

S O C I A L E C O L O G Y W O R K I N G P A P E R 1 5 9

Raphael Fink

**CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung
im Bergtourismus**

**Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung
einer alpinen Schutzhütte und des Carbon
Footprint ihrer Gäste**

Raphael, Fink, 2015:

CO2-Emissionen und Ressourcennutzung im Bergtourismus

Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung einer alpinen Schutzhütte und des Carbon Footprint ihrer Gäste

Social Ecology Working Paper 159
Vienna, August 2015

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Alpen-Adria-Universität
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna

www.aau.at/socec
workingpaper@aau.at

© 2015 by IFF – Social Ecology

Raphael Fink

CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung im Bergtourismus

**Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung einer alpinen
Schutzhütte und des Carbon Footprint ihrer Gäste**

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

Studium der Sozial- und Humanökologie

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt

Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Begutachter: Univ.-Prof. Mag. Dr. Fridolin Krausmann

Institut für Soziale Ökologie

08/2015

ABSTRACT

Um die Frage zu beantworten, wie nachhaltig Bergtourismus ist, werden die Treibhausgasemissionen berechnet, die aufgrund der Anreisemodalitäten der Gäste sowie des Betriebs einer Berghütte anfallen. Dabei wird aus einer Stoffwechselferspektive heraus auch dem Ressourcenverbrauch eines alpinen Stützpunkts nachgegangen. Für die vorliegende Fallstudie wurden sowohl mehr als 2300 Gäste des Karl-Ludwig-Haus auf der Rax (Österreich, 110 Kilometer südlich von Wien) bezüglich ihrer Anreise befragt als auch Daten zum Energie- und Wasserverbrauch der Schutzhütte erhoben.

Hierbei zeigt sich, dass der Umstieg von privater auf öffentliche Anreise (Modal Shift) sowie Nachhaltigkeitsmaßnahmen in der Ressourcennutzung (wie dem Einsatz von Ökostrom oder Energiesparmaßnahmen) zu einer signifikanten Senkung der Treibhausgasemissionen führen. Da die Anreise der Gäste für mehr als 98 Prozent der in der Saison 2014 insgesamt knapp 200 Tonnen durch Anreise und Betrieb verursachten Treibhausgasemissionen verantwortlich sind, liegt hier folglich das größte Reduktionspotenzial. Die Berechnung der Eco-Efficiency von Bergtourismus zeigt zudem, dass dieser nicht wesentlich ökoeffizienter als Städtetourismus ist.

In order to measure the sustainability of mountain-tourism, emissions of greenhouse gases were calculated. Emissions caused by operating an alpine hut were examined as well as these caused by visitor's trips. Furthermore the resource consumption of such an alpine shelter is analyzed under a perspective of social metabolism. The outline of the case study were 2300 guest-interviews conducted at the Karl-Ludwig-Haus situated on the Rax (110 kilometers south of Vienna, Austria). The visitors were asked about their different types of arrival. Moreover data related to the energy and water consumption of the hut was collected. As a consequence the study shows that a shift from private to public transportation (Modal Shift) as well as taking action towards an increased sustainability in the utilization of resources (like using green electricity or saving energy in general) leads to a significant reduction of greenhouse gas emissions. The biggest potential to reduce emissions lies in the organisation of the journey to and from the mountain region which accounts for more than 98 percent of the total of 200 tons of greenhouse gases caused by trips of the guests and by operating the hut during the season 2014. In addition, the assessment of the eco-efficiency of mountain tourism shows that it is not significantly more ecologically efficient than citytourism.

Wir verstanden nichts, wollten nichts von der ‚Natur‘ als ein bisschen Sonntagsunterhaltung. Unser Sinn geht nach etwas Jux und Spaß.

Peter Rosegger: Ein Erlebnis dreier Wiener auf der Rax (1894)

*Wir leben in einem gefährlichen Zeitalter.
Der Mensch beherrscht die Natur, bevor er gelernt hat, sich selbst zu beherrschen.*

Albert Schweitzer

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1. EINFÜHRUNG IN DIE PROBLEMATIK.....	1
1.2. RELEVANZ DES THEMAS	2
1.3. ZIEL DER ARBEIT	4
2. THEORIE	7
2.1. DIE TOURISTISCHE ERSCHLIESSUNG DER ALPEN.....	7
2.1.1. <i>Die Geschichte des Bergtourismus</i>	7
2.1.2. <i>Das Rax-/Schneeberggebiet</i>	9
2.1.3. <i>Das Karl-Ludwig-Haus</i>	10
2.2. NACHHALTIGER TOURISMUS	11
2.3. AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND	12
2.3.1. <i>Treibhausgasemissionen im Bergtourismus</i>	12
2.3.2. <i>Ressourcennutzung im Bergtourismus</i>	13
2.3.3. <i>Eco-Efficiency</i>	14
3. METHODIK	15
3.1. ÜBERBLICK DER ANGEWENDETEN METHODEN	15
3.1.1. <i>Fragebogenerhebung</i>	15
3.1.2. <i>Mess- und Buchhaltungsdaten</i>	17
3.1.3. <i>Statistische Auswertungsverfahren</i>	18
3.2. DAS BERECHNUNGSMODELL	20
3.2.1. <i>Die Zahl der Tagesgäste</i>	20
3.2.2. <i>Die zurückgelegten Kilometer</i>	21
3.2.3. <i>Die verursachten Emissionen</i>	22
3.2.4. <i>Validität und Sensitivität</i>	24
4. ERGEBNISSE: DER CARBON FOOTPRINT DER GÄSTE	26
4.1. DESKRIPTIVE STICHPROBENBESCHREIBUNG	26
4.1.1. <i>Regionale Herkunft</i>	26
4.1.2. <i>Fahrgemeinschaftsgröße</i>	27
4.1.3. <i>Verkehrsmittelwahl</i>	27
4.1.4. <i>Seilbahnnutzung</i>	30
4.1.5. <i>Ausgangspunkt der Wanderung</i>	30
4.1.6. <i>An- und Rückreisekilometer</i>	32
4.2. CO ₂ -EMISSIONEN DER GÄSTE.....	35
4.2.1. <i>Gesamter Treibhausgasausstoß 2014</i>	35
4.2.2. <i>Emissionen pro Kopf</i>	37
4.2.3. <i>Emissionen pro Kilometer</i>	37
4.2.4. <i>Emissionen pro Verkehrsmittel</i>	38
4.2.5. <i>Emissionstagsatz</i>	39
4.3. SENSITIVITÄTSANALYSE DER ERGEBNISSE.....	39
4.3.1. <i>Einflussgrößen einzelner Parameter</i>	40
4.3.2. <i>Worst- und Best-Case-Szenario</i>	42

5. ERGEBNISSE: RESSOURCENNUTZUNG IM HÜTTENBETRIEB	45
5.1. ELEKTRISCHE ENERGIEVERSORGUNG	45
5.1.1. <i>Allgemeine deskriptive Analyse</i>	45
5.1.2. <i>Wochenzeitliche Schwankungen und saisonale Trends</i>	46
5.1.3. <i>Korrelations- und Regressionsanalyse</i>	48
5.1.4. <i>Effizienter Energieeinsatz und eingesparte Treibhausgasemissionen</i>	51
5.2. THERMISCHE ENERGIEVERSORGUNG	53
5.2.1. <i>Allgemeine deskriptive Analyse</i>	54
5.2.2. <i>Verursachte Treibhausgasemissionen</i>	55
5.3. WASSERVERSORGUNG	56
5.3.1. <i>Allgemeine deskriptive Analyse</i>	57
5.3.2. <i>Einflussfaktoren auf den Wasserhaushalt</i>	59
5.3.3. <i>Einsparmaßnahmen und Effizienzgewinne</i>	61
5.3.4. <i>Output</i>	62
5.3.5. <i>Energieaufwand zur Wasseraufbereitung und Entsorgung</i>	63
6. DISKUSSION.....	65
6.1. KONTEXTUALISIERUNG DER ERGEBNISSE	65
6.1.1. <i>Branchenkennzahlen zum Ressourceneinsatz</i>	65
6.1.2. <i>Relative Entkopplung</i>	67
6.1.3. <i>Eco-Efficiency des Bergtourismus</i>	68
6.2. POTENZIALE UND PROBLEME EINES NACHHALTIGEN BERGTOURISMUS	69
6.2.1. <i>Nachhaltige Anreise</i>	69
6.2.2. <i>Nachhaltige Ressourcennutzung</i>	70
6.2.3. <i>Forschungslücken</i>	72
6.3. KONKLUSION	73
7. BIBLIOGRAPHIE	76

TABELLEN- UND ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<i>Tabelle 3.1 Übersicht über die Erhebungstage</i>	16
<i>Tabelle 3.2 Überblick über die Stichprobengröße</i>	17
<i>Tabelle 3.3 Verwendete Emissionsfaktoren</i>	23
<i>Tabelle 4.1 Herkunftsregion der Gäste</i>	26
<i>Tabelle 4.2 Durchschnittliche An- und Rückreisedistanz</i>	33
<i>Tabelle 4.3 Öffentlich und mit dem PKW zurückgelegte Kilometer</i>	33
<i>Tabelle 4.4 Insgesamt zurückgelegte An- & Rückreisekilometer</i>	35
<i>Tabelle 4.5 Gesamter Treibhausgasausstoß der Gäste</i>	36
<i>Tabelle 5.1 Brikettbedarf und thermischer Energieverbrauch</i>	59
<i>Tabelle 6.1 Kennzahlen zum Energie- und Wasserverbrauch</i>	65
<i>Abbildung 4.1 Fahrgemeinschaftsgrößen der Gäste</i>	27
<i>Abbildung 4.2 Verkehrsmittelwahl</i>	28
<i>Abbildung 4.3 Ausgangspunkt der Wanderung</i>	31
<i>Abbildung 4.4 Anreiseart zu den Ausgangspunkten</i>	31
<i>Abbildung 4.5 Boxplots der An- und Rückreisekilometer</i>	32
<i>Abbildung 4.6 Pro-Kopf-Emissionen der Gäste</i>	37
<i>Abbildung 4.7 Treibhausgasemissionen pro Kilometer</i>	38
<i>Abbildung 4.8 Sensitivitätsanalyse</i>	41
<i>Abbildung 4.9 Schwankungsbreite der berechneten Treibhausgasemissionen</i>	43
<i>Abbildung 5.1 Histogramm des Stromverbrauchs</i>	46
<i>Abbildung 5.2 Streudiagramm zwischen Stromverbrauch und Umsatz</i>	48
<i>Abbildung 5.3 Lastgangdiagramm</i>	52
<i>Abbildung 5.4 Pegelstand Hauptwasserzisterne</i>	59
<i>Abbildung 5.5 Zisternenpegelstand, Niederschlag und Verbrauch</i>	61

1. EINLEITUNG

1.1. Einführung in die Problematik

Weshalb gehen Menschen wandern - aus welchen Gründen zieht es Menschen auf die Berge?

In einem Forschungsbericht des deutschen Wirtschaftsministeriums (vgl. BMWI 2010) zum Urlaubs- und Freizeitmarkt Wandern rangiert das *Naturerlebnis* als meist genannter Beweggrund zur Ausübung dieser Freizeitaktivität.

An zweiter Stelle der Motive, warum wandern gegangen wird, folgt die *frische Luft*. Andere Befragungen und Studien ergeben ein ähnliches Bild, das Naturerlebnis steht durchwegs an erster Stelle der Gründe, wandern zu gehen (vgl. ALPCONV 2013; Brämer 2014; Quack/Eisenstein 2014).

Das Image des Wanderns und Bergsteigens ist demnach ein sauberes. „Wandern ist eine sehr umweltverträgliche Freizeitbeschäftigung“, wird in jenem Forschungsbericht ebenso geschrieben wie: „Auf Grund der fehlenden technischen Unterstützung ist Wandern primär frei von Emissionen“ (BMWI 2010: 94). Doch ist es das tatsächlich?

In Zeiten steigender Urbanisierung ist die Natur ein Stück weit in die Ferne gerückt, für viele Menschen sind die Berge nicht mehr vor der Haustür – wenngleich im Alpenbogen (Stand 2011) rund 15,2 Millionen Menschen leben (vgl. Bätzing 2015: 22). Deshalb würden die Alpen eine Sonderstellung einnehmen, weil „Hochgebirge im Normalfall sehr periphere Regionen (darstellen), man über die Alpen dagegen sagen kann, dass sie eine Peripherie im Zentrum Europas sind“ (ebda.: 25). Wien ist als Groß- und Hauptstadt mit ihrer Lage unweit der östlichen Ausläufer der Alpen hierfür ein sehr gutes Beispiel.

Die Alpen sind „das Turngerät Europas“ (Bourdeau 1998: 252) – nicht zuletzt dank guter Erreichbarkeit. Es gestaltet sich verhältnismäßig einfach, Tagesausflüge aus dem urbanen Raum in alpine Regionen zu unternehmen. Dies setzt jedoch Mobilität voraus.

In dieser erforderlichen Mobilität liegt der blinde Fleck der Feststellung, dass Wandern primär frei von Emissionen sei. Auf die Tätigkeit des Gehens bezogen, ist dies korrekt. Sekundär, in Anbetracht der Anreise, zeigt sich allerdings ein Widerspruch. Ein Blick auf die Parkplätze beliebter Wanderungen genügt exemplarisch als Indiz hierfür.

Am Punkt dieser Ambivalenz, zwischen der Naturverbundenheit und dem Aufwand, der betrieben wird, um sich diese Natur erlebbar zu machen, setzt diese Arbeit an.

Welche ökologischen Konsequenzen resultieren aus diesem Spannungsfeld der Nachfrage nach Tourismus und Freizeit einerseits sowie dem Angebot der Berggebiete einer attraktiven Naturlandschaft und der Abwechslung andererseits?

Dabei liegt der Fokus in der vorliegenden Arbeit nicht auf, vielen Bergwandernden bekannten und manchmal sehr ersichtlichen, Umweltproblematiken wie beispielsweise liegengelassenem Abfall. Vielmehr geht es darum, den Blick auf nicht unbedingt Offensichtliches zu legen.

Kohlenstoffdioxid (CO₂), das unter anderem bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entsteht, ist ein geruchloses und unsichtbares Treibhausgas. Am Berg zurückgelassener Müll ist ein Problem, das sich dem Auge erschließt. Aus dem Auspuff eines Fahrzeugs ausgestoßenes CO₂ kann der Mensch hingegen weder mit seinem optischen noch olfaktorischen Sinn wahrnehmen.

Dennoch handelt es sich um ein existierendes Faktum. Kohlenstoffdioxid aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe gilt als Hauptverursacher des anthropogen induzierten Klimawandels: Knapp zwei Drittel der 2010 weltweit ausgestoßenen 49 Milliarden Tonnen Treibhausgase stellen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie industriellen Prozessen stammendes Kohlenstoffdioxid dar, weitere elf Prozent sind Kohlenstoffdioxidemissionen aus Landnutzungsänderungen. Lediglich die restlichen 24 Prozent gehen zulasten von Emissionen anderer Treibhausgase wie beispielsweise Methan oder Lachgas (vgl. IPCC 2014: 7).

Betrachtet man den Strahlungsantrieb (engl. *radiative forcing*), ein Maß zur Veränderung der Strahlungsbilanz der Erde, zeigt sich ebenfalls, dass „the largest contribution to total radiative forcing is caused by the increase in the atmospheric concentration of CO₂ since 1750“ (IPCC 2013: 11).

Aufgewachsen in Sichtweite von Schneeberg (2076m) und Rax (2007m) in der Gegend der sogenannten *Wiener Hausberge*, zudem selbst leidenschaftlicher Berggeher, fand früh eine gewisse Sensibilisierung hinsichtlich der Mobilitätsprozesse, um zu den Bergen zu gelangen, statt.

Spätestens als Mitarbeiter am Karl-Ludwig-Haus (2013) ließ sich die Vielzahl an Fahrzeugen, die den keineswegs kleinen Parkplatz des Preiner Gscheid (einer der Hauptausgangspunkte auf die Rax) regelmäßig füllten und zudem oft selbst entlang der Fahrbahn standen, nicht übersehen.

Die stärkste Triebkraft dieser Arbeit liegt daher im grundsätzlichen Erkennen eines Problems.

Doch erst im Zuge des Masterstudiums der Sozial- und Humanökologie und der damit verbundenen Auseinandersetzung mit Treibhausgasemissionen, Klimawandel und Nachhaltigkeit fügten sich nach und nach die einzelnen Teile zu einem Gesamtbild, zu einer konkreten Frage zusammen:

Wie nachhaltig ist Bergtourismus eigentlich?

1.2. Relevanz des Themas

Diese Frage haben mittlerweile auch die alpinen Vereine erkannt.

Umweltproblematiken sind zwar bereits seit den 1970er-Jahren verstärkt in deren Fokus (vgl. Ehm 1998) und „alle großen Vereine nehmen sich heute des Naturschutzes an und versuchen die negativen Seiten des von ihnen beförderten Bergtourismus auszugleichen“ (Grupp 2008: 169). Dabei ging es lange Zeit jedoch vorrangig um klassische „End-of-Pipe-Probleme“, wie etwa um die Abwasser- und Abfallentsorgung, oder um ein Entgegenwirken der Beeinträchtigung und Zerstörung von Naturlandschaften durch Erosionsprozesse, Kraftwerksbauten oder Flächenversiegelung.

Die Problematik der Emissionen aufgrund der An- und Abreise zu Bergtouren gelangte erst vor verhältnismäßig kurzer Zeit ins Bewusstsein der alpinen Vereine. So versucht der Alpenverein seine Mitglieder etwa seit 2009 mit dem Aktivierungsprogramm *Umweltfreundliche Reise in die Berge* (vgl. OeAV 2009) für sanfte Mobilität zu sensibilisieren und gibt deshalb unter anderem für verschiedene Regionen Broschüren mit öffentlich erreichbaren Tourenvorschlägen heraus (vgl. OeAV 2015) oder forciert und unterstützt die Einführung von Wanderbussen - wie etwa im Nationalpark Hohe Tauern.

Auch die Naturfreunde haben sich der Problematik gestellt und eine kostenfreie Broschüre (vgl. Naturfreunde 2012) mit Bergtouren herausgegeben, die verhältnismäßig einfach mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu erreichen sind.

Mit den sogenannten *Bergsteigerdörfern* versucht der Alpenverein zudem ein Konzept für sozial, ökonomisch und ökologisch nachhaltige, im Bergtourismus verankerte Gemeinden zu schaffen. Reichenau an der Rax (Niederösterreich) ist eines dieser derzeit (2015) zwanzig Bergsteigerdörfer.

Allen Broschüren, Projekten und Konzepten ist im Wesentlichen gemein, eine Erhöhung des Anteils sowie die Verbesserung umweltschonender Mobilität anzustreben. Ziel ist es, den Anteil der individuell mit dem PKW Anreisenden zu senken. Dieser liegt laut einer im Auftrag des Alpenvereins (vgl. OeAV 2011) unter 950 OeAV-Mitgliedern durchgeführten Market-Umfrage bei etwa 80 bis 90 Prozent, der Bahnanteil beträgt hingegen unter 10 Prozent.

Die Naturfreunde erkennen den gestiegenen Anteil des motorisierten Freizeitverkehrs am gesamten Personenverkehrsaufkommen und betonen, dass „ein Umstieg auf die Bahn und ein bewusster Umgang mit Mobilität einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des CO₂-Austoßes leisten“ (Naturfreunde 2012: 3) würden.

Darüber hinaus werden sich die alpinen Vereine jedoch auch in ihrer Rolle als Erbauer, Erhalter und Besitzer von Berg- und Schutzhütten bewusst, dass über den Betrieb alpiner Stützpunkte ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden kann.

So arbeiten etwa die Naturfreunde seit 1999 daran, ihre 170 Hütten ökologischen Standards anzupassen – beispielsweise mittels der Errichtung von Solar- und Photovoltaikanlagen (vgl. ebda.).

Der Deutsche, Österreichische und Südtiroler Alpenverein vergeben ein Umweltgütesiegel an ihre Hütten, sofern gewisse ökologische Kriterien, wie etwa vorrangig erneuerbare Energieerzeugung, Wassersparmaßnahmen oder Abfallvermeidung, eingehalten werden (vgl. OeAV 2006).

Zudem kam es im Alpenraum in den letzten Jahren zu Hüttenneubauten, um veraltete Berghütten zu ersetzen (etwa 2004 der Neubau des Schiestlhaus am Hochschwab in Passivhausbauweise) sowie zu umfassenden Generalsanierungen (darunter das Karl-Ludwig-Haus auf der Rax 2010/11).

Hinsichtlich der aus dem Betrieb resultierenden Emissionen muss klar sein, dass sich eine Vergleichbarkeit alpiner Stützpunkte sehr schwierig gestaltet. Manche Hütten sind reiner Gastronomie-, andere vorrangig Beherbergungsbetrieb, zudem bestehen weitreichende Unterschiede in puncto Größe, Lage und Ausstattung der Hütten sowie hinsichtlich der Art Energie zu erzeugen oder zu beziehen.

Vergegenwärtigt man sich zumal, dass knapp mehr als ein Drittel aller OeAV-Hütten auf über 2000 Metern Seehöhe liegt, ist es einleuchtend, dass Berghütten besonderen Anforderungen gerecht werden müssen - wie erschwerter Erreichbarkeit und Versorgungslage, aufwändiger Instandhaltung der Infrastruktur und starker Ausgesetzttheit aufgrund extremer Witterungen.

