



PROJEKT REKUK

Berufliche Weiterbildung für KüchenleiterInnen und KöchInnen von Großküchen im nachhaltigen Lebensmittel- und Küchenmanagement

Modul Energie Handbuch



Haftungsausschluss:

"Dieses Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Kommission finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben."

Vers. 2.0



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A
Ressourcen Management Agentur



Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice



AIAB LIGURIA
ASSOCIAZIONE ITALIANA
PER L'AGRICOLTURA BIOLOGICA



Urheberschaft und geistiges Eigentum von:

Projektleitung:

Ressourcen Management Agentur (RMA)

Argentinerstr. 48 / 2. OG, 1040 Wien, Österreich, www.rma.at

Hans Daxbeck, Nathalia Kisliakova, Alexandra Weintraud, Irene Popp, Nadine Müller, Stefan Neumayer, Mara Gotschim

Projektpartner (in alphabetischer Reihenfolge):

Associazione Italiana per l'Agricoltura Biologica (AIAB Liguria)

Via Caffaro1/16 - 16124 Genua, Italien, www.aiabliguria.it/

Alessandro Triantafyllidis, Giorgio Scavino, Francesca Coppola

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Branišovská 1645/31A, České Budějovice 2, 370 05 Budweis, Tschechische Republik,

www.jcu.cz/?set_language=cs

Prof. Jan Moudry, Dr. Jan Moudry

Thüringer Ökoherz (TÖH)

Schlachthofstraße 8-10, 99423 Weimar, Deutschland, www.oekoherz.de

Sara Flügel, Franziska Galander



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A
Ressourcen Management Agentur





Inhaltsverzeichnis

LEHRZIEL	7
1 GRUNDLAGEN	9
1.1 Definitionen	9
1.2 Energieformen.....	9
1.3 Energieträger.....	10
2 DATENERFASSUNG FÜR DIE ENERGIEVERBRAUCHSANALYSE	13
2.1 Messdauer	14
2.2 Messort	15
2.3 Selektierung der Großküchengeräte.....	16
2.4 Gemessene Größen.....	16
2.5 Verwendetes Messgerät.....	17
3 BERECHNUNGEN FÜR DIE ENERGIEVERBRAUCHSANALYSE UND MÖGLICHE OPTIMIERUNGSMAßNAHMEN	19
3.1 Energieverbrauch pro Mahlzeit.....	19
3.2 Energieverbrauchswert.....	29
3.3 Beispielhafter Vergleich der Gesamteinspeisung der Großküchengeräte mit Kippbratpfanne und Geschirrspülmaschine	30
3.4 Genauigkeit der Energieverbrauchsberechnungen	31
3.5 Bedarfsspitzen bei Strom vermeiden	33
3.6 Organisatorische Maßnahmen vornehmen.....	33
3.7 Einsparung ohne Investition	33
3.8 Lastganganalyse	33
3.9 Energie-Contracting.....	34
3.10 Lastmanagement.....	34
3.11 Wärmerückgewinnung.....	34
3.12 Umweltzeichen "UZ46 Grüner Strom"	34



3.13	Beispiel Büroküche.....	35
3.14	Beispiel Schülerwohnheim.....	37
3.15	Beispiel Krankenhausküche	40
3.16	Best Practice Beispiel: Küche HLUW Yspertal.....	42
3.17	Best Practice Beispiel: Großküche des St.-Franziskus Stiftes in Münster 43	
ANHANG	45
	Anhang 1: Beispiele von möglichen Fragebogen Parametern und Erläuterungen.....	45
	Anhang 2: Typische Großküchengeräte	47
	Anhang 3: Praxis Beispiele der Energieeffizienz von sechs Großküchen	49
LITERATURVERZEICHNIS	51



Lehrziel

- Wissen über den Energieverbrauch in der Großküche erlangen
- Wichtigsten Energieverbraucher in der Küche identifizieren können
- Energieverbrauch in jeder Hauptkategorie feststellen können (Hauptkategorien: Heizung/Lüftung/Kühlung, Kochprozess, ...)
- Zeitverlauf des Energieverbrauchs in der Großküche kennen
- Organisation der Arbeitsschritte zwecks Verringerung des Energieverbrauchs anpassen können



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A
Ressourcen Management Agentur





1 Grundlagen

1.1 Definitionen

Energieverbrauch: Bedarf an Energie für unterschiedliche Nutzanwendungen. Wird unterteilt in direkten und indirekten Energieverbrauch.

Indirekter Energieverbrauch: ist der Teil des Energieverbrauchs, der für die Produktion von den verarbeiteten Lebensmitteln anfällt.

Direkte Energie: ist jene Energie, die für die Zubereitung der Speisen in den Großküchen eingesetzt wird.

Umwandlungsverluste: Energie, die nicht mehr genutzt werden kann z.B Abwärme bei Kühlgeräten.

Grundlast: bezeichnet die Belastung des Stromnetzes oder anderen Versorgungsnetzen die während des Tages nicht unterschritten wird.

Spitzenlast: bezeichnet kurzzeitig hohe Leistungsnachfrage im Stromnetz oder anderen Versorgungsnetzen (auch Bedarfsspitze).

In diesem Modul wird die direkte Energie behandelt. Indirekte Energie wird im Modul 1 Food Use und im Modul 2 Menu Design behandelt.

1.2 Energieformen¹

Die sicht- und spürbare Wirkung von Energie entsteht meist bei der Umwandlung von einer Energieform in eine andere.

Kinetische Energie

Die kinetische Energie oder auch Bewegungsenergie ist die Energie, die ein Objekt aufgrund seiner Bewegung enthält. Bei der Wasser- und Windkraftnutzung wird die Bewegungsenergie des fließenden Wassers auf eine Turbine, die einen Generator antreibt, übertragen.

¹ <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/unterrichtsthema-energie>

Potenzielle Energie

Potenzielle Energie ist die sog. Lageenergie, welche ein Gegenstand aufgrund seiner Lage besitzt. Potenzielle Energie kann nicht direkt genutzt werden und wird beispielsweise beim Ablassen des Stauseewassers in Bewegungsenergie umgewandelt.

Strahlungsenergie

Bei der Strahlungsenergie handelt es sich um elektromagnetische Wellen. Die Strahlungsenergie der Sonne wird in Photovoltaikanlagen genutzt.

Chemische Energie

Als chemische Energie wird die in der chemischen Bindung von Atomen oder Molekülen enthaltene Energie bezeichnet. Sie wird bei chemischen Reaktionen freigesetzt. Die Verbrennung von Holz, Erdöl oder Nahrung ist ein chemischer Prozess, dabei wird die in den Stoffen gespeicherte Energie in thermische Energie und Strahlungsenergie umgewandelt.

Elektrische Energie

Elektrische Energie wird von elektrischen Ladungen (meist Elektronen) übertragen. Dies erfolgt, wenn elektrische Ladungen fließen, also wenn zwischen zwei Polen eine elektrische Spannung (ungleiche Ladung) herrscht und der Stromkreis geschlossen wird. Die elektrische Energie wird dann im Gerät z.B. in thermische Energie (Föhn), Strahlungsenergie (Lampe) oder Bewegungsenergie (Elektromotor) umgewandelt.

Thermische Energie

Thermische Energie ist in der ungeordneten Bewegung der Atome oder Moleküle eines Stoffes gespeichert. Je wärmer ein Stoff ist, desto mehr bewegen sich die Moleküle. Die thermische Energie kann von einem Stoff auf einen anderen übertragen werden (Wärmeleitung) oder eine Turbine antreiben.

Kernenergie

Bei der Spaltung von Uran-Atomkernen wird Strahlungsenergie freigesetzt, welche Wasser erhitzt und dadurch Turbinen antreibt (kinetische Energie).

1.3 Energieträger¹

Kohle

Kohle ist ein Sedimentgestein, das zu mehr als 50 Prozent des Gewichtes aus Kohlenstoff besteht. Kohle war der erste in größerem Stil eingesetzte fossile Energieträger. Seine Nutzung kam beginnend ab dem 16. Jahrhundert in England auf und wurde später von Öl- und Gas etwas zurückgedrängt.

¹ <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/energietraeger/erneuerbareenergie/>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kernenergie>

https://de.wikipedia.org/wiki/Fossile_Energie

Erdgas

Aufgrund des hohen Methananteils ist Erdgas unverbrannt ein starkes Treibhausgas. Sofern aufbereitet, verbrennt es allerdings klimaschonender als andere fossile Brennstoffe.

Erdöl

Erdöl ist ein in der Erdkruste eingelagertes, hauptsächlich aus langkettigen Kohlenwasserstoffen bestehendes Stoffgemisch. Die Nutzungsmöglichkeiten von Erdöl sind sehr vielfältig und es ist eines der wichtigen Industrierohstoffe.

Atomenergie

Atomenergie wird die Technologie zur großtechnischen Erzeugung von Sekundärenergie mittels Kernspaltung genannt. Ihre Nutzung im Allgemeinen als auch ihre Sicherheit im Speziellen werden kontrovers diskutiert.

Biomasse

Der Energieträger wird in feste, flüssige und gasförmige Biomasse unterschieden. Feste Biomasse, wie z.B. Brennholz, Holzpellets, Getreidestroh, etc. wird vor allem für die Wärmergewinnung eingesetzt. Unter flüssiger Biomasse versteht man unter anderem Pflanzenöle (z.B. aus Raps oder Sonnenblumen) und Ester (z.B. Rapsmethylester etc.).

Biogas

Biogas ist ein durch den anaeroben, mikrobiellen Abbau von organischen Substanzen entstehendes Gasmisch, das zu 50-70% aus Methan besteht. Aufgrund des relativ hohen Energiegehaltes lässt sich das Biogas als Energieträger für die Wärme- und Stromerzeugung nutzen.

Solarenergie

Thermische Solaranlagen sind technische Einrichtungen, von denen Sonnenstrahlen absorbiert und an ein Trägermedium abgegeben werden. Mit Hilfe des Trägermediums wird die Energie zu weiteren technischen Anlagen (Heizung, Warmwasser etc.) transportiert.

Photovoltaik

Die Solarzellen einer Photovoltaikanlage bestehen meist aus Silizium. Die Solarzelle ist in der Lage, die Sonnenenergie direkt in elektrische Energie umzuwandeln.

Windenergie

Luftströmungen können über Windkraftanlagen in elektrische Energie umgewandelt werden.

Wasserkraft

Wasserkraft ist eine natürliche Energiequelle, die überall dort verfügbar ist, wo eine ausreichende Menge an stetig fließendem Wasser vorhanden ist. Die Erschließung der Wasserkraft ist heute mit umfangreichen Baumaßnahmen, z.B. Stauseen, Dämmen und Umgehungskanälen verbunden.

Geothermie

Geothermische Energie ist die gespeicherte Energie unterhalb der Erdoberfläche, vielfach als Erdwärme bekannt.

2 Datenerfassung für die Energieverbrauchsanalyse

Die Erfassung von Energiedaten wird am besten in zwei Schritten vorgenommen: der erste Teil umfasst die allgemeine Energieverbrauchsanalyse der Großküche, der zweite Teil betrifft die Erfassung von energiespezifischen Daten. Das Ziel der Energieverbrauchsanalyse ist es, den gesamten Energieverbrauch sowie die Energieverbrauchsstruktur und Energieeffizienz zu bestimmen. Für diesen Zweck eignen sich Fragebögen gut zur Datenerfassung, in welchen Energieverbrauchsdaten (gesamt und pro Küchenbereich) sowie Lieferantendaten und Kosten pro eingesetztem Energieträger erfasst werden. Hier werden auch allgemeine Daten der Küche wie Betriebsart, Anzahl Produktionstage pro Jahr und Durchschnitt der produzierten Mahlzeiten pro Woche abgefragt. Der zweite Fragebogen sollte spezifischer sein und erfasst Energieverbrauchsdaten pro Großküchengerät, der bei der Zubereitung von Speisen verwendet wird. Für jedes Großküchengerät wird die Gerätebezeichnung und der verwendete Energieträger erfasst, dazu kommt idealerweise auch der gemessene Energieverbrauch. Falls der Energieverbrauch nicht von der Küche gemessen wird, sollten folgende Daten erfasst werden: Hersteller, Typ, Anzahl, Nennleistung, Betriebszeit und Wirkungsgrad.

In den meisten Fällen können Großküchen keine detaillierten Energiedaten liefern, deshalb ist eine Datenerhebung vor Ort der nächste Schritt in der Datenerfassung. Dies kann umfassen, der Küche anzubieten, die Daten der Großküchengeräte auszufüllen, oder Messungen für ausgewählte Großküchengeräte vorzunehmen. Wenn Haustechniker vorhanden sind, bietet es sich an, diese einzusetzen. Messungen für einzelne Großküchengeräte sind nur möglich, wenn sie eine eigene Sicherung haben. Wenn eine Gruppe an Geräten abgesichert ist, kann der Elektrizitätsverbrauch der Gerätegruppe gemessen werden, nicht jedoch der Verbrauch der einzelnen Geräte. In diesem Falle sollten zusätzlich zu den Messdaten auch Benutzer- und Gerätedaten (bzw. Bezeichnung der Geräte, Hersteller, Typ, Anzahl, Nennleistung, Betriebszeit) der einzelnen Geräte erfasst werden; sodass der Elektrizitätsverbrauch geschätzt werden kann.

Messmethode

- Auswahl der zu messenden Großküchengeräte
- Abstimmen der Messung mit den zubereiten Speisen
- Bestimmen der Absicherungssituation
- Erfassen der Gerätedaten (bzw. Bezeichnung, Hersteller, Typ, Nennleistung, Betriebszeit)
- Tatsächliche Messung
- Erfassen, welche Speisen mit welchen Geräten zubereitet werden sowie die entsprechenden Zubereitungszeiten.

