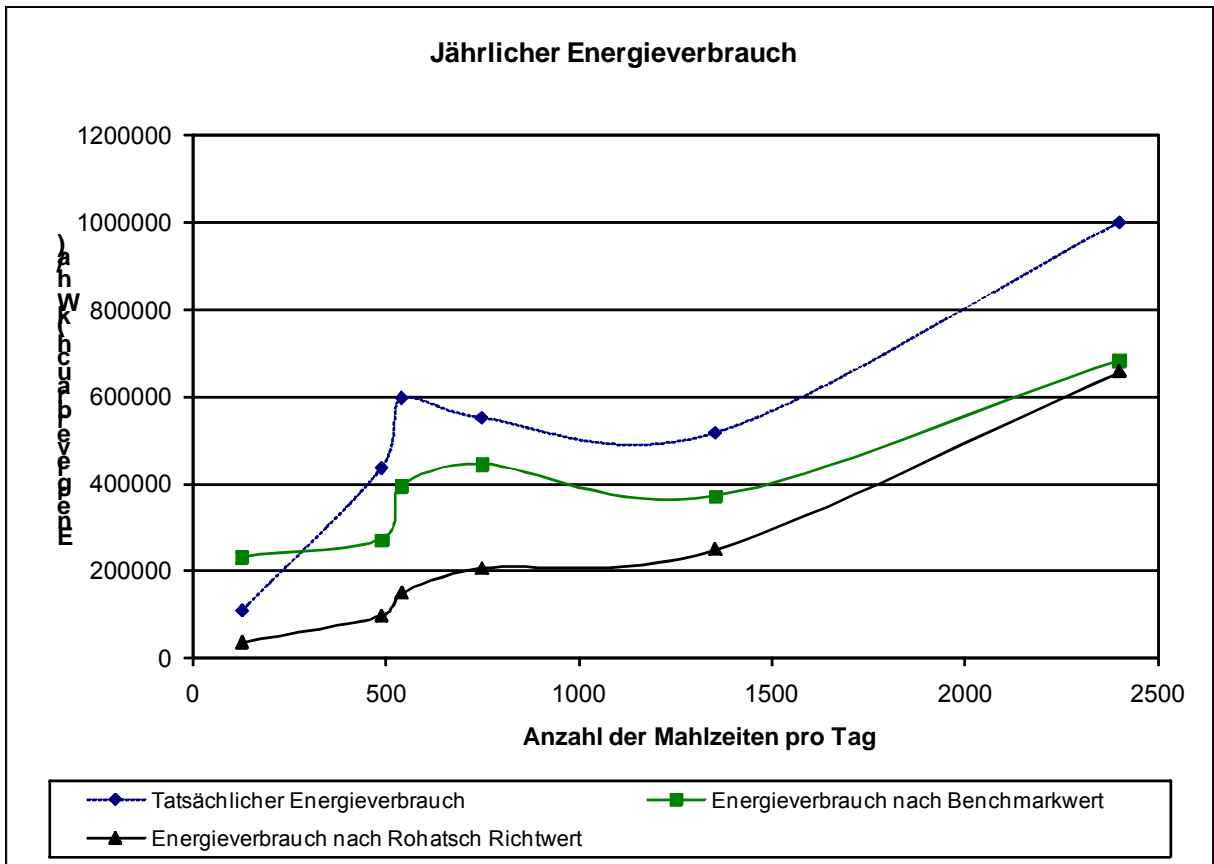


Abbildung 10: Vergleich tatsächlicher Energieverbrauch und Energieverbrauch Richtwerte



### 1.2.4 Energieverbrauchswert

Der Energieverbrauchswert nach Kleinhempel {Kleinhempel, 2004 #2606} ist eine Methode die versucht, basierend auf der Nennleistung, der Betriebszeit und dem Nutzungswirkungsgrad den Energieverbrauch der Großküchengeräte zu ermitteln (siehe Formel 3). Ein großer Vorteil dieser Methode ist der Umstand dass sich zeitaufwändige Messungen erübrigen. Der Energieverbrauchswert nach Kleinhempel ist unter anderem abhängig von dem Nutzungswirkungsgrad. Dieser ist in der Praxis leider nur schwer zu bestimmen, denn er umfasst nicht nur den Wirkungsgrad ( $\eta = P_{ab} / P_{zu}$ ) sondern auch den Einfluss der Benutzungsweise (z.B. wieviel wird zubereitet, welche Leistungsstufen werden benutzt, etc.). Basierend auf Herstellerdaten oder einer Expertenmeinung kann der Wirkungsgrad angenommen werden; dies hat zwangsweise den Nachteil dass man eine nicht näher bekannte Abweichung in Kauf nimmt.

$$(\text{Durchschnitt})\text{Energieverbrauchswert} = \frac{\text{Nennleistung} \times \text{Betriebszeit}}{24} \times \text{Wirkungsgrad}$$

Formel 3: Energieverbrauchswert

In diesem Zusammenhang bemerkt Kleinhempel dass nur durch die exakte Messungen der Energieverbrauch bestimmt werden kann. Die Unvorhersehbarkeit des Energieverbrauchswerts relativ zu dem tatsächlichen Energieverbrauch wird in der folgenden Grafik gezeigt (Abbildung 11). Hier werden Messdaten von sechs Großküchengeräten den errechneten Energieverbrauchswerten gegenüber gestellt {Perincioli, 1992 #2620}.