Aus diesen Gründen erkennen alpine Vereine die zunehmende Bedeutung von Autarkie und investieren in Hüttenprojekte, in denen diese gefördert wird – als Paradebeispiele von mehr oder minder energieautarken Schutzhütten im Alpenraum gelten dank der vermehrten oder weitgehenden Nutzung regenerativer Energien das bereits erwähnte Schiestlhaus am österreichischen Hochschwab (AT, 2154m), die Monte-Rosa-Hütte im gleichnamigen Massiv (CH, 2883m) sowie das im Montblanc-

Gebiet (F) gelegene Refuge du Goûter, welches sich auf 3835m Seehöhe zu etwa 60 bis 90 Prozent selbst mit Energie versorgt (vgl. Chandellier/Piccarreta 2013).

Trotz dieser Ambitionen mangelt es allen Berichten, die von CO₂-Reduktion sprechen, an Zahlen zu den überhaupt verursachten Treibhausgasemissionen. Auch ein Blick in die alpine Fachliteratur sowie in wissenschaftliche Journals zeigt eine klaffende Wissenslücke.

In der Fachliteratur finden sich kaum Informationen dazu, welche Menge an CO₂-Emissionen überhaupt hinter Bergtourismus und der Freizeitaktivität Wandern steht. Deshalb ist es erklärtes Ziel der Arbeit, diese Lücke mit der vorliegenden Fallstudie zu verkleinern.

Es mag sich die Frage stellen, ob es sich hierbei wirklich um ein wichtiges und relevantes Thema handelt. Dem sei entgegengehalten, dass sich zufolge der Alpenschutzkommission (CIPRA) im gesamten Alpenraum rund 1 600 von alpinen Vereinen betriebene Schutzhütten mit rund 90 000 Schlafplätzen befinden. Deren jährliche Gästezahl liegt bei etwa 12 Millionen, wobei die Zahl der Nächtigungen dabei rund 4 Millionen beträgt. Unter Einbezug der privaten Hütten wird die Zahl alpiner Stützpunkte auf rund 10 000 geschätzt (vgl. Ehm 1998: 260).

In Österreich werden 463 Berghütten von österreichischen Alpinvereinen mit etwa 24 000 Schlafplätzen betrieben (vgl. VAVÖ 2013), hinzu kommen noch 186 vom Deutschen Alpenverein in Österreich betriebene Schutzhäuser. Inklusive privater Hütten wird die Gesamtzahl der in Österreich stehenden Berghütten auf etwa 1 000 geschätzt (vgl. Grinzing 1999: 25).

Angesichts der Anzahl von Berghütten sowie unter Vergegenwärtigung der Zahl an Betten und Schlafplätzen ist demnach von einem sehr großen Mobilisierungspotenzial auszugehen.

Unter Annahme einer Auslastung von 20 Prozent bei einer durchschnittlichen Saisondauer von 6 Monaten (Mai bis Oktober) würde dies bedeuten, dass allein aufgrund der Nächtigungen in Österreich 900 000 Menschen mobilisiert würden. Laut einem Artikel im *Bergsteiger*-Magazin (vgl. Bergsteiger, ohne Jahreszahl) nächtigen auch jährlich etwa 1,2 Millionen Menschen auf Vereinshütten in Österreich – eine Zahl, die andere Quellen bestätigen (vgl. Grinzing 1999: 26). Damit sind die alpinen Vereine der größte Übernachtungsbetrieb in Österreich (vgl. Menz 2008: 17).

Somit sollte sowohl die Notwendigkeit einleuchten, Wissen über die Treibhausgasemissionen zu generieren, die durch den Betrieb von Schutzhütten sowie die Anreise der Gäste verursacht werden, als auch die Relevanz zur Durchführung einer solchen Nachhaltigkeitsstudie aufgezeigt sein.

1.3. Ziel der Arbeit

Dabei kommt aufgrund spärlicher bis gar nicht vorhandener Daten eine Analyse auf Makroebene nicht in Frage, weshalb der Entschluss zugunsten einer Fallstudie, also einer Betrachtung auf Mikroebene, fiel. Dies impliziert zwar Einbußen hinsichtlich der Repräsentativität der Ergebnisse, führt jedoch zu detailliertem Wissen, auf dem bei Bedarf aufgebaut werden kann. Ein Vergleich mehrerer Hütten kam aufgrund des damit verbundenen empirischen Aufwandes nicht in Frage.

Das Karl-Ludwig-Haus auf der Rax wurde aus pragmatischen Gründen als Untersuchungsobjekt gewählt: Da die für eine solche Untersuchung erforderlichen

Daten teils sensiblen Buchhaltungsunterlagen entstammen und die Befragung der Gäste vor Ort gewissermaßen eine Störung des Betriebsablaufs darstellt, wurde auf bestehende Kontakte zu einem Hüttenbetreiber, der inhaltliches Interesse an der Untersuchung zeigte und bereit war die erforderlichen Daten zur Verfügung zu stellen, zurückgegriffen.

Darüber hinaus erschien sowohl die relative Nähe zu Wien als auch die Lage des Fallobjekts auf einem der Wiener Hausberge mit entsprechendem Gästeandrang als wichtiger Aspekt.

Die allgemein dieser Arbeit zugrundeliegende Forschungsfrage lautet, wie nachhaltig der Besuch sowie die Bewirtschaftung einer Berghütte sind. Hierfür werden einerseits erstmals die damit in Zusammenhang stehenden Treibhausgasemissionen quantifiziert, andererseits der dafür notwendige Ressourceneinsatz aus einer Stoffwechselferspektive heraus beschrieben – und unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit in einen Rahmen gestellt.

Nachhaltigkeit ist kein einfach messbares Konzept, sondern muss erfass- und greifbar gemacht werden. Diese Arbeit ist auf den Aspekt der ökologischen Nachhaltigkeit und in diesem Zusammenhang auf Fragen fokussiert, die mit der direkten und indirekten Ressourcennutzung im Bergtourismus zusammenhängen. Ökonomische Nachhaltigkeit wird nur am Rande gestreift, soziale Nachhaltigkeit in der Untersuchung gänzlich ausgeklammert.

Im Rahmen dieses Masterarbeitsprojekts erfolgt die Operationalisierung von ökologischer Nachhaltigkeit vorrangig als Ausmaß der mit Bergtourismus verbundenen Treibhausgasemissionen. Als ein wichtiger Aspekt wird der CO₂-Fußabdruck (Carbon Footprint) der Hüttengäste ermittelt.

Da es sich beim Karl-Ludwig-Haus um einen Gastronomiebetrieb mit Tagesgeschäft sowie um einen Beherbergungs-/Nächtigungsbetrieb handelt, drängt sich die Frage auf, ob Unterschiede im CO₂-Fußabdruck zwischen Tages- und Nachtgästen bestehen. Auch muss geklärt werden, wie sich Unterschiede in der Anreiseform und im Mobilitätsverhalten der Gäste auf den Carbon Footprint auswirken.

Dieser soll im besten Fall Vergleichs- und Veränderungspotenzial besitzen.

Die gewonnenen Erkenntnisse besitzen Vergleichbarkeit, weil die Ergebnisse trotz des Aufbaus der Arbeit als Fallstudie gewisse Generalisierbarkeit besitzen. Veränderungspotenzial besteht dahingehend, dass die Kenntnis des Carbon Footprint Einfluss auf Mobilitätsmuster haben könnte, weil er nicht nur imstande ist, Fakten sondern auch Bewusstsein zu schaffen.

Darüber hinaus wird auch die Ressourcennutzung eines alpinen Standorts, insbesondere der Wasser- und Energiehaushalt einer Berghütte, untersucht. Hier geht es – in puncto Energieversorgung – nicht nur um damit verbundene Treibhausgasemissionen, sondern auch um den effizienten Einsatz von Ressourcen: Wie viel Energie aus welchem Energieträger gewonnen, wird für welche Betriebsabläufe in welchem Ausmaß eingesetzt?

Das Wasser stellt am Karl-Ludwig-Haus eine knappe Ressource dar, da sich aufgrund der Verkarstung auf dem von Kalk und Dolomit geprägten Raxplateau keine Quelle befindet (vgl. Artnner 2004: 59). Deshalb wird Niederschlagswasser gesammelt und nutzbar gemacht. Da es im Verlauf vorangegangener Saisonen am Karl-Ludwig-Haus immer wieder zu Wasserknappheit gekommen ist, stellt sich die Frage, wie

ressourcenintensiv die Bewirtung der Gäste und das Vorhandensein von Wasserklosetts und Duschen sind – Komforteinrichtungen, über die in alpinen Kreisen und unter Experten seit Jahren teils lebhaft diskutiert wird (vgl. Ehm 1998: 268; Grinzing 1999: 37).

Allgemein geht es um die Beantwortung der Frage, welchen Einfluss naturale Faktoren wie Niederschläge oder Trockenheit sowie sozio-ökonomische wie Gästezahl oder Kochbetrieb auf die Wasserbilanz eines alpinen Schutzhauses haben.

Einsichten in Bezug auf nachhaltige oder nicht-nachhaltige Ressourcennutzung können hier Potenziale und Grenzen aufzeigen – auch für andere Berghütten.

All dies wird zu einer runden Nachhaltigkeitsanalyse zusammengefügt, die exemplarisch Licht darauf werfen soll, wie nachhaltig im Sinne von treibhausgas- und ressourcenintensiv die Freizeitbeschäftigung Wandern im Rahmen von Hütten- oder Bergtourismus ist.

2. THEORIE

2.1. Die touristische Erschließung der Alpen

2.1.1. Die Geschichte des Bergtourismus

Bereits vor dem Aufkommen des Tourismus im heutigen Verständnis hat sich der Mensch ins Gebirge gewagt und ist auf Berge und Pässe gestiegen - sei es aus religiösen Absichten (Pilgerfahrten, Opferdarbringungen, Klosterbauten) oder aus weltlichen Motiven - wie beispielsweise dem Burgenbau (um Wege und Territorien zu sichern), um Krieg zu führen (wie Hannibal oder Napoleon), um nach Bodenschätzen zu suchen (etwa Salz in Hallstatt) oder um hochgelegenes Weideland im Rahmen der Almwirtschaft zu nutzen (vgl. Grupp 2008: 17-23).

Der Zugang der Menschen zu den Bergen war also entweder praktisch und zweckdienlich motiviert oder erfolgte aus transzendentalen Beweggründen wie der Kunst oder Religion (vgl. Arlt 2002: 305).

Doch im Kontext der Modernisierung erfährt das Mensch-Natur-Verhältnis eine Neubewertung: ab 1770 nehmen die systematischen Erkundigungen der Alpen (wie auch anderer europäischer Gebirgsregionen) sprunghaft zu, Erstbesteigungen werden als Meilensteine gefeiert – oft sind es Wissenschaftler und Aristokraten wie etwa Horace-Bénédict de Saussure, Geologe und Gletscherforscher, der 1786 erstmals den Gipfel des Montblanc erreicht. Es ist die Phase der Entdeckungszeit, die bis Mitte des 19. Jahrhunderts andauert (vgl. Grupp 2008: 42ff).

Anschließend lassen sich folgende Phasen unterscheiden (vgl. Bätzing 2015: 172-178): Spätestens ab 1880 die Belle-Époque-Phase, welche als die erste touristische Expansionsphase in den Alpen gilt - dank Eisenbahnanschlüssen und dem Bau von Unterkünften. Charakteristikum dieser Epoche sind insbesondere die Grand Hotels. Zwar nimmt die Zahl der Touristen auch dank der zu dieser Zeit stattfindenden Gründungen alpiner Vereine zu, doch bleiben die alpenweiten Gästezahlen eher bescheiden, sind punktuell auf bestimmte Orte gebündelt und durch zahlungskräftige Gäste der Oberschicht gekennzeichnet. Deshalb stellen Sommerfrische-Orte wie Reichenau zwar oft eine Antithese zum städtischen Alltag dar, sind jedoch mit den Sommervillen, eleganten Hotels, Promenadenwegen, Pavillons und Konditoreien dennoch „urbanisiertes Land“ oder „urbane Inseln“ (vgl. Haas 2002: 54).

Mit dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs bricht der Sommerfrischetourismus ein, in der Zwischenkriegszeit folgt eine Erholung des Tourismus auf Basis anderer Strukturen, das Palasthotel wird von kleinen Hotels und Pensionen abgelöst, die Mittelschicht beginnt in die Berge zu reisen. Ab 1920 kommt auch der Wintertourismus in Schwung (1935 werden die ersten Skilifte gebaut), zwischen 1924 und 1940 werden alpenweit rund 60 Seilbahnen gebaut, um den Aufstieg in die Berge zu erleichtern.

Zwischen 1955 und 1985 setzt die alpine Goldgräberzeit ein - gekennzeichnet durch Massen-tourismus, an dem auch Menschen niedrigerer sozialer Schichten teilhaben. Insbesondere im von Beginn an modern geprägten Wintertourismus sind die Wachstumsraten hoch. Der Sommertourismus folgt im Gegensatz dazu noch einem traditionellen Programm und ist durch ästhetische Bewunderungen der Alpen gekennzeichnet.

Von der Mitte der 1980er-Jahre bis Mitte der 2000er herrscht zwar Stagnation auf hohem Niveau vor, doch im Sommertourismus kommt es zu einem strukturellen

Wandel: Alpiner Sommerurlaub wird Aktivurlaub. Statt des Wanderns treten nun „stark modisch bestimmte und hochspezialisierte Sportarten“ (Bätzing 2015: 177) wie Mountainbiken, Canyoning, Rafting oder Sportklettern auf den Plan, die technische Infrastrukturen und spezielles Sportgerät erfordern.

Seit Mitte der 2000er wird dieser Trend klar fortgesetzt (Bau von Hochseilgärten, Sportklettersteigen,...), jedoch wandelt sich das zuvor als altmodisch verrufene Wandern zur trendigen Outdoor-Aktivität und erhält ein Lifestyle-Image.

In den letzten einhundertfünfzig Jahren wandelt sich also, pointiert und überspitzt formuliert, der Alpinismus zum Alpentourismus mit „Massencharakter“ (Arlt 2002: 302), mit ihm werden die Alpen zu einer „Peripherie des Vergnügens“ (Luger/Rest 2002: 15), die in „Zeitlogik mit der zeitgenössischen, urbanen Gesellschaft“ (Bourdeau 1998: 254) gebracht wird – inklusive des raschen Wechsels von Aktivitäten und Orten, der nicht nur gesteigerte Mobilität, sondern auch gestiegene Ansprüche, etwa in puncto Logis, zur Folge hat.

Historisch betrachtet, spielen die alpinen Vereine bezüglich dieser Entwicklung eine ambivalente Rolle: 1862 wird der Österreichische Alpenverein (OeAV) als zweiter alpiner Verein der Welt mit dem Anliegen gegründet, „die Berge für jedermann zugänglich zu machen [...] ohne Rücksicht auf Stand oder alpinistische Leistungsfähigkeit“ (Grupp 2008: 160), wodurch sich bald eine Massenbewegung entwickelt. Daraus resultiert freilich auch früh der Aufbau touristischer Infrastruktur – wie etwa von Weganlagen und Schutzhütten. Zudem plädieren die alpinen Vereine in dieser Zeit auch für den Ausbau von Verkehrswegen im Tal (vgl. ebda.: 182).

Im Zuge der touristischen Entwicklungen modernisieren sich die alpinen Vereine, öffnen sich den Trendsportarten, betreiben Werbung und bauen ihren Dienstleistungssektor stark aus – so ist etwa der Deutsche Alpenverein (DAV), mit über einer Million Mitgliedern der größte alpine Verein der Welt, alleiniger Inhaber eines der größten Bergreiseunternehmen Europas (*DAV Summit Club*).

Allerdings nehmen die alpinen Vereine bereits früh den Naturschutz in ihre Satzungen auf – 1927 etwa der damals zusammengesessene Deutsche und Österreichische Alpenverein (vgl. ebda.: 169). 1972 wird die *Aktion saubere Berge* gestartet, 1995 ein Grundsatzprogramm verabschiedet, um die Alpen als Lebensraum nachhaltig zu sichern, wobei auch das Bewusstsein über die „Doppelrolle als Bergsport- und Naturschutzorganisation (und damit) verbundenen Zielkonflikten“ (DAV/OeAV/AVS 2013: 2) zum Ausdruck gebracht wird.

So wie der Alpinismus seine Wiege unter anderem in der Wissenschaft hat, dienen auch die ersten Berghütten dem Zweck, Wissenschaftlern Raum für Untersuchungen zu geben – so wird am Triglav zu Beginn des 19. Jahrhunderts eine „Botanisierhütte“ erbaut, damit Botaniker dort Pflanzen pressen, trocknen und sortieren können, seit 1805 steht auch am Ortler eine Hütte für Reisende, Mineralogen und Botaniker (vgl. Scharfe 2007: 110).

Auch die ersten Expeditionen auf den Montblanc oder Großglockner lassen provisorische Hütten anlegen (vgl. Grupp 2008: 173ff), in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts werden Hütten von wohlhabenden Mäzenen errichtet, die später von alpinen Vereinen übernommen werden (etwa die Johannishütte unterhalb des Großvenediger oder die Stüdlhütte am Großglockner).

Doch erst die Gründung der alpinen Vereine treibt den Hüttenbau im großen Stil voran. 1890 stehen in den Alpen bereits 400 Vereinshütten.

Dabei werden insbesondere die Hütten der Ostalpen, da sie im Einzugsgebiet großer Städte wie Wien, München oder Mailand liegen, kontinuierlich vergrößert und komfortabler. Der Ausbau der Vereinshütten zu Alpengasthöfen und Berghotels ruft zwar bereits früh Widerstand hervor, doch erst 1976, nachdem seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs viele Hütten zu komfortablen Unterkünften ausgebaut worden sind (vgl. Grinzinger 1999: 22), wird vom DAV ein Grundsatzprogramm verabschiedet, in dem festgehalten wird, dass Hütten nur mehr saniert werden sollten, da mit Neubauten an weiteren Standorten, Übererschließung und Zerstörung der Bergwelt befürchtet werden müsse.

Im Lauf der folgenden Jahrzehnte haben die alpinen Vereine daher große Anstrengungen unternommen, um ihre Hütten umweltverträglich zu sanieren und zu gestalten.

2.1.2. Das Rax-/Schneeberggebiet

Rax und Schneeberg werden als Wiener Hausberge bezeichnet. Dabei liegen sie im südlichen Niederösterreich (die höchste Erhebung der Rax sogar bereits in der Steiermark), etwa achtzig bis hundert Kilometer von der Bundeshauptstadt entfernt.

Erst mit Eröffnung der Wien-Gloggnitzer-Bahn 1842, damals noch Stichbahn, rücken die Alpen in die Umgebung Wiens. 1846 werden bereits 1,2 Millionen Fahrgäste gezählt, ein Drittel der Passagiere sind Wanderer (vgl. Kos 1992: 190). Innerhalb von zwei Stunden ist man von Wien aus zwar im Angesicht zweitausend Meter hoher Berge, jedoch noch 12 Kilometer von ihnen entfernt. Dies ändert sich erst, als dank des Baus der Semmeringbahn (vgl. Praschinger 1992: 500), der ersten Gebirgsbahn Europas, welche Gloggnitz mit Mürzzuschlag verbindet, sieben Jahre später das Teilstück Gloggnitz – Payerbach in Betrieb genommen, ein Jahr darauf Payerbach Teil der durchgehenden Südbahnstrecke von Wien nach Ljubljana wird.

Auch für Regionen in Salzburg oder Tirol zeigt sich, dass das Aufkommen des Bergtourismus eng mit dem Bau von Eisenbahnlinien zusammenhängt (vgl. Hoffmann 2002: 70ff).

Erst die Bahn ebnet den Weg, dass die „Masse die Pioniere überholen konnte. Auch das Hochgebirge wurde domestiziert [...] Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Schneeberg und Rax von Einzelwanderern bestiegen. Mit der Eisenbahn formierten sich die Bergwanderer zu großen Ausflugsgruppen.“ (Kos 1992: 284).

Dabei spielen die Alpinvereine nicht nur als Organisatoren dieser Ausflüge eine Rolle. Speziell der 1869 gegründete Österreichische Touristenklub (ÖTK) gilt im Rax-Schneeberggebiet aufgrund der Errichtung von Schutzhütten, Steigen und Wegen als erster und wichtigster „Kolonisator“ (ebda.).

Mit der Eisenbahn sind die Alpen nicht nur für Berggeher einfach und schnell von Wien zu erreichen, auch der Sommertourismus in der Gegend um die Rax blüht auf: Insbesondere in Reichenau wird die Sommerfrische von der urbanen, bürgerlichen, intellektuellen und aristokratischen Elite begangen und gepflegt (vgl. Kos 1991: 100ff).

Dank der Eisenbahn, der touristischen Infrastruktur wie Hotels und der schroffen Kulisse der Rax wird die Gegend zum idealen Stützpunkt für biedermeierliche Naturschwärmer, weil man „exponiert und wohlbehütet zugleich“ (vgl. Kos 1992: 192) ist.

Die Berggehenden werden zahlreicher, um 1900 mit dem Habsburg- und Ottohaus zwei weitere große Stützpunkte auf der Rax errichtet, dadurch Plateauwanderungen

möglich. Bereits 1897 verhilft eine Zahnradbahn zum Aufstieg auf den Schneeberg, 1926 wird auf der Rax die erste Personenseilbahn Österreichs errichtet. 1930 ist die Rax mit rund 75 000 Übernachtungen der meistbesuchte Berg der Ostalpen (vgl. ebda.: 284), die Zahl der Gäste zur etwa selben Zeit lässt sich auf insgesamt 100 000 schätzen (vgl. Braun 1992: 549). Auch die Unfälle mehren sich im Übrigen, bereits 1896 wird als Reaktion auf ein Lawinenunglück auf der Rax der *Alpine Rettungsauschuß Wien* gegründet, der weltweit erste alpine Bergrettungsdienst im heutigen Verständnis (vgl. Preslmayr 1994).