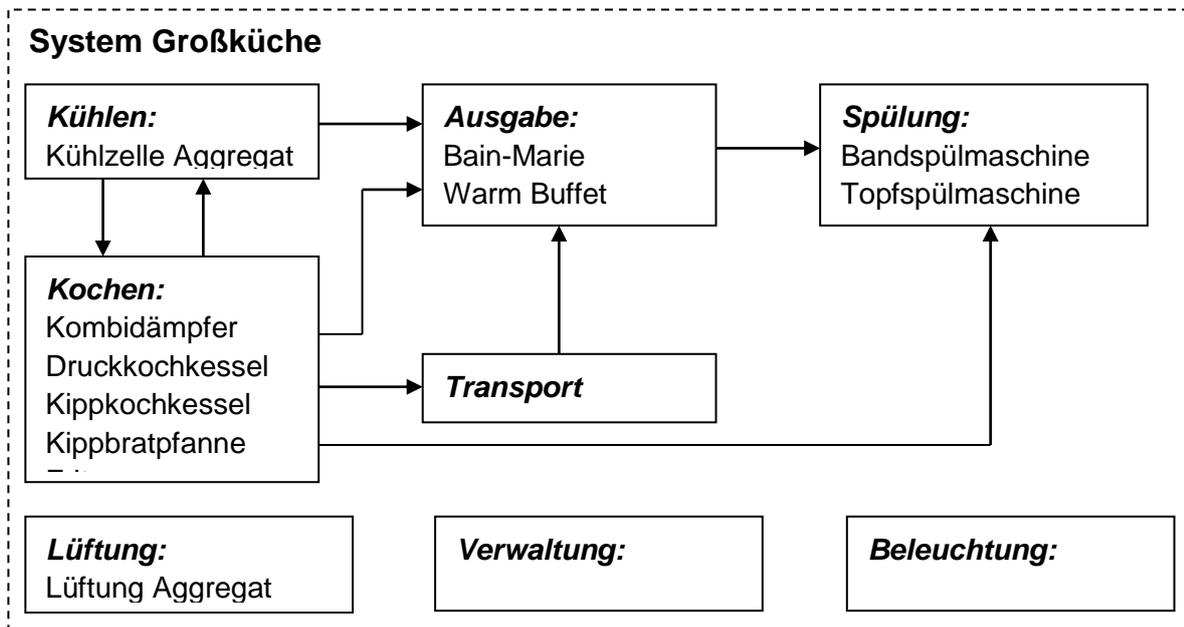


Abbildung 2-1: Vereinfachte schematische Darstellung des Systems und der Prozesse einer Großküche mit den möglichen Hauptstromverbrauchern [Daxbeck et al., 2010]

2.1 Messdauer

Die Messdauer soll je Großgerät bestimmt werden. Sie ist abhängig von der Leistungskurve des Geräts. Wenn eine repräsentative Messung in einer Stunde erfasst werden kann, ist es nicht notwendig, länger zu messen. Für viele Geräte wird eine Messdauer von einer Stunde aber zu wenig sein. Es ist generell ratsam bei allen Geräten den Leistungsverlauf innerhalb von 24 Stunden zu erfassen. Es ist zu beachten, dass die Leistungskurven der unterschiedlichen Geräte unbekannt sind und in Folge dessen versuchsweise herausgefunden werden müssen. Selbst bei Geräten des gleichen Typs sind die Leistungskurven oft durch unterschiedliche Betriebszeiten auch in derselben Großküche unterschiedlich.

Die untenstehende Abbildung 2-2 zeigt den Tagesleistungsverlauf einer Kippbratpfanne. Der Leistungsverlauf zeigt relativ große Schwankungen innerhalb eines Tages. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, ist es notwendig, den Elektrizitätsverbrauch über einen ganzen Tag zu messen. Es ist auch wichtig, zu wissen, wie viele Tage die Großküche in Betrieb ist, um es in die Berechnung des Jahresverbrauchs einbeziehen zu können.

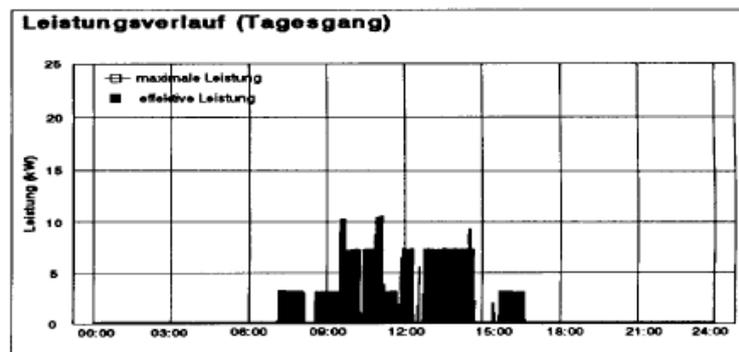


Abbildung 2-2: Tagesleistungsverlauf einer Kippbratpfanne Salvis KPB90 [Daxbeck et al., 2009a]

In der untenstehenden Abbildung 2-3 ist der Tagesleistungsverlauf einer Bain-Marie (Heißwasserbad) wiedergegeben. Der Leistungsverlauf ist relativ gleichmäßig über den Tag verteilt; somit ist eine kürzere Messdauer gerechtfertigt.

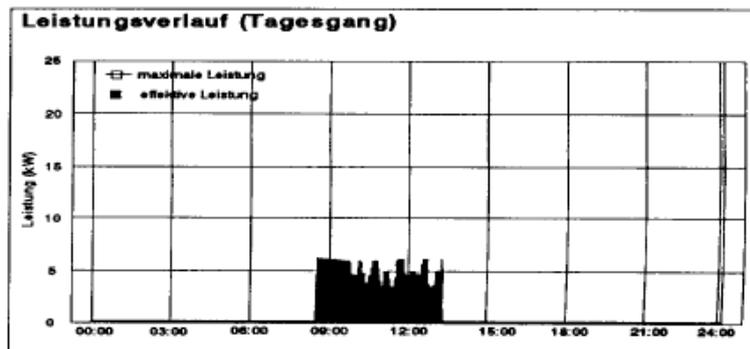


Abbildung 2-3: Tagesleistungsverlauf einer Bain-Marie Weibel AG Chur 40165 [Daxbeck et al., 2009a]

Idealerweise soll über mehrere Tage gemessen werden, damit die erhobenen Werte repräsentativ sind. Wenn möglich, ist ein Mehrtages-Messprogramm ideal, aber oft ist der Aufwand zu groß.

2.2 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.

2.3 Selektierung 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 die Geräte auf diese Weise zu selektieren 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. Falls die Messungen nicht für jedes einzelne Gerät durchgeführt werden können, sind die Großverbraucher zu messen. Wenn mindestens 70% des Gesamtstromverbrauchs durch die gemessenen Geräte abgedeckt werden, ist das eine gute Basis für weitere Berechnungen.

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 das folgende Geräte relativ viel Energie verbrauchen (geordnet nach Bereichen):

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

Einen detaillierten Überblick zu Großküchengeräten liefert der Anhang 2. Rot markierte Großküchengeräte sind nach [Kleinhempel, 2004] als relativ energieineffizient eingestuft.

Das stimmt zum Teil überein mit den Großküchengeräten, die eine hohe Nennleistung aufweisen. Absteigend sind das: Bandspülautomat, Kombidämpfer, Druckkochkessel, Kippkochkessel, Kippbratpfanne, und Fritteuse. 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 in Dauerbetrieb laufen und somit zu Großverbrauchern werden.

2.4 Gemessene Größen

Anstatt nur den Energieverbrauch in kWh zu messen liefert die zeitliche Aufzeichnung der Leistung (bzw. Wirkleistung) Daten, aufgrund deren 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



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A A
Ressourcen Management Agentur



3 Berechnungen für die Energieverbrauchsanalyse und mögliche Optimierungsmaßnahmen

3.1 Energieverbrauch pro Mahlzeit

Als Mahlzeit wird hier eine Kombination von kalten oder warmen Speisen bezeichnet. Diese kann aus mehreren Gängen bestehen und wird dem Begriff „Menü“ gleichgesetzt.

Genauere Daten über Energieverbrauch von Großküchen sind infolge der großen Vielfalt der eingesetzten Küchengeräte, der unterschiedlichen Bestückung der einzelnen Großküchen, Kochsystemen, Handlungsweisen des Personals, Gewohnheiten, etc. selten vorhanden. Absolute Energieverbrauchswerte sind deshalb, wenn erhältlich, nicht direkt miteinander vergleichbar. Um trotzdem eine Einsicht in die Effizienz der Großküchen zu schaffen wird in der Literatur der Energieverbrauch pro Mahlzeit angegeben. Zum Beispiel sind in [Kleinhempel, 2004] und [Rohatsch et al., 2002] Richtwerte für Großküchen von 0,7 bis 0,8 kWh je Mahlzeit angegeben. Der Präsident U. Jenny des ENAK (Energetischer Anforderungskatalog an Geräten für die Verpflegung und Beherbergung) spricht von durchschnittlichen 4 kWh pro Mahlzeit [Jenny, 2008]. Eine von der EU geförderte Studie bezüglich Energieeffizienz in Großküchen bestimmt anhand der Untersuchung 50 bis 60 Küchen mit einer Produktion von bis zu 4.000 Mahlzeiten pro Tag in fünf verschiedenen EU-Ländern (Frankreich, Slowakei, Finnland, Österreich und Griechenland) einen statistischen Indikator für den Energieverbrauch der Küchen im Sektor Gastronomie (siehe Formel 3-1) [AIR-IX Consulting Engineers et al., 2002]. Die Bezeichnung „NR“ gibt die Anzahl der produzierten Mahlzeiten pro Tag an.

$$\text{Benchmarkwert (Energieverbrauch pro Mahlzeit)} = 105 \times \text{NR}^{-0,63}$$

Formel 3-1: Energieverbrauch pro Mahlzeit [AIR-IX Consulting Engineers et al., 2002].

Basierend auf dem Benchmark Value und den Richtwerten lt. [Rohatsch et al., 2002] kann der Energieverbrauch ermittelt werden (siehe Tabelle 3-1). Diese Werte stellen Abschätzungen dar und sind keine exakten Berechnungen.

Tabelle 3-1: Energieverbrauch in Großküchen nach [AIR-IX Consulting Engineers et al., 2002] und [Rohatsch et al., 2002]

Anzahl Mahlzeiten pro Tag*	100	500	1000	1500	2000
Benchmark Value (kWh/Mahlzeit)	5,77	2,09	1,35	1,05	0,87
Energieverbrauch pro Jahr (kWh)**	210612	382033	493722	573635	638063
Energieverbrauch pro Jahr (kWh)***	27375	136875	273750	410625	547500

* Annahme: 365 Produktionstage

** Energieverbrauch nach Benchmark Value

*** Energieverbrauch nach Rohatsch Richtwert

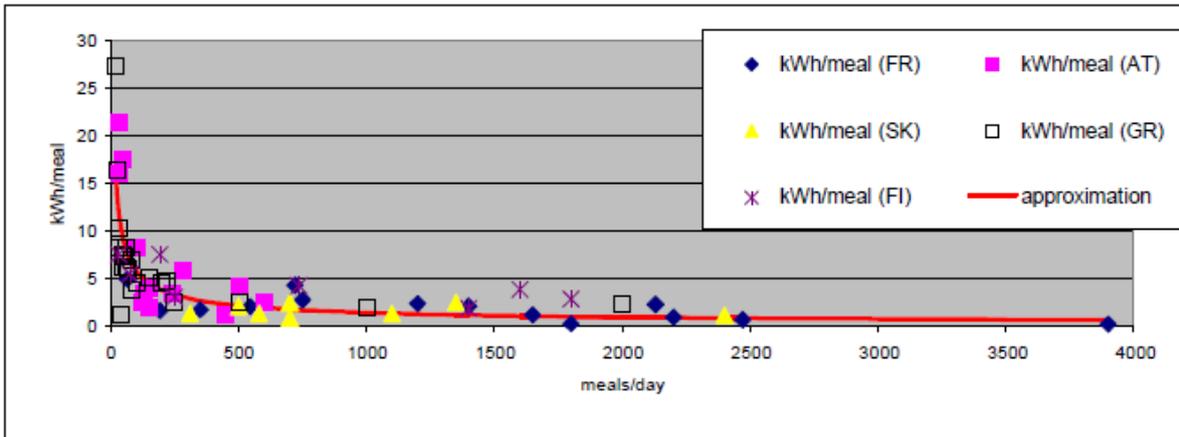


Abbildung 3-1: Vergleich der Energieeffizienz der Großküchen aus einer Studie in fünf EU Ländern untereinander sowie mit dem Benchmark-Wert) [AIR-IX Consulting Engineers et al., 2002]

Die Abbildung 3-1 zeigt, dass der Benchmark-Wert des Energieverbrauchs pro Mahlzeit den 60 untersuchten Großküchen aus fünf EU Ländern gut entspricht. Dennoch ist der Vergleich des Energieverbrauchs pro Mahlzeit zwischen den verschiedenen Großküchen zur Identifikation von Einsparungspotentialen nicht aussagekräftig genug.