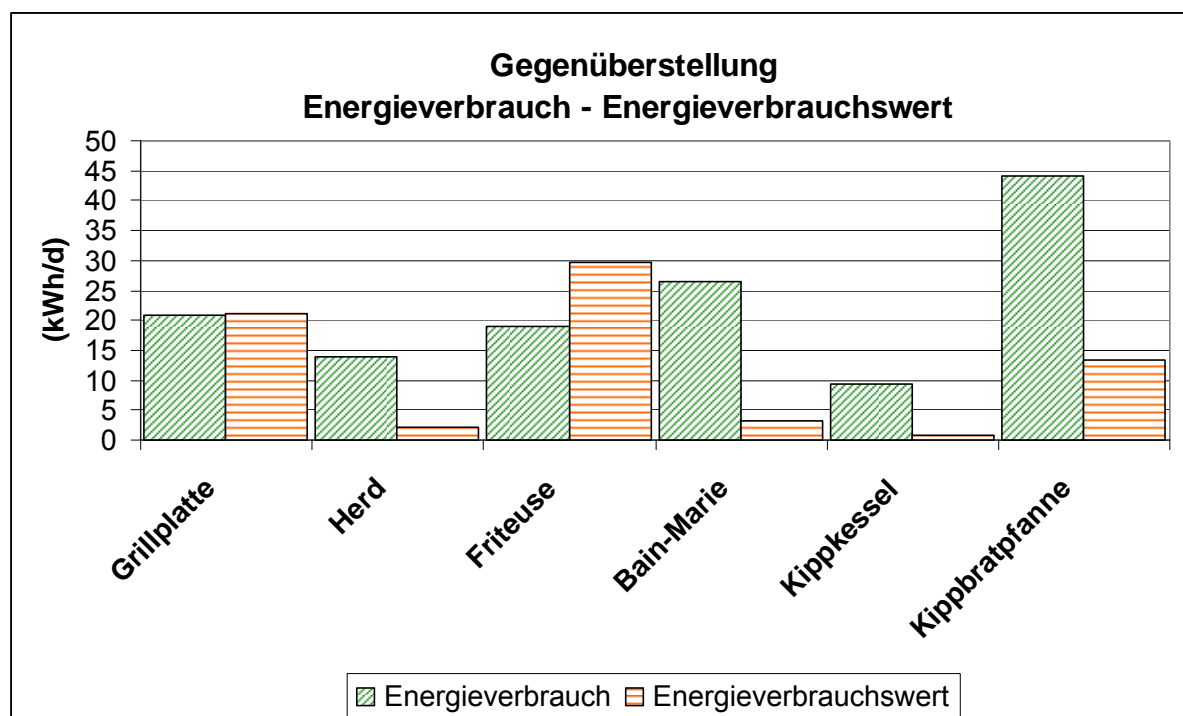


Abbildung 11: Gegenüberstellung des gemessenen Energieverbrauchs versus Energieverbrauchswert

Die Grafik (Abbildung 11) zeigt die Abweichung zwischen dem tatsächlichen Energieverbrauch und dem Energieverbrauchswert; in fünf Fällen ist die Abweichung sehr groß (9% bis 155%). Im Durchschnitt beträgt der Energieverbrauchswert 54% des Energieverbrauchs; daher ist eine zusätzliche Verifikation durchzuführen.

Eine Alternative zu dem Energieverbrauchswert ist derzeit nicht bekannt.

### 1.3 Abschätzung der CO<sub>2</sub> Emissionen

In Großküchen werden für die Produktion von Mahlzeiten verschiedene (fossile) Energieträger verwendet. Der zugehörige Umwandlungseinsatz pro Energieträger bei Verwendung von primären Energieträgern ist eindeutig, es müssen höchstens Verluste (Transportverluste, Verbrauch des Sektors Energie) dem gesamten Verbrauch zugerechnet werden um daraus die gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen ermitteln zu können (siehe die Kapitel 1.2.3 und 1.2.4). Anders verhält sich die Ermittlung des Umwandlungseinsatzes und der CO<sub>2</sub> Emissionen bei Verwendung von abgeleiteten Energieträgern (z.B. Elektrizität, Fernwärme) wo die angelieferte Energie schließlich eine umgewandelte Mischung von primären Energieträgern umfasst.

Für die Ermittlung von CO<sub>2</sub> Emissionen, die aus der Elektrizitätserzeugung resultieren, werden in den nächsten Kapiteln zwei Methoden angeführt (siehe Kapitel 1.3.1). Während die erste Methode eine genaue Berechnung der tatsächlich emittierten CO<sub>2</sub> Emissionen zum Inhalt hat verwendet die zweite Methode nationale Durchschnittswerte für die CO<sub>2</sub> Emissionen. Die zweite Methode ist eine Abschätzung und stellt einen globalen Indikator für CO<sub>2</sub> Emissionen dar. Anschließend wird eine Argumentation für die bevorzugte Methode kurz dargestellt.

#### 1.3.1 Abgeleitete Energieträger: Elektrizität

##### 1.3.1.1 CO<sub>2</sub>-Emissionen resultierend aus der Elektrizitätserzeugung – Vorschlag 1

Der Kohlenstoffgehalt von fossilen Brennstoffen ist ein Maß für Menge an CO<sub>2</sub> Emissionen die bei der Verbrennung des betreffenden Brennstoffs anfallen. Eine allgemein verwendete Abschätzungsmethode für die Treibhausgasemissionen (z.B. IPCC Referenzmethode<sup>6</sup>, EMEP/CORINAIR<sup>7</sup>) basiert auf dieser Tatsache. Sie geht in diesem Fall von Kohlenstoffgehalt des eingesetzten fossilen Brennstoffs aus um die gesamten CO<sub>2</sub> Emissionen zu schätzen. Global werden folgende Schritte durchlaufen (es sind nur jene Schritte aufgelistet die für das Projekt SUKI von Relevanz sind):

- Datenerfassung der eingesetzten Energieträger
- Konvertieren in eine normierte Energieeinheit
- Bestimmen von dem Kohlenstoffgehalt der fossilen Brennstoffen anhand von Kohlenstoff-Emissionsfaktoren.
- Bestimmen der Fraktion des Kohlenstoffs der bei Verbrennung oxidiert.
- Konvertieren von Kohlenstoff nach dem Molekulargewicht von CO<sub>2</sub>

Anhand der aus dem EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook<sup>8</sup> übernommenen Formel (siehe Formel 3 und 4) können die jährlichen CO<sub>2</sub> Emissionen ermittelt werden (siehe unten). Eine wichtige Anforderung dabei ist dass Daten über den Einsatz der primären Energieträger (Menge und Anteile), Umwandlungstechnologien (Kraftwerke, KWK-Anlagen, Heizwerke), und Anlagedaten (Emissionsfaktoren, Heizwerte) erhältlich sind.

$$E_i = EF_i \times A$$

Formel 4: Jährliche Schadstoffemissionen

<sup>6</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

<sup>7</sup> European Environment Agency, 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007

<sup>8</sup> European Environment Agency, 2007. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007, Pg. B111-32, Equation 10.