Infolge der andauernden Wirtschaftskrise und des Zweiten Weltkriegs sowie verändertem Freizeitverhalten erleidet der Tourismus einen Einbruch, die Region erlangt in den folgenden Jahrzehnten nicht mehr dieselbe Bedeutung wie zur Jahrhundertwende, dennoch nehmen die Besucherzahlen wieder stetig zu - aufgrund der Anbindung zur Südautobahn (A2) beziehungsweise zur Semmering-Schnellstraße (S6) ist die Region ein beliebtes Ausflugsziel.

Über die heutige Besucherzahl auf der Rax kann nur gemutmaßt werden: So wird geschätzt, dass sich an starken Tagen bis zu 4 000 Personen am Raxplateau aufhalten, zu Beginn des neuen Jahrtausends haben pro Jahr rund 120 000 Personen die Raxseilbahn genutzt (vgl. Artner 2004: 78).

Historisch lässt sich verknäpft also festhalten, dass der (Berg-)Tourismus auch ein Kind der Industrialisierung ist: Vor allem die fossilenergetische Basis der Industriegesellschaft ist Voraussetzung dafür, dass Menschen mobil werden können – erst die mit Kohle, später elektrisch betriebene, Eisenbahn erlaubt es einer Vielzahl von Menschen, aus urbanen Gegenden wie Wien auf das Land wie in das Rax-Schneeberggebiet zu verreisen.

2.1.3. Das Karl-Ludwig-Haus

1874 wird Erzherzog Carl-Ludwig von Habsburg-Lothringen beim Jagen im Raxgebiet von einem Unwetter überrascht und sucht Zuflucht in einer Almhütte. Daraufhin beschließt er die Errichtung einer Schutzhütte, entscheidet sich dann aber angesichts der Kosten vorerst gegen einen Bau.

Ob Legende oder nicht – der Österreichische Touristenklub (ÖTK), gegründet 1869 und zunächst fokussiert auf die nähere Umgebung Wiens, hat bereits 1873 das Damböckhaus am benachbarten Schneeberg errichten lassen. Da sich der ÖTK der systematischen Erschließung von Reisezielen widmet, die mit der Bahn erreichbar sind (vgl. Rapp 1992: 537), ist er bestrebt, auch auf der Rax ein Schutzhaus zu errichten.

Im April 1876 (laut am Karl-Ludwig-Haus einsehbarer Hüttenchronik) wird der Bau eines Schutzhauses auf 1804 Metern Seehöhe beschlossen, der Erzherzog übernimmt das Protektorat über den Bau und spendet 1 000 Gulden. Im September desselben Jahres wird der Grundstein zur ersten großen Schutzhütte auf der Rax gelegt. Im Zuge der Errichtung wird auch der Schlangenweg, der heutige Hauptzustieg zum Karl-Ludwig-Haus, verbreitert. Ein Jahr später, am 17. September 1877, wird das Karl-Ludwig-Haus als „eines der ersten großen Schutzhäuser der Ostalpen“ (Kos 1992: 284) unter Anwesenheit von etwa 600 Menschen eröffnet. Gekostet hat der Bau 15 000 Gulden, ein bis dato noch nie für eine Berghütte aufgewendeter Betrag.

Bereits 1903 steigt der Gästeandrang auf rund 10 000 Personen pro Jahr an. In den Folgejahren werden eine Reihe von Zubauten getätigt, zum Fünfzigjahrjubiläum der Bau einer Materialeiseilbahn beschlossen, die 1930, vier Jahre nach Eröffnung der Raxseilbahn, in Betrieb genommen wird.

2011 wird das Karl-Ludwig-Haus nach einer einjährigen Sanierungs- und Umbauzeit neu eröffnet und verfügt seither über einen örtlichen Kanalanschluss und – wie etwa ein Viertel aller österreichischen Berghütten (vgl. Grinzinger 1999: 59) – einen Anschluss an das öffentliche Stromnetz.

Seit der Generalsanierung hat das rund 110 Kilometer südlich von Wien an der steirisch-niederösterreichischen Grenze gelegene Karl-Ludwig-Haus 59 Schlaf- sowie rund 200 Sitzplätze. 2014 wurden zwischen Anfang Mai und Ende November rund 14 000 Gäste bewirtet und beherbergt.

2.2. Nachhaltiger Tourismus

Der Tourismus ist in Österreich ein sehr bedeutender Wirtschaftszweig. Bei den Pro-Kopf-Einnahmen liegt Österreich weltweit an zweiter Stelle, knapp über 5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts (Stand 2012) werden mit Tourismuseinnahmen erwirtschaftet (vgl. WKO 2014), unter Einbezug von Freizeitaktivitäten ohne Nächtigungen rund 15 Prozent (vgl. Umweltbundesamt 2013: 228).

Der Trend liegt derzeit bei mehr, jedoch kürzeren Urlauben, wodurch sich der Anteil von Freizeit- und Urlaubsfahrten am ebenso steigenden Verkehrsaufkommen erhöht, weshalb „umweltfreundliche Mobilitätsformen entwickelt, abgesichert und weiter ausgebaut werden müssen“ (ebda.: 237).

Dies ist dringend notwendig, denn alle Studien verweisen auf die Anreise als hauptsächliche Ursache der Höhe des Carbon Footprint von Touristen. Der Anteil der Anreise wird dabei je nach Anreiseart und zurückgelegter Distanz auf etwa 59 bis 97 Prozent geschätzt (vgl. Gössling et. al. 2005; UNWTO/UNEP 2008; Dolnicar et. al. 2009; Hanandeh 2013; Juvan/Dolnicar 2013; Yang et.al. 2014). Grob gesprochen, verursacht die Anreise vier Fünftel der Treibhausgasemissionen im Tourismus.

Insgesamt gehen zwischen 3,9 und 6,0 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen zulasten touristischer Aktivitäten (Anreise, Unterkunft und Aktivitäten vor Ort) (vgl. UNWTO/UNEP 2008: 33).

Auch deshalb wird allenthalben nachhaltiger Tourismus gefordert – der unter vielerlei Etiketten wie etwa *Sanfter Tourismus*, *Eco-Tourism* oder *Nature-based tourism* firmiert. Ohne im Detail auf diese Konzepte einzugehen, orientiert sich nachhaltiger Tourismus in seiner Definition allgemein an der Brundtland-Definition von Nachhaltigkeit und „...should be such that future generations will have the same chance to enjoy tourist destinations as we do at present“ (Fischer 2014: 9).

Konkret bedeute dies die Reduktion der Nutzung nicht-erneuerbarer Ressourcen auf ein Minimum, keine Übernutzung erneuerbarer Ressourcen sowie keine negative Beeinflussung von Ökosystemen. Nachhaltiger Tourismus ist „langfristig möglich, kulturell verträglich, sozial ausgewogen, ökologisch tragfähig, wirtschaftlich sinnvoll und ergiebig“ (Luger/Rest 2002: 36).

Insbesondere aufgrund des Wachstums der Zahl touristischer Ankünfte - 2012 wurden global eine Milliarde Ankünfte registriert, für 2030 werden 1,8 Milliarden Ankünfte erwartet (vgl. UNWTO 2011) - und der damit verbundenen Verdreifachung der Treibhausgasemissionen unter Annahme eines Business-as-Usual-Szenarios (vgl. UNWTO/UNEP 2008: 37) sind Maßnahmen dringend erforderlich. Die

Weltorganisation für Tourismus der Vereinten Nationen (UNWTO) hat berechnet, dass ein Shift im Modal Split, also die Verlagerung der Anreise mit Flugzeug und PKW zu jener mit Bahn und Bus, in Verbindung mit Kurzstreckentourismus und längeren Aufenthalten die Emissionen um 44 Prozent senken würde. Laut einer anderen Studie halbiert ein solcher Modal Shift sogar die Treibhausgasemissionen (vgl. Filimonau et. al. 2013).

Projekte, die einen Modal Shift forcieren und bewerben, sind also ebenso notwendig wie nützlich. Auch diese Arbeit hat zum Ziel, das Potenzial eines solchen Modal Shift herauszuarbeiten.

Dabei darf Tourismus nicht mit Aufenthaltstourismus gleichgesetzt werden, denn in Nachhaltigkeitsstrategien müsse auch der „immer wichtiger werdende Bereich der Naherholung [...] in den voralpinen Gebieten im Einzugsbereich der Alpenrandstädte“ (Siegrist 2002: 351f) eingebunden werden.

Deshalb wird in dieser Arbeit auch nicht die gängige Definition der UNWTO (2007) für Touristen verwendet („A visitor [...] is classified as a tourist [...] if his/her trip includes an overnight stay“), weil sie explizit Tagesbesucher und Ausflügler ausschließt. In dieser Untersuchung werden sowohl Nacht- als auch Tagesgäste einbezogen und als Bergtouristen betrachtet.

2.3. Aktueller Forschungsstand

2.3.1. Treibhausgasemissionen im Bergtourismus

Es sei klar vorangestellt: Den Carbon Footprint von BergtouristInnen dürfte noch niemand berechnet haben. Das gegenwärtige Wissen kann mit dem Satz zusammengefasst werden, dass „der touristische Verkehr, insbesondere die An- und Abreise, die mit Abstand wichtigste CO₂-Quelle im alpinen Tourismus“ (CIPRA 2011: 21) ist - genaue Zahlen zu den damit verbundenen Treibhausgasemissionen finden sich allerdings in keiner einzigen gefundenen Publikation.

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, sind die alpinen Vereine bestrebt, den Anteil des privaten Verkehrs zu senken und haben begonnen, Wissen darüber zu erlangen, wie hoch der Anteil der öffentlich Anreisenden ist (vgl. OeAV 2011).

Somit besteht grundsätzliche sehr allgemeine Kenntnis zum Mobilitätsverhalten von BergtouristInnen, allerdings ohne jegliche Differenzierung wie etwa der wichtigen Unterscheidung zwischen Tages- und Nachtgästen.

Es ist verwunderlich, dass über die Treibhausgasemissionen nicht einmal Schätzungen zu finden sind, da über den steigenden Anteil des Freizeitverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen Klarheit besteht (vgl. Meier 2002; CIPRA 2003; ALPCONV 2013; ADAC 2014). Dabei wird dieser Anteil in den verschiedenen Publikationen stets auf etwa 60 Prozent beziffert, wobei hier auch der Einkaufsverkehr (rund 20 Prozent) inkludiert ist. Rund vierzig Prozent der zurückgelegten Kilometer stellen also weder Fahrten im Rahmen des Berufsverkehrs noch zu Einkaufszwecken dar. Somit ist der Freizeitverkehr eine treibende Kraft hinsichtlich des Treibhausgasausstoßes.

In der Schweiz entfällt rund ein Viertel des Freizeitverkehrs auf den Sportverkehr, wobei die meisten Kilometer zurückgelegt werden, um Ski zu fahren oder zu wandern (vgl. Meier 2002: 360).

In puncto des Modal Split wird der Bahnanteil im Bergtourismus auf rund 10 Prozent geschätzt, mit dem PKW reisen 80 – 90 Prozent an (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2009; OeAV 2011).

Zusammengefasst besteht auf Mikroebene, also über den Carbon Footprint von BergtouristInnen, kein Wissen. Legt man auf Makroebene gewonnene Erkenntnisse, etwa über Städtetourismus, auf Bergtourismus um, bestehen Indizien, dass der aus der Anreise resultierende Anteil der Treibhausgasemissionen - wie oben erwähnt - auf rund 80 Prozent geschätzt werden kann und von der zurückgelegten Distanz sowie dem gewählten Verkehrsmittel abhängt.

Alle Studien zeigen, dass die Anreise deutlich mehr Treibhausgasemissionen verursacht als die Beherbergung oder Aktivitäten vor Ort. Auch dieses Verhältnis soll in dieser Arbeit für Bergtourismus beleuchtet und quantifiziert werden.

2.3.2. Ressourcennutzung im Bergtourismus

In puncto nachhaltiger Ressourcennutzung verhält es sich ähnlich wie hinsichtlich der geforderten Treibhausgasreduktion: Sie wird stets eingefordert, konkrete Zahlen finden sich jedoch kaum.

Allerdings sind sich die alpinen Vereine in ihrer Rolle als Betreiber oder Verpächter von Schutzhütten der damit verbundenen Vorbildfunktion bewusst, weshalb etwa – wie bereits erwähnt – der Alpenverein unter Einhaltung bestimmter Kriterien ein Umweltgütesiegel vergibt (vgl. DAV/OeAV/AVS 2007). Bei den Naturfreunden gibt es Ähnliches. Im Zuge dessen gibt es Publikationen, die sich umwelttechnisch mit der Sanierung von Berghütten sowie dem allgemein nachhaltigen Umgang mit Ressourcen widmen (vgl. Grinzinger 1999; Menz 2008). Dabei werden Themen wie der Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien sowie der effiziente und sparsame Einsatz von Ressourcen besprochen. Tatsächliche Kennzahlen oder Informationen dazu, wie viel Wasser oder Energie Berghütten benötigen, finden sich jedoch kaum - wohl auch aufgrund von Vergleichbarkeitsschwierigkeiten.

Der Club Arc Alpin (CAA), der alpenweite Zusammenschluss aller großen Alpinvereine, hat die Publikation einer Studie zu Energieeffizienz im Hüttenwesen (vgl. CAA 2013) bis Ende des Jahres 2013 angekündigt, die bis dato (Juni 2015) noch nicht erschienen ist – auf Nachfrage wurde vom CAA der Abschlussbericht noch für 2015 angekündigt. Darin wird es um den Vergleich verschiedener Hüttenbauweisen, deren jeweiligen Energiebedarf und die verschiedenen Energieflüsse gehen.

Zu letzteren finden sich zumindest bereits zwei Fallstudien: zur Vorbereitung des Neubaus der Monte-Rosa-Hütte (CH) wurden von Studenten der ETH Zürich zwei Bachelorarbeiten verfasst, die sich mit den Energieflüssen des Schiestlhaus am Hochschwab (vgl. Saner 2006) und der alten Monte-Rosa-Hütte (vgl. Wittenwiler 2006) auseinandersetzen.

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass vorhandenes Material zu Ressourcennutzung auf Berghütten erstens hauptsächlich in der Fachliteratur zu Umwelttechnik oder Projektberichten im Rahmen von Umbau- und Sanierungsmaßnahmen zu finden ist (so auch für die neue Hörnlhütte (vgl. 2015) am Matterhorn auf 3260 Metern Seehöhe) und dieses zweitens eher qualitativ geartet ist. Quantitative Angaben und Kennzahlen zum Energie- oder Wassereinsatz sind rudimentär und finden sich weitaus seltener als allgemeine Tipps und Ratschläge,

wie Ressourcen sparsamer und effizienter eingesetzt werden können. Dies ist für die Praxis des Hüttenwesens zwar sehr hilfreich, Vergleiche mit den Ergebnissen dieser Arbeit sind deshalb jedoch schwierig und spärlich.

2.3.3. Eco-Efficiency

Unter Kenntnis der durch die Anreise der Gäste sowie durch den Betrieb des Karl-Ludwig-Haus verursachten Treibhausgasemissionen lassen sich Kennzahlen für die „Eco-Efficiency“ berechnen, etwa der Verbrauch bestimmter Ressourcen (z.B. Energie) oder von Emissionen (z.B. CO₂-Äquivalente), bezogen auf den erwirtschafteten Umsatz.

Dabei handelt es sich um ein Tool, um die Treibhausgasintensität wirtschaftlicher Aktivität mess- und vergleichbar zu machen (vgl. Gössling et.al. 2005; Filimonau et.al. 2013) sowie sie ökologisch einzuordnen.

So zeigt sich exemplarisch, dass Städtetourismus in Amsterdam 0,9 bis 1,1 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Euro verursacht, Tourismus im Rocky Mountain National Park jedoch - aufgrund der Anreise vieler Gäste mit dem Flugzeug - beispielsweise 2,43 Kilogramm (vgl. Gössling et.al. 2005).

Auch diese Arbeit berechnet die Eco-Efficiency des Bergtourismus, indem die verursachten Emissionen dem erwirtschafteten Umsatz der Hütte gegenübergestellt werden.

Dieses Konzept soll der groben Verortung von Bergtourismus im Vergleich zu anderen Tourismen dienen und bei der Feststellung helfen, ob Bergtourismus nachhaltig ist oder nicht.

3. METHODIK

3.1. Überblick der angewendeten Methoden

Um die verschiedenen Fragen in puncto Carbon Footprint sowie nachhaltiger Ressourcennutzung beantworten zu können, sind unterschiedliche Methoden erforderlich. Diese werden im Folgenden ebenso wie das Hochrechnungsmodell, auf dem die Berechnung der Treibhausgasemissionen basiert, vorgestellt.

3.1.1. Fragebogenerhebung

Zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen, die aus der An- und Rückreise der Gäste resultieren, wurde ein vier Items beinhaltender Fragebogen erstellt. Da das Ziel darin lag, von möglichst vielen Gästen Informationen zu erhalten, wurde auf Knappheit gesetzt – auch deshalb, weil lediglich die Tagesgäste des Karl-Ludwig-Haus in Stichproben persönlich befragt wurden, den Nachtgästen der Fragebogen jedoch zusammen mit dem verpflichtend auszufüllenden Gästebblatt für die Gemeinde zur schriftlichen Beantwortung vorgelegt wurde.

Abgefragt wurden der Ausgangspunkt der Wanderung, das oder die für die Anreise dorthin verwendete/n Verkehrsmittel, die Anzahl der sich in diesem/n Verkehrsmittel/n befindlichen Personen sowie die Gestaltung der Rückreise.

Somit lagen - bei den Nachtgästen in Verbindung mit dem Gästebblatt (inklusive Hauptwohnsitz, An- und Abreisedatum, Staatsbürgerschaft,...), bei den Tagesgästen in Verbindung mit der Frage, von woher sie (und oft: über welche Route) zum betreffenden Ausgangspunkt angereist waren - alle Informationen vor, um die für die Wanderung zurückgelegte Strecke zu berechnen. Diese ist die notwendige Basis zur Berechnung der Treibhausgasemissionen gewesen, welche die Gäste durch ihre Anreise verursacht haben.

Die Befragung der Tagesgäste vor Ort fand an sieben relativ gleichmäßig über die Saison verteilten Tagen statt. Diese wurden nach schwachem, mittlerem und starkem Gästeaufkommen respektive Umsatz ausgewählt. Aufgrund schwieriger Vorhersagbarkeit sowie organisatorischen und logistischen Schwierigkeiten weichen die tatsächlichen Befragungstage etwas von diesem beabsichtigten Plan ab (Tabelle 3.1).

Erstens fanden die Befragungen bis auf einen einzelnen Tag allesamt am Wochenende statt. Deshalb besteht kaum empirisch gesichertes Wissen über die Anreiseart der Tagesgäste während der Woche.

Zweitens wird in der Spalte *Umsatzrang* ersichtlich, wie umsatzstark der Tag war.

Die Saison (1. Mai - 30. November 2014) umfasste 198 Öffnungstage. Sonntag, der 25. Mai stand beispielsweise im Umsatzranking an zweiundfünfzigster Stelle, lag also im unteren Bereich des umsatzstärksten Drittel aller Saisontage. Der umsatzstärkste Tag der Saison ist ebenso vertreten wie zwei weitere Top-Twelve-Tage. Nur ein Tag, der einzige Wochentag, ist als umsatz-schwacher Tag im Sample vertreten – da es stark regnete, besuchten nur fünf Gäste die Hütte.

Zusammengefasst lässt sich daher sagen, dass die Erhebung umsatzstärkere Wochenendtage sehr solide abdeckt, aber blinde Flecken für umsatzschwächere Wochentage bestehen.

Tabelle 3.1: Übersicht über die Erhebungstage

Datum	Umsatz-rang	Anzahl Befragte	Erfassungs-grad (%)	geschätzte Gästezahl
SO, 25.5.	52	87	80	109
SO, 6.7.	27	58	30	193
DI, 22.7.	175	5	100	5
SO, 17.8.	7	204	85	240
SO, 28.9.	1	311	80	389
SA, 18.10.	12	192	85	226
SO, 23.11.	43	166	90	184

Drittens zeigt die Tabelle (in der Spalte *geschätzter Erfassungsgrad*), dass - bis auf einmal - nie alle Tagesgäste, die das Karl-Ludwig-Haus an einem Erhebungstag besucht haben, erfasst wurden.

Die Ursachen hierfür liegen in logistischen Gründen, wie beispielsweise darin, dass der Gästeandrang teils so groß gewesen ist, dass einer Person die Befragung aller anwesenden Gäste nicht möglich war. Manches Mal gelang es zudem aus organisatorischen Gründen nicht, vor den ersten Tagesgästen zu kommen oder nach den letzten zu gehen.

Insofern bestand die Notwendigkeit, auch um den für die Hochrechnung zentralen Pro-Kopf-Konsum zu evaluieren, die Gesamtanzahl der Tagesgäste an den Erhebungstagen zu schätzen. Diese Einschätzung des Erfassungsgrads basierte im Fall verpasster Gäste auf Rücksprache mit dem Personal, das in der Regel gut abschätzen konnte, wie viele Gäste schon oder noch da gewesen waren, im Fall vor Ort entwichter Gäste wurde versucht, eine Strichliste mit der Zahl nicht befragter Personen zu führen. Beides grob anmutende, aber dennoch recht verlässliche Methoden.