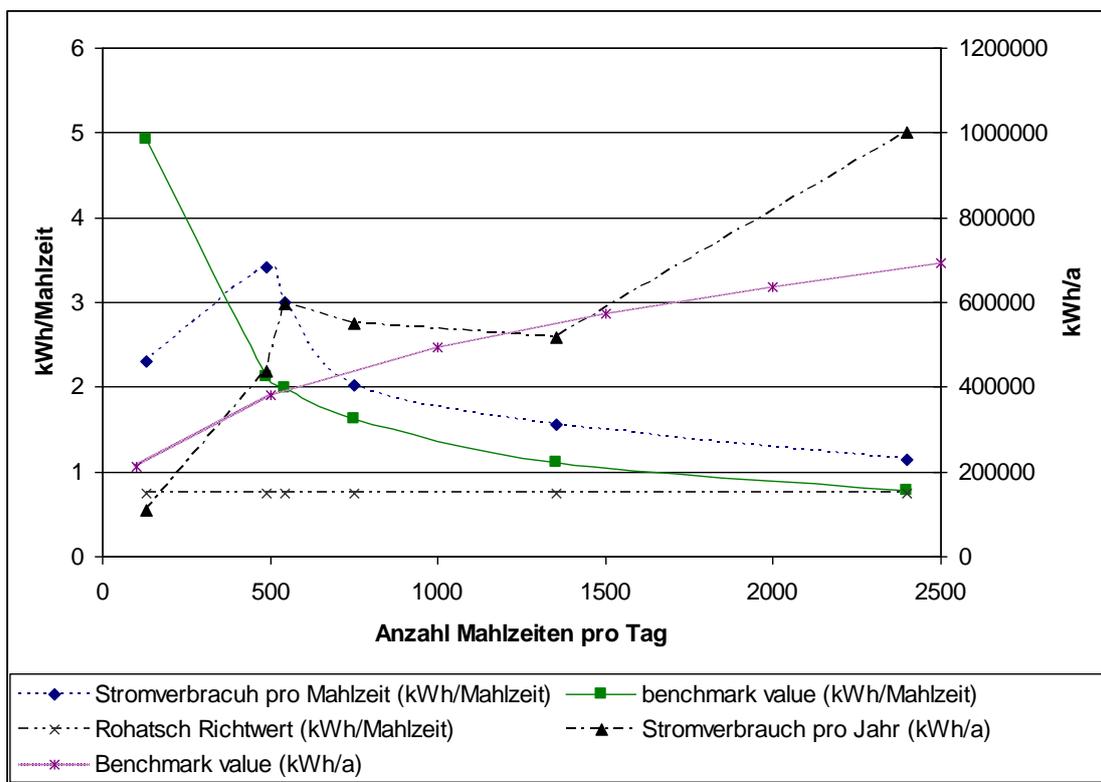


Abbildung 3-2: Stromverbrauch, Stromverbrauch pro Mahlzeit und Benchmark Value von sechs Praxis Beispielen

Die Abbildung 3-2 stellt insgesamt sechs Beispiele aus der Slowakei², Deutschland¹, Schweiz², und den Niederlanden³ dar (siehe auch Anhang 3). Das Diagramm zeigt eine Unterschätzung des Energieverbrauchs von 20 – 38% mithilfe des Benchmark Values nach [AIR-IX Consulting Engineers et al., 2002] und 34 - 78% mithilfe der Richtwerte lt. [Rohatsch et al., 2002]

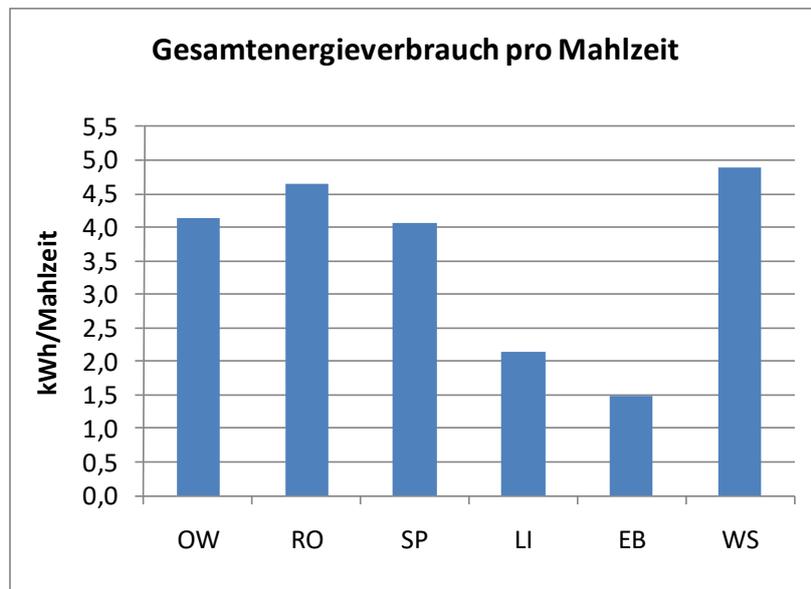


Abbildung 3-3: Energieverbrauch pro Mahlzeit und Großküche [Daxbeck et al., 2011]

In Abbildung 3-3 sind die Kennzahlen, die für die sechs österreichischen Großküchen ermittelt wurden, wiedergegeben. Die Kennzahl wurde über den gesamten Energieverbrauch (Strom, Gas, Fernwärme) für die österreichischen Großküchen ermittelt und beträgt durchschnittlich etwa 3,5 kWh pro Mahlzeit.

¹ Quelle: www.vvph.de/Grosskueche.120.0.html

² Quelle: Horbaty, R., Renggli, U., 1992. Energieverbrauch in gewerbliche Küchen. Ravel, Bundesamt für Konjunkturfragen.

³ Quelle: SenterNovem, 2005. *Energie Innovatie Scan UMC Radboud - Kansen voor de Keuken*.

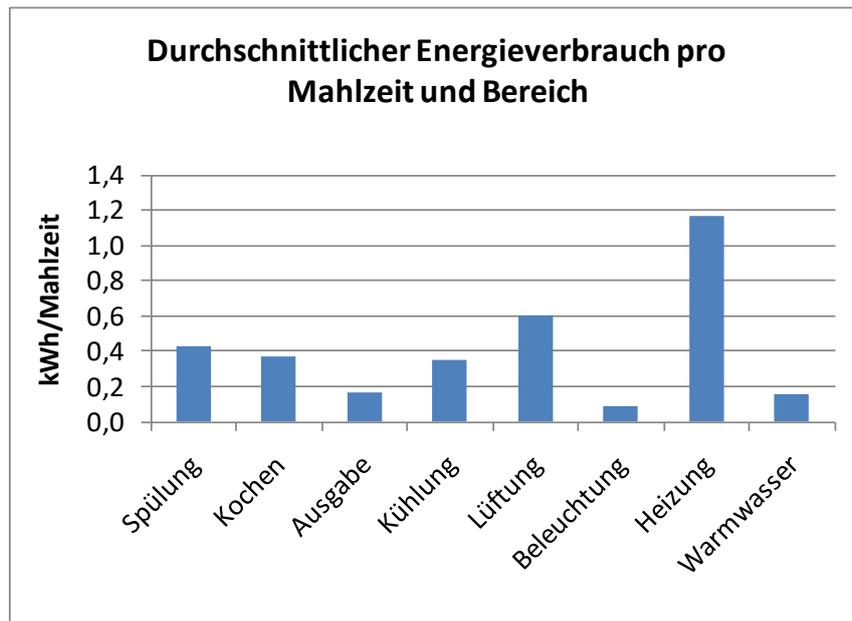


Abbildung 3-4: Durchschnittlicher Energieverbrauch pro Mahlzeit und Kategorie [Daxbeck et al., 2011]

In Abbildung 3-4 sind die Durchschnittswerte der für die Kategorien ermittelten Energiekennzahlen wiedergegeben, um jene Kategorien zu identifizieren, die aus energetischer Sicht bedeutend sind. Deutlich erkennbar ist, dass die Raumheizung die bei weitem energieintensivste Kategorie ist. Dies hängt damit zusammen, dass der Speisesaal in die Berechnung mit einbezogen wurde, was zu einer erheblichen Zunahme bezüglich des Energieverbrauchs führt. Weitere wichtige Kategorien sind Lüftung, Spülung, Kochen und Kühlung. Diese Aussage ist als Richtwert zu betrachten, da für jede einzelne Großküche die einzelnen Kategorien küchenbezogene, unterschiedliche Bedeutungen aufweisen, wie in den folgenden Abbildungen ersichtlich ist.

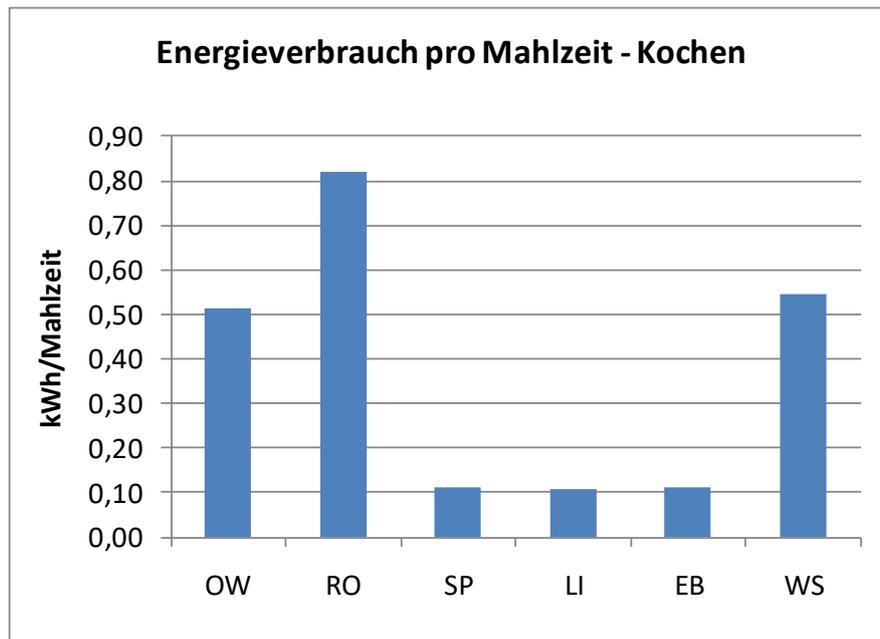


Abbildung 3-5: Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Kochen [Daxbeck et al., 2011]

In der Kategorie Kochen, dargestellt in Abbildung 3-5, sind große Unterschiede zwischen den Energieverbräuchen zu erkennen. An den ersten Stellen des Energieverbrauchsspektrums liegen zum einen die RO-Küchen mit einem Verbrauch von ungefähr 0,8 kWh pro Mahlzeit und die OW- bzw. WS-Küchen, die zwischen 0,5 und 0,55 kWh pro Mahlzeit verbrauchen. Der Unterschied zwischen den Küchen ist, dass in der RO- und OW-Küche Dampf als Energieträger für die Küchengeräte eingesetzt wird. Weiters ist zu berücksichtigen, dass der Stromverbrauch in der Kategorie Kochen den anderen Großküchen unterschätzt wird, da nicht alle elektrisch betriebenen Großküchengeräte erfasst werden können.

Dies erklärt aber den relativ hohen Stromverbrauch der WS-Küche für die Kochprozesse noch nicht. Die WS-Küche produziert im Schnitt 3 Mahlzeiten pro Tag, davon eine warme Mahlzeit. Methodisch gesehen wurde entschieden, nur warme Mahlzeiten bei der Berechnung der Energiekennzahl zu berücksichtigen, da diese den größten Energieaufwand aufweisen. Das bedeutet, dass die WS-Küche im Verhältnis zur Anzahl an Speisen, die täglich produziert werden relativ lang in Betrieb ist, was sich wiederum negativ auf die Energiekennzahl auswirkt.

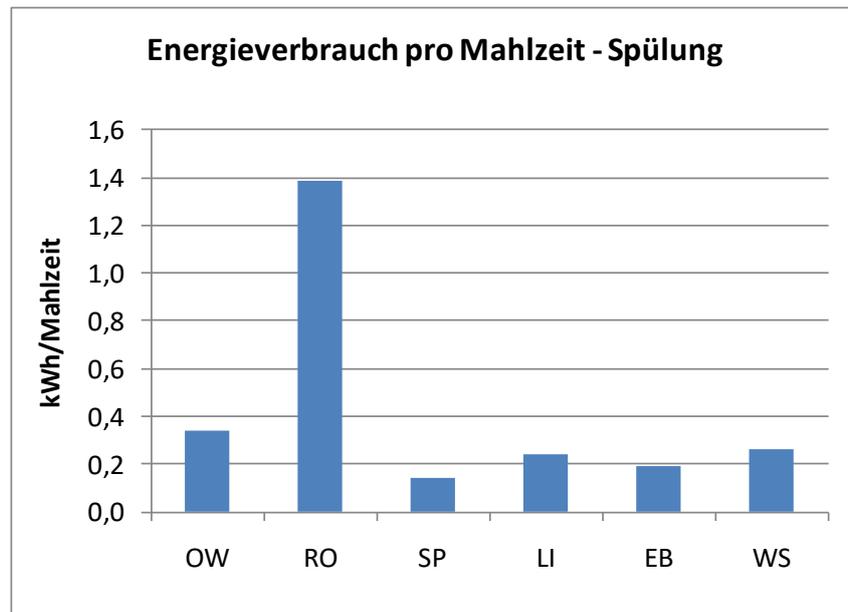


Abbildung 3-6: Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Spülung [Daxbeck et al., 2011]

Wie aus Abbildung 3-6 hervorgeht ist die RO-Küche im Bereich Spülung eine Ausnahme, sonst liegt die Energiekennzahl für den Bereich Spülung bei rund 0,2 kWh pro Mahlzeit. Der größte Teil des Energieverbrauchs nimmt die mit Fernwärme betriebene Bandspülmaschine (0,86 kWh/Mahlzeit) und die Wagenwaschanlage (0,42 kWh/Mahlzeit) in Anspruch. Obwohl die Bandspülanlagen in der RO- und OW-Küche von der Energieversorgung her ähnlich sind (beide werden mit Dampf und Strom betrieben), verbraucht der RO Bandspülmaschine deutlich mehr Energie pro Mahlzeit. Dies ist auf die Anzahl an produzierten Mahlzeiten zurückzuführen, die um den Faktor 4 bei der RO-Küche geringer ist. Somit erhöht sich der Energieverbrauch der Spülung pro Mahlzeit. Es würde auch bedeuten, dass in diesem Bereich möglicherweise Einsparungspotenziale umzusetzen sind. Es ist zu überprüfen, ob die Dimensionierung der Bandspülmaschine adäquat ist, ob eventuell eine Wärmerückgewinnung möglich ist oder ob und inwiefern die Wagenwaschanlage effizienter genutzt werden kann.

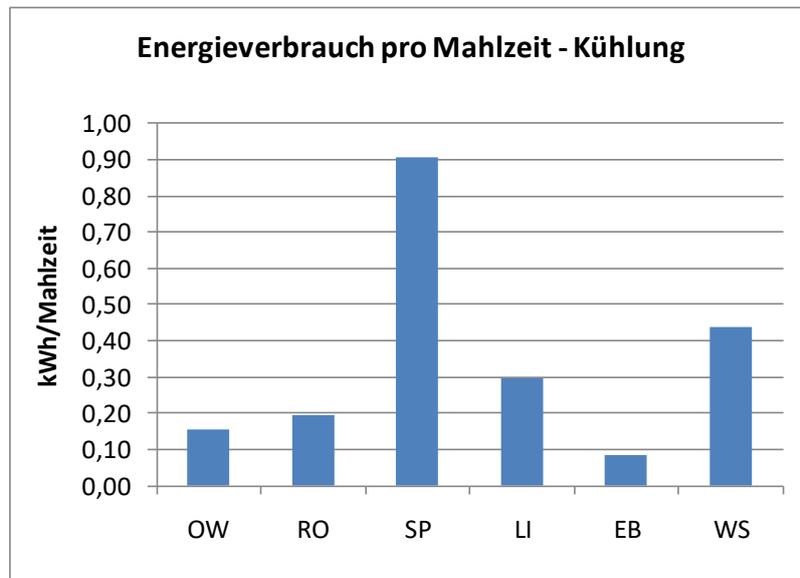


Abbildung 3-7: Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Kühlung [Daxbeck et al., 2011]

Abbildung 3-7 zeigt den durchschnittlichen Energieverbrauch pro Mahlzeit für die Kategorie Kühlung - er beträgt etwa 0,35 kWh. Die SP-Küche verbraucht überdurchschnittlich viel Energie für die Kühlung. Das ist teilweise anhand des Energieverbrauchs für die Raumkühlung, die in dieser Kategorie aufsummiert wurde, zu erklären. Das Kühlaggregat der Kühl- und Tiefkühlzelle verbraucht ca. 0,26 kWh pro Mahlzeit, die Raumkühlung verbraucht somit etwa 0,65 kWh pro Mahlzeit. Ein Grund für den hohen Energiebedarf für die Raumkühlung findet sich in der relativ großen Grundfläche der Speisesäle.