$E_i$	jährliche Emissionen von Schadstoff i
$EF_i$	Emissionsfaktor von Schadstoff i
$A$	Beschäftigungsgrad (Energieeinsatz)

$$EF_{R_{CO_2}} = \frac{44}{12} \cdot C_{C_{fuel}} \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{H_u} \cdot 10^6$$

Formel 5: Spezifischer Emissionsfaktor von CO<sub>2</sub>

$EF_{R_{CO_2}}$	Spezifische Emissionsfaktor (g/GJ)
$\frac{44}{12}$	Umrechnungsfaktor von Kohlenstoffgehalt nach dem Molekulargewicht von CO <sub>2</sub>
$C_{C_{fuel}}$	Kohlenstoffgehalt von dem Brennstoff (Masse C/Masse Brennstoff)
$\varepsilon$	Fraktion oxidierte Kohlenstoff
$H_u$	Heizwert von dem Brennstoff (MJ/kg)

Die oben angeführten Variablen können starke Abweichungen zeigen<sup>9</sup>. Die Verwendung von spezifischen Brennstoff- und Technologiedaten werden in großem Maße an der Genauigkeit der berechnete CO<sub>2</sub> Emissionen beitragen. Die Bestimmung der Heizwerte, der Emissionsfaktoren und der Fraktion oxidierten Kohlenstoff soll vorzugsweise auf Daten von Energielieferanten und Anlagenbetreiber basieren. Wenn die betreffenden Daten nicht auf diese Art und Weise erhältlich sind können sonstige Quellen wie die „Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories“, das „EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007“, oder der im April 2009 veröffentlichte „National Inventory Report 2009“ von dem Umweltbundesamt herangezogen werden.

### 1.3.1.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen resultierend aus der Elektrizität – Vorschlag 2

Eine alternative Methode mit der die CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeschätzt werden können bietet der Bericht über die Stromkennzeichnung {Energie Control, 2008 #2613}. Die für die Elektrizitätserzeugung eingesetzten primären Energieträger werden global abgeschätzt wobei ein Unterschied zwischen der Elektrizität von unbekannter und bekannter Herkunft gemacht wird. Im Jahr 2007 betrug der Anteil der Elektrizität aus unbekannter Herkunft 20,03% der gesamten erzeugten Elektrizität {Energie Control, 2008 #2613}. Elektrizität aus bekannten Energieträgern beinhaltete erneuerbare Energieträger (60,44%), fossile Energieträger (19,15%) und sonstige Primärenergieträger (0,38%). In der Tabelle 2 ist eine Übersicht der Stromkennzeichnung gemäß §45 EIWOG für 2007 dargestellt {Energie Control, 2008 #2613}.

Eine Abschätzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Elektrizitätserzeugung mit unbekannter Herkunft verursacht wird, kann anhand des UCTE-mix (Union für die Koordinierung des Transportes elektrischer Energie) äquivalent zu den gesetzlichen Bestimmungen für die Stromkennzeichnung in Österreich abgegeben werden (§ 45a Abs 3, zweiter Satz EIWOG) {Energie Control, 2008 #2613}. Für das Jahr 2007 weist die UCTE folgenden Erzeugungsmix für Elektrizität aus:

- 11,28% Wasserkraft
- 53,96% fossile Brennstoffe

<sup>9</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual*.

- 29,12% nukleare Energie
- 5,33% sonstige erneuerbare Energie
- 0,31% Sonstige

Tabelle 2: Stromkennzeichnung Österreichs gemäß § 45 EIWOG für 2007 und Umweltauswirkungen

Stromkennzeichnung gemäß § 45 EIWOG für 2007	Anteil (%)	CO <sub>2</sub> (g/kWh)	Radioaktiver Abfall (g/kWh)
<b>Bekannte erneuerbare Energieträger</b>	<b>60,44</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Wasserkraft	52,72	0	0
Feste oder flüssige biogene Stoffe	3,27	0	0
Windenergie	3,45	0	0
Sonstige Ökoenergie	1,00	0	0
<b>Bekannte fossile Energieträger</b>	<b>19,15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Erdgas	11,73	440	0
Erdöl und dessen Produkte	0,89	645	0
Kohle	6,53	882	0
<b>Bekannte Nuklearenergieträger</b>	<b>0,00</b>	<b>0</b>	<b>0,0027</b>
<b>Bekannte sonstige Primärenergieträger</b>	<b>0,38</b>	<b>650</b>	<b>0</b>
<b>Unbekannte Herkunft (UCTE-Mix)</b>	<b>20,03</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Wasserkraft	11,28	0	0
Fossile Brennstoffe	53,96	840	0
Nukleare Energie	29,12	0	0,0027
Sonstige erneuerbare Energieträger	5,33	0	0
Sonstige	0,31	840	0
<b>Summe</b>	<b>100</b>		

Quelle: {Energie Control, 2008 #2613}

Es können daher CO<sub>2</sub>-Emissionen anhand der Durchschnittswerte aus der Tabelle 2 einfach ermittelt werden unter der Voraussetzung dass Daten über die eingesetzten primären Energieträger erhältlich sind. Eine weitere Vereinfachung ist einen allgemeinen Durchschnittswert von 207,83 g CO<sub>2</sub>/kWh für den gesamten Energieverbrauch zu verwenden. {Energie Control, 2008 #2613}. Dieser Wert ist aus der obenstehenden Tabelle anteilmäßig ermittelt worden.

### 1.3.1.3 Wahl der Abschätzungsmethode von CO<sub>2</sub> Emissionen - Elektrizität

Die angeführte Methode in Kapitel 1.3.1 bietet die Möglichkeit, jene CO<sub>2</sub>-Emissionen zu quantifizieren, die durch den Energieverbrauch der betreffenden Großküchen verursacht werden. Die Erfassung der Daten ist ein sehr zeitaufwändiger Arbeitsschritt. Für das Projekt SUKI ist ein Referenzwert für die CO<sub>2</sub>-Emissionen notwendig um ein Reduktionspotenzial von CO<sub>2</sub> Emissionen darzustellen. Ob dieser Referenzwert genau bestimmt wird (nach Vorschlag 1) oder mit Durchschnittswerten (nach Vorschlag 2) bestimmt wird ist nicht relevant. Der Grund dafür liegt in der Tatsache dass es im Projekt SUKI um Einsparungspotenziale von CO<sub>2</sub> Emissionen geht, also um eine Differenz zur Ausgangslage. Es ist daher statthaft, für die Berechnung der CO<sub>2</sub> Emissionen Durchschnittswerte zu verwenden (nach Vorschlag 2) und dabei anzumerken dass es sich um Durchschnittswerte handelt und nicht um die exakten Mengen von CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zusätzlich ist es empfehlenswert, einen repräsentativen sowie einen Durchschnittswert für CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verwenden, sodass sich die Untersuchungsergebnisse auf andere Küchen angewendet werden können. Wenn eine Küche beispielsweise 100 % der Elektrizität aus erneuerbarer Energie bezieht sind auf dem Sektor Elektrizität keine CO<sub>2</sub> Reduktionsmaßnahmen möglich. Elektrizität aus erneuerbaren Energieträgern ist im Prinzip CO<sub>2</sub> neutral. Entkoppelt von den CO<sub>2</sub>-Emissionen ist auch die Ener-

gieeffizienz ein wichtiges Thema für Großküchen (Energiekostenreduzierung). Aus diesem Grund wird ein repräsentativer Durchschnittswert gegenüber einer genauen Wiedergabe der tatsächlichen CO<sub>2</sub> Emissionen pro Küche bevorzugt.