Anhand der Einschätzung der prozentuell erfassten Tagesgäste ließ sich dann auf die Gesamtzahl der Tagesgäste, die das Karl-Ludwig-Haus am betreffenden Tag in etwa besucht haben, schließen.

Zwischen 1. Mai und 30. November 2014 wurden insgesamt 860 Fragebögen verteilt, die 2 547 Tages- und Nachtgäste abdeckten. Erstaunlich ist die hohe Rücklaufquote (Tabelle 3.2): Über 99 Prozent der befragten Tagesgäste sowie knapp 92 Prozent der Nachtgäste haben den Fragebogen beantwortet. Die Kürze des Fragebogens hat sich also bewährt - das Ziel, eine große Zahl von Gästen zu befragen, wurde erreicht. Bei den Nachtgästen mussten aufgrund der grundsätzlichen Gleichsetzung des Abfahrtsorts mit dem am Gästebrett angegebenen Hauptwohnsitz 48 Fragebögen wegen mangelnder Plausibilität ausgeschlossen und als nicht verwertbar betrachtet werden – eine Anfahrt aus Kuwait, England oder Deutschland erscheint unwahrscheinlich. Hier handelt es sich wohl kaum um eigens angereiste Touristen – in jedem Fall konnte keine plausible Anreisroute unterstellt werden, was zum Ausschluss der betreffenden Fälle führte.

Angesichts der hohen Fallzahl ist der Ausschluss von zehn Prozent der Fragebögen aber verkraftbar. Wichtig ist zu erwähnen, dass bei jenen knapp acht Prozent von Nachtgästen unbeantworteten Fragebögen kein struktureller Bias erkennbar ist (wie etwa aufgrund von Sprachschwierigkeiten – die nicht ausgefüllten Bögen umfassen österreichische wie nicht-österreichische Gäste gleichermaßen).

Tabelle 3.2: Überblick über die Stichprobengröße

	Tagesgäste		Nachtgäste	
	befragt	beantwortet	befragt	beantwortet
Anzahl Fragebögen	380	377	480	442
Anzahl Befragte	1030	1023	1517	1307
Rücklaufquote		99,2 %		92,1 %
gültige Fälle		377/99,2 %		394/82,1 %

3.1.2. Mess- und Buchhaltungsdaten

Energie

Zur Analyse der elektrischen Energiedaten des Karl-Ludwig-Haus standen viertelstündlich via Smartmeter gemessene Tageswerte (Lastgang) zur Verfügung, weshalb in einer Auflösung von 15 Minuten über die ganze Saison hinweg exaktes Wissen darüber besteht, wie viel Strom zu welchem Zeitpunkt verbraucht wurde.

Die Brikettmenge (zur Erzeugung thermischer Energie) wurde mittels Lieferscheinen berechnet. Zudem wurde zu Saisonbeginn und –ende ein Stand der vorhandenen Brikettmenge gemacht. So besteht beinahe auf den Kilo genaues Wissen darüber, wie viele Briketts verfeuert worden sind.

Alle Berechnungen zum Treibhausgasausstoß, die in Zusammenhang mit der verbrauchten Energie stehen, basieren auf der Literatur entnommenen Emissionsfaktoren (vgl. Kaltschmitt/Streicher 2009; Umweltbundesamt Österreich 2014b).

Wasser

Hier ist einerseits zwischen Trinkwasser und andererseits Niederschlag zu unterscheiden. Die Menge des ersteren, das auf die Hütte transportiert wird, ist aus der Buchhaltung exakt bekannt.

Niederschlagswasser wird vom Dach der Hütte in drei Zisternen geleitet und dort gefasst. Lediglich die Hauptwasserzisterne, von der das Wasserleitungssystem der Hütte abzweigt, ist zugänglich – in einem nur von außen begeharen, unterirdischen Raum.

Um die Ressourcennutzung, also den sozio-ökonomischen (Verbrauch) sowie naturalen Einfluss (Niederschlag) auf die Wasserreserven, zu messen, galt es einerseits, einen Wasserzähler zu installieren, andererseits eine Pegelmessanlage.

Der Wasserzähler wurde vom Hüttenwirt selbst eingebaut.

Da sich der Zisternenpegelstand bis dato nur mit verhältnismäßig viel Aufwand händisch grob messen ließ, wodurch zudem andere Betriebsabläufe gestört wurden, war eine regelmäßige, zwei Mal am Tag stattfindende Pegelmessung vom Personal nicht zu verlangen.

Deshalb erfolgte mit Mitteln eines Forschungsstipendiums der Alpen-Adria-Universität Klagenfurt Mitte August die Installation einer Pegelmessanlage - inklusive digitaler Anzeige im Küchenbereich, wodurch der Pegelstand zwei Mal täglich ohne Aufwand protokolliert werden konnte.

Somit sind für den Zisternenfüllstand erst ab 19. August durchgehende Messwerte verfügbar.

Damit für die Zeit vor Mitte August dennoch einige Messwerte zur Verfügung stehen, wurden davor, sofern Personal dafür freigestellt werden konnte, händische Pegelmessungen durchgeführt. An Erhebungstagen wurde diese Messung von mir selbst durchgeführt.

Deshalb gibt es für die Zeit vor dem 19. August 21 Messungen des Pegelstands. Für den Verbrauch gibt es für die ganze Saison tägliche Messungen. Beide Parameter wurden jedoch lediglich bis zum 3. November protokolliert, da ab diesem Zeitpunkt kein Personal mehr durchgehend auf der Hütte anwesend war.

Um den Output zu quantifizieren, wurde die Laufzeit der beiden Pumpen protokolliert, welche das Abwasser ins Tal pumpen, und mit deren Leistungskennzahlen zusammengeführt, um die Menge des ins Tal beförderten Abwassers zu berechnen.

3.1.3. Statistische Auswertungsverfahren

Einerseits werden in den statistischen Auswertungen Lage- und Streuungsparameter von Verteilungen deskriptiv beschrieben. Andererseits müssen Hypothesen sowie gefundene Unterschiede mittels verschiedener statistischer Testverfahren auf Signifikanz geprüft werden (um abzuschätzen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Ergebnis oder gemessener Unterschied zufällig zustande gekommen ist).

Zur Prüfung von Hypothesen bezüglich der Zusammenhänge zweier kategorialer Variablen wird *Pearson's Chi-Quadrat*test eingesetzt. Dieser prüft im Rahmen einer Tabellenanalyse die Stärke der Abweichungen einer realen Verteilung von der zu erwartenden Verteilung, wenn Unabhängigkeit zwischen den beiden Variablen angenommen würde (vgl. Kühnel/Krebs 2007: 333).

Wird ein bestimmter Schwellenwert überschritten (der vom gewählten empirischen Signifikanzniveau und den Freiheitsgraden abhängt), lässt sich eine Aussage über statistische Signifikanz treffen, jedoch sagt die Höhe des berechneten χ^2 -Werts nichts über die Stärke des Zusammenhangs aus (vgl. Agresti/Franklin 2009: 560).

Hierzu ist es notwendig, ein Zusammenhangsmaß zu berechnen. Da in dieser Arbeit nicht nur Vierfelder- sondern auch mehrdimensionale Kreuztabellen untersucht werden, ist *Cramer's V* das Maß der Wahl, um eine Aussage über die Stärke der Assoziation zweier nominalskalierten Variablen zu treffen. Dieses (Kühnel/Krebs 2007: 356) bezieht den berechneten χ^2 -Wert auf den maximal möglichen χ^2 -Wert und kann Werte zwischen 0 (keine Assoziation) und 1 (perfekte Assoziation) annehmen. Je höher, desto stärker der Zusammenhang zweier Merkmale – jedoch sagt *Cramer's V* nichts über die Richtung des Zusammenhangs (also über Ursache und Wirkung) aus.

Allgemein gilt grob, dass ein Zusammenhang zwischen 0,1 und 0,2 als schwach, zwischen 0,2 und 0,4 als mittel, zwischen 0,4 und 0,6 als stark und zwischen 0,6 und 0,9 als sehr stark bezeichnet wird.

Für alle anderen Testverfahren kommen größtenteils *nicht-parametrische Verfahren* zum Einsatz. Beinahe alle erhobenen und gemessenen Daten wie Strom- und Wasserverbrauch, Umsatzdaten, oder die zurückgelegten Distanzen der Gäste sind stark rechts- oder linksschief.

Viele statistische Tests, wie beispielsweise der t-Test auf Gleichheit zweier Mittelwerte oder die ANOVA (ein Test zum Vergleich der Mittelwerte mehrerer Gruppen), setzen jedoch Normalverteilung voraus. Deshalb wurden *nicht-*

parametrische Tests entwickelt, die keine Normalverteilung voraussetzen, weil sie von den Werten abstrahieren und auf dem Prinzip des Datenrankings aufbauen (vgl. Field 2009: 540) – also vom Prinzip her dem Median ähneln (dem zentralen Wert einer nach aufsteigenden Werten sortierten Verteilung, der diese in exakt zwei gleich große Teile teilt).

Zwar ist es üblich, die Normalverteilungsvoraussetzung ab einer gewissen Stichprobengröße (Stichwort: zentraler Grenzwertsatz) in der statistischen Praxis bewusst zu übergehen, dennoch werden in dieser Arbeit hauptsächlich nicht-parametrische Verfahren eingesetzt, um den Verteilungen der Variablen gerecht zu werden und mathematisch korrekt zu arbeiten.

Zur Messung der Korrelation zweier stetiger Variablen kommt daher nicht Pearson's Produkt-Moment-Korrelationskoeffizient zum Einsatz, sondern der *Rangkorrelationskoeffizient von Spearman-Rho*, der ebenso Werte zwischen -1 und +1 annehmen kann – von perfekt negativem Zusammenhang über keinen Zusammenhang (0) hin zu perfekt positivem Zusammenhang.

Anstelle des t-Tests für zwei unabhängige Stichproben wird der *Mann-Whitney-U-Test* berechnet, statt einer ANOVA der *Kruskal-Wallis-Test*. Deren Logik ist eben, dass sie auf Basis der Datenränge (und nicht der konkreten Werte) die Übereinstimmung zweier oder mehrerer Verteilung dahingehend prüfen, mit welcher Wahrscheinlichkeit sie derselben Grundgesamtheit entstammen.

Zur Diskussion, dass nicht-parametrische Verfahren nicht dieselbe Teststärke (engl. Power) wie parametrische Verfahren haben, also nicht im selben Ausmaß fähig sind, einen bestehenden Effekt zu finden, sei gesagt, dass die volle Power der parametrischen Verfahren nur dann gegeben ist, wenn ihre Voraussetzungen vollständig erfüllt sind (vgl. ebda.: 551).

Zudem wurden im Hintergrund der vorliegenden Arbeit alle relevanten Tests zur Sicherheit auch mit parametrischen Verfahren berechnet, um die Ergebnisse der Verfahren zu vergleichen. Dennoch ist der Einsatz der nicht-parametrischen Verfahren angesichts der Verteilungen der Variablen angemessener und zudem – dank Statistiksoftware wie dem in dieser Arbeit verwendeten SPSS - statistischer *state of the art* – insbesondere in der Umweltstatistik.

Lediglich ein Mal wird ausnahmsweise eine lineare Regression berechnet, deren Voraussetzungen alle erfüllt sind, worauf an der betreffenden Stelle eingegangen wird (Kap. 5.1.3.).

Die Signifikanz aller statistischen Tests wird mit dem p-Value angegeben. Dieser bezeichnet, unter der Annahme, dass die Nullhypothese (dass etwa kein Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen oder zwischen zwei Gruppen keine Unterschiede bestehen) wahr ist, die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Stichprobenergebnis auftritt. Salopp gesagt: Je niedriger er ist, desto unwahrscheinlicher ist es, dass ein bestimmtes Ergebnis zufällig ist und nur in dieser Stichprobe auftritt.

3.2. Das Berechnungsmodell

Um die Frage nach den gesamten, von den Gästen des Karl-Ludwig-Haus in der Saison 2014 durch An- und Abreise verursachten, CO₂-Emissionen beantworten zu können, braucht es Wissen über die Anzahl der Gäste, deren Anreisemodalitäten (also die gewählten Verkehrsmittel und zurückgelegten Kilometer) sowie die spezifischen Emissionen verschiedener Verkehrsmittel.

Das Wissen über die Anreisemodalitäten wurde anhand der bereits oben beschriebenen Fragebogenumfrage gewonnen, die spezifischen Emissionswerte verschiedener Verkehrsmittel sind der Literatur entnommen (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2012; ÖBB 2012 Umweltbundesamt Österreich 2014a: 122).

Hinsichtlich der Frage, wie viele Gäste die Hütte in der Saison 2014 besucht haben, muss zwischen Tages- und Nachtgästen differenziert werden, da hier ein wichtiger Unterschied besteht:

Die Gesamtzahl der Nachtgäste ist aufgrund der von diesen verpflichtend auszufüllenden Gästebücher exakt bekannt. Wie viele Tagesgäste jedoch das Karl-Ludwig-Haus im Lauf der Saison besucht haben, ist eine unbekannte Größe, welche auf Basis der Erhebungen vor Ort in Verbindung mit den aus der Buchhaltung bekannten Umsatzdaten hochgerechnet werden muss.

Wie dieses Hochrechnungsmodell zur Schätzung der Tagesgastzahl aufgebaut ist, wird im folgenden Abschnitt ebenso wie das allgemeine Berechnungsmodell für die durch die Anreise verursachten Treibhausgasemissionen Schritt für Schritt erläutert.

3.2.1. Die Zahl der Tagesgäste

Aus der Buchhaltung liegen tägliche Umsatzzahlen vor - gesplittet nach verschiedenen (steuerlich relevanten) Kategorien. Am naheliegendsten und einfachsten, um die unbekannte Gesamtzahl der Besucher zu ermitteln, ist daher die Berechnung über den Pro-Kopf-Konsum.

An den sieben Erhebungstagen besteht Wissen über die Zahl der Tagesgäste. Dieses erlaubt in Verbindung mit den an denselben Tagen erzielten Umsätzen eine Einschätzung des Pro-Kopf-Konsums.

Aus mehreren Gründen streut dieser Pro-Kopf-Konsum: Erstens besteht die beschriebene, aus der Erhebung resultierende Unsicherheit, weil im Rahmen der Befragung vor Ort nie alle Tagesgäste gezählt werden konnten – was logischerweise zu Unsicherheit hinsichtlich der Berechnung des Pro-Kopf-Konsums führt.

Zweitens besteht Grund zur Annahme, dass dieser sich grundsätzlich nach Jahreszeit, Wetter und Wochentag unterscheidet.

Drittens gibt die Buchhaltung Auskunft über den an einem Tag insgesamt erwirtschafteten Umsatz – ohne prinzipiell zwischen Tages- und Nächtigungsgeschäft zu differenzieren. Die Tageslosung (der Umsatz eines Tages) muss also um alle, von Nachtgästen erlösten Umsätze bereinigt werden.

Leistungen, die nur Nachtgäste in Anspruch nehmen können, sind in der Buchhaltung separat ausgewiesen und können einfach herausgerechnet werden. Schwierig gestaltet sich hingegen die Quantifizierung der Konsumation (Speisen und Getränke) der Nachtgäste.

Pragmatisch bedeutet das, dass zur Berechnung des Pro-Kopf-Konsums der Tagesgäste eine Schätzung des Pro-Kopf-Konsums der Nachtgäste notwendig ist. Dieser wurde nach Rücksprache mit dem Hüttenwirt auf Basis seiner Erfahrungen auf fünfundsiebenzig Euro festgelegt. Von Vorteil ist jedoch die Tatsache, dass an vier

von sieben Erhebungstagen keine Gäste genächtigt haben und daher keine Bereinigung der Umsätze nötig war.

Der empirisch erhobene Pro-Kopf-Konsum der Tagesgäste berechnet sich somit durch Division des bereinigten Umsatzes eines Erhebungstages durch die ermittelte Zahl der Tagesgäste. Dieser wird dann als Schätzer für alle anderen Saisontage genutzt, um die Gesamtzahl der Tagesgäste in der Saison 2014 anhand der Umsatzdaten zu berechnen.

Da der Pro-Kopf-Konsum der Tagesgäste über die Saison hinweg erheblich schwankt, wurde er differenziert in das Modell implementiert. Die Erfahrung zeigt, dass der Pro-Kopf-Umsatz an Wochenenden, Feiertagen, während der Ferien, im Sommer und bei schönem Wetter aus Gründen der Verweildauer tendenziell höher anzusiedeln ist. Deshalb schwankt der Pro-Kopf-Konsum der Tagesgäste zwischen 9,50€ und 13,60€. Alle genannten Faktoren, außer dem täglichen Wetter, wurden im Hochrechnungsmodell berücksichtigt.¹

Die Pro-Kopf-Werte sind auch angesichts der Preise in der Saison 2014 nachvollziehbar: So kosteten beispielsweise ein halber Liter eines antialkoholischen Getränks sowie eine mittelteure Hauptspeise zusammen bereits 13,80€, ein großes Bier und eine Suppe mit einer Scheibe Brot 8,70€.

3.2.2. Die zurückgelegten Kilometer

Auf Basis der angegebenen Postleitzahl und dem Ausgangspunkt der Wanderung wurden die zur An- und Abreise zurückgelegten Kilometer aller befragten Tages- und Nachtgäste berechnet.

Dies erfolgte für Privatfahrten (PKW, Motorrad und Reisebus) mittels Routenplaner von Google Maps. Die Länge der Busstrecke vom Bahnhof Payerbach zum Preiner Gscheid wurde unter Berücksichtigung der Streckenführung ebenfalls mittels Google Maps eruiert.

Für Bahnreisen wurden die Kilometerangaben verwendet, welche die ÖBB in ihrer Fahrplanauskunft für die jeweilige Strecke angibt. Für die Wiener U-Bahn wurden die Stationsabstände (vgl. Fahrgast 2004; für U2: Lederer et. al. 2010: 17) berücksichtigt und je nach Fahrstrecke kumuliert.

Berechnet wurde stets die plausibelste und schnellste Strecke, es sei denn, eine andere An- oder Rückreisroute war explizit angegeben worden.

Somit konnte letzten Endes die jeweils zurückgelegte Distanz von 1023 persönlich befragten Tages- und 1307 schriftlich befragten Nachtgästen ermittelt werden.

Die so - für jedes einzelne Verkehrsmittel - ermittelten Durchschnittskilometer erlauben in Verbindung mit der empirisch erhobenen Häufigkeitsverteilung der gewählten Verkehrsmittel die Hochrechnung der insgesamt in der Saison 2014 von allen Tages- und Nachtgästen zurückgelegten Kilometer. Berücksichtigt wird dabei auch der Anteil der zu Fuß oder mit dem Rad angereisten Personen.

¹ Im Mai, Juni und September (ab Ende der Schulferien) beträgt der angenommene Pro-Kopf-Konsum Montag bis Mittwoch 11,50€, Freitag bis Sonntag 13,60€. Vom letzten Juniwochenende bis zum ersten Septemberwochenende wird ein konstanter Pro-Kopf-Konsum von 13,60€ angenommen. Im Oktober beträgt er 10€, im November nur mehr 9,50€.

Für privat Anreisende wurden *Fahrzeugkilometer* berechnet, für öffentlich Anreisende jedoch *Personenkilometer*. Der Unterschied besteht darin, dass bei privat Anreisenden die Zahl der genutzten *Fahrzeuge* aufgrund der empirisch erhobenen durchschnittlichen Fahrgemeinschaftsgröße indirekt bekannt ist und mit den durchschnittlich zurückgelegten Kilometern multipliziert werden kann - bei öffentlich Anreisenden jedoch nicht.

Schließlich ist nicht nachvollziehbar, wie viele in Anspruch genommene Fahrzeuge hinter den öffentlich Anreisenden stehen - ob beispielsweise zehn, an einem Saisontag öffentlich angereiste Gäste zusammen in einer Zuggarnitur oder in fünf verschiedenen Zügen gesessen sind.

Deshalb wird die Anzahl der öffentlich anreisenden *Personen* mit den durchschnittlich zurückgelegten Kilometern des jeweiligen öffentlichen Verkehrsmittels multipliziert.

Allerdings hat diese konzeptuelle Mischung von Fahrzeug- und Personenkilometer Auswirkungen auf die Lage- und Streuungsparameter der Kilometerverteilungen. Dabei ist die Verteilung der Nachtgäste stärker als jene der Tagesgäste betroffen, weil dort der Anteil öffentlicher Anreise (Personenkilometer) höher als bei den Tagesgästen ist.

So ist bei der Kilometerverteilung der Tagesgäste für den Median keine, für den Mittelwert und die Standardabweichung nur eine marginale Änderung festzustellen. Bei den Nachtgästen sinkt der Mittelwert für die zurückgelegten Distanzen um rund neun, der Median um zwei Kilometer. Standardabweichung und Interquartilsabstand verändern sich hingegen nur minimal.

3.2.3. Die verursachten Emissionen

Die Unterscheidung in Fahrzeug- und Personenkilometer bietet auch den Vorteil der einfachen Emissionsberechnung, da Emissionsfaktoren für öffentliche Verkehrsmittel in der Regel in Bezug auf Personenkilometer (unter Einbezug der Auslastung öffentlicher Verkehrsmittel) zu finden sind, während jene für private Verkehrsmittel meist pro Fahrzeugkilometer angegeben werden.

Somit ist der letzte Schritt der Berechnung lediglich eine Multiplikation der hochgerechneten Kilometer mit einem der Literatur entnommenen Emissionsfaktor (siehe Tabelle 3.3).