Für die RO-, LI-, EB-, und WS-Küchen wurden die Energieverbräuche der Raumkühlung nicht erfasst und stellen daher nur den Energieverbrauch der jeweiligen Kühlaggregate der Kühl- und Tiefkühlzelle dar. Der Energieverbrauch der Kühlung der WS-Küche ist mit etwa 0,44 kWh pro Mahlzeit relativ hoch. Die Leistungskurve der WS-Kühlung (siehe Abbildung 3-7) deutet nicht auf große Kälteverluste hin, die Höhe der ermittelten Energiekennzahl wird durch die relativ geringe Anzahl an warmen Mahlzeiten, die in der WS-Küche täglich produziert werden, verursacht.

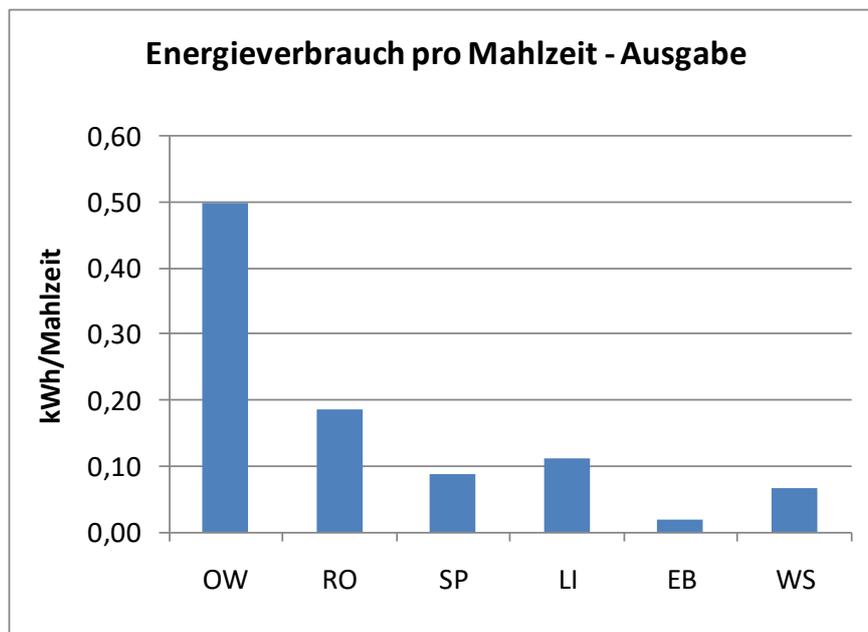


Abbildung 3-8. Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Ausgabe [Daxbeck et al., 2011]

Der Energieverbrauch pro Mahlzeit in der Kategorie Ausgabe ist in Abbildung 3-8 dargestellt. Der durchschnittliche Energieverbrauch pro Mahlzeit liegt bei rund 0,15 kWh, wobei die EB-Küche einen niedrigeren Energieverbrauch hat im Vergleich zu den Küchen von RO und OW, die einen relativ hohen Energieverbrauch aufweisen. In der OW-Küche wird die Energie für die etwa 80 Speisewägen, die täglich für die Speiseausgabe eingesetzt werden, verbraucht. Da der gesamte Gebäudekomplex aus einer großen Anzahl an Pavillons besteht, müssen die Speisen über relativ lange Wege transportiert werden.

In der RO-Küche wird Strom für die Ausgabe der Speisen verwendet. Ungefähr die Hälfte des Stromverbrauchs wird durch das Speiseförderband benötigt und erklärt damit den höheren Stromverbrauch im Vergleich zu den anderen. Der im Verhältnis niedrige Stromverbrauch der EB-Küche ist anhand der kleinen Anzahl an Ausgabegeräten zu erklären (12 Stück).

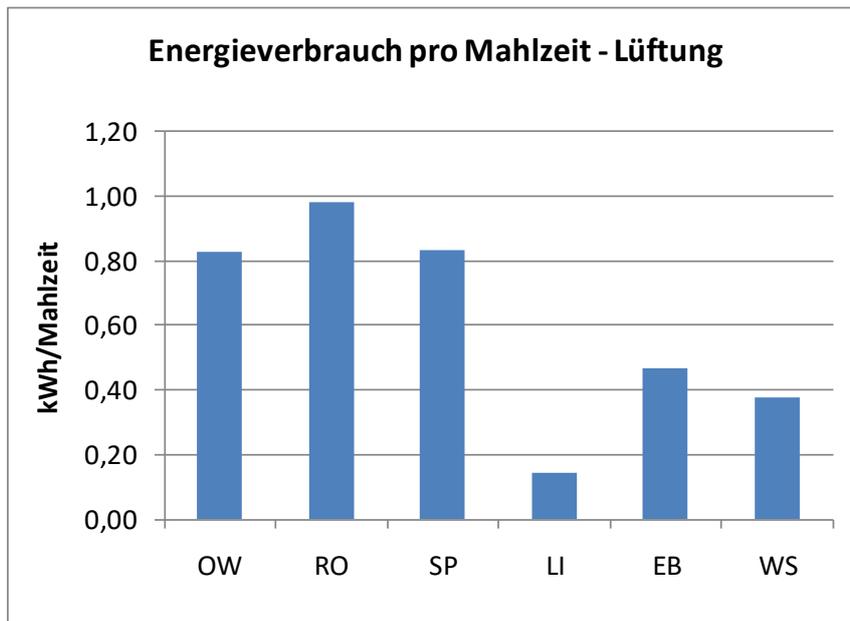


Abbildung 3-9. Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Lüftung [Daxbeck et al., 2011]

Wie aus Abbildung 3-9 ersichtlich, liegt in der Kategorie Lüftung der durchschnittliche Energieverbrauch bei rund 0,61 kWh pro Mahlzeit. Es sind große Unterschiede zwischen den Großküchen festzustellen. Die OW-, RO- und SP-Küchen zeigen relativ hohe Energieverbräuche. Die Lüftungen der OW- und RO-Küchen weisen eine durchgehend hohe Leistungsstufe und Betriebsstunden auf (siehe Abbildung 3-9). Der Energieverbrauch der Lüftung der SP-Küche wurde im Rahmen der Datenerhebungen erfasst und musste nicht gemessen werden. Der Energieverbrauch wurde für das gesamte Gebäude (Küche und Speisesäle) erfasst und ist relativ hoch. Der relativ niedrige Energieverbrauch der Lüftung der LI-Küche lässt sich anhand der erfassten Daten nicht erklären.

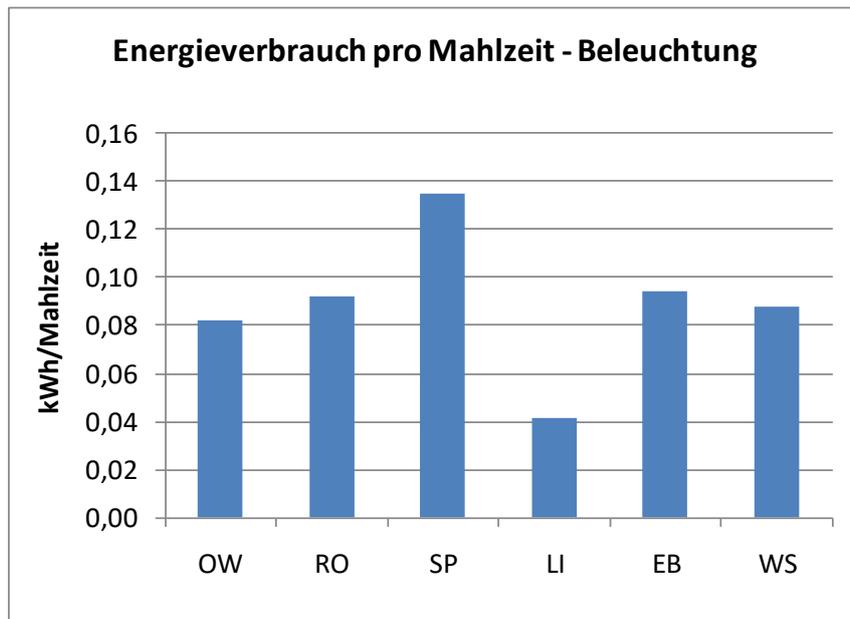


Abbildung 3-10: Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Beleuchtung [Daxbeck et al., 2011]

Abbildung 3-10 zeigt, dass die Kategorie Beleuchtung mit durchschnittlich ca. 0,09 kWh pro Mahlzeit im Verhältnis zu den anderen Kategorien wenig energieintensiv ist. Die SP-Küche benötigt mit ca. 0,13 kWh pro Mahlzeit überdurchschnittlich viel Energie für die Beleuchtung. Dies ist auf die relativ großen Speisesäle zurückzuführen.

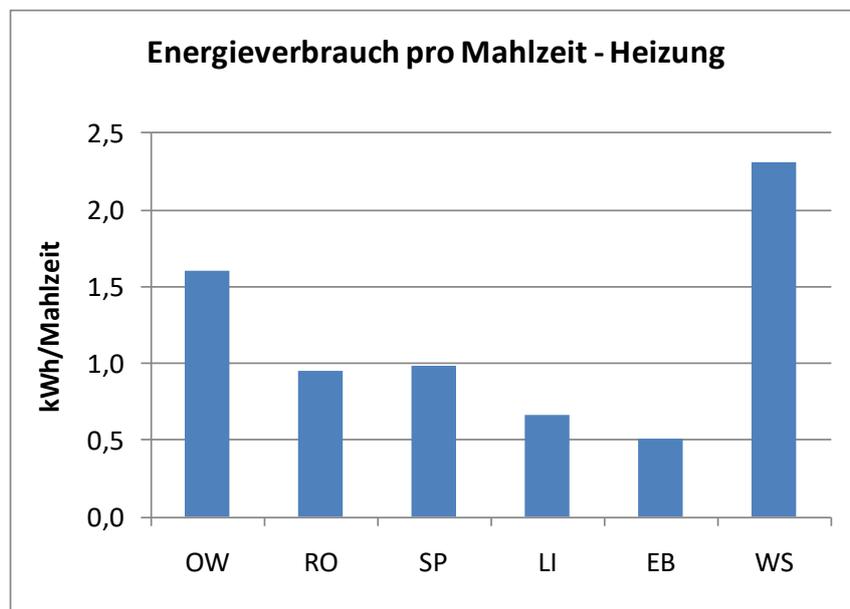


Abbildung 3-11: Energieverbrauch pro Mahlzeit – Kategorie Heizung [Daxbeck et al., 2011]

Die Kategorie Heizung stellt einen energieintensiven Bereich in den untersuchten Großküchen dar. Abbildung 3-11 zeigt, dass die WS-Küche für die Raumheizung ca. 2,32 kWh pro

Mahlzeit in der Küche und dem nebenliegenden Speisesaal verbraucht. Dieser Wert liegt um 1,15 kWh pro Mahlzeit über dem durchschnittlichen Energiebedarf der untersuchten Großküchen.

3.2 Energieverbrauchswert

Wenn der genaue Energieverbrauch pro Großküchengerät nicht verfügbar ist und es nicht möglich ist, Messungen vorzunehmen, wird der Verbrauch abgeschätzt. Dies ist unter anderem mit Hilfe des Energieverbrauchswerts (kWh/d) möglich, der die Nennleistung (kW), die Betriebszeit (h/tag), und den Wirkungsgrad (%) umfasst (siehe Formel 3-2).

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

Formel 3-2: Energieverbrauchswert

Die Unvorhersehbarkeit des Energieverbrauchswerts relativ zu dem tatsächliche Energieverbrauch wird in Abbildung 3-2 ersichtlich, wo Messdaten von fünf Großküchengeräten [Perincioli, 1992] dem rechnerisch ermittelte Energieverbrauchswert gegenübergestellt sind.

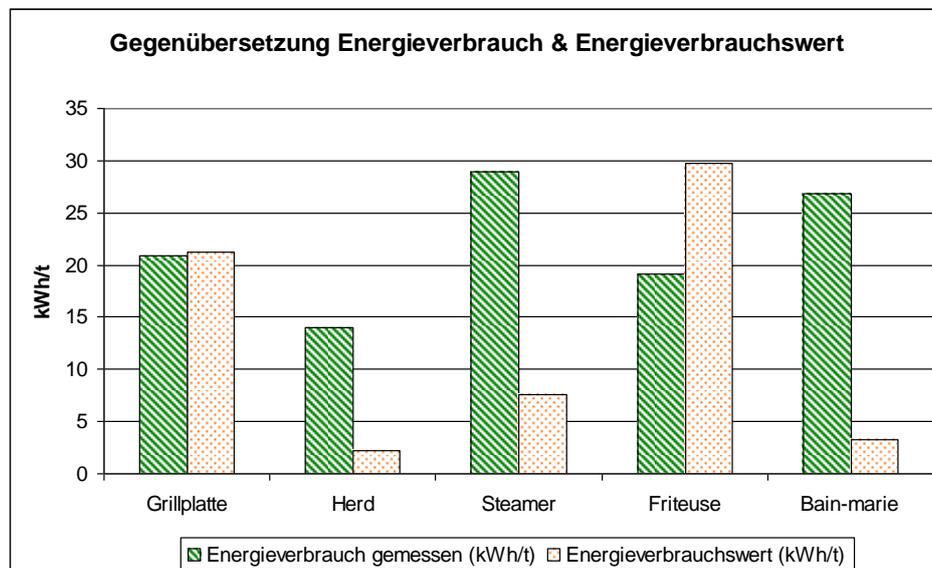


Abbildung 3-12: Gegenübersetzung gemessen Energieverbrauch und Energieverbrauchswert [Daxbeck et al., 2009b]

- Eine maximale kW Wert ist für jedes Gerät gegeben.
- Ein Vergleich zwischen Hersteller Daten und den Messdaten einer Probeküche zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen Nennwert und gemessenen maximalen kW (siehe Tabelle 3-1).