### 1.3.2 Abgeleitete Energieträger: Fernwärme

Wie die Elektrizität ist Fernwärme eine abgeleitete Energieart. Sie wird aus einer Mischung von primären Energieträgern bezogen (siehe Abbildung 12). Einen Durchschnittswert für emittiertes CO<sub>2</sub> pro generierte Energieeinheit Fernwärme äquivalent zur Elektrizität (siehe Kapitel 1.3.1.2 (Elektrizität - Vorschlag 2)) ist für Fernwärme nicht verfügbar. Deswegen ist eine umfangreichere Annäherungsweise notwendig, die ähnlich zu der beschriebenen Methode in Kapitel 1.3.1.1 ist (Elektrizität – Vorschlag 1). Die Abschätzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch die Fernwärmeerzeugung verursacht werden, umfasst folgende Schritte:

1. Feststellen von dem Erzeugungsmix sowie den Anteilen von primären Energieträgern.
2. Aufgliedern von Aggregaten zu Partikulären und Bestimmen der Eigenschaften, des Kohlenstoff-Emissionsfaktors und der Fraktion oxidierter Kohlenstoff.
3. Bestimmen von repräsentativen oder Durchschnittswerten für die Partikuläre
4. Bestimmen von CO<sub>2</sub>-Emissionen von dem Fernwärme Erzeugungsmix

#### 1.3.2.1 Schritt 1: Feststellen Erzeugungsmix

Die Basisdaten für Energiearten und Mengen die zur Erzeugung von Fernwärme für diesen Zweck aufgewendet werden sind aus den Energiebilanzen für Österreich entnommen. {Statistik Austria, 2009 #2614} Die Abbildung 12 zeigt die Anteile primärer Energieträger die für die Erzeugung von Fernwärme verwendet werden. Die Anteile sind über den Umwandlungsausstoß berechnet worden und beinhalten nur EVU (Energieversorgungsunternehmen), KWK-Anlagen und Heizwerke.

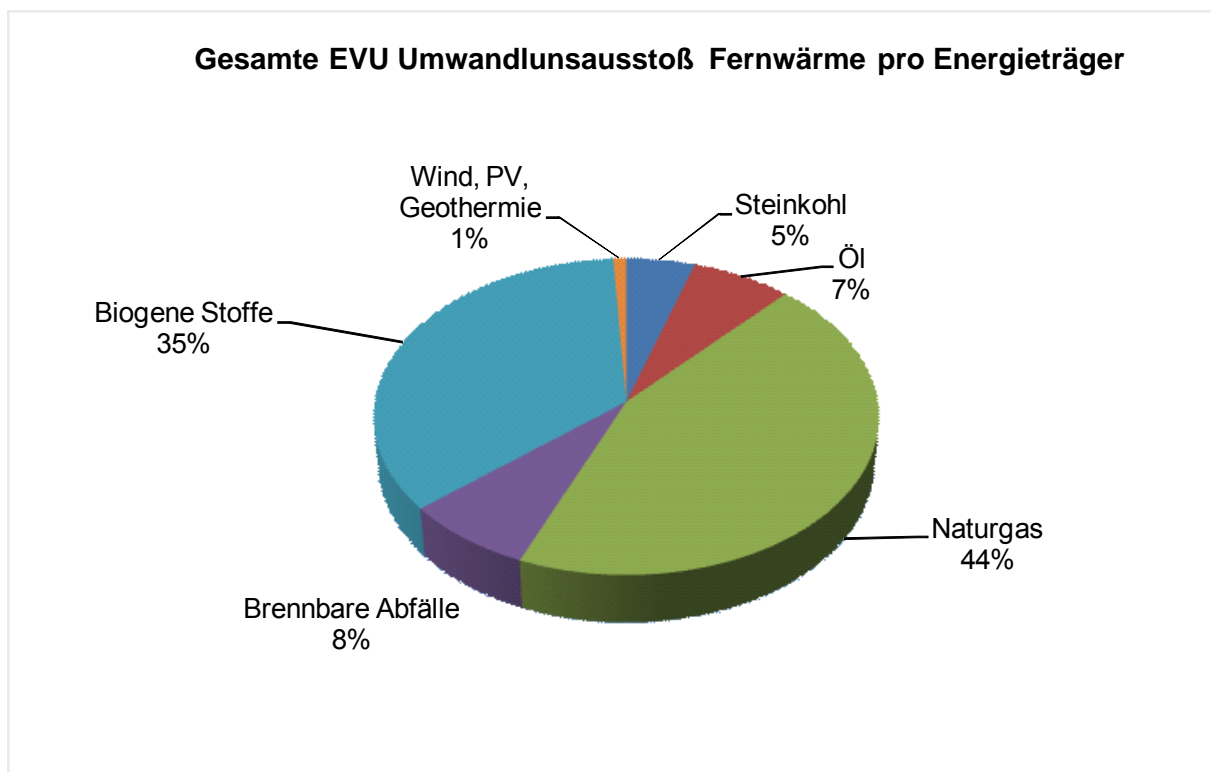


Abbildung 12: Verwendete Energiearten für Fernwärme in Österreich 2007

### 1.3.2.2 Schritt 2: Aufgliederung der Energieträgeraggregate

Die Kategorien Steinkohle, Öl, Brennbare Abfälle und biogene Stoffe sind Aggregate wobei die entsprechenden Partikuläre unterschiedliche Eigenschaften besitzen und die Menge der CO<sub>2</sub> Emissionen beeinflusst. In der untenstehenden Tabelle 3 sind die Aufgliederungen und Energieträger bezüglich der Eigenschaften aufgelistet.

#### Steinkohle

Das Steinkohleaggregat besteht aus Anthrazit, Koks-kohle, sonstige Steinkohle und Steinkohle-briketts {Statistik Austria, 2009 #2612}. Die Energiebilanz ergibt keine weitere Aufgliederung des Steinkohleaggregats. Daher werden CRF Daten (*Common Report Format for the provision of inventory information by Annex I Parties to the UNFCCC*, Table 1.A(b)) verwendet um eine Abschätzung zu ermöglichen. Den größte Anteil stellen sonstige Steinkohle und Koks-kohle dar, die zusammen knapp 97% betragen. Der Kohlenstoff-Emissionsfaktor der beiden Steinkohlen ist gleich 25,8 t C/TJ, die übrigen Kohlenstoff-Emissionsfaktoren sind nah zu ident.