Dabei handelt es sich bei den Emissionskalkulationen der privat Motorisierten (PKW, Reisebus, Motorrad) um einen Bottom-Up-Prozess (ausgehend von den gefahrenen Kilometern eines *Fahrzeugs* werden die von diesem ausgestoßenen Emissionen berechnet), bei den öffentlich Angereisten (Bahn, Linienbus, U-Bahn) hingegen um einen Top-Down-Prozess, bei dem einer *Person*, auf Basis der zurückgelegten Kilometer und unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Auslastung, die ausgestoßenen Emissionen des betreffenden öffentlichen Verkehrsmittels zugeordnet werden.

Hier stellt sich die Frage, ob lediglich CO₂ (Kohlenstoffdioxid) berechnet und berücksichtigt wird oder alle relevanten Treibhausgase, normiert auf das Treibhausgaspotenzial von CO₂, um sie vergleichbar zu machen (CO₂-Äquivalente) (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2014b).

Bei Verkehrsmitteln respektive der Verbrennung fossiler Brennstoffe ist Kohlenstoffdioxid zwar das hauptsächliche Treibhausgas, doch in geringen Anteilen spielen auch Lachgas sowie Methan eine Rolle. Lachgas entsteht dabei als Nebenprodukt beim Einsatz bestimmter Katalysatoren von Benzinmotoren - der

Verkehr ist für drei Viertel der Lachgasemissionen in Österreich verantwortlich (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2001: 454). Methan wird in geringen Mengen bei Verbrennungsprozessen im Straßenverkehr emittiert - insbesondere von Zweitaktmotoren (vgl. Umweltbundesamt Deutschland 2015).

Deshalb, da nicht nur CO₂ anfällt, wird in dieser Arbeit durchwegs mit CO₂-Äquivalenten gerechnet.

Außerdem muss entschieden werden, ob direkte Emissionen, also nur die unmittelbar am Ort der Energieumwandlung anfallenden Emissionen oder zusätzlich auch vorgelagerte (indirekte) Emissionen in die Berechnung einbezogen werden (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2014b).

Bei den betreffenden Vorleistungen handelt es sich vor allem um die Herstellung und den Transport der Energieträger sowie um die Fahrzeugherstellung. Die in dieser Arbeit dargestellten Emissionszahlen, in denen Vorleistungen inkludiert sind, umfassen nur jene vorgelagerten Emissionen, welche die Energieträger selbst, jedoch nicht die Fahrzeugherstellung betreffen.

Das hat zwei pragmatische Gründe: Erstens wird die Vergleichbarkeit immer schwieriger, je mehr Aspekte in einem Emissionsfaktor inkludiert sind.

Zweitens könnten dieser Arbeit reale Handlungsmöglichkeiten entspringen. Hierfür sind aber Nachvollziehbarkeit und Akzeptanz der Ergebnisse vonseiten gewisser Akteure notwendig. Je mehr Annahmen und Vorleistungen inkludiert werden, desto anfechtbarer könnten die Ergebnisse sein.

Die Quellen für die Emissionsfaktoren stammen aus den Jahren 2012 bis 2014. Bei der Auswahl der Emissionsfaktoren (Tabelle 3.3) wurde nicht nur auf Aktualität geachtet, sondern, um Kohärenz zu gewährleisten, auch darauf, dass die Faktoren der direkten Emissionen aus denselben Quellen wie jene stammen, die Vorleistungen berücksichtigen.

Tabelle 3.3: Verwendete Emissionsfaktoren

Besetzungsgrad Linienbus: 18,78 Personen; Besetzungsgrad ÖBB: 101 Personen. U-Bahn berechnet aus in der Literatur aufscheinenden Unterschieden zwischen Bus und U-Bahn.

direkte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalente) verschiedener Verkehrsmittel							
	g CO ₂ -eq. pro Fahrzeugkilometer				g CO ₂ -eq. pro Personenkilometer		
	PKW Diesel	PKW Benzin	Motorrad	Reisebus	Bahn	Linienbus	U-Bahn
Faktor	144,26	176,27	76,89	873	14,2	47	57,3
direkte + indirekte Treibhausgasemissionen (CO ₂ -Äquivalente) verschiedener Verkehrsmittel							
Faktor	161,87	219,64	99	1041	26,6	55	57,3
Quelle	Umweltbundesamt (UWBA) Österreich 2014a: 122			UWBA 2012	ÖBB 2012; UWBA 2012	UWBA 2012	eigene Berechnung

Die Emissionsfaktoren für PKWs stammen aus einer LCA-Studie (Life Cycle Analysis) des österreichischen Umweltbundesamts (vgl. 2014a: 122) zu Elektroautos, im Zuge dessen die Emissionsfaktoren für Diesel- und Benzin-PKWs zur Vergleichbarkeit detailliert berechnet wurden.

In der Emissionsberechnung wird auch die österreichspezifische Verteilung von Diesel- und Benzin-PKW's (vgl. Statistik Austria 2013) berücksichtigt – allerdings standen zum Zeitpunkt der Berechnung lediglich die Daten von 2013 zur Verfügung. Die Faktoren der Bahn publizieren die Österreichischen Bundesbahnen (vgl. ÖBB 2012) selbst – berechnet wurden sie vom Umweltbundesamt Österreich - und beziehen sich auf das Jahr 2012.

Für die Wiener Linien fanden sich keine reliablen Emissionsfaktoren. Deshalb wurden die aus der Literatur bekannten und stets relativ konstanten Unterschiede zwischen Linienbus und U-Bahn für die vorliegende Arbeit selbst berechnet - angesichts von weniger als 1 000 mit der U-Bahn zurückgelegten Kilometern erscheint diese Vorgehensweise vertretbar.

Für die Raxseilbahn sind bedauerlicherweise keine Emissionsfaktoren vorhanden, weil für eine solche Pendelbahn kein Emissionsfaktor in der Literatur zu finden war und eine Anfrage beim Seilbahnbetreiber mit der Bitte um Daten zum Energieverbrauch unbeantwortet blieb.

3.2.4. Validität und Sensitivität

Zur Validierung des Hochrechnungsmodells lassen sich für die sieben Erhebungstage die empirisch ermittelten Daten für die Anzahl der Tagesgäste sowie die zurückgelegten Kilometer mit den hochgerechneten Werten vergleichen. Dabei zeigt sich, dass die Hochrechnung die Zahl der Personen um nur 3 Personen unterschätzt. Hierzu gilt es sich zu vergegenwärtigen, dass an den betreffenden Tagen 1 346 Tagesgäste vor Ort waren. Das Modell irrt sich also nur um 0,2 Prozent und kann in diesem Punkt als sehr solide gelten.

Dahingegen werden die zurückgelegten Kilometer um etwa dreieinhalbtausend Kilometer überschätzt – was einen Schätzfehler von 3,5 Prozent darstellt. An vier Tagen unterschätzt die Hochrechnung die zurückgelegten Kilometer leicht, an drei Tagen werden sie stark überschätzt.

Da mit Durchschnittskilometern operiert wird, müssen sich die Abweichungen auf lange Sicht zu Null aufheben - nicht aber an sieben Erhebungstagen.

Auch hat eine Überschätzung der Gästezahl nicht zwangsläufig eine Überschätzung der Kilometer zur Folge – und vice versa.

Die Abweichung der Personen hängt damit zusammen, inwiefern der im Modell angenommene und der tatsächliche Pro-Kopf-Konsum eines Tages auseinanderdriften. Wenn er real höher ist, überschätzt die Hochrechnung die Tagesgästepersonen für den betreffenden Tag, wenn er niedriger ist, unterschätzt sie diese jedoch.

Die Abweichung der Kilometer hängt hingegen stärker mit der Abweichung zwischen den in der Hochrechnung verwendeten und den real auftretenden Mittelwerten ab. Diese streuen stark. Sind die durchschnittlich an einem Erhebungstag zurückgelegten Anreisekilometer niedriger als in der Hochrechnung angenommen, überschätzt diese die zurückgelegten Kilometer und umgekehrt.

Eine Möglichkeit zu prüfen, ob das Hochrechnungsmodell überhaupt adäquat an die empirisch erfasste Realität angepasst und gut modelliert ist, besteht darin, die empirisch erhobene Verteilung der Kilometer, die pro Verkehrsmittel zurückgelegt wurden, mit jener Kilometerverteilung zu vergleichen, welche die Hochrechnung

ergibt. So vergleicht man beispielsweise wie hoch der Anteil der PKW-Kilometer an den insgesamt zurückgelegten Kilometern in der Realität und im Modell ist.

Hierbei zeigt sich, dass die hochgerechnete Verteilung von der empirischen Verteilung je nach Verkehrsmittel nur zwischen -0,12% und +0,10% abweicht. Da die Abweichung also nur sehr gering ausfällt, kann das Modell also definitiv als in sich kohärent und valide bezeichnet werden.

Das hier vorgestellte Hochrechnungsmodell ist das Standardmodell, mit dem in der Arbeit gerechnet wird und das Ergebnisse produziert, die von Relevanz sein könnten. Da nur die Umsatzdaten sowie die Zahl und Verteilung der Nachtgäste exakt bekannte Größen darstellen, alle anderen Zahlen, Parameter und Ergebnisse aus der empirischen Erhebung oder auf Erfahrungswerten, Schätzungen und Berechnungen beruhen, muss klar sein, dass gewisse Unsicherheiten bestehen.

Um zu prüfen, in welcher Größenordnung sich diese Unsicherheiten bewegen und welchen Einfluss sie auf die berechnete Höhe der CO₂-Emissionen haben, wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Damit soll die Frage beantwortet werden, wie empfindlich die Ergebnisse auf Änderungen der Eingangsparameter reagieren.

Dabei wurden die mit Unsicherheit behafteten Parameter ausgewählt (all jene, welche gewisse Schwächen oder Schwankungsbreiten aufweisen) und jeweils unter Konstanthaltung der anderen Parameter verändert, um deren jeweiligen Einfluss auf das Endergebnis zu prüfen.

Außerdem wurden die jeweiligen Parameter jeweils in ihrer realistisch niedrigsten und höchsten Ausprägung in das Modell implementiert. So kann ein Intervall - ein Best- und ein Worst-Case - ermittelt werden, in dessen Bereich der tatsächliche, reale Wert der verursachten Treibhausgasemissionen mit gewisser Sicherheit liegt.

Die Sensitivitätsanalyse ist also ein Instrument, um mit Unsicherheiten umzugehen, weil sie transparent macht, wie sich diese Unsicherheiten auf relevante Ergebnisse auswirken.

4. ERGEBNISSE: DER CARBON FOOTPRINT DER GÄSTE

4.1. Deskriptive Stichprobenbeschreibung

Um sich dem interessierenden Ergebnis, also den Treibhausgasemissionen aufgrund der Anreise, zu nähern, ist es sinnvoll und wichtig, der Stichprobe beziehungsweise dem Sample Aufmerksamkeit zu widmen. Deshalb werden die wichtigsten deskriptiven Merkmale rund um die Anreise, welche die zentralen Parameter der Hochrechnung darstellen, hier beschrieben.

4.1.1. Regionale Herkunft

Tabelle 4.1: Herkunftsregion der Gäste

Herkunftsregion	Tagesgäste	Nachtgäste
Wien	41,2 %	48,1%
Niederösterreich	39,7 %	33,2 %
Steiermark	10,3 %	3,6 %
Burgenland	3,9 %	2,8 %
Oberösterreich	0,3 %	1,6 %
Salzburg	0,1 %	0,7 %
Kärnten	-	0,2 %
Tirol	-	0,3 %
Tschechien	0,7 %	3,5 %
Slowakei	1,0 %	2,4 %
Ungarn	2,8 %	3,5 %
Slowenien	-	0,2 %
Fallzahl (Personen)	1 021	1 360

Mittels der Postleitzahlen lässt sich leicht auf die Herkunftsregion der Gäste schließen.

Bei Betrachtung der Tabelle 4.1 sticht ins Auge, dass bei den Tages- wie bei den Nachtgästen mehr als vier Fünftel der Gäste aus Wien und Niederösterreich anreisen, wobei der Anteil der Wiener Gäste unter den Nachtgästen zuungunsten der niederösterreichischen Gäste etwas höher ist. Auch zeigt die Detailanalyse (in Tabelle 4.1 nicht dargestellt), dass der Anteil der Gäste aus der westlichen Hälfte Niederösterreichs, also dem Most- und Waldviertel, bei den Nachtgästen mit 11,7 Prozent mehr als doppelt so

hoch ist wie bei den Tagesgästen. Anders ausgedrückt: Von den niederösterreichischen Tagesgästen reisen nur 13 Prozent aus dem westlichen Niederösterreich an, bei den niederösterreichischen Nachtgästen beträgt dieser Anteil 35 Prozent. Außerdem zeigt sich, dass SteirerInnen erstens eher Tages- als Nachtgäste sind und zweitens, dass die steirischen Tagesgäste hauptsächlich aus dem nahen Bereich der Hütte (insbesondere dem Mürztal) anreisen, während die steirischen Nachtgäste eher aus der Gegend um Graz sowie der Südsteiermark kommen.

Nachtgäste sind etwas diversifizierter als Tagesgäste, selbst Kärnten und Tirol sind vertreten, wobei diese Ergebnisse aufgrund der Erhebungsart (Gleichsetzung des Hauptwohnsitzes mit dem Abfahrtsort) skeptisch zu betrachten sind.

Im Hinblick auf internationale Gäste ist der Anteil jener Personen, die aus den umliegenden Staaten (vornehmlich Tschechien, Slowakei und Ungarn) anreisen, mit insgesamt knapp über neun Prozent, doppelt so hoch wie bei den Tagesgästen.

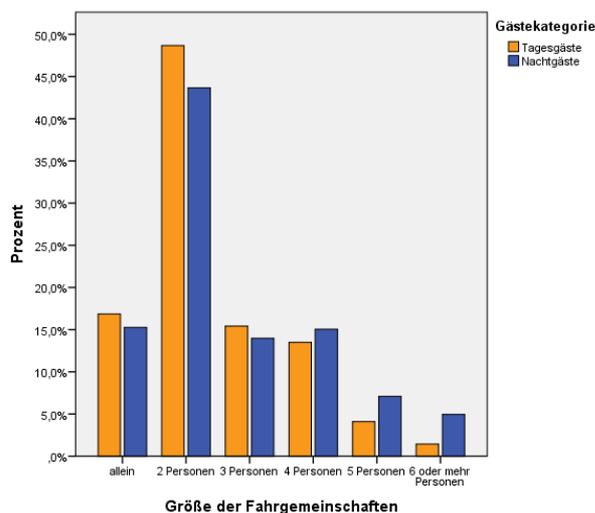
Um zu prüfen, ob die beschriebenen Unterschiede Produkt des Zufalls sind, wird die Verteilung einem Chi-Quadrat-Test unterzogen. Dieser ergibt mit 99,9 prozentiger

Wahrscheinlichkeit, dass die Unterschiede der regionalen Herkunft von Tages- und Nachtgästen nicht zufällig sind.

Dabei ist der Zusammenhang zwischen der regionalen Herkunft und der Tatsache Tages- oder Nachtgast zu sein, jedoch eher als schwach zu bezeichnen – das Assoziations-Maß Cramer's V beträgt nur 0,208 (p -Value $< 0,000$). Somit spielt der Ort, von dem aus angereist wird, allenfalls eine kleine Rolle, ob man nächtigt oder einen Tagesausflug unternimmt.

4.1.2. Fahrgemeinschaftsgröße

Abbildung 4.1: Fahrgemeinschaftsgrößen der Gäste. Fallzahl: 415 Tagesgast- & 494 Nachtgast-Fahrgemeinschaften



Betrachtet man die Fahrgemeinschaftsgröße (Abb. 4.1) ohne nach dem jeweiligen Verkehrsmittel zu spezifizieren, beträgt die durchschnittliche Fahrgemeinschaftsgröße der Tagesgäste 2,47 Personen (1023 Personen, die 415 Fahrgemeinschaften gebildet haben), wohingegen eine durchschnittliche Fahrgemeinschaft der Nachtgäste 2,78 Köpfe zählt (1377 Personen, 494 Fahrgemeinschaften).

Zum Vergleich der beiden Verteilungen wird auf den Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen – dieser ist einseitig mit einem p -Value von 0,0125 signifikant. Somit beträgt die

Wahrscheinlichkeit, dass zwei so voneinander abweichende Verteilungen zufällig auftreten, nur 1,25 Prozent, weshalb die Hypothese, dass Nachtgäste größere Fahrgemeinschaften als Tagesgäste bilden, angenommen werden kann.

Die durchschnittliche Fahrgemeinschaftsgröße der Nachtgäste ist über die verschiedenen Verkehrsmittel hinweg stets größer als jene der Tagesgäste. Allerdings ergibt ein durchgeführter Kruskal-Wallis-Test, dass lediglich die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der PKW-Fahrgemeinschaften überzufällig sind (p -Value $< 0,001$).

Für saisonale Unterschiede im Hinblick auf die durchschnittliche Fahrgemeinschaftsgröße ergeben sich keine signifikanten Ergebnisse. Es besteht kein Anlass zur Annahme, im Saisonverlauf verändere sich die Größe der Fahrgemeinschaften.

4.1.3. Verkehrsmittelwahl

In Abbildung 4.2 sticht das zu Erwartende ins Auge: die Mehrheit der Gäste nutzt zur Anreise den PKW. Allerdings zeigt sich ein respektabler Unterschied zwischen Tages- und Nachtgästen. Während knapp über 96 Prozent der Tagesgäste

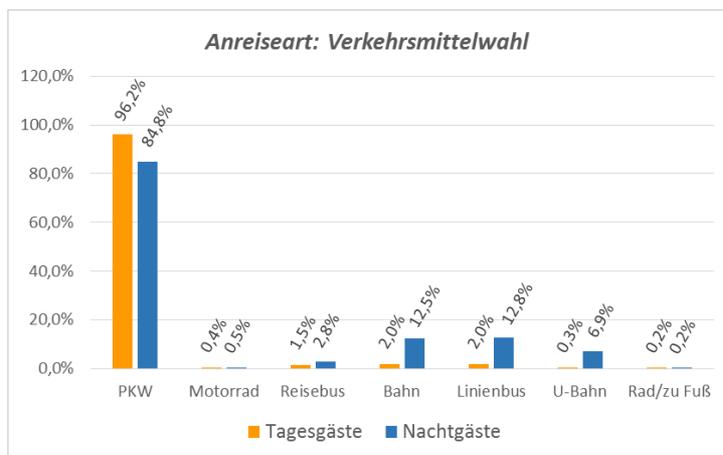
(ausschließlich oder mitunter) mit dem PKW anreisen, nutzen nur etwas weniger als 85 Prozent der Nachtgäste ein Auto zur Anreise.

Allgemeiner gesprochen, reisen mehr als 98 Prozent der Tagesgäste mit privat motorisierten Fahrzeugen (PKW, Motorrad, Reisebus) an, jedoch nur rund 88 Prozent der Nachtgäste.

Bei den öffentlichen Verkehrsmitteln das gegenteilige Bild: Nicht ganz ein Drittel (32,1%) der Nachtgäste nutzt zumindest eines der öffentlichen Verkehrsmittel, jedoch nur etwas mehr als vier Prozent der Tagesgäste.

Abbildung 4.2: Verkehrsmittelwahl zur Anreise Mehrfachantworten-Set, deshalb addieren sich die Prozente auf über 100%.

Fallzahl: 1023 Tages- & 1372 Nachtgäste



Zudem zeigt sich, dass Tagesgäste im Schnitt 1,02 Verkehrsmittel zur Anreise nutzen, Nachtgäste aber 1,2 – also häufiger mehrere Verkehrsmittel kombinieren (etwa Bahn und Bus).

Das resultiert aus der Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel, denn diese ist sehr stark aneinander gekoppelt:

Eine Kreuztabellierung von Bahn und Bus ergibt einen sehr hohen Zusammenhang (Cramer's V von 0,85), der hochsignifikant ist (p -Value <

0,000). Dieser ist angesichts der Lage der Rax gut zu erklären: Bei Anreise mit der Bahn bis Payerbach, dem nächstgelegenen Bahnhof, ist man von der Rax noch rund sieben Kilometer entfernt. Daher ist man also - sofern man etwa nicht zu Fuß gehen möchte - beinahe gezwungen, vom Fern- auf den Nahverkehr umzusteigen.

Gänzlich emissionsfrei (lässt man für Vorleistungen, etwa bei der Produktion von Fahrrädern oder Bergschuhen anfallende Emissionen beiseite), zu Fuß oder mit dem Rad, kommen sowohl bei den Tages- als auch den Nachtgästen lediglich 0,2 Prozent, was kaum verwundert, da einerseits eine Fahrradtour zum Preiner Gscheid (1070 Meter Seehöhe), dem Hauptausgangspunkt auf das Karl-Ludwig-Haus, bereits eine anstrengende sportliche Unternehmung darstellt und andererseits die Hütte nicht entlang eines klassischen Weitwanderwegs liegt.

MotorradfahrerInnen sind rar vertreten, was damit zusammenhängen könnte, dass das Motorradfahren an sich als Sport gilt und weniger ein Mittel zum Zweck (der Anreise zum Wandern) sein dürfte.

Nur zwei Gruppen sind mit einem Reisebus angereist. Auch dieser ist tendenziell nicht als oft gewähltes Verkehrsmittel zur Anreise zu einer Wanderung zu betrachten – zumindest nicht für eine Wanderung auf das Karl-Ludwig-Haus, weil der Wirt die Buchung großer Gruppen vermeidet.