- Bandspülmaschinen sind auch hier ein Sonderfall, weil Bandspülmaschinen aus verschiedenen Modulen zusammengestellt werden können, um die spezifischen Bedürfnisse von Großküchen möglichst gut abdecken zu können.
- Größtenteils ist für jedes Gerät eine Betriebszeit aufgezeichnet.
- Mit Ausnahme von dem Spülbereich ist für jeden Bereich (bzw. Küche, Ausgabe, Spülung) ein gesamter Dauerbetrieb in kW gegeben. Für jeden Spülgerät ist separat ein Dauerbetrieb gegeben.

Tabelle 3-1: Vergleich der Küchen Daten (max. kW) und Hersteller Daten (Anschlusswert) [Daxbeck et al., 2011]

Gerät	Küchen Daten (max. kW)	Hersteller Daten (Anschlusswert (kW))
Kombidämpfer Rational CPC202	63	62
Kombidämpfer Rational CPC201	37,3	37
Kombidämpfer Rational CPC61	10	10
Kippbratpfanne Therma FET100E	15,2	18,2/15,2
Kühlschrank Angelo Po	0,5	0,5

3.3 Beispielhafter Vergleich der Gesamteinspeisung der Großküchengeräte mit Kippbratpfanne und Geschirrspülmaschine

Tabelle 3-2: Gemessene Großküchengeräte und Bereiche der Schülerwohnheimküche [Daxbeck et al., 2011]

Großküchengerät	Nennleistung (kW)	Betriebszeit (h/d)	Max. Stromverbrauch (kWh)	Gemessener Stromverbrauch (kWh)
Einspeisung: Küche UV Allgemein	-	-	-	31
Einspeisung: Küche (Großküchengeräte)	-	-	-	153
Kühlung	-	24	-	40
Lüftung (Küche & Speisesaal)	-	-	-	53
Geschirrspülmaschine	13,6	3	40,8	6
Kippbratpfanne	14,7	1,5	22	18
SUMME				301

Zwei Geräte werden von der Einspeisung der Großküchengeräte (bzw. Elektroverteiler in der Küche) gemessen: die Kippbratpfanne und die Geschirrspülmaschine. In Abbildung 3-12

werden die Lastkurven der jeweiligen Geräte mit der Gesamteispeisung verglichen. Die zwei Geräte machen zusammen 8 % des Tagesverbrauchs der Großküchengeräte aus, die Kippbratpfanne verbraucht ca. 6 % und die Geschirrspülmaschine etwa 2 %. Der Stromverbrauch wird anhand der Nennleistung und der Betriebszeiten der jeweiligen Großküchengeräte und Erfahrungen in die Bereiche zugeordnet.

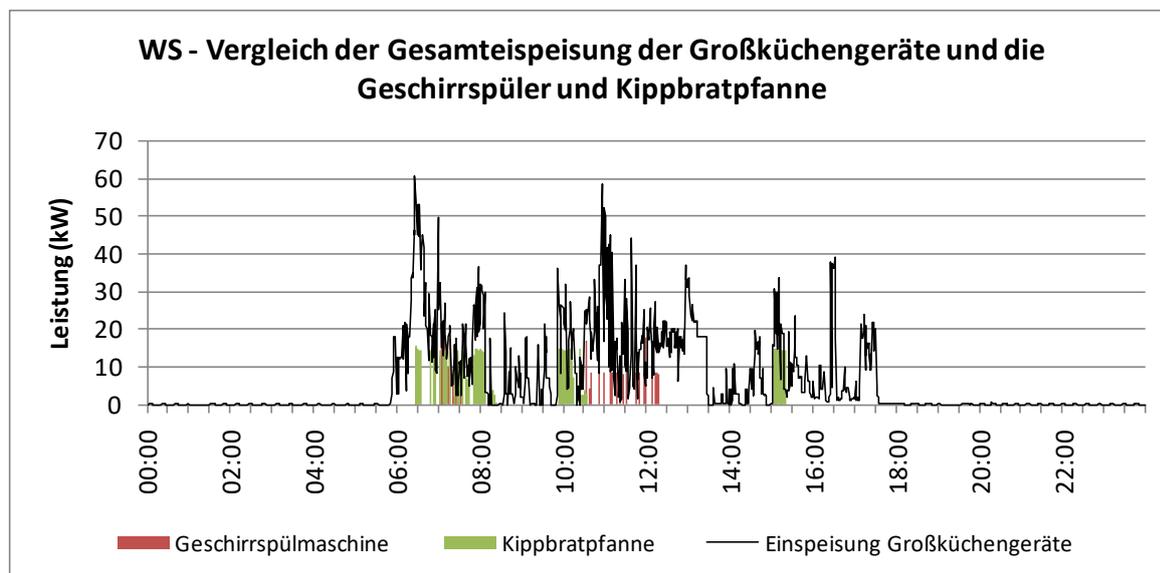


Abbildung 3-13: Vergleich der Gesamteispeisung der Großküchengeräte der - Schülerwohnheimküche und die Kippbratpfanne und Geschirrspülmaschine [Daxbeck et al., 2011]

3.4 Genauigkeit der Energieverbrauchsberechnungen

In Abbildung 3-14 und Abbildung 3-15 ist ersichtlich, inwiefern die Summe der einzeln gemessenen Großküchengeräte mit der Gesamteispeisung übereinstimmt. In Abbildung 3-14 entspricht die Lastkurve der Großküchengeräte jenen der Gesamteispeisung sehr gut. Das bedeutet, dass die wichtigsten Stromverbraucher identifiziert wurden und die Stromverbrauchstruktur mit hoher Genauigkeit dargestellt wird. Ein Grund für die hohe Genauigkeit ist der Einsatz von Dampf für Koch- und Spülprozesse in dieser Küche. Aus diesem Grund wird eine geringere Variabilität im Stromverbrauch gemessen.

Grundsätzlich verursachen die Großküchengeräte zwischen 70 und 80 % des Tagesstromverbrauchs und bieten damit eine gute Ausgangsbasis für die Berechnung des Jahresstromverbrauchs.

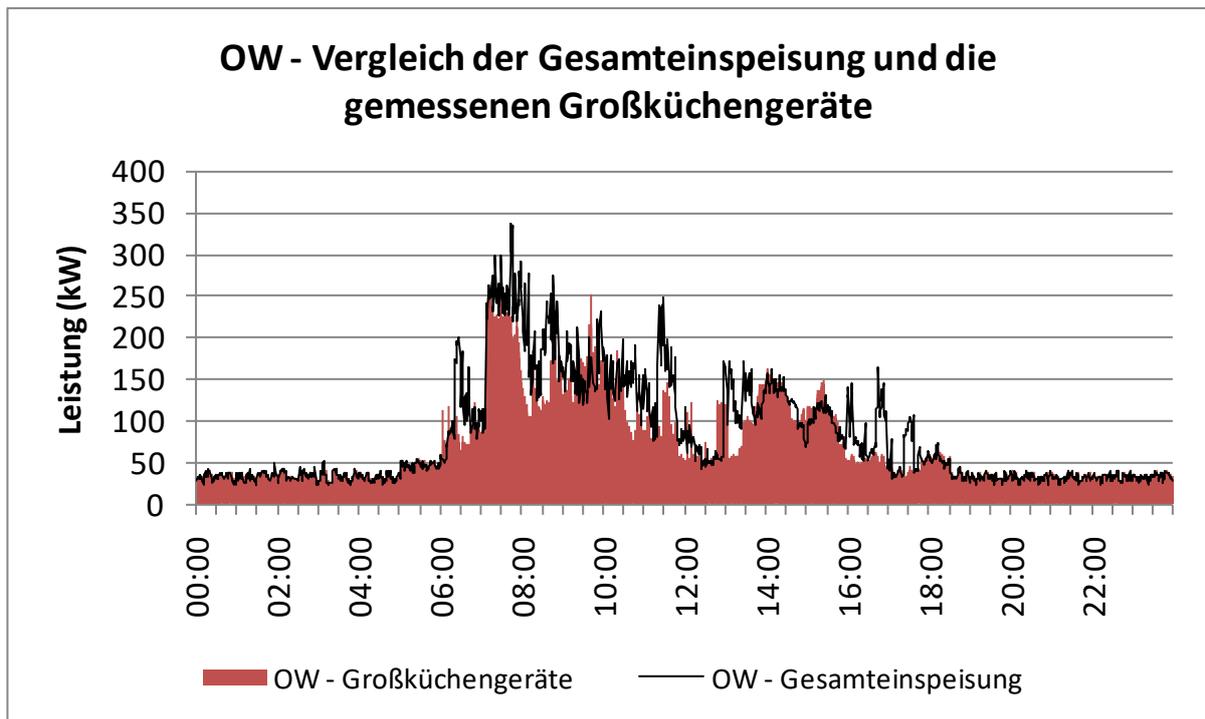


Abbildung 3-14: Vergleich der Gesamteinpeisung mit den Großküchengeräten einer Krankenhausküche [Daxbeck et al., 2011]

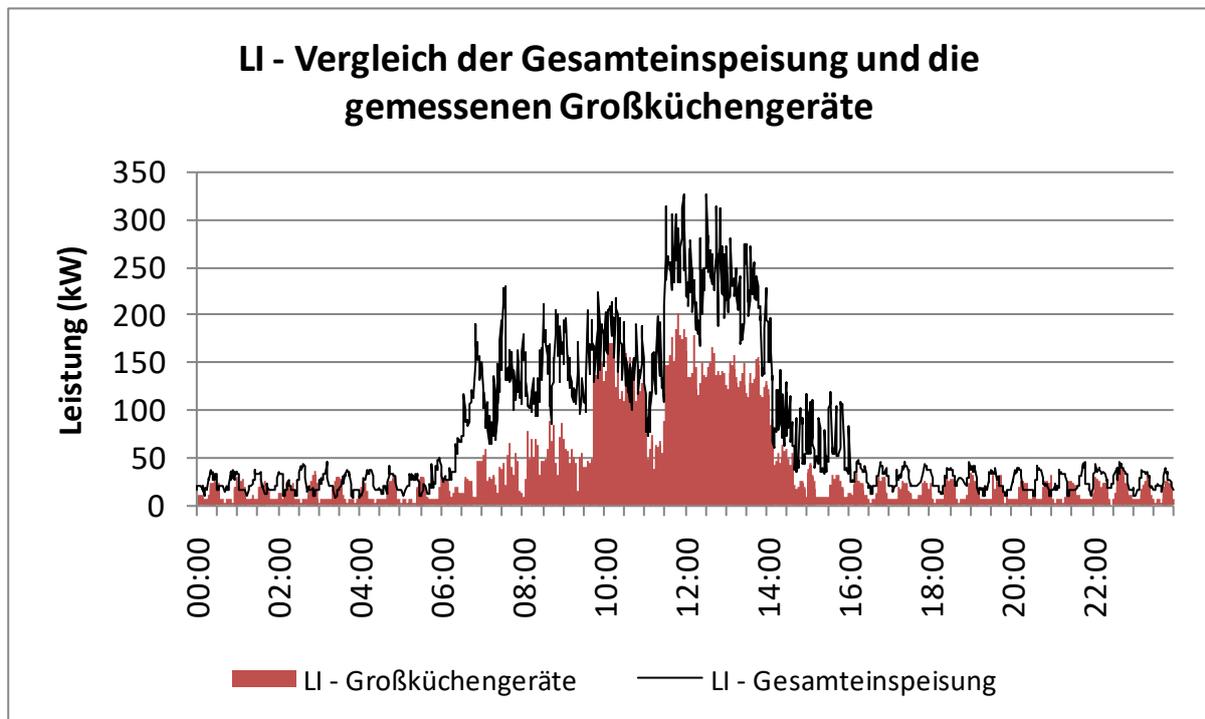


Abbildung 3-15: Vergleich der Gesamteinpeisung mit den Großküchengeräten einer Krankenhausküche [Daxbeck et al., 2011]

3.5 Bedarfsspitzen bei Strom vermeiden

Bei einem Stromtarif mit Leistungsmessung haben die Jahreshöchstleistung oder die Monatshöchstleistung einen erheblichen Anteil an den Stromkosten. In der Abrechnung spricht man hier vom Leistungspreis angegeben in €/kW.

Der Energieversorger misst hier mit einem fernauslesbaren Zähler die 1/4 Mittelwerte und verrechnet den Verbrauch in kWh und die höchste Spitze in kW, je nach Tarif. Es sollten unbedingt Stromspitzen durch die gleichzeitige Inbetriebnahme von Großverbrauchern wie z.B. Spülmaschine, Heißluftdämpfer und leistungsstarke Großküchengeräte vermieden werden. Dies verringert die Spitzenlast und damit auch die Stromrechnung.

3.6 Organisatorische Maßnahmen vornehmen

Der Leistungsbezug kann durch rein organisatorische Maßnahmen reduziert werden. Betriebszeiten für bestimmte Großküchengeräte werden festgelegt und so ein zeitgleiches Einschalten größerer Verbraucher verhindert.

3.7 Einsparung ohne Investition

- Anpassen der Einschaltzeiten an den Bedarf z. B. durch Abschalten von Geräten in Pausen oder bei Nichtbenutzung, zeitabhängige Steuerung der Lüftungsanlage
- Arbeitsgruppen aus Mitarbeitern der verschiedensten Abteilungen, um Energiefragestellungen und Aktionen betriebsweit zu koordinieren.
- Den Themenbereich Energie in das innerbetriebliche Vorschlagswesen des Unternehmens integrieren.
- Vorschläge zur Energieeinsparung die von Mitarbeitern kommen, sollte man Beachtung schenken und ein Verantwortungsgefühl für den Energieverbrauch im Unternehmen integrieren

3.8 Lastganganalyse

Eine Lastganganalyse ermöglicht das Identifizieren kurzfristiger elektrischer Leistungsspitzen nach Größe und Zeitpunkt. Sie verdeutlicht zusätzlich die Stromabnahme außerhalb der Betriebszeiten (Grundlast). Dadurch lassen sich auch elektrische Verbraucher aufspüren, die eigentlich abgeschaltet werden könnten.