Tabelle 3: Aufgliederung Steinkohleaggregat

Steinkohleaggregat: Partikuläre	Anteil (%)	Kohlenstoff Emission Faktor (t C/TJ)	Fraktion oxidierte Kohlenstoff
Anthrazit	2,12	26,8	0,98
Koks-kohle	44,13	25,8	0,98
Sonstige Steinkohle	52,41	25,8	0,98
Steinkohlenbriketts	1,34	25,8	0,98

Quelle: Austria's National Inventory Report 2008; Common Report Format for the provision of inventory information by Annex I Parties to the UNFCCC, Table 1.A(b); Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

#### Öl

Das Öl-aggregat besteht aus zehn Partikulären wovon vier für die Fernwärme relevant sind (Diesel, Gasöl für Heizzwecke, Heizöl, und Flüssiggas). Die Aufgliederung ist aus der Energiebilanz für Österreich abzulesen und in der unterstehenden Tabelle 4 wiedergegeben. Die Tabelle zeigt dass für die Erzeugung von Fernwärme hauptsächlich Heizöl eingesetzt wird.

Tabelle 4: Aufgliederung Öl-aggregat

Öl-aggregat: Partikuläre	Anteil (%)	Kohlenstoff Emission Faktor (t C/TJ)	Fraktion oxidierte Kohlenstoff
Diesel	0,12	20,2	0,99
Gasöl für Heizzwecke	1,75	20,2	0,99
Heizöl	98,09	20,2	0,99
Flüssiggas	0,04	17,2	0,99

Quelle: Energiebilanzen Österreich; Austria's National Inventory Report 2008; Common Report Format for the provision of inventory information by Annex I Parties to the UNFCCC, Table 1.A(b); Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

### 1.3.2.3 Schritt 3: Bestimmen repräsentativer oder Durchschnittswerte

Für die übrigen Brennstoffaggregate aus der Energiebilanz (Brennbare Abfälle und biogene Stoffe) ist es nicht möglich eine Aufgliederung anzugeben. Für die biogenen Stoffe, die einen

wichtigen Anteil der eingesetzten primären Energieträger für die Fernwärmeerzeugung ausmachen (35%), sind Werte für ‚Solid Biomass‘ aus dem vorher erwähnten CRF entnommen worden. Brennbare Abfälle tragen 8% an der Fernwärmeerzeugung bei. Die Literatur ergab keinen weiteren durchschnittlichen Kohlendioxid-Emissionsfaktoren. Zwischenzeitlich kann beispielsweise ein provisorischer Durchschnittswert für biogene Stoffe alleine oder für den gesamten Fernwärme Erzeugungsmix angenommen werden. Ein Beispiel: ein gewichteter Durchschnittswert basiert auf die Anteile der primären Energieträger, dem Kohlendioxid-Emissionsfaktor, der Fraktion oxidierten Kohlenstoff und wird um 8,7% erhöht um die Datenlücke von brennbaren Abfälle zu reduzieren. Diese Annäherung ergibt ein Durchschnittswert von 21,6 Tonnen Kohlenstoff pro Terajoule produzierte Fernwärme (siehe Tabelle 5). Die gleiche Methode wird für die Berechnung der Fraktion oxidierten Kohlenstoff und der Wirkungsgrade verwendet wobei immer der Durchschnittswert herangezogen wird basierend auf dem Anteil der Energieträger für die Fernwärmeerzeugung. Dabei wird unterschieden zwischen den verwendeten Erzeugungstechnologien, den KW-Anlagen und den Heizwerken unter Berücksichtigung der unterschiedliche Wirkungsgrade.

Tabelle 5: Primäre Energieträgerdaten für Fernwärmeerzeugung

Energieträger	Anteil (%)	Kohlenstoff Emissionen Faktor (t C/TJ)	Fraktion oxidierte Kohlenstoff	Wirkungsgrad (%)
Steinkohle	5	25,8	0,98	75
Öl	7	20,2	0,99	77
Naturgas	44	15,3	1,00	79
Brennbare Abfälle	8			77
Biogene Stoffe	35	29,9	0,88	80
Wind, PV, Geothermie	1	0,00	0,00	100
<b>Durchschnittswert</b>		<b>21,6</b>	<b>0,94</b>	<b>79</b>

Quelle: Energiebilanzen Österreich 2007; Austria's National Inventory Report 2008; Common Report Format for the provision of inventory information by Annex I Parties to the UNFCCC, Table 1.A(b) – Inventory 2006; Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Wie bei dem Durchschnittswert für die Elektrizitätserzeugung können auch die oben angeführten Werte nicht genau die tatsächliche Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen angeben, denn sie basieren auf Durchschnittswerte aus der Energiebilanz und der Literatur. Berechnete Werte sollten deshalb nicht als absolute Werte verstanden werden. Sie sind aber Referenzwerte die als Basis dienen können um eine Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen zu quantifizieren.

#### 1.3.2.4 Schritt 4: Berechnen der CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Fernwärme Erzeugungsmix

Anhand eines Beispiels wird die Ermittlung von CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Fernwärme Erzeugung dargestellt. Eine Küche verbraucht pro Jahr 500 MWh Fernwärme. Der berechnete durchschnittliche Kohlenstoff-Emissionsfaktor liegt bei 21,6 t C/TJ, der Anteil des durchschnittlich oxidierten Kohlenstoffs beträgt 0,94; der Wirkungsgrad ist mit 79% angegeben (siehe Tabelle 5):

1. Im ersten Schritt sind die Verluste der Energieverbraucher zuzurechnen: 500MWh x 108,7% = 543,5 MWh
2. Der in m<sup>3</sup> angegebene Gasverbrauch wird anhand des Heizwerts in eine normierte Energieeinheit konvertiert: 543,5 MWh = 1,96 TJ.
3. Mit Hilfe eines durchschnittlichen Wirkungsgrads für KW-Anlagen und Heizwerken wird der notwendige Umwandlungseinsatz berechnet: 1,96 TJ x (1/79%) = 2,48 TJ
4. Im folgenden Schritt wird unter Einbeziehung des Emissionsfaktors der Kohlenstoffgehalt berechnet: 2,48 TJ x 21,6 t C/TJ = 53,5 t C

5. Anschließend wird der Anteil des oxidierten Kohlenstoffs berechnet:  $53,5 \text{ t C} \times 0,94 = 50,3 \text{ t C}$
6. Am Ende wird das gesamte Molekulargewicht von  $\text{CO}_2$  berechnet:  $50,3 \text{ t C} \times (44/12) = 184,4 \text{ t CO}_2$

### 1.3.3 Primäre Energieträger: Gas und Öl

Die Ermittlung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen die durch primäre Energieträger wie Öl und Gas verursacht werden beruht auf die in Kapitel 1.3.1.1 angeführten Formeln 3 und 4. Der Energieeinsatz (A) umfasst den Endverbrauch, die Transportverluste und den Verbrauch des Sektors Energie. Diese Daten können direkt aus der Energiebilanz für Österreich übernommen werden und in Tabelle 6 dargestellt. Die Kohlenstoff-Emissionsfaktoren für die entsprechenden Energieträger sowie der Anteil des oxidierten Kohlenstoffs in der Tabelle 6 sind Durchschnittswerte aus der Literatur (Austria's National Inventory Report, Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories etc.) wobei diese Werte nicht die Geräte- oder Brennstoffspezifischen Eigenschaften widerspiegeln.