Abbildung 4.2 deutet darauf hin, dass Tagesgäste seltener als Nachtgäste mit öffentlichen Verkehrsmitteln an-/abreisen. Mittels eines Chi²-Tests wird diese Hypothese getestet. Das Ergebnis ist hochsignifikant – die Wahrscheinlichkeit, dass die in Abbildung 4.2 dargestellten Verteilungen zufällig voneinander so verschieden

sind, beträgt unter 0,1 Prozent. Allerdings zeigt sich, dass die Assoziation der beiden betrachteten Merkmale nur schwach bis mittel ausgeprägt ist (Cramer's $V=0,29$). Nachtgäste nehmen also öffentliche Verkehrsmittel tatsächlich öfter als Tagesgäste in Anspruch – weshalb lässt sich an dieser Stelle aber nicht klären. Es wäre zu diskutieren, ob die Anreiseart von der Aufenthaltsdauer auf der Hütte (Tagesausflug versus Nächtigung) oder eher die Aufenthaltsdauer von der Anreiseart abhängig ist. Zudem spielen bei der Entscheidung für eine bestimmte Anreiseart klarerweise auch andere Faktoren eine Rolle.

Von wo aus angereist wird, spielt hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl allerdings keine Rolle. Dieser Zusammenhang ist nur sehr schwach ausgeprägt (Cramer's V von 0,09) und nicht signifikant.

So kann die Hypothese, dass Gäste, die in relativer Nähe zur Südbahn wohnen (operationalisiert anhand der Postleitzahlen), häufiger mit öffentlichen Verkehrsmitteln anreisen als Gäste, die nicht in der Nähe der Südbahn wohnen, nicht angenommen werden. Die potenziell mögliche öffentliche Anbindung scheint keine Rolle hinsichtlich dessen zu spielen, ob öffentlich oder privat angereist wird.

Auch bei der saisonalen Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel zeigt sich, dass der Zusammenhang zwischen Jahreszeit und Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zwar überzufällig (p -Value $< 0,01$), aber nur schwach ausgeprägt ist (Cramer's V von 0,209). Im Mai, August, September und Oktober schwankt der Anteil öffentlich angereister Nachtgäste um rund zehn Prozent, bevor er im November auf ein Prozent fällt – wegen der saisonalen Einstellung der Buslinie zum Preiner Gscheid zu Allerheiligen wird aufgrund der strukturellen Kopplung der beiden Verkehrsmittel auch die Anreise mit der Bahn unattraktiv.

Lediglich im Juni und Juli gibt es mit jeweils rund einem Viertel öffentlich angereister Nachtgäste eine Häufung, die erklärungs-würdig bleibt. Könnte diese damit zusammenhängen, dass hier die Tage am längsten sind, man also in diesen Monaten am wenigsten in Gefahr läuft, beim spätnachmittäglichen Aufstieg von der einbrechenden Dunkelheit überrascht zu werden und deshalb eher zur öffentlichen Anreise, die im Normalfall mehr Zeit als private Anreise erfordert, gewillt ist?

Tatsächlich zeigt sich bei Kreuztabellierung der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel mit der Tageslänge (definiert als die Zeit zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang; vgl. ZAMG 2014a) eine leichte Tendenz dahingehend, dass die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel mit zunehmender Tageslänge verstärkt zunimmt.

Bei einer Tageslänge von unter 11 Stunden reisen 80 Prozent der Nachtgäste privat an, sind die Tage 16 Stunden und länger, jedoch nur mehr etwas über 60 Prozent. Freilich besteht hier ein intervenierender Zusammenhang, weil die Tageslänge im November, wo der Bus nicht mehr bis auf das Preiner Gscheid fährt, ebenfalls unter 11 Stunden beträgt. Trotzdem lässt sich feststellen, dass verstärkt öffentlich angereist wird, sobald eine Tageslänge von 13 Stunden überschritten ist.

Zwar ist diese Verteilung hochsignifikant (p -Value $< 0,000$), der Zusammenhang selbst allerdings niedrig (Cramer's V von 0,226).

Dennoch lässt das Ergebnis vermuten, dass naturale Faktoren wie etwa die Tageslänge eine gewisse Rolle bei der Verkehrsmittelwahl spielen und im Kontext der Anreise zu alpinen Unternehmungen - auch von öffentlichen Transportunternehmen - mitbedacht werden sollten.

Zuletzt soll noch der Frage nachgegangen werden, ob öffentliche Verkehrsmittel vor allem am Wochenende - etwa aufgrund höherer Taktung der Busse - stärker genutzt werden. Hierbei zeigt sich überraschenderweise, dass zwischen dem Wochentag und der Anreiseart kein Zusammenhang besteht (Cramer's V von 0,029) und die Verteilung hochgradig zufällig ist.

Ist man gewillt öffentlich anzureisen, wird man das an jedem beliebigen Tag. Insgesamt bestätigt dieses Kapitel, dass offensichtlich tatsächlich gilt: Wo ein Wille ist, da ist auch ein Weg – die Wahl der Anreise scheint eher von intrinsischen, als von extrinsischen Faktoren bestimmt zu sein.

4.1.4. Seilbahnnutzung

Zwar ist die Seilbahn eine Aufstiegshilfe und dient nicht der Anreise zur Wanderung, sondern ist bereits Teil selbiger. Da dabei natürlich Emissionen anfallen (die in dieser Arbeit aufgrund eines fehlenden Emissionsfaktors nicht berechnet werden können), sollte sie dennoch berücksichtigt sein.

Hier sei erwähnt, dass sich die Seilbahn am anderen Ende des Raxplateaus befindet und zu Fuß vom Karl-Ludwig-Haus etwa viereinhalb Stunden beziehungsweise circa acht Kilometer entfernt ist.

Von 1023 befragten Tagesgästen haben knapp mehr als 3 Prozent die Raxseilbahn als ihren Ausgangspunkt angegeben. Bei den Nachtgästen beträgt dieser Anteil hingegen über 28 Prozent. Dieser Unterschied ist hochsignifikant (p -Value unter 0,001), der Zusammenhang mittelstark (Cramer's $V=0,325$).

Von den 389 Nachtgästen, welche die Raxseilbahn als Ausgangspunkt angegeben haben, nutzten 97 Prozent die Raxseilbahn zum Auf- wie auch zum Abstieg, 3 Prozent gaben an, einen anderen Abstieg zu wählen und retour zur Seilbahn zu fahren (sei es mit dem Bus oder zweitem PKW).

Umgekehrt hat 1 Prozent jener Nachtgäste, die die Seilbahn *nicht* als Ausgangspunkt angegeben haben, die Seilbahn zum Abstieg genutzt.

Auffällig ist: Kein einziger Tagesgast hat angegeben, die Seilbahn nur in eine Richtung (also nur für Auf- oder Abstieg) zu nutzen. Offensichtlich kam es also für keinen der über tausend befragten Tagesgäste in Betracht, sich so beispielsweise eine Rundwanderung zu ermöglichen – was Indiz für mangelndes Wissen über bestehende regionale Busverbindungen sein könnte.

4.1.5. Ausgangspunkt der Wanderung

Wie in Abbildung 4.3 ersichtlich ist, bestehen markante Unterschiede beim gewählten Ausgangspunkt zwischen Tages- und Nachtgästen.

Die Tagesgäste weisen auch hier ein weniger diversifiziertes Ergebnis als Nachtgäste auf. So beginnen fast neun Zehntel der befragten Tagesgäste ihre Wanderung am Preiner Gscheid.

Bei den Nachtgästen handelt es sich nur um etwas mehr als die Hälfte. Diese nutzen nicht nur die Raxseilbahn neunmal so stark, ebenso höher ist auch der Anteil derjenigen, die von Hinternaßwald oder aus dem Höllental aufsteigen. Fasst man diese drei Kategorien zusammen, lässt sich sagen, dass mehr als ein Drittel der Nachtgäste ihre Wanderung am anderen Ende des Raxplateaus, in Niederösterreich, startet. Offensichtlich wird die aufgrund der Übernachtung gewonnene Zeit oftmals in eine längere Wanderung investiert.

Abbildung 4.3: Ausgangspunkt der Wanderung
Fallzahl: 1023 Tages- und 1372 Nachtgäste



Die Verteilung ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,1 Prozent signifikant, die beiden betrachteten Merkmale, Gästekategorie und Ausgangspunkt der Wanderung weisen einen mittelhohen Zusammenhang auf (Cramer's V von 0,414).

Insofern drängt sich die Vermutung auf, dass die Lage des Ausgangspunkts der Wanderung eine Rolle hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl spielt. Erstens sind manche

einfacher, andere gar nicht mit dem Linienbus erreichbar. Zweitens sind sie unterschiedlich weit vom Bahnhof Payerbach entfernt: die Raxseilbahn 6,5 Kilometer, das Preiner Gscheid 21 Kilometer, Hinternaßwald 22 Kilometer.

Die Analyse verdeutlicht, dass große Unterschiede bestehen. So reisen etwa von allen Tages- und Nachtgästen, die das Preiner Gscheid als Ausgangspunkt ihrer Wanderung wählen, nur sechs Prozent öffentlich an - 94 Prozent reisen privat an.

Bei jenen, die ihre Wanderung bei der Seilbahn starten, beträgt der Anteil der öffentlich Angereisten hingegen ein Viertel. Zwar sei angemerkt, dass, in absoluten Zahlen betrachtet, deutlich mehr Leute im Sample vorkommen, die ihre Wanderung am Preiner Gscheid als bei der Raxseilbahn beginnen, aber trotzdem ist dieser Unterschied drastisch - insbesondere angesichts der Tatsache, dass beide Punkte von derselben Buslinie angefahren werden. Allerdings dauert eine Fahrt vom Bahnhof zur Seilbahn zwölf, zum Preiner Gscheid hingegen vierzig Minuten.

Abbildung 4.4: Anreiseart zu den Ausgangspunkten.
Fallzahl: 415 Tagesgast- & 494 Nachtgast-
Fahrgemeinschaften

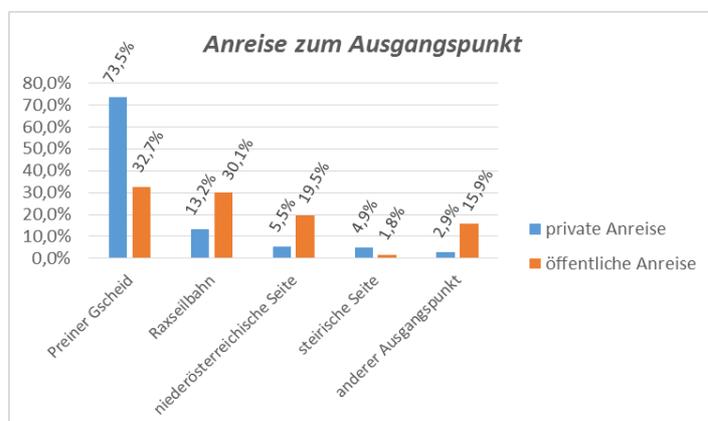


Abbildung 4.4 zeigt, auf welche Ausgangspunkte sich die privat beziehungsweise öffentlich Anreisenden verteilen. Beträchtliche Unterschiede zeigen sich dahingehend, dass drei Viertel der privat Anreisenden zum Preiner Gscheid fahren, hingegen – grob gesprochen – sich jeweils ein Drittel der öffentlich Anreisenden auf das Preiner Gscheid, die Raxseilbahn und andere in Niederösterreich

zusammengefasste Ausgangspunkte verteilt –

einerseits sind dies das Höllental oder Hinternaßwald, andererseits in der Kategorie *anderer Ausgangspunkt* zusammengefasste, hauptsächlich in Niederösterreich

gelegene Orte: Entweder handelt es sich um Talorte rund um die Rax, von denen die meisten öffentlich gut erreichbar sind oder um am Schneeberg gelegene Ausgangspunkte zu Mehrtageswanderungen, zu denen mit der Schneebergbahn angereist wird.

Die steirische Seite (Mürztal) ist öffentlich hingegen schlechter angebunden, weshalb nur knapp zwei Prozent der Gäste dorthin (Alpengasthof Moassa oder Altenberg an der Rax) öffentlich anreisen.

Der Chi-Quadrat-Test der beiden Verteilungen ist mit einem p-Value unter 0,000 hochsignifikant, der Zusammenhang mit einem Cramer's V von 0,345 mittelstark.

Die Wahl des Ausgangspunkts, seine geographische Lage, die öffentliche Anbindung dorthin sowie die hierfür erforderliche Zeit dürften also tatsächlich eine Rolle bei der Wahl der Anreise spielen.

4.1.6. An- und Rückreisekilometer

Hinsichtlich der zurückgelegten Kilometer bestehen zwischen Tages- und Nachtgästen frappante Unterschiede. Die Boxplots (Abb. 4.5) zeigen, dass Tagesgäste vermehrt kürzere als längere Distanzen zurücklegen, wohingegen es sich bei den Nachtgästen genau umgekehrt verhält.

Der Median der Kilometerverteilung der Tagesgäste liegt bei 202 Kilometer, jener der Nachtgäste aber bei 214 Kilometer.

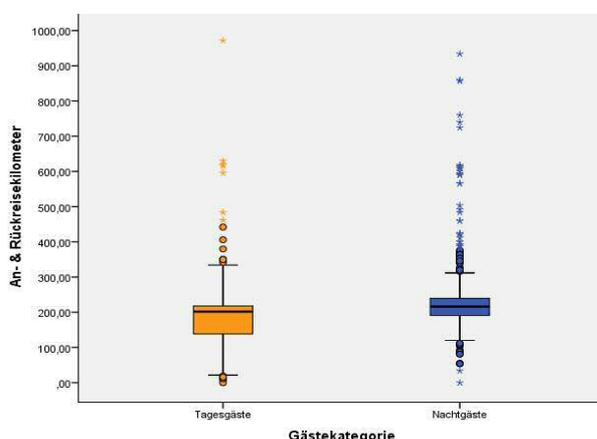
Abbildung 4.5: Boxplots der An- und Rückreisekilometer der befragten Tages- und Nachtgäste.

Die Box repräsentiert die zentralen 50 Prozent der Verteilung (Interquartils-abstand), der Querstrich darin den Median.

Die Antennen ober- und unterhalb der Box haben die eineinhalbfache Länge der Box.

Die Punkte repräsentieren milde, die Sterne extreme Ausreißer (im Sinn einer bestimmten Entfernung zum jeweiligen Median).

Lesebeispiel: Das dritte Quartil der Tagesgäste (Obergrenze der Box) liegt bei 218, jenes der Nachtgäste bei 240 Kilometer.



Zudem zeigt sich auf den ersten Blick sehr deutlich, dass es unter den Nachtgästen deutlich mehr Ausreißer als bei den Tagesgästen gibt. Außerdem ist ersichtlich, dass die Verteilung der Tagesgäste stark links-, jene der Nachtgäste rechtsschief ist.

Der Interquartilsabstand, der Bereich in dem die zentralen fünfzig Prozent der Verteilung liegen, beträgt bei den Nachtgästen rund 46 Kilometer (25 Prozent der Tagesgäste legen weniger als 140 Kilometer zurück), bei den Tagesgästen jedoch deutlich darüber - bei rund 190 Kilometer. Die Standardabweichung ist allerdings – worauf auch die höhere Anzahl an Extremwerten deutet – bei den Nachtgästen größer als bei den Tagesgästen.

Konkret bedeutet dies, dass

Nachtgäste für die An- und Rückreise zur Wanderung längere Distanzen als Tagesgäste zurücklegen, es zwar deutlich mehr Ausreißer nach oben gibt, aber die kompakt verteilten, zentralen 50 Prozent der Verteilung die Entfernung der Hütte zu Wien deutlich abbilden – entsprechen die Kilometer dieses Bereichs doch exakt der zu fahrenden Distanz von/nach Wien und Umland.

Darüber hinaus zeigt die Grafik, dass es offensichtlich voneinander deutlich verschiedene Obergrenzen für die zurückgelegte Gesamtdistanz von Tages- und Nachtgästen gibt (grob gesprochen, liegt die Grenze für Tagesgäste bei rund 450

Tabelle 4.2: Durchschnittliche An- und Rückreisedistanz (Km). Fallzahlen für PKW, Motorrad und Reisebus stellen Fahr-gemeinschaften, für öffentliche Verkehrsmittel

Verkehrsmittel	Tagesgäste	Fälle	Nachtgäste	Fälle
PKW	182,7	398	237,2	383
Motorrad	185,1	3	358,2	5
Reisebus	596	1	590	1
Bahn	162,2	19	198,9	151
Linienbus	36,5	20	25,6	171
U-Bahn	12	2	11,6	95
Gesamt	183,2	424	230,9	559
	210,4			

Kilometer, jene der Nachtgäste aber bei rund 600 Kilometer – bei den darüber hinausgehenden Fällen handelt es sich um einzelne Extremfälle und Ausnahmen). Nachtgäste sind offensichtlich eher bereit, weitere Strecken zurückzulegen, um am Berg zu nächtigen, als

Tagesgäste, um einen Tagesausflug zu machen.

Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über die durchschnittlich zurückgelegten Kilometer, gesplittet nach Verkehrsmittel und Gästekategorie. So sieht man, dass die Gäste des Karl-Ludwig-Haus im Durchschnitt 210 Kilometer zurücklegen, wobei zwischen Tages- und Nachtgästen ein Unterschied von beinahe 48 Kilometern liegt (183 zu 231 Kilometer). Aber ist dieser Unterschied bedeutsam?

Ein durchgeführter Mann-Whitney-U-Test ergibt ein hochsignifikantes Ergebnis mit einem p-Value unter 0,000. Folglich kann die Hypothese, dass Nachtgäste größere Distanzen als Tagesgäste zurücklegen, angenommen werden - die aufgezeigten Unterschiede sind überzufällig.

Zudem sind die von Nachtgästen mit der Bahn und dem PKW zurückgelegten Durchschnittskilometer deutlich höher als bei den Tagesgästen, wobei die Abweichung beim PKW stärker als bei der Bahn ausfällt. Legen Leute, die öffentlich anreisen, im Schnitt weniger Kilometer zurück als privat Anreisende?

Hierzu gilt es die drei Teildistanzen von Bahn, Bus und U-Bahn aufzusummieren (Tab. 4.3) – unter der Bedingung, dass die Bahn in jedem Fall genutzt wurde, um jene Fälle auszuschließen, die den Bus nur zur Rückfahrt zum PKW genutzt haben.

Tabelle 4.3: Gegenüberstellung der öffentlich und mit dem PKW durchschnittlich zurückgelegten Kilometer

Anreiseart	Tagesgäste	Nachtgäste	Gesamt
PKW	182,7	237,2	209,4
Öffentlich	196,2	226,5	223,2

Dabei zeigt sich, dass der Durchschnittswert der öffentlichen Anreise bei den Tagesgästen über jenem des PKW liegt, bei den Nachtgästen verhält es sich umgekehrt. Wie die Tabelle es bereits vermuten lässt:

Hier hat der Zufall seine Hände im Spiel. Weder ein Vorzeichen-Test noch ein Einstichproben-t-Test bringen ein signifikantes Ergebnis zutage. Es kann also nicht angenommen werden, dass die öffentliche Anreise überzufällig kürzer oder länger, als die Anreise mit dem PKW ausfällt.

Auch bei Betrachtung der durchschnittlichen An- und Rückreisedistanz über die Saisonmonate hinweg zeigt sich im Rahmen eines durchgeführten Kruskal-Wallis-Tests weder für Tages- noch Nachtgäste ein signifikanter Unterschied.

Für Nachtgäste lässt sich zudem kein Unterschied in der durchschnittlichen An- und Rückreisedistanz zwischen verschiedenen Wochentagen feststellen. Auch hier unterscheiden sich die Mittelwerte der verschiedenen Tage (gesplittet in *Montag bis Donnerstag*, *Freitag/Tag vor einem Feiertag* sowie *Samstag/Sonntag/Feiertag*) nicht signifikant voneinander.

Jedoch darf dieses Ergebnis nicht auf Tagesgäste umgelegt werden, da durchaus zu vermuten ist, dass unter der Woche verstärkt Leute mit kürzerer Anfahrt, aus der nahen Umgebung, das Karl-Ludwig-Haus besuchen – etwa, weil sie nach der Arbeit zur Hütte aufsteigen oder Leute der Umgebung dem Gästeandrang am Wochenende ausweichen wollen. Leider kann diese Frage nicht beantwortet werden, da die Befragung der Tagesgäste stets am Wochenende stattgefunden hat.

Eine andere Auffälligkeit ist die Tatsache, dass Tagesgäste gegenüber Nachtgästen im Schnitt beinahe elf Kilometer mehr mit dem Linienbus zurücklegen. Dieser, mit einem Mann-Whitney-U-Test überprüfte Unterschied ist signifikant mit einem p-Value von 0,004.

In der Detailanalyse zeigt sich, dass 28 Prozent der öffentlich anreisenden Tagesgäste mit dem Bus nach Hinternaßwald oder ins Höllental fahren, bei den Nachtgästen jedoch nur 18 Prozent. Für diese Strecke sind für Hin- und Rückfahrt 44 Kilometer zu verbuchen. Da ein Drittel der öffentlich anreisenden Nachtgäste zur, etwas mehr als sechs Kilometer vom Bahnhof Payerbach entfernten, Raxseilbahn fährt, jedoch nur ein Fünftel der öffentlich anreisenden Tagesgäste, senkt dies die von Nachtgästen mit dem Linienbus zurückgelegten Durchschnittskilometer derart. Zudem wählen Nachtgäste auch öfter als Tagesgäste eine andere Abstiegsroute, die sie nicht wieder zum Ausgangspunkt zurückbringt, weshalb sie mit dem Bus - oft nur wenige Kilometer - zurück zu ihrem Auto fahren. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass Nachtgäste zwar deutlich häufiger als Tagesgäste den Linienbus nutzen, dabei aber im Schnitt kürzere Strecken zurücklegen.