Bei leistungspreisabhängigen Stromverträgen ist es sinnvoll, eine Analyse des elektrischen Lastganges erstellen zu lassen, die wiederholt werden sollte, sobald eine signifikante Veränderung der Abnahmestruktur zu vermuten ist (z.B. Veränderungen der Produktion). Es ist anzustreben, Tages-, Wochen- und gegebenenfalls Monatslastgänge in Zeiten üblicher Produktionszyklen zu erfassen. Diese Dienstleistung wird in den meisten Fällen vom Energieversorger unentgeltlich oder zu geringen Kosten angeboten.

3.9 Energie-Contracting

Energie-Contracting bzw. Energieeinspar-Contracting ist eine vertragliche Vereinbarung zur Vorfinanzierung von Energiesparmaßnahmen. Sie wird zwischen einem Energienutzer, z.B. einem Produktionsbetrieb, und einem Energiedienstleister geschlossen. Das Aufgabenspektrum von Energie-Contracting umfasst die Planung und Errichtung von Energieerzeugungs- und -verteilungsanlagen, von Systemen der Mess- und Regeltechnik, Finanzierung und Betrieb der Anlagen sowie die Lieferung und Abrechnung der fertigen Endprodukte (Wärme, Kälte, Strom, Druckluft).

Der Energiedienstleister tätigt die Investitionen und profitiert im Rahmen der Vertragslaufzeit von den Einsparungen. Erst nach Ende des Vertrages kommen die Einsparungen dem Energienutzer zugute.

Energie-Contracting ist besonders dann angebracht, wenn dem Energienutzer die Finanzmittel und das Know-how für lohnende Investitionen fehlen.

3.10 Lastmanagement

Ein automatisches Lastmanagement- bzw. Lastabwurfssystem erreicht, dass ein vorgegebener Verbrauch innerhalb einer Messperiode - in der Regel 15 Minuten - genau eingehalten und keinesfalls überschritten wird. Mit Hilfe eines Optimierungsrechners können negative Einflüsse auf den Betriebsablauf verhindert werden. Hierzu werden ständig betriebene Verbrauchseinrichtungen zu Spitzenlastzeiten kurzzeitig ab- und wieder zugeschaltet. Hierfür müssen Verbrauchseinrichtungen zur Verfügung stehen, deren Gebrauch aus Lastspitzenzeiten in Zeiten mit geringerer Leistungsanspruchnahme verlagert werden können. Das Lastmanagement hat keine Auswirkung auf den Energieverbrauch, sondern dient ausschließlich der Kostensenkung durch Vermeidung von Spitzenlasten. In der Küche können Spitzenlasten durch bedarfsgerechtes Ein- und Ausschalten sowie durch die bewusste Steuerung der Kochprozesse vermieden werden.

3.11 Wärmerückgewinnung

Wärmerückgewinnung ist in vielen Bereichen möglich, z.B. bei der Kälteerzeugung und bei Lüftungsanlagen. In dieser Abwärme steckt Potential, das sich zur Energieeinsparung nutzen lässt. Durch intelligente Verknüpfung von Verfahren kann die notwendige Zufuhr an Primärenergie reduziert werden.

3.12 Umweltzeichen "UZ46 Grüner Strom"

Das Umweltzeichen "UZ46 Grüner Strom" lässt ausschließlich Stromhändler zu, die keinen Atomstrom oder Strom aus fossilen Quellen verkaufen. Das Umweltzeichen schreibt dabei einen Anteil der Strommenge von mindestens 1,5 % aus Photovoltaik und höchstens 79 % aus

Wasserkraft vor. Umweltzeichen-Strom gewährleistet somit eine Förderung der Energiewende.¹

3.13 Beispiel Büroküche

Tabelle 3-4: Gemessene Großküchengeräte und Bereiche der Büroküche [Daxbeck et al., 2011]

Großküchengerät	Nennleistung (kW)	Betriebszeit (h/d)	Max. Stromverbrauch (kWh)	Gemessener Stromverbrauch (kWh)
Einspeisung 1 (Küchengeräte)	-	-	-	415
Einspeisung 2 (Beleuchtung)	-	-	-	67
Bandspülmaschine	43	2,5	107,5	84
Topfspülmaschine	34	5,5	187	52
Lüftung	-	-	-	332
Kühlung	-	24	-	44
SUMME				858

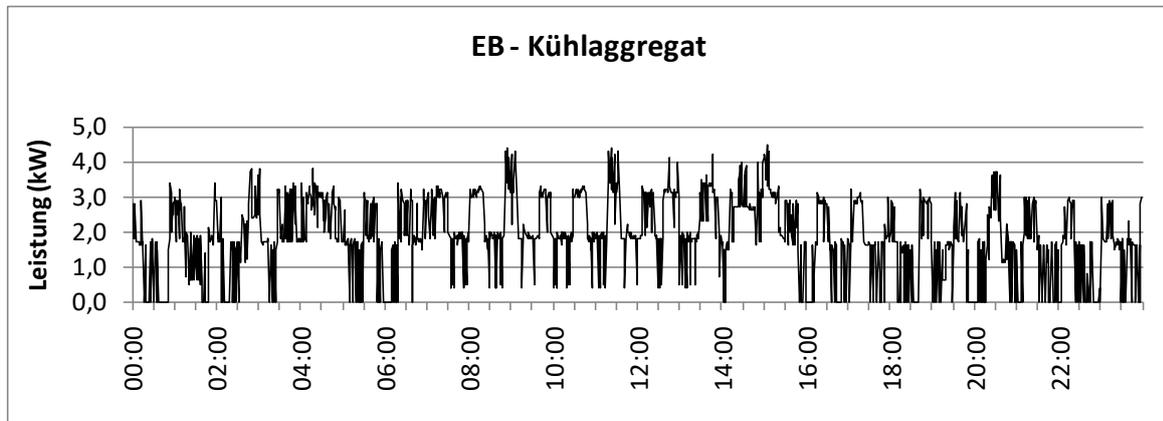


Abbildung 3-16: Leistungskurve des Kühlaggreats [Daxbeck et al., 2011]

Abbildung 3-16 veranschaulicht die Leistungskurve des Kühlaggreats. In dieser Beispielküche verfügt die Küche nicht über eine eigene Kühlung, so konnte der Verbrauch nicht gemessen werden.

¹ https://www.umweltzeichen.at/cms/de/produkte/energie/idart_2210-content.html

In Abbildung 3-15 ist die Leistungskurve für die Beleuchtung veranschaulicht. Der Unterschied zwischen den Stromverbräuchen während Betriebszeiten und Nicht Betriebszeiten ist veranschaulicht. Während Nicht-Betriebszeiten (bzw. von 18:00 bis 06:00) liegt der durchschnittliche Verbrauch um ca. 16 % niedriger als der Tagesdurchschnitt. Man kann annehmen, dass der nächtliche Stromverbrauch des Kühlaggregats repräsentativ für den Stromverbrauch an Nicht-Arbeitstagen ist. Die Erhöhung des Stromverbrauchs während den Arbeitstagen lässt sich anhand der Kälteverluste als Resultat der Küchenaktivitäten erklären (z.B. Öffnen der Türe, Einlagerung von Waren mit höherer Temperatur, usw.).

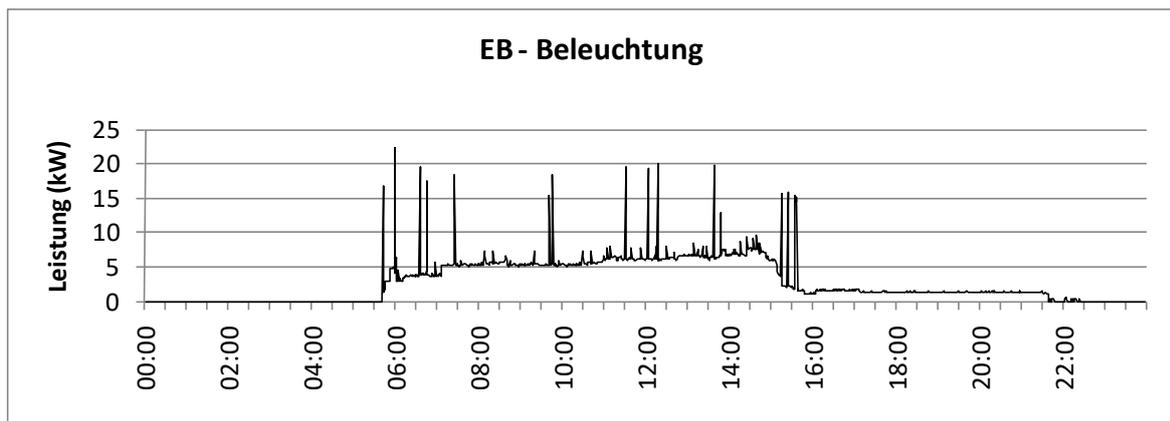


Abbildung 3-15: Leistungskurve der Beleuchtung [Daxbeck et al., 2011]

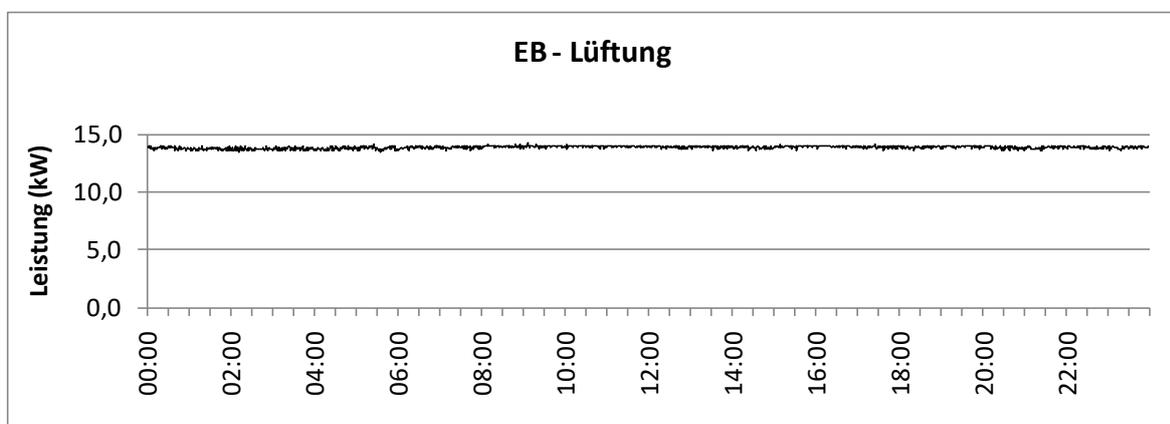


Abbildung 3-16: Leistungskurve der Lüftung [Daxbeck et al., 2011]

Die Lüftung stellt bezüglich des Energieverbrauchs eine wichtige Kategorie dar. In Abbildung 3-16 ist die Tages-Leistungskurve der Lüftung in der EB-Küche und im Speisesaal abgebildet. Die Messung zeigt, dass die Lüftung 24 Stunden pro Tag auf der gleichen Leistungsstufe von ca. 14 kW in Betrieb ist. Das ist ziemlich ungewöhnlich, da die Leistung sich meist an die Aktivitäten der Küche anpasst. Die Einstellungen der Lüftung sind zu überprüfen und an den tatsächlichen Bedarf anzupassen Einsparungspotenziale zu realisieren. Wenn die Leistungsstufe an den Bedarf der Küche angepasst werden kann, ist eine Halbierung des Stromverbrauchs zu erwarten.

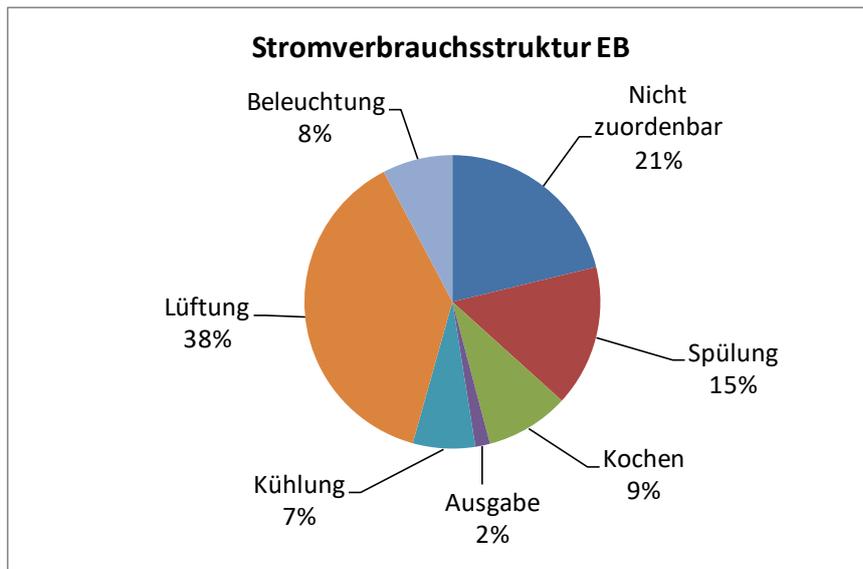


Abbildung 3-17: Stromverbrauchstruktur der Büroküche [Daxbeck et al., 2011]

Nach der Kategorie Lüftung mit 38 % ist die Kategorie Spülung 15 % am gesamten Jahres-Stromverbrauch der zweit wichtigste Bereich in der Büroküche. Weitere 8 % des Tagesverbrauchs fallen in der Kategorie Beleuchtung an und für das Kochen wird ein Anteil von 9 % ermittelt. Überraschend ist die Kategorie Kühlung, die mit einem Anteil von 7 % am Jahresverbrauch weit unter dem Durchschnitt im Vergleich zu anderen Großküchen liegt.