Tabelle 6: Daten für Naturgas und Öl zur Berechnung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen

Energieträger	Heizwert	Kohlenstoff Emissionen Faktor (t C/TJ)	Fraktion oxidierte Kohlenstoff	Gesamt Verluste (%)
<b>Naturgas</b>	<b>0,0365 GJ/m<sup>3</sup>*</b>	<b>15,3</b>	<b>1,00</b>	<b>6,23</b>
<b>Öl**</b>	-	-	-	<b>6,05</b>
<i>Diesel</i>	<i>42,8 GJ/t</i>	<i>20,2</i>	<i>0,99</i>	<i>0,00</i>
<i>Gasöl für Heizzwecke</i>	<i>42,8 GJ/t</i>	<i>20,2</i>	<i>0,99</i>	<i>0,00</i>
<i>Heizöl</i>	<i>41,9 GJ/t</i>	<i>20,2</i>	<i>0,99</i>	<i>35,60</i>
<i>Flüssiggas</i>	<i>46,0 GJ/t</i>	<i>17,2</i>	<i>0,99</i>	<i>14,25</i>
<b>Mittelwert</b>	<b>43,4 GJ/t</b>	<b>19,45</b>	<b>0,99</b>	-

Quelle: Energiebilanzen Österreich 2007; Austria's National Inventory Report 2008; Common Report Format for the provision of inventory information by Annex I Parties to the UNFCCC, Table 1.A(b); Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

\* Der angegebene Heizwert korreliert mit dem energetischen Endverbrauch statt mit dem Umwandlungsausstoß, deshalb ergibt sich eine Abweichung mit dem oben erwähnten Heizwert

\*\* Öl stellt ein Aggregat von verschiedene Ölartern, Diesel, Heizöl, etc. dar; daher ist kein Heizwert, Emissionsfaktor oder Fraktion oxidierte Kohlenstoff angegeben.

Ein Rechenbeispiel soll diese Tatsache verdeutlichen. Eine Küche verbraucht pro Jahr  $100 \text{ m}^3$  Naturgas. Der Heizwert beträgt  $0,0365 \text{ GJ/m}^3$ , der Kohlenstoffemissionsfaktor  $15,3 \text{ t C/TJ}$ , und der Anteil oxidiertes Kohlenstoff  $1,0$ :

- Im ersten Schritt sind die Verluste der Energieverbraucher zuzurechnen:  $100 \text{ m}^3 \times 106,23\% = 106,23 \text{ m}^3$
- Der in  $\text{m}^3$  angegebene Gasverbrauch wird anhand des Heizwerts in eine normierte Energieeinheit konvertiert:  $106,23 \text{ m}^3 \times 0,0365 \text{ GJ/m}^3 = 3,88 \text{ GJ} (=0,00388 \text{ TJ})$ .
- Im folgenden Schritt wird unter Einbeziehung des Emissionsfaktors der Kohlenstoffgehalt berechnet:  $0,00388 \text{ TJ} \times 15,3 \text{ t C/TJ} = 0,0593 \text{ t C}$
- Anschließend wird der Anteil des oxidierten Kohlenstoffs berechnet:  $0,0593 \text{ t C} \times 1 = 0,0593 \text{ t C}$
- Am Ende wird das gesamte Molekulargewicht von  $\text{CO}_2$  berechnet:  $0,0593 \text{ t C} \times (44/12) = 0,217 \text{ t CO}_2$



Wie bei der Berechnung von CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund der Erzeugung von Elektrizität reicht ein auf der gleichen Methode basierender Referenzwert aus um den Energieverbrauch zu vergleichen und eine Reduktion von CO<sub>2</sub> Emissionen zu quantifizieren. Aus diesem Grund ist die Verwendung von Durchschnittswerten zu rechtfertigen. Wenn der Vergleich oder die Quantifizierung ergeben sollte dass ein oder mehrere Geräte nicht energieeffizient sind können für diese Alternativen angegeben werden.

### 1.3.4 CO<sub>2</sub> Emissionen verursacht durch den Transport

Das „Handbook Emission Factors for Road Transport“ (HBEFA) gibt Emissionsfaktoren für die momentan in Umlauf befindlichen Fahrzeugkategorien für Deutschland, der Schweiz und Österreich an. Die Emissionsfaktoren wurden einerseits anhand von umfangreichen Messungen von Emissionen und andererseits aufgrund von Untersuchungen des Fahrverhaltens bestimmt. In den untenstehenden Tabellen (7 und 8) sind Daten für leichte und schwere Nutzfahrzeugen angegeben (online HBEFA Version 2.1). Aufgrund des Kraftstoffverbrauchs aus Tabelle 7 kann anhand der Formel 6 der gesamte Energieverbrauch der eingesetzten Transportmittel ermittelt werden. Daher können für die Berechnung von CO<sub>2</sub> Emissionen die in Tabelle 8 angegebenen CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren benützt werden.

Formel 6: Berechnung des Energieverbrauchs eines Transportmittels

$$E_{\text{Verbrauch}} = A \times K_{\text{Verbrauch}} \times H_U$$

$E_{\text{Verbrauch}}$  : Energieverbrauch (TJ)

$A$  : Zurückgelegte Kilometer (km)

$K_{\text{Verbrauch}}$  : Kraftstoffverbrauch (kg/km)

$H_U$  : Heizwert (TJ/kg)

Tabelle 7: Kraftstoffverbrauch für leichte und schwere Nutzfahrzeuge

Land	Jahr	Fahrzeugkategorie	Kraftstoff	Kraftstoffverbrauch	Einheit
AT	1990	LI/LNF	D	94,505	[g/FzKm]
AT	1990	SNF	D	271,79	[g/FzKm]
AT	1995	LI/LNF	D	89,495	[g/FzKm]
AT	1995	SNF	D	252,831	[g/FzKm]
AT	2000	LI/LNF	D	88,046	[g/FzKm]
AT	2000	SNF	D	228,695	[g/FzKm]
AT	2005	LI/LNF	D	86,549	[g/FzKm]
AT	2005	SNF	D	223,246	[g/FzKm]