Bei 91 Prozent aller Fahrgemeinschaften entspricht die Rückreise der Anreise, vier Prozent wählen einen alternativen Abstieg (was zur Nutzung eines anderen Verkehrsmittels wie des Busses führt) und fünf Prozent eine andere Rückreiseroute. Alle bisher präsentierten Ergebnisse fungieren als zentrale Parameter für die Hochrechnung der insgesamt in der Saison 2014 von Tagesgästen zurückgelegten Anreisekilometer.

Bei den Nachtgästen konnten diese (davon knapp 87 Prozent der Nachtgäste gültige Daten vorliegen und bei den restlichen 13 Prozent keine strukturelle Verzerrung feststellbar ist) durch einen einfachen Schluss auf 100 Prozent ermittelt werden.

Tabelle 4.4: Insgesamt zurückgelegte An- und Rückreisekilometer der Gäste in der Saison 2014. Lesebeispiel: 90,5% der insgesamt zurückgelegten Kilometer wurden mit dem PKW zurückgelegt, jedoch nur 70,5% der von den Nachtgästen zurückgelegten Kilometer.

	Personen	KM Gesamt	KM PKW	KM Motorrad	KM Reisebus	KM Bahn	KM Linienbus	KM U-Bahn
Tagesgäste	12.425	947.605	887.680	6.752	6.123	38.068	8.557	425
Nachtgäste	1.517	149.955	105.683	2.084	686	34.932	5.279	1.291
Gesamt	13.942	1.097.560	993.363	8.836	6.810	73.000	13.835	1.716
Anteils- berechnung	<i>Gesamt</i>		90,5%	0,8%	0,6%	6,7%	1,3%	0,2%
	<i>Tagesgäste</i>	86,3%	93,7%	0,7%	0,6%	4,0%	0,9%	0,04%
	<i>Nachtgäste</i>	13,7%	70,5%	1,4%	0,5%	23,3%	3,5%	0,9%

Alle Gäste des Karl-Ludwig-Haus haben in der Saison 2014 in Summe knapp 1,1 Millionen Kilometer zurückgelegt (Tab. 4.4) - wobei rund 86 Prozent von Tages- und rund 14 Prozent von Nachtgästen zurückgelegt wurden.

Besonders interessant sind die voneinander sehr verschiedenen Anteilswerte für Tages- und Nachtgäste. So gehen beinahe 94 Prozent der von Tagesgästen zurückgelegten Kilometer auf das Konto des PKWs, bei den Nachtgästen beträgt dieser Anteil unter 71 Prozent. Das gegenteilige Bild bezüglich der Kilometer, die mit der Bahn zurückgelegt wurden: 23 Prozent, also nicht ganz ein Viertel, der zurückgelegten Nachtgast-Kilometer werden mit der Bahn gefahren, bei den Tagesgästen beträgt dieser Anteil nur vier Prozent – ist also beinahe sechs Mal niedriger.

Tagesgäste legen nur 5 Prozent der Kilometer öffentlich zurück, bei den Nachtgästen beträgt dieser Anteilswert knapp 28 Prozent, ist also mehr als fünf Mal so hoch.

Ein durchgeführter Zweistichprobentest für Anteilswerte zeigt, dass dieses Ergebnis mit einem p-Value unter 0,000 hochsignifikant ist, weshalb die Hypothese, dass Nachtgäste nicht nur öfter als Tagesgäste öffentliche Verkehrsmittel wählen, sondern auch öffentlich, relativ betrachtet, mehr Kilometer als Tagesgäste zurücklegen, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit unter 0,1 Prozent angenommen werden kann.

Insofern bleibt die Frage, ob und wie sich die bis hierher aufgezeigten Unterschiede hinsichtlich durchschnittlich zurückgelegter Kilometer, durchschnittlicher Fahrgemeinschaftsgrößen sowie gewählter Verkehrsmittel auf die verursachten Emissionen auswirken.

4.2. CO₂-Emissionen der Gäste

4.2.1. Gesamter Treibhausgasausstoß 2014

In Tabelle 4.5 ist die Gesamtmenge der von allen Gästen des Karl-Ludwig-Haus durch ihre Anreise verursachten Treibhausgase in Tonnen CO₂-Äquivalente aufgeführt. Die *direkten Emissionen* umfassen die unmittelbar am Ort der Energieumwandlung anfallenden Emissionen, *indirekte Emissionen* beziehen zusätzlich vorgelagerte Emissionen aus der Energiebereitstellung (Herstellung und Transport der Energieträger) mit ein (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2014b).

Tabelle 4.5: Gesamter Treibhausgasausstoß aufgrund der Anreise der Gäste in der Saison 2014.

Direkte Emissionen sind jene Emissionen, die am Ort der Energieumwandlung (z.B. im Verbrennungsmotor) anfallen, indirekte Emissionen beziehen zusätzlich vorgelagerte Emissionen aus der Energiebereitstellung mit ein.

	Treibhausgasemissionen Saison 2014	
	direkte Emissionen	direkte + indirekte Emissionen
Tagesgäste	147,2	174,5
Nachtgäste	18,3	22,0
Gesamt	165,5	196,5
	Tonnen CO ₂ -Äquivalente (t CO ₂ -eq.)	

rund zweieinhalb Tonnen Treibhausgase mehr ausstoßen würden – obwohl Nachtgäste im Durchschnitt zur Anreise knapp 48 Kilometer mehr zurücklegen als Tagesgäste. Dieser Auffälligkeit wird im Rahmen der folgenden Kapitel noch einige Aufmerksamkeit gewidmet.

Ansonsten ist der Tabelle 4.5 wenig Aufregendes zu entnehmen. Das liegt auch daran, dass die Zahlen schwer einzuordnen sind. Die Größenordnung dieser Ergebnisse ohne Kontext einzuordnen, ist auch in puncto Nachhaltigkeit schwierig. Hierzu ist es hilfreich, Vergleiche anzustellen.

Laut aktuellem Klimaschutzbericht, der nach der nationalen Treibhausgasinventur vom Umweltbundesamt Österreich für das Jahr 2012 verfasst wurde, betragen Österreichs Gesamtemissionen 80,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente (vgl. Umweltbundesamt 2014c: 27f). Der Sektor Verkehr hat dabei mit 21,7 Millionen Tonnen einen Anteil von etwas über 27 Prozent. Davon gehen wiederum 11,9 Millionen Tonnen (55 Prozent der verkehrsbedingten Emissionen) zulasten des Personenverkehrs auf der Straße.

Somit sind die direkten Emissionen der Gäste des Karl-Ludwig-Haus für nicht ganz 8 Millionstel der in Österreich durch den Sektor Verkehr verursachten Emissionen verantwortlich, jene Gäste, die auf der Straße angereist sind für beinahe 14 Millionstel der in Österreich durch Personenstraßenverkehr anfallenden Treibhausgasemissionen.

Wohl einfacher ist die Menge der von Gästen durch ihre Anreise verursachten Emissionen zu fassen, wenn man sich die Frage stellt, wie viele durchschnittliche österreichische AutofahrerInnen dieselbe Menge Treibhausgase emittieren. Eine Studie des Verkehrsclubs Österreich (VCO) hat mithilfe von Daten der Statistik

In Summe wurden zwischen Anfang Mai und Ende November insgesamt knapp über 165 Tonnen Treibhausgase direkt emittiert, unter Einbezug der Emissionen aus Vorleistungen für die Energiebereitstellung waren es knapp unter 200 Tonnen CO₂-Äquivalente.

Bei einer zwischen Tages- und Nachtgästen differenzierenden Betrachtung ist zu bedenken, dass über acht Mal (exakt: 8,2x) so viel Tagesgäste als Nachtgäste auf der Hütte zu Gast waren. Multipliziert man die Summe der direkten Emissionen der Nachtgäste mit diesem Wert, zeigt sich, dass Nachtgäste, wären sie ebenso zahlreich wie Tagesgäste, nur

Austria berechnet, dass ein PKW, der in Österreich im Jahr 2013 angemeldet war, im Durchschnitt rund 13 100 Kilometer im Jahr zurücklegt hat (vgl. VCÖ 2014).

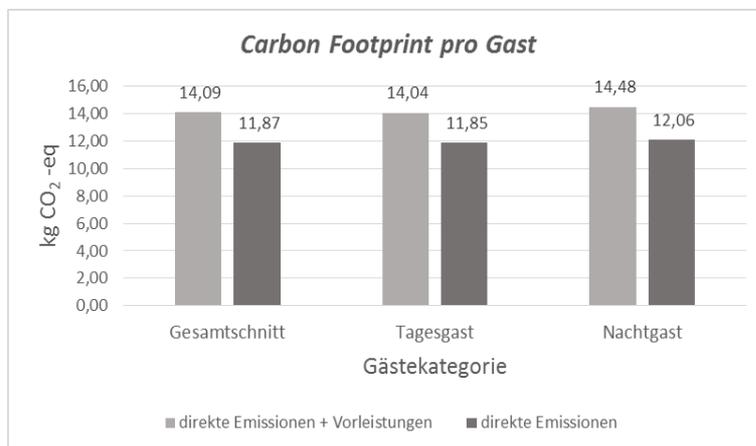
Berechnet man die dadurch verursachten direkten Emissionen nach demselben Schema wie in dieser Arbeit, zeigt sich, dass 79 PKWs in einem Jahr genauso viel Treibhausgasemissionen wie alle Gäste des Karl-Ludwig-Haus durch ihre Anreise in sieben Saisonmonaten zusammen verursachen.

Diese Zahl ist dem anschaulichen Vergleich dienlich, kann jedoch die Frage, ob Bergtourismus nachhaltig oder nicht ist, nicht beantworten. Hier braucht es andere Betrachtungsebenen.

4.2.2. Emissionen pro Kopf

Nachtgäste legen nicht nur einen weiteren Weg als Tagesgäste zurück, sondern emittieren dabei auch mehr. Das bestätigt auch die Abbildung 4.6:

Abbildung 4.6: Pro-Kopf-Emissionen der Gäste



Ohne Differenzierung nach Gästekategorie betrachtet, hat ein Gast des Karl-Ludwig-Haus im Durchschnitt 14,1 Kilogramm Treibhausgase zu verantworten, davon werden etwa 11,9 Kilogramm direkt bei der Anreise emittiert, der Rest geht zulasten von Emissionen aus Vorleistungen.

Zu sehen ist, dass Nachtgäste in beiden Emissionskategorien höhere Werte als Tagesgäste aufweisen. So emittiert ein Nachtgast (direkt) im Schnitt 210g mehr CO₂-Äquivalente als ein Tagesgast – das entspricht einem Plus von 1,8 Prozent. Werden Vorleistungen inkludiert, emittieren Nachtgäste knapp drei Prozent mehr als Tagesgäste – hier ist der Unterschied größer, da sich die Vorleistungen inkludierenden Emissionsfaktoren der Bahn, relativ betrachtet, stärker als jene für PKWs erhöhen.

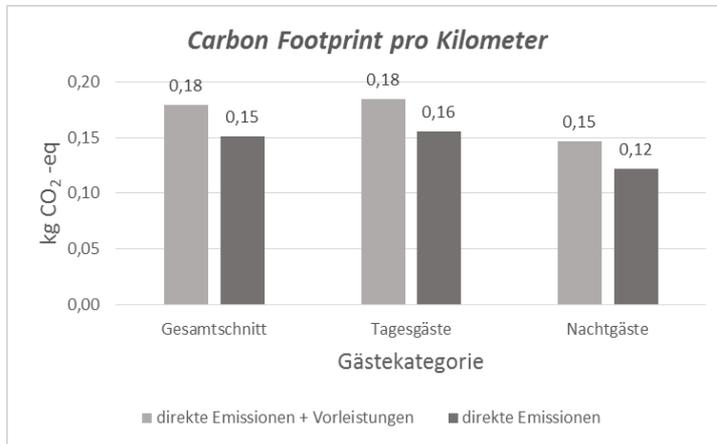
Nun gilt es stutzig zu werden: Im Schnitt verursacht ein Nachtgast nur zwei bis drei Prozent mehr Emissionen als ein Tagesgast, obwohl Nachtgäste im Schnitt beinahe 48 Kilometer mehr zurücklegen? Anders ausgedrückt: Sie legen 26 Prozent mehr Kilometer als Tagesgäste zurück, emittieren dabei jedoch nur maximal drei Prozent mehr als diese? Liegt dies lediglich an den höheren Fahrgemeinschaftsgrößen gegenüber Tagesgästen oder bestehen weitere Erklärungen?

4.2.3. Emissionen pro Kilometer

Die Erklärung ist weniger in den größeren Fahrgemeinschaften als im Treibhausgasausstoß pro Kilometer zu suchen. So emittiert ein Tagesgast pro zurückgelegtem Kilometer 0,16 Kilogramm CO₂-Äquivalente an direkten Emissionen,

ein Nachtgast dahingegen nur 0,12 Kilogramm (Abb. 4.7). In anderen Worten verursacht ein durchschnittlicher Nachtgast pro Kilometer exakt ein Viertel weniger

Abbildung 4.7: Treibhausgasemissionen pro Kilometer



Emissionen als ein Tagesgast, reist also pro Kilometer um 25 Prozent weniger emissionsintensiv an, kann somit um mehr als ein Viertel weitere Distanzen zurücklegen und dennoch beinahe gleich viel wie ein Tagesgast emittieren.

Dieser Unterschied von im Durchschnitt vierzig Gramm CO₂-Äquivalenten pro Kilometer, ist, mittels t-Test für unabhängige Stichproben getestet, hochsignifikant (p-Value < 0,000). Nachtgäste reisen, pro Kilometer

betrachtet, überzufällig weniger emissionsintensiv als Tagesgäste an.

Die Erklärung, warum Nachtgäste *im Durchschnitt* pro Kilometer weniger Treibhausgasemissionen verursachen, liegt schlichtweg darin, dass Nachtgäste signifikant häufiger als Tagesgäste öffentliche Verkehrsmittel wählen respektive deren Anteil öffentlich zurückgelegter Kilometer mehr als fünfmal so hoch ist wie bei den Tagesgästen.

Auf diese Weise werden Emissionen eingespart – wie die Analyse pro Kilometer beweist: nicht wenig. Vielmehr untermauert das Ergebnis die Tatsache, dass es für die Treibhausgasbilanz und den Carbon Footprint der Gäste definitiv einen Unterschied macht, für welche Anreise man sich entscheidet.

4.2.4. Emissionen pro Verkehrsmittel

99 Prozent der Treibhausgasemissionen stammen aus privater Anreise. Bei den Tagesgästen werden lediglich 0,7 Prozent der Emissionen durch öffentliche Anreise verursacht. Unter den Nachtgästen hingegen ist der Anteil der aus dem öffentlichen Verkehr stammenden Emissionen sechs Mal höher und beträgt 4,5 Prozent.

Erhellend sind diesbezüglich die durchschnittlichen Pro-Kopf-Emissionen in Abhängigkeit der gewählten Verkehrsmittel: So emittiert ein Tagesgast (exkl. Vorleistungen) des Karl-Ludwig-Haus, der mit dem PKW anreist, im Durchschnitt rund 11,75 Kilogramm CO₂-Äquivalente, jemand der öffentlich anreist und Bahn, Linienbus sowie U-Bahn in Anspruch nimmt, jedoch nur 4,68 Kilogramm – der Treibhausgasausstoß des PKWs ist im Durchschnitt also zweieinhalbfach höher.

Da im Vergleich zu den Tagesgästen die durchschnittlich von Nachtgästen mit der Bahn zurückgelegten Kilometer weniger stark steigen als die mit dem PKW zurückgelegten, ist das Verhältnis der öffentlichen Anreise zum PKW unter Nachtgästen noch besser und beträgt 1 : 2,76.

Zudem legen Nachtgäste im Schnitt elf Kilometer weniger mit dem Linienbus zurück als Tagesgäste, wodurch ein Teil der gestiegenen Bahnkilometer kompensiert wird und ein öffentlich anreisender Nachtgast im Schnitt trotzdem nur 4,7 Kilogramm CO₂-

Äquivalente (0,4,% mehr als ein öffentlich anreisender Tagesgast) ausstößt, ein mit dem PKW anreisender durchschnittlicher Nachtgast jedoch annähernd 13 Kilogramm (10,7% mehr als ein mit dem PKW anreisender Tagesgast).

Die öffentliche Anreise zum Karl-Ludwig-Haus bedeutet also in jedem Fall mindestens eine Halbierung der Emissionen – wobei die exakte Höhe der Reduktion von der betrachteten Gästekategorie und den verglichenen Verkehrsmitteln abhängt².

Auch diese Analyse bekräftigt die Notwendigkeit eines Modal Shift, um Emissionen zu reduzieren.

4.2.5. Emissionstagsatz

Zuletzt soll darauf eingegangen werden, wie viel Treibhausgasemissionen die Gäste pro Aufenthaltstag zu verbuchen haben. Hierfür muss herausgefunden werden, wie viele Tage sich die Gäste auf der Hütte aufhalten: Bei den Tagesgästen ist das – wie der Name schon sagt – ein Tag.

Dank der ausgefüllten Gästebücher ist sehr leicht nachzuvollziehen, dass 97,9 Prozent aller Nachtgäste eine Nacht am Karl-Ludwig-Haus, also zwei Tage, verbringen.

Zwei Prozent verbringen drei Tage auf der Hütte (2 Nächte) und 0,1 Prozent vier Tage (3 Nächte). Im Schnitt bleibt ein Nachtgast 2,02 Tage auf der Hütte.

Dividiert man nun die von den Nachtgästen verursachten direkten Emissionen durch die Personentage (Anzahl der Personen multipliziert mit der Aufenthaltsdauer in Tagen), ergibt sich, dass Nachtgäste im Schnitt knapp sechs Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Aufenthaltstag ausstoßen (5,96 Kg), Tagesgäste jedoch knapp zwölf Kilogramm (11,87 Kg).

Pro Tag betrachtet, verantwortet ein Tagesgast also (beinahe) doppelt so viel Treibhausgase wie ein Nachtgast.

Ganz allgemein lässt sich hier hinzufügen, dass, über die Saison 2014 hinweg betrachtet, pro Öffnungstag des Karl-Ludwig-Haus im Durchschnitt 836 Kilogramm Treibhausgase direkt bei der Anreise emittiert worden sind. Nimmt man noch die Vorleistungen für die Energiebereitstellung hinzu, ist es beinahe eine Tonne CO₂-Äquivalente (993 Kilogramm), die pro Tag ausgestoßen wurde.

4.3. Sensitivitätsanalyse der Ergebnisse

Die präsentierten Resultate sind unter Zuhilfenahme eines Modells entstanden. Daher muss seriöserweise eine gewisse Bandbreite der Ergebnisse angegeben werden, die sich aus theoretischen Unsicherheiten, getroffenen Vorannahmen sowie angewendeten Parametern ergibt.

Anders ausgedrückt: Selbstverständlich ist das Ergebnis der insgesamt in der Saison 2014 von Gästen ausgestoßenen CO₂-Emissionen nicht *real*, sondern lediglich eine empirisch und theoretisch begründete Schätzung.

² Das Verhältnis der Emissionen aus öffentlicher Anreise zum Motorrad beträgt (für Tagesgäste) 1:2,28 und zum Reisebus 1:6,25 (Auslastung ca. 50%. Bei voller Auslastung betrüge das Verhältnis etwa 1:3,1).

Nun gilt es im Rahmen einer sogenannten Sensitivitätsanalyse zu prüfen, wie robust diese Schätzung auf veränderte Vorannahmen ist und in welches Intervall das Ergebnis fällt, wenn zentrale Eingangsparameter verändert werden. Dabei werden jene Parameter überprüft, die als verhältnismäßig unsicher in ihrer Annahme oder groß hinsichtlich ihres Einflusses auf das Ergebnis eingestuft werden.

4.3.1. Einflussgrößen einzelner Parameter

In Bezug auf die Emissionen der Nachtgäste gibt es, weil die Anzahl der Nachtgäste exakt bekannt ist, nur eine unsichere Größe: die verwendeten Emissionsfaktoren. Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse werden aus Gründen der Durchführbarkeit allerdings nur direkte Emissionen überprüft.

Hinsichtlich niedrigerer Emissionsfaktoren wurden die Werte für Diesel- und Benzin-PKWs ebenso wie für das Motorrad und die Bahn bei den Standardwerten belassen, da diese Werte entweder nach eingehender Literaturrecherche nach unten nicht mehr viel Spielraum bieten oder die Datengrundlage für niedriger angenommene Werte zu schlecht ist. Die Daten der Emissionsfaktoren für den PKW stammen aus dem Jahr 2014, berücksichtigen den Flottenmix in Österreich und sollten daher reliabel und valide sein.

Die niedrigeren Werte für den Reisebus stammen aus der Online-Version des *Handbook Emission Factors for Road Transport* (HBEFA) für 2015 und liegen 47g pro Fahrzeugkilometer unter den im Standardmodell gewählten. Jene für den Linienbus basieren auf eigenen Berechnungen mit von der die Buslinie Payerbach – Preiner Gscheid betreibenden Firma *Retter Reisen* zur Verfügung gestellten Daten und liegen 11g pro Personenkilometer unter den im Standardmodell eingesetzten Werten.