3.14 Beispiel Schülerwohnheim

Tabelle 3-5: Gemessene Großküchengeräte im Bereich der Küche des Schülerwohnheims

Großküchengerät	Nennleistung (kW)	Betriebszeit (h/d)	Max. Stromverbrauch (kWh)	Gemessener Stromverbrauch (kWh)
Einspeisung: Küche UV Allgemein	-	-	-	31
Einspeisung: Küche (Großküchengeräte)	-	-	-	153
Kühlung	-	24	-	40
Lüftung (Küche & Speisesaal)	-	-	-	53
Geschirrspülmaschine	13,6	3	40,8	6
Kippbratpfanne	14,7	1,5	22	18
SUMME				301

Die Tages-Leistungskurve der Großküchengeräte der -Küche ist in Abbildung 3- dargestellt. Sie zeigt Leistungsspitzen von bis zu 60 kW während der Zubereitung des Frühstücks um

07:00 Uhr und während der Zubereitung des Mittagessens um 11:00 Uhr. Insgesamt verbrauchen die verwendeten Großküchengeräte am Messtag 153 kWh (siehe Tabelle 3-5).

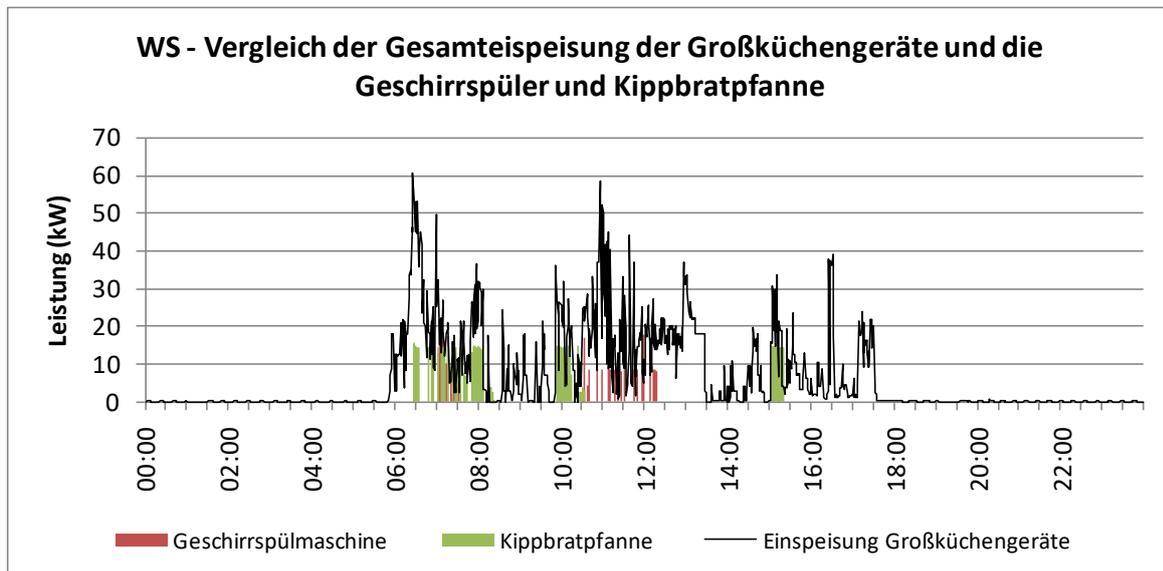


Abbildung 3-18: Vergleich der Gesamteinspeisung der Großküchengeräte der Schülerwohnheimküche. Die Kippbratpfanne und die Geschirrspülmaschine sind farblich markiert [Daxbeck et al., 2011]

Die Kälteversorgung der Kühlzelle findet über das Kühlaggregat statt, welches sich in den Nebenräumen der Küche direkt neben der Kühlzelle befindet. Der Stromverbrauch des Kühlaggregats wird nicht einzeln erfasst. Die Messung wird durchgeführt, um den Stromverbrauch der WS-Küche sowie den Anteil der Kühlung genauer zu bestimmen. Der durchschnittliche Leistungsbedarf der Kühlung beträgt 1,6 kW mit Leistungsspitzen von über 8 kW. Der Stromverbrauch während der Arbeitszeit (zwischen 06:00 – 18:00 Uhr) ist mit 1,9 kW um etwa 0,5 kW höher als während Nicht-Arbeitszeiten (zwischen 18:00 – 06:00 Uhr).

Die Tages-Lastkurve der Lüftung in der WS-Küche ist in Abbildung 3- veranschaulicht und zeigt einen zweistufigen Verlauf. Zwischen 06:00 und 18:00 Uhr ist die Leistungsstufe auf ca. 4 kW eingestellt, zwischen 18:00 und 22:00 Uhr auf etwa 2 kW. Außerhalb dieser Zeiten ist die Lüftung ausgeschaltet.

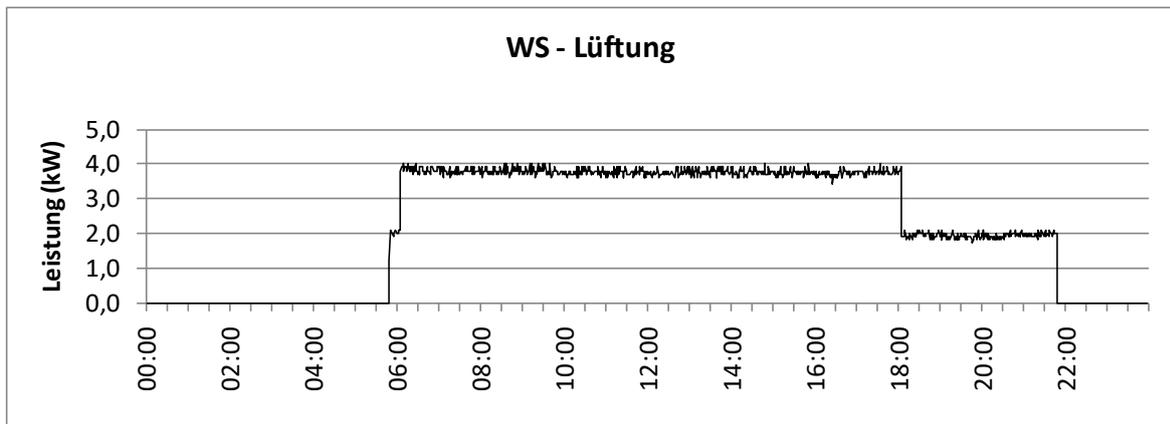


Abbildung 3-19: Leistungskurve der Küche und – Speisesaallüftung [Daxbeck et al., 2011]

Abbildung 3-20 zeigt die Stromverbrauchstruktur der Küche. Anhand von sechs Messungen können etwa 90 % des Stromverbrauchs in der Küche erklärt werden. Die Kategorie „Kochen“ ist mit 27 % am gesamten Stromverbrauch aus energetischer Sicht betrachtet der wichtigste Bereich. Die Kategorien Kühlung und Lüftung sind mit 22 % bzw. 19 % die zweit- bzw. drittichtigsten Bereiche in der Küche.

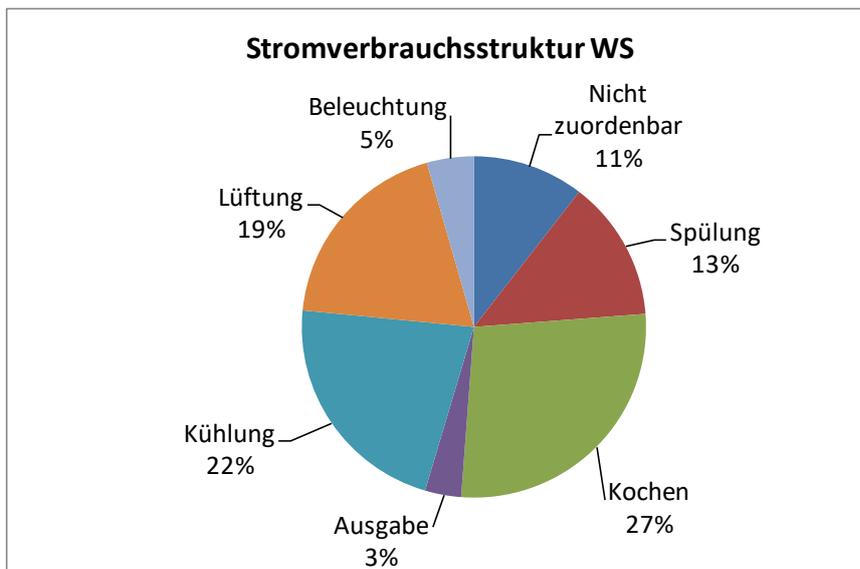


Abbildung 3-20: Stromverbrauchsstruktur der Schülerwohnheimküche

3.15 Beispiel Krankenhausküche

Tabelle 3-6: Gemessene Großküchengeräte [Daxbeck et al., 2011]

Großküchengerät	Nennleistung (kW)	Betriebszeit (h/t)	Max. Stromverbrauch (kWh)	Gemessener Stromverbrauch (kWh)
Bandspülmaschine	130	7	910	76
Druckkochkessel	45	7	328	22
Kombidämpfer	45	4	193	60
Stickenofen	50	3	143	22
Kippbratpfanne	16	7	118	19
Kochkessel	15	5	75	21
Herd	22	1	22	13
Speisewagen*	2,67	4	11	422
Lüftung	-	24	-	650
Kühlung	-	24	-	368
SUMME				1.673

* ca. 80 Speisewägen werden in dieser Krankenhausküche verwendet, deswegen ist der gemessene Stromverbrauch im Vergleich mit dem theoretisch maximalen Stromverbrauch relativ hoch.

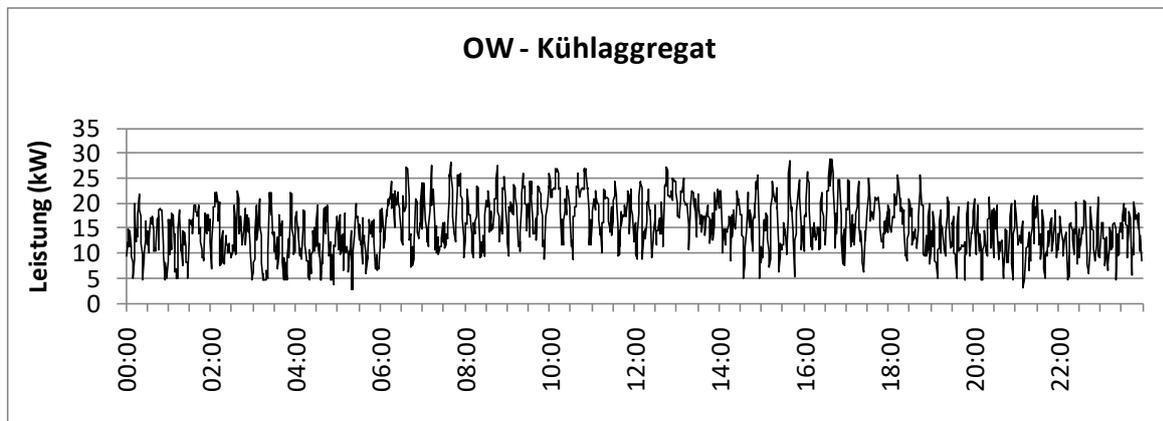


Abbildung 3-21 Leistungskurve des Kühlaggregats [Daxbeck et al., 2011]

Die Raumkühlung wird in dieser Küche mit dem bereits in Abbildung 3-21 beschriebenem Kühlaggregat zentral betrieben. Hier wurden die Stromverbrauchsmessungen im September 2009 durchgeführt, daher wurde der gesamte Stromverbrauch der Kühlung etwas überschätzt, da die Temperaturen in dieser Jahreszeit geringfügig über dem Jahresdurchschnitt liegen.

Für die Kategorie ‚Speisenausgabe‘ werden in der Küche Stromverbrauchsmessungen durchgeführt, da eine große Anzahl an thermischen Speisewägen (ca. 80 Stück) für die Ausgabe der Speisen verwendet wird. Der theoretisch maximale Stromverbrauch für die einzel-

nen Geräte ist zwar nicht außergewöhnlich hoch (Nennleistung ist 2,677 kW), zusammen gefasst ist diese Kategorie aber mit etwa 17 % des theoretisch maximalen Stromverbrauchs sehr energieintensiv. Die Speisewägen werden über zwei symmetrisch belastete 3-Phasen Leitungen eingespeist, wovon eine Leitung gemessen und mit zwei multipliziert wird, um den gesamten täglichen Stromverbrauch der Speisewägen zu bestimmen.

Die Speisewägen werden sieben Tage in der Woche verwendet, in der Regel jeden Tag zu Mittag und abends, fünf Mal in der Woche. Dabei werden die Speisewägen mit warmem Wasser gefüllt und mittels Strom auf die gewünschte Temperatur gebracht. Laut Angaben der Küche dauert die Aufheizung jeweils ungefähr zwei Stunden. Bei der Hochrechnung des Stromverbrauchs wird der Einsatz dieser Speisewägen dementsprechend berücksichtigt. Das bedeutet, dass der Stromverbrauch am Vormittag (bzw. bis 12:00) sieben Mal, und der Stromverbrauch am Nachmittag (bzw. nach 12:00) fünf Mal pro Woche (Abbildung 3-22) über das Jahr hochgerechnet wird. Der jährliche Stromverbrauch der Speisewägen wird auf ca. 139.118 kWh geschätzt.