Quelle: [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)

Tabelle 8: CO<sub>2</sub> Emissionen für leichte und schwere Nutzfahrzeuge

Land	Jahr	Fahrzeugkategorie*	Schadstoff	Kraftstoff	Emissionsfaktor	Einheit
AT	1990	LI/LNF	CO <sub>2</sub>	D	297,689	[g/FzKm]
AT	1990	SNF	CO <sub>2</sub>	D	856,137	[g/FzKm]
AT	1995	LI/LNF	CO <sub>2</sub>	D	281,911	[g/FzKm]
AT	1995	SNF	CO <sub>2</sub>	D	796,417	[g/FzKm]
AT	2000	LI/LNF	CO <sub>2</sub>	D	277,345	[g/FzKm]

## Methoden

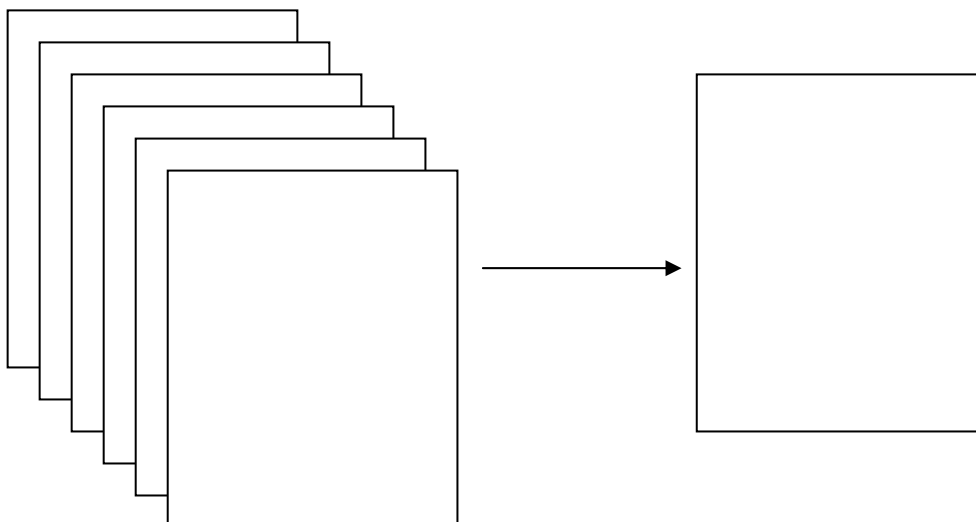
AT	2000	SNF	CO2	D	720,389	[g/FzKm]
AT	2005	LI/LNF	CO2	D	272,63	[g/FzKm]
AT	2005	SNF	CO2	D	703,225	[g/FzKm]

Quelle: [www.hbefa.net](http://www.hbefa.net)

- \* LI/LNF: Lieferwagen / Leichtes Nutzfahrzeug
- SNF: Schweres Nutzfahrzeug

## 1.4 Datenverarbeitung

- Eine Excel Datei je Fragebogen
- Die Daten jeder Küche werden auf einem separaten Tabellenblatt erfasst, die Daten stammen aus dem Fragebogen und umfassen für:
  - den Energieverbrauch: Bezeichnung der Großküche, Betreffende Energieträger, Betreffende Bereiche, der Energieverbrauch, die Kosten, Betriebsart, Anzahl Produktionstage pro Jahr, Anzahl produzierter Mahlzeiten pro Tag, Transportdaten, und Daten über den Energielieferanten.
  - die Großküchengeräte: Nummer, Bezeichnung der Großküche, Bereich, Gruppenbezeichnung, Gerätebezeichnung, Hersteller, Typ, Energieträger, Nennleistung, Betriebszeit, Wirkungsgrad, Gefühlsmäßig hoher Energieverbrauch und der gemessene Energieverbrauch
- In einem zusätzlichen Tabellenblatt werden die Küchendaten zusammengefasst und Kennzahlen ermittelt. Die ermittelten Werte umfassen für:
  - den Energieverbrauch: Bezeichnung der Großküche, Gesamtenergieverbrauch, Energieverbrauch pro Bereich, Energieverbrauch pro Mahlzeit und der Energieverbrauch Benchmarkwert.
  - die Großküchengeräte: Bezeichnung der Großküche, Gesamter Anschlusswert, Anschlusswert pro Bereich, Anschlusswert pro Gruppenbezeichnung, Geschätzter Energieverbrauch pro Bereich, Gemessener Energieverbrauch pro Bereich
- Zusätzlich zu den Energieverbrauch Tabellenblättern wird ein Tabellenblatt mit energie-spezifischen Daten aufgenommen damit die Energiewerte und CO2 Emissionen ermittelt werden können.



# Anhang

## Anhang 1: Parameter und Zweck des Fragebogens

	Parameter	Zweck
Fragebogen Energieverbrauch	Daten Energielieferant pro Energieträger	Für Nachfrage Energiemix und energiespezifische Daten
	Gesamtenergieverbrauch pro Energieträger	Referenzwert und Berechnung der Energieeffizienz Kennzahlen
	Energieverbrauch pro Bereich	Energieverbrauchsstruktur darstellen und Bestimmen der Großenergieverbraucher
	Kosten	Zur Ermittlung der finanziellen Einsparungsmöglichkeiten
	Betriebsart (Frischkost, Kochen & Kühlen)	zur Gegenüberstellung der verschiedene Betriebsarten und Bestimmung welche am energieeffizientesten ist
	Anzahl Produktionstage pro Jahr	Für die Berechnung Energieeffizienz Kennzahlen
	Durchschnitt der produzierten Mahlzeiten	Für die Berechnung Energieeffizienz Kennzahlen
	Gesamt	
	Frühstück	
	Mittagessen	
	Abendessen	
	Kalte Mahlzeiten Mittag	
	Kalte Mahlzeiten Abend	
	Transport	Bestimmen des Einflusses vom Transport auf den Energieverbrauch und schließlich den CO2 Emissionen
	Innerbetrieblich	
	Anzahl Speisetransportwägen	
	Anzahl der transportierten warmen Mahlzeiten	
	Anzahl der transportierten kalten Mahlzeiten	
	Außerbetrieblich	
	Transportmittel	
Zurückgelegte Kilometer		
Anzahl Speisetransportwägen		
Anzahl der transportierten warmen Mahlzeiten		
Anzahl der transportierten kalten Mahlzeiten		
Fragebogen Energieverbrauch Großküchengeräte	Gemessener Energieverbrauch pro Gerät	Genauere Energieverbrauchsstruktur darstellen und Bestimmen der Großenergieverbraucher
	Herstellerdaten pro Großküchengerät	zur Abschätzung des Energieverbrauchs pro Großküchengerät
	Hersteller	
	Typ	
	Energieträger (z.B. Elektrizität, Gas, Öl)	
	Stück	
	Nennleistung	
	Betriebszeit	
	Wirkungsgrad	
Gefühlsmäßig hoher Energieverbrauch	Subjektiver Indikator (Angaben des Küchenpersonals und wie passen diese Werte mit dem tatsächlichen Energieverbrauch zusammen)	
Energiespezifische Daten	Energiespezifische Daten	Zur Berechnung der CO2 Emissionen
	Nationaler Energieerzeugungsmix / Spezifischer Energieerzeugungsmix	Anteilen der primären Energieträger bei der Erzeugung von abgeleiteten Energieträgern (z.B. Elektrizität, Fernwärme)
	Durchschnittlicher CEF* / Spezifischer CEF	Kohlenstoff-Emissionsfaktor zur Berechnung der Menge Kohlenstoff pro erzeugte Energieeinheit
	Durchschnittliche $\epsilon$ / Spezifische $\epsilon$	Anteil des oxidierten Kohlenstoffs zur Berechnung der CO2 Emissionen
	Durchschnittlicher $H_u$ / Spezifischer $H_u$	Zur Umrechnung von Energieeinsatz in Gewicht oder Masse in abgegebene Energie in Joule
	Durchschnittlicher Wirkungsgrad Umwandlungstechnologie / Spezifischer Wirkungsgrad Umwandlungstechnologie	Zur Bestimmung der Effizienz Umwandlungstechnologie