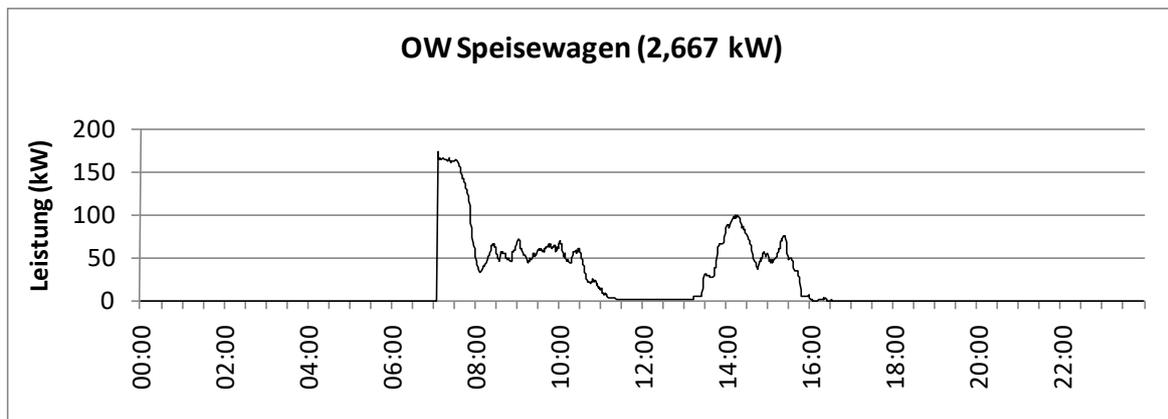


Abbildung 3-22: Leistungskurve der Speisewägen [Daxbeck et al., 2011]

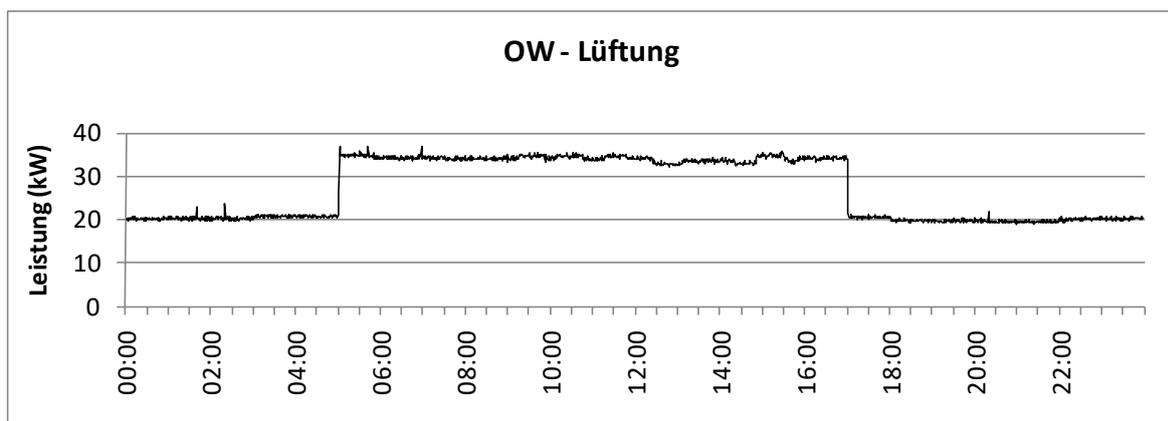


Abbildung 3-173: Leistungskurve der Lüftung [Daxbeck et al., 2011]

Die Stromverbrauchsstruktur des Krankenhauses wird in Abbildung 3- dargestellt. Die drei wichtigsten Kategorien sind die Lüftung mit 33 % (siehe Abbildung 3-173) des Gesamtver-

brauchs, die Speisenausgabe mit 19 % und die Kühlung mit 18 % des Gesamtenergieverbrauchs.

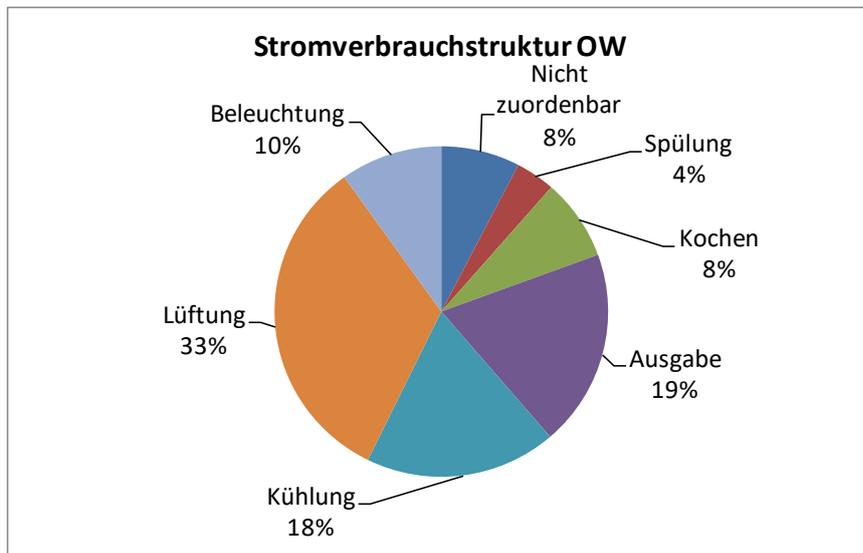


Abbildung 3-24: Stromverbrauchsstruktur der Krankenhausküche [Daxbeck et al., 2011]

3.16 Best Practice Beispiel: Küche HLUW Yspertal

Der autonom geführte Küchenbetrieb hat inklusive Küchenchef acht MitarbeiterInnen und versorgt täglich ca. 300 Personen.

- Vor dem Einbau der Wärmerückgewinnungsanlage wurde das zum Teil noch sehr heiße Schmutzwasser der Küche direkt über den Fettabscheider ins Kanalsystem entsorgt.
- Nach dem Einbau des Rainotec-Systems wird das Abwasser nun zur Vorwärmung des Frischwassers verwendet, das anschließend den Warmwasserboilern zugeführt wird.
- Die Boiler werden im Winter mit Nahwärme und im Sommer mit Strom beheizt.
- Die Anlage arbeitet im Gegenstromverfahren. Grobe Schmutzanteile werden durch ein selbstreinigendes Siebsystem direkt in den Kanal entsorgt.
- Durch ein elektronisches Steuerungssystem kann nur vorgewärmtes Wasser in die Heißwasserboiler gelangen.

Ergebnisse und Projektdaten:

- Energieeinsparung 18.400 kWh/a (von Strom und Nahwärme)
- Kosteneinsparung 1.840 EUR/a
- Kostenreduktion 5,2 Prozent der Energiekosten
- Investition 12.088 EUR
- Amortisationszeit 6,5 Jahre
- Realisierung 2009

3.17 Best Practice Beispiel: Großküche des St.-Franziskus Stif- tes in Münster

In der Großküche des St.-Franziskus-Stiftes in Münster wurde eine neue Steuerung der Firma Ergo Power GmbH eingebaut die mit optischen und thermischen Sensoren dafür sorgt, dass die Lüftungsanlage erst anspringt, wenn Bedarf besteht. Der Strombedarf sank dadurch um mehr als 70 Prozent, der Wärmebedarf um fast 60 Prozent.

- Die zur Raumluftkonditionierung und Schadstoffabfuhr in gewerblichen Küchen eingesetzten raumluftechnischen Anlagen sind, durch den Transport von Luft, der durch die Komprimierung viel Energie benötigt, sehr energieintensiv. Durch Optimierung des Bedarfs an Antriebsenergie für den Ventilator kann die Energieeffizienz erhöht werden.
- In der Praxis werden die Lüftungsanlagen nach dem Kochvorgang oft nicht wieder herunter geregelt, sodass die Anlagen bis zum Betriebsende mit voller Leistung arbeiten.
- Durch automatisierte Steuerungselemente wird die Zu- und Abluft von Küchenlüftungsanlagen bedarfsabhängig geregelt. Über thermische und optische Sensoren wird erhöhte Wasserdampf oder Wärmeentwicklung registriert.

Ergebnisse und Projektdaten:

- Anlagen: 2 Lüftungsanlagen der Fa. Ergo Power GmbH
- Investitionskosten: 18.000 Euro
- Amortisationszeit: 2 Jahre
- Luftvolumenstrom Küchenlüftung: 10.000 m³/h
- Leistung Zuluftmotor: 3,7 kW
- Leistung Abluftmotor: 6 kW
- Luftvolumenstrom Lüftung Spülküche: 4.500 m³/h
- Leistung Zuluftmotor: 3 kW
- Leistung Abluftmotor: 2,2 kW
- Energiebedarf Lüftungsschlitze Strom: 43.000 kWh/a
- Energiebedarf Lüftungsschlitze Heizung: 10.000 kWh/a
- Strombedarf: 10.000 kWh/a
- Wärmebedarf: 4.200 kWh/a



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A A
Ressourcen Management Agentur



Anhang

Anhang 1: Beispiele von möglichen Fragebogen Parametern und Erläuterungen

	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	Energieverbrauchstruktur darstellen und Bestimmen der Groß-Energieverbraucher
	Kosten	Zur Ermittlung der finanziellen Einsparungsmöglichkeiten
	Betriebsart (bzw. Frischkost, Kochen & Köhlen)	zur Gegenüberstellung der verschiedenen Betriebsarten
	Anzahl Produktionstage pro Jahr	Für die Berechnung von Energieeffizienz-Kennzahlen
	Durchschnitt der produzierten Mahlzeiten	Für die Berechnung von Energieeffizienz-Kennzahlen
	Gesamt	
	Frühstück	
	Mittagessen	
	Abendessen	
	Kalte Mahlzeiten Mittag	
	Kalte Mahlzeiten Abend	
	Transport	Bestimmen des Einflusses des Transports auf den Energieverbrauch und CO ₂ Emissionen
	Innerbetrieblich	
	Anzahl Speisetransportwagen	
	Anzahl der transportierten warmen Mahlzeiten	
	Anzahl der transportierten kalten Mahlzeiten	
	Außerbetrieblich	
	Transportmittel	
Zurückgelegte Kilometer		
Anzahl Speisetransportwagen		
Anzahl der transportierten warmen Mahlzeiten		

	Anzahl der transportierten kalten Mahlzeiten	
Fragebogen Energieverbrauch Großküchengeräte	Gemessener Energieverbrauch pro Gerät	Genaue Energieverbrauchstruktur darstellen und Bestimmen der Groß-Energieverbraucher
	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 (Wissen des Küchenpersonals, Verhältnis zum tatsächlichen Energieverbrauch)	
Energiespezifische Daten	Energiespezifische Daten	Zur Berechnung der CO ₂ Emissionen
	Nationaler Energieerzeugungsmix / Spezifischer Energieerzeugungsmix	Anteile primärer Energieträger bei der Erzeugung von abgeleiteten Energieträger (z.B. Elektrizität, Fernwärme)
	Durchschnittlicher CEF* / Spezifischer CEF	Kohlenstoff Emissionsfaktor zur Berechnung der Menge Kohlenstoff pro Erzeugte Energieeinheit
	Durchschnittliche ϵ / Spezifische ϵ	Anteil des oxidierten Kohlenstoffs zur Berechnung der CO ₂ Emissionen
	Durchschnittlicher H_u / Spezifischer H_u	Zur Umrechnung des Energieeinsatzes
	Durchschnittlicher Wirkungsgrad/ Spezifischer Wirkungsgrad der Umwandlungstechnologie	Zur Bestimmung von effizienten Umwandlungstechnologien
	Durchschnittlicher Umwandlungseinsatz / Spezifischer Umwandlungseinsatz	Zur Bestimmung von effizienten Umwandlungstechnologien und Hochrechnung der CO ₂ Emissionen
	Durchschnittlicher Umwandlungsausstoß / Spezifischer Umwandlungsausstoß	Zur Bestimmung von effizienten Umwandlungstechnologien und Hochrechnung der CO ₂ Emissionen
	Durchschnittliche Transportverluste / Spezifische Transportverluste	Für die Berechnung der CO ₂ Emissionen
	Durchschnittsverbrauch des Sektors Energie / Spezifischer Verbrauch des Sektors Energie	Für die Berechnung der CO ₂ Emissionen

Anhang 2: Typische Großküchengeräte

mit zugehörige Anschlusswert und Energieverbrauchswerte [Kleinhempel, 2004]

Gerät	Typ	Anschlusswert (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 (Elektro- schnellkochkessel)	Elektro	11	24	1,4	2,9
Kochkessel (Elektrodruck- kochkessel)	Elektro	16	54		
Kochkessel	Gas	21	58	5,25	14,5
Kochkessel (Gasschnell- kochkessel)		10	21	1,6	3,5
Kochkessel (Gasdruck- kochkessel)		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 Kar- toffeln & 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		
Fronttürspülmaschinen					
Durchschubspülmaschinen					
Bandspülmaschinen			150		
Bainmarie	Elektro	2	4,6	0,5	1,15
Bainmarie	Gas		4,7		1,3
Wärmeschrank		0,4	2,2		
Tellerspender		0,9	2		
Getränkekühler					
Salatbuffet		0,2	0,3		
Kühltheke		0,2	1,6		
Transportwärmewagen		2,9	4,3		

Anhang 3: Praxis Beispiele der Energieeffizienz von sechs Großküchen

	Kitchen					
	Altenheim (CH)	Hospital (SK)	Hospital (CH)	Hospital (NL)	Company (SK)	Hospital (DE)
Anzahl Mahlzeiten pro Jahr	47085	127890	197830	273750	331730	876000
Number of cooking days per year	365	261	365	365	245	365
Number of meals per day	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



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



R R R R R M M M M M A A A A
Ressourcen Management Agentur





Literaturverzeichnis

AIR-IX Consulting Engineers; Energy Centre Bratislava; Institute of Accelerating Systems and Applications - National and kapodestrian University of Athens; Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie; Österreichischer Energiekonsumenten Verband (2002) Energy Concept Advisor.

Daxbeck, H.; De Neef, D.; Schindl, G. (2009a) Methodenpapier zum Energieverbrauch von Großküchen. Projekt SUKI. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer nachhaltigen, umweltverträglichen Ressourcenbewirtschaftung. Wien.

Daxbeck, H.; De Neef, D.; Schindl, G. (2009b) Methodik und Resultate der Energieverbrauchsmessungen (Vers. 1.0). Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer nachhaltigen, umweltverträglichen Ressourcenbewirtschaftung. Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO₂-Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen) - Sustainable Kitchen. . Wien.

Daxbeck, H.; Ehrlinger, D.; de Neef, D. (2010) Endbericht Energie - Energieverbrauch in Großküchen. Ressourcen Management Agentur (RMA). Initiative zur Erforschung einer umweltverträglichen nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Möglichkeiten von Großküchen zur Reduktion ihrer CO₂-Emissionen (Maßnahmen, Rahmenbedingungen und Grenzen) - Sustainable Kitchen. Projekt SUKI. Wien.

Jenny, U. (2008) Energieeffizienz und der Einfluss auf die Planung. ZAGG - Symposium.

Kleinhempel, A.-K. (2004) Energieeffiziente Haushaltgroßgeräte für Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen. Bremer Energie Institut, Universität Bremen. Bremen, Deutschland.

Perincioli, L., Gasser, H., (1992) Fallstudie Testküche. Impulsprogram Ravel - Materialien zu Ravel. Bern.

Rohatsch, M.; Lemme, F.; Neumann, P.; Wagner, F. (2002) Großküchen Planung - Entwurf - Einrichtung. Hrsg. v. Verlag Bauwesen. Berlin.