## Anhang

Durchschnittlicher Umwandlungseinsatz / Spezifischer Umwandlungseinsatz	Zur Bestimmung der Effizienz Umwandlungstechnologie und Hochrechnung für die Berechnung der CO2 Emissionen
Durchschnittlicher Umwandlungsausstoß / Spezifischer Umwandlungsausstoß	Zur Bestimmung der Effizienz Umwandlungstechnologie und Hochrechnung für die Berechnung der CO2 Emissionen
Durchschnittliche Transportverluste / Spezi- fische Transportverluste	Für die Berechnung der CO2 Emissionen
Durchschnittsverbrauch des Sektors Ener- gie / Spezifischer Verbrauch des Sektors Energie	Für die Berechnung der CO2 Emissionen

## Anhang 2: Praxis Beispiele der Energieeffizienz von sechs Großküchen

	Küchen					
	Altenheim (CH)	Hospital (SK)	Hospital (CH)	Hospital (NL)	Company (SK)	Hospital (DE)
Anzahl Mahlzeiten pro Jahr	47085	127890	197830	273750	331730	876000
Anzahl der Betriebstage pro Jahr	365	261	365	365	245	365
Anzahl der Speisen pro Tag	129	490	542	750	1354	2400
Tatsächliche Energieverbrauch	109000	437000	597000	551667	517400	1000000
Tatsächliche Energieverbrauch pro Mahlzeit	2,3	3,41	3	2,02	1,56	1,14
Energieverbrauch pro Mahlzeit nach Benchmarkwert	4,91	2,12	1,99	1,62	1,12	0,78
Energieverbrauch nach Benchmarkwert	231420	271145	393606	443869	370727	682591
Energieverbrauch: Faktor Tatsächlich / Benchmarkwert	0,5	1,6	1,5	1,2	1,4	1,5
Energieverbrauch nach Rohatsch Richtwert	35314	95918	148373	205313	248798	657000
Energieverbrauch: Faktor Tatsächlich / Rohatsch Richtwert	3,1	4,6	4,0	2,7	2,1	1,5
Energieverbrauch pro Mahlzeit nach Rohatsch Richtwert	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

**Anhang 3: Typische Großküchengeräte**

mit zugehörigen Anschlusswerten und Energieverbrauchswerten – aus Kleinhempel {2004}

Gerät	Typ	Anschlusswerte (kW)		Energieverbrauchswerte (kWh/d)	
Herd	Elektro	5	21	1,05	4,4
Herd	Induktion	10	20	0,8	1,6
Herd	Gas	8,5	37	1,9	8,4
Heißluftdämpfer	Elektro	10	63	1,04	6,6
Heißluftdämpfer	Gas	9	120	1,07	14,3
Kochkessel	Elektro	9	32	1,6	5,7
Kochkessel (Elektroschnellkochkessel)	Elektro	11	24	1,4	2,9
Kochkessel (Elektrodruckkochkessel)	Elektro	16	54		
Kochkessel	Gas	21	58	5,25	14,5
Kochkessel (Gasschnellkochkessel)		10	21	1,6	3,5
Kochkessel (Gasdruckkochkessel)		21	58		
Schnellkochkessel					
Druckdämpfer					
Kippbratpfanne	Elektro	7,2	16	3	6,6
Kippbratpfanne	Gas	8	20	4	10
Salamander	Elektro	2	4,5		
Mikrowelle	Elektro				
Brat-/Grillplatte	Elektro	3,5	15	2,2	9,4
Brat-/Grillplatte	Gas	4	12	3,3	10
Heißluftofen		2,5	6		
Pizzaofen	Elektro	3,2	24		
Friteuse	Elektro	3,3	26	1,65	13
Friteuse	Gas	5,8	26	3,6	16,3
Eiswürfelbereiter		0,2	1,1		
Cutter/Fleischwolf		0,5	2		
Schälmaschinen (für Kartoffeln & Gemüse)		0,37	3		
Rühr- und Knetmaschinen			0,37		
Aufschnittmaschinen			0,2		
Kaffeemaschinen		2	4		
Universalküchenmaschine		0,55	3,2		
Nudelkocher	Elektro	5,5	7,5		
Nudelkocher	Gas	13	26		
Kühlschrank		0,3	0,4	1,6	4,1
Tiefkühlschrank		0,4	1,6		
Kühlzelle			3,5		
Umlufthauben			0,24		
Ablufthauben			0,5		
Induktionshauben			0,7		
Kondensationshauben			1,1		
Korbspülmaschinen		3,3	21		

## Anhang

Fronttürspülmaschinen					
Durchschubspülmaschinen					
<b>Bandspülmaschinen</b>			150		
<b>Bain-Marie</b>	Elektro	2	4,6	0,5	1,15
<b>Bain-Marie</b>	Gas		4,7		1,3
Wärmeschränk		0,4	2,2		
Tellerspender		0,9	2		
Getränkekühler					
Salatbuffet		0,2	0,3		
Kühltheke		0,2	1,6		
Transportwärmewagen		2,9	4,3		