Außerdem wurde der Emissionsfaktor der Wiener Linien um 45g nach unten korrigiert, auf 12g pro Personenkilometer. Dieser Wert findet sich in einer Nachhaltigkeitsbroschüre der Wiener Linien (vgl. Wiener Linien 2014). Doch ist Skepsis angebracht, da er unter dem Wert der ÖBB liegt, obwohl diese ihren Strom zu über 90 Prozent aus erneuerbaren Energien gewinnen, die Stadtwerke Wien hingegen drei Viertel ihres Stroms über kalorische Kraftwerke erzeugen (vgl. Wiener Stadtwerke 2013: 22).

Hinsichtlich höherer Emissionsfaktoren wurde nur der Wert für den Reisebus bei jenem des Standardmodells belassen. Die Werte für Diesel- und Benzin-PKWs sowie für Motorräder wurden auf Basis des HBEFA (vgl. 2015) nach oben korrigiert (+16g, +10g, +22g CO₂-eq. pro Fahrzeugkilometer).

Für die öffentlichen Verkehrsmittel wurden die Werte auf Basis eigener Berechnungen aus der vorhandenen Literatur nach oben korrigiert (Linienbus: +32g CO₂-eq. pro Personenkilometer; U-Bahn: +20g CO₂-eq. pro Personenkilometer). Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass es sich hier um Werte für Deutschland handelt, das einen anderen Strommix als Österreich aufweist. Gerade die Werte für die Bahn (+27g CO₂-eq. pro Personenkilometer) sind diesbezüglich unrealistisch, da die ÖBB (vgl. 2015) einen fast vier Mal höheren Anteil erneuerbarer Energien als die Deutsche Bahn (DB) aufweist, bei der dieser nur 24 Prozent beträgt (vgl. DB 2013). Dennoch wird dieser Wert testweise als absolut sichere Obergrenze gewählt.

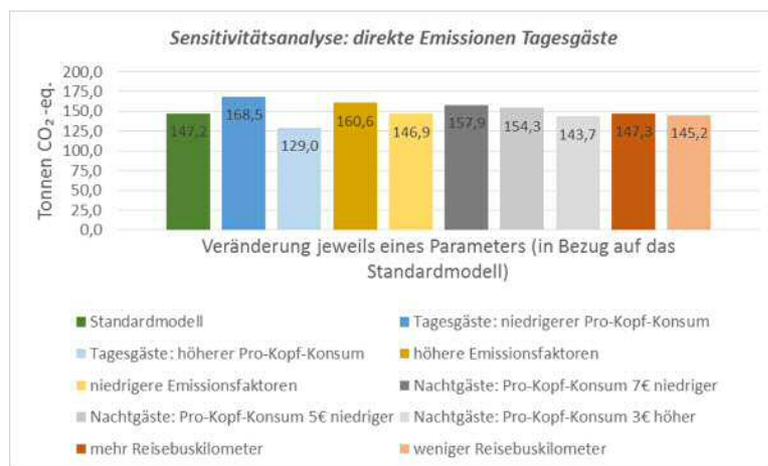
Im Standardhochrechnungsmodell verursachen Nachtgäste knapp über 18,2 Tonnen CO₂-Äquivalente an direkten Emissionen. Unter der Verwendung niedrigerer Emissionsfaktoren sinkt dieses Ergebnis um 0,1 Tonnen, bei der Wahl höherer Faktoren steigt es um knapp drei Tonnen CO₂-Äquivalente.

Die Bandbreite der von Nachtgästen verursachten Emissionen liegt also, grob gesprochen, zwischen 18 und 21 Tonnen CO₂-Äquivalenten.

Bei den Tagesgästen bestehen neben den verwendeten Emissionsfaktoren drei weitere Unsicherheiten: Beim Pro-Kopf-Verbrauch der Tages- sowie der Nachtgäste handelt es sich dabei um zwei Modellannahmen, die nötig waren, um die Zahl der Tagesgäste zu quantifizieren.

Als dritter Unsicherheitsfaktor kann die verwendete Durchschnittskilometerzahl für Gäste, die mit dem Reisebus anreisen, identifiziert werden. Da im gesamten Sample (Tages- und Nachtgäste) nur zwei so angereiste Fahrgemeinschaften vorkommen, ist

Abbildung 4.8: Sensitivitätsanalyse - Vergleich des Einflusses verschiedener Vorannahmen auf die Höhe der Emissionen



es unmöglich, die reale Durchschnittskilometerzahl der Anreise mit dem Reisebus anzugeben. Deshalb wurde auch der Einfluss dieser Größe untersucht.

In Abbildung 4.8 ist dargestellt, welche Auswirkung es auf die Gesamtmenge der direkten Emissionen der Tagesgäste hat, wenn *ein* einzelner Parameter jeweils im Vergleich zum Standardmodell verändert wird.

Dabei sind diese bereits hinsichtlich der Stärke

ihres Einflusses geordnet.

Es zeigt sich, dass eine Veränderung des angenommenen Pro-Kopf-Konsums der Tagesgäste die größte Veränderung hinsichtlich der ermittelten Treibhausgasemissionen zur Folge hat. Hier liegt im Hochrechnungsmodell die größte Unsicherheit, folglich die größte Schwankungsbreite. Je nach Annahme schwankt der Wert zwischen 129 und 168,5 Tonnen CO₂-Äquivalenten. Das Ergebnis des Standardmodells liegt mit knapp über 147 Tonnen dabei im unteren Drittel dieses Intervalls und kann daher als konservativ bezeichnet werden.

Die Ober- und Untergrenzen des Pro-Kopf-Konsums der Tagesgäste wurden auf Basis der empirischen Standardabweichung berechnet. Diese beträgt für Mai bis September +/- 2,50€, für Oktober und November, da die Datenerhebung exakter durchgeführt wurde, nur +/- 0,51€.

Da der angenommene Pro-Kopf-Konsum der Tagesgäste jedoch ein empirisch erhobener sowie der Erfahrung etwas angepasster Wert ist, handelt es sich bei dieser Schwankungsbreite eher um eine mathematisch mögliche als um eine inhaltlich sinnvolle.

Hinsichtlich der Auswirkungen eines anders angenommenen Pro-Kopf-Konsums der Nachtgäste zeigt sich, dass das Schwankungsintervall des Ergebnisses viel kleiner ausfällt und zwischen 143,7 und 157,9 Tonnen CO₂-Äquivalenten liegt. Hierbei wurden testweise statt der realistisch angenommenen Pro-Kopf-Konsumation eines Nachtgasts von 25€ Werte von 18€, 20€ und 28€ in das Modell implementiert.

Bei einem rein empirisch erhobenen, aber sehr unsicheren Wert, nämlich den durchschnittlichen An- und Rückreisekilometer derjenigen, die mittels Reisebus anreisen, zeigt sich ein erbauliches Bild. Hier ist die Unsicherheit von allen, per Sensitivitätsanalyse untersuchten Parametern und deren Auswirkung auf das Gesamtergebnis am kleinsten. Je nachdem, welcher Wert für die durchschnittlich zurückgelegten Reisebuskilometer angenommen wird, ergibt sich ein Unterschied von +60kg bis zu -2 Tonnen CO₂-Äquivalente. Anders ausgedrückt: Für das Gesamtergebnis ist es verhältnismäßig irrelevant, welcher Wert für die Durchschnittskilometer der mit dem Reisebus angereisten Gäste angenommen wird - der standardmäßig verwendete Wert ist jedenfalls sehr hoch.

Bei den Emissionsfaktoren zeichnet sich für Tagesgäste ein sehr ähnliches Bild wie bei den Nachtgästen ab. Auch hier besteht größere Unsicherheit nach oben als nach unten. Werden die, oben beschriebenen, höheren Emissionsfaktoren verwendet, kommt es zu einer Zunahme der Treibhausgasemissionen um über 13 Tonnen. Die soeben präsentierten Unsicherheiten haben sich allesamt auf den Fall bezogen, dass *ein* Parameter anders als angenommen ausfällt, um aufzuzeigen, in puncto welcher Modellannahme die Unsicherheit in Bezug auf das Ergebnis, die Gesamtmenge der direkten Emissionen, am größten ist.

4.3.2. Worst- und Best-Case-Szenario

Nun ist diese Annahme selbstverständlich unrealistisch - schließlich kann ein Parameter in eine Richtung von der im Modell verwendeten Annahme verschieden sein, ein anderer aber in die gegenteilige Richtung abweichen.

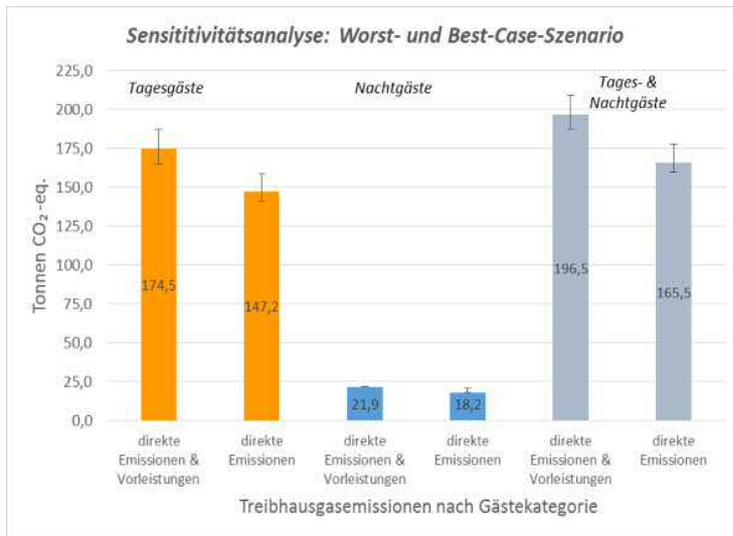
Einander aufaddierende Unsicherheiten sind sehr schwer in den Griff zu bekommen. Da im Rahmen dieser Arbeit aufgrund der methodischen Herangehensweise keine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt werden konnte, wurde die Fehlerbandbreite des Ergebnisses mit einem einfachen Worst-/Best-Case-Verfahren ermittelt: So kann ein Schwankungsintervall angegeben werden, in das die tatsächlich verursachten Emissionen fallen sollten.

Hierbei wurde für jede Emissionskategorie ein oberer und unterer Mittelwert berechnet, wobei jeweils die höchsten und niedrigsten Ergebnisse aus allen berechneten Szenarios der Sensitivitätsanalyse gemittelt worden sind, um eine Ober- und Untergrenze festzusetzen.

Zur Mittelung wurden nicht immer die mathematisch möglichen, sondern vor allem die inhaltlich realistischen Ergebnisse gewählt, weil es darum geht, ein realistisches Schwankungsintervall anzugeben.

In Grafik 4.9 wird anhand der schmalen Unsicherheitsbalken anschaulich, dass die Lage der Ergebnisse des Standardmodells (breite Säulen), grob gesprochen, im unteren Drittel des Schwankungsintervalls verortet werden kann.

Abbildung 4.9: Schwankungsbreite der berechneten Treibhausgas-emissionen der Gäste 2014



Somit bestätigt sich, dass die Ergebnisse eher unter- als überschätzend sind. Zudem zeigt sich, dass die Ergebnisse je weiter streuen, desto mehr Annahmen dahinter stehen – wie im Fall der Tagesgäste.

Da nur die direkten Emissionen einer Sensitivitätsanalyse unterzogen wurden, kann bei den Vorleistungen inkludierenden Emissionen der Nachtgäste kein Fehlerbalken eingezeichnet werden – weil im Gegensatz zu den

Ergebnissen der Tagesgäste außer den verwendeten Emissionsfaktoren keine Unsicherheit besteht.

Die Untergrenze zu den Standardergebnissen (Best-Case) ist stets weniger weit vom Standardmodell entfernt als die Obergrenze (Worst-Case). Nach oben besteht also etwas mehr Spielraum der Unsicherheit. Grob gesprochen kann festgehalten werden, dass die Unsicherheit der Ergebnisse -4 bis +7 Prozent beträgt. In absoluten Zahlen fallen die berechneten Ergebnisse der Gesamtemissionen von Tages- und Nachtgästen (wo die akkumulierte Unsicherheit logischerweise am höchsten ist) um maximal 9,5 Tonnen niedriger beziehungsweise um 12,5 Tonnen höher aus.

Folglich haben die Gäste in der Saison 2014 insgesamt zwischen 187 und 209 Tonnen Treibhausgase aufgrund ihrer Anreise emittiert.

Die Sensitivitätsanalyse und das Best- sowie Worst-Case-Szenario sollen zeigen, ob die ermittelten Ergebnisse robust sind. Obwohl es sich um keine Fix-, sondern mit Unsicherheit behaftete Schätzgrößen handelt, hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse alles in allem sehr robust sind.

Dennoch fallen sie voneinander etwas verschieden aus, wenn Annahmen anders getroffen werden oder relevante Parameter andere Größen annehmen.

Oft wird angegeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit das präsentierte Ergebnis in ein solches Schwankungsintervall fällt. Jedoch ist dies hier aufgrund zahlreicher Unsicherheiten und eines zwar simpel erscheinenden, aber keineswegs so einfach gearteten Hochrechnungsmodells, nicht möglich.

Führt man sich jedoch vor Augen, in welcher Größenordnung sich Treibhausgasemissionen abspielen, nämlich allein in Österreich im Millionen-Tonnen-Bereich, ist eine Unsicherheit von - sehr grob gesprochen - plus/minus 10 Tonnen relativ bedeutungslos.

Zudem zeigt sich auch weder für eine Betrachtung der Pro-Kopf- respektive der Pro-Kilometer-Emissionen eine gravierende Verschiebung. Am grundsätzlichen Bild ändert sich nichts: So reisen Nachtgäste beispielsweise pro Kilometer in jedem Szenario emissionseffizienter als Tagesgäste an – dabei sparen sie im Vergleich zu

Tagesgästen zwischen einem Achtel und einem Drittel an Treibhausgasemissionen pro Kilometer ein.

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass das reale Ergebnis sehr wahrscheinlich in den ermittelten Bereich fällt – nur kann die Wahrscheinlichkeit nicht exakt quantifiziert werden.

Ein vom Standardergebnis abweichendes Ergebnis hat auf die aufgezeigten Unterschiede zwischen Tages- und Nachtgästen sowie hinsichtlich ganz allgemeiner Erkenntnisse bezüglich der Treibhausgasemissionen im Bergtourismus kaum Bedeutung.

Kurzum: Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse bekräftigen, dass gewisse Unterschiede bestehen, die nicht davon abhängen, welche Annahmen für gewisse Ausgangsparameter angenommen werden. Die Sensitivitätsanalyse zeigt: Das Ausmaß der Treibhausgasemissionen aufgrund der Anreise sowie die ermittelten Unterschiede sind real und ein unleugbares Faktum.

5. ERGEBNISSE: RESSOURCENNUTZUNG IM HÜTTENBETRIEB

5.1. Elektrische Energieversorgung

5.1.1. Allgemeine deskriptive Analyse

Seit der Sanierung im Jahr 2010/11 verfügt das Karl-Ludwig-Haus über einen Anschluss an das öffentliche Stromnetz, wodurch eine dauerhafte Versorgung mit Strom gewährleistet ist.

Das Karl-Ludwig-Haus benötigt Strom unter anderem im Kochbetrieb (elektrischer Backofen, Geschirrspüler,...) zur Kühlung von Lebensmitteln und Getränken, zum Betrieb der Materialeiseilbahn, zur Wasseraufbereitung oder etwa zur Raumbeleuchtung.

Energieversorgungsengpässe kommen nicht vor – wie das bei vielen anderen Berghütten der Fall ist, die Strom beispielsweise mittels Dieselaggregaten, Blockheizkraftwerken oder Photovoltaikanlagen (vgl. Menz 2008: 39ff) herstellen und die daher zur wirtschaftlichen und sparsamen Nutzung mehr oder minder gezwungen sind, weil oftmals keine permanente Stromversorgung besteht.

Aus diesem Grund gibt es am Karl-Ludwig-Haus auch keine alternativen oder autarken Energieerzeugungsmethoden. Jedoch hat sich der Hüttenwirt im Rahmen der strategischen Ausrichtung (Stichwort: Bio-Zertifizierung) des von ihm gepachteten Schutzhauses auch dazu entschieden, in puncto Nachhaltigkeit einen Beitrag zu leisten, weshalb er das Produkt *Giga Wasserkraft* der Energieversorgung Niederösterreich (EVN) gewählt hat.

Hierbei bezieht er ausschließlich aus erneuerbaren Energieträgern gewonnene Elektrizität: 90 Prozent werden mittels Wasserkraft produziert, jeweils etwas über vier Prozent stammen aus Windenergie beziehungsweise Biomasse sowie zwei Prozent aus sonstiger Ökoenergie (vgl. EVN 2012). Dabei fallen laut EVN keine CO₂-Emissionen an.

Dies trifft freilich nur auf die Stromerzeugung zu. Anfallende Emissionen aus Vorleistungen (Errichtung von Wasserkraftwerken, Windkraftanlagen, etc.) gilt es einzuberechnen. Dabei fallen in Österreich (vgl. Umweltbundesamt Österreich 2014b) pro Kilowattstunde Ökostrom 17 Gramm CO₂-Äquivalente an. Somit kann vorausgeschickt werden, dass das Karl-Ludwig-Haus aufgrund seines Stromverbrauchs in der Saison 2014 für die Emission von rund 282 Kilogramm Treibhausgasen verantwortlich gewesen ist.

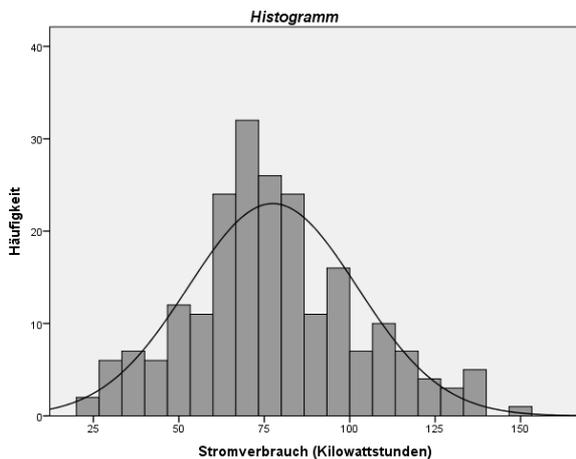
In der Saison 2014 wurden insgesamt 16 579 Kilowattstunden Strom benötigt. Bei diesem Verbrauch werden rund 270 Euro mehr für Ökostrompauschalen und dergleichen bezahlt, gegenüber dem Standard-Strommix der EVN (bei dem ein Drittel aus fossilen Energieträgern erzeugt wird, weshalb pro Kilowattstunde (vgl. EVN 2012) 271g CO₂-Äquivalente an direkten Emissionen beziehungsweise 366g inklusive Vorleistungen anfallen) jedoch 4,21 Tonnen an direkten respektive 5,79 Tonnen an CO₂-Äquivalent-Emissionen inklusive Vorleistungen eingespart. Für das Klima Gutes zu tun, muss also nicht unbedingt teuer sein: Die Einsparung einer Tonne Treibhausgase kostet demnach rund 47 Euro.

Bereits die hypothetischen, aus dem Standard-Strommix der EVN resultierenden Emissionen wären in Relation zu den durch die Anreise der Gäste verursachten Emissionen gering - selbst solch ein Betrieb würde lediglich 2,8 Prozent der Treibhausgasemissionen aufgrund der Anreise der Gäste verursachen. Dank des

Ökostroms resultieren aus der Versorgung der Hütte mit elektrischer Energie jedoch überhaupt nur 1,4 Prozent der Menge an Treibhausgasemissionen, die Gäste durch ihre Anreise (inkl. Vorleistungen) verantworten.

Im linksstehenden Histogramm (Abb. 5.1) ist der Stromverbrauch von 214 Tagen

Abbildung 5.1: Histogramm des Stromverbrauchs in der Saison 2014



zwischen 1. Mai und 30. November 2014 aufgetragen.³ Die größte Häufigkeit, nämlich an über dreißig Tagen, liegt in etwa bei 67 Kilowattstunden.

Die Verteilung ist leicht rechtsschief und nicht normalverteilt (siehe Kurve). Das Histogramm zeigt anschaulich die im Stromverbrauch über die einzelnen Saisontage hinweg bestehende Streuung: Der Bereich (Range), in den dieser fällt, schwankt zwischen 25 und knapp 152 Kilowattstunden.

Im Durchschnitt wurden 77,5 Kilowattstunden pro Tag verbraucht, der Median liegt bei 75,6 Kilowattstunden – an der Hälfte der Saisontage wurde

weniger respektive mehr Strom benötigt. An einem Viertel der 214 Tage (1. Quartil) wurden weniger als 62 Kilowattstunden verbraucht, an einem Viertel (3. Quartil) mehr als 93 Kilowattstunden. Somit liegen die zentralen 50 Prozent der Verteilung innerhalb von lediglich 31 Kilowattstunden.

Zwei Dinge an dieser Verteilung sind von besonderem Interesse: Was bewirkt, dass die Hälfte der Saisontage, in Bezug auf den Stromverbrauch, in einem Bereich liegt, der weniger als ein Viertel der gesamten möglichen Range (zwischen 25 und 152 Kilowattstunden) ausmacht? Gibt es so etwas wie einen energetischen Sockel, einen für den Grundbetrieb der Hütte erforderlichen Mindestenergieaufwand?

Zudem muss den Rändern der Verteilung besondere Aufmerksamkeit gezollt werden: Weshalb gibt es eine Reihe von Tagen, an denen die Werte in die eine oder andere Richtung ausreißen?

5.1.2. Wochenzeitliche Schwankungen und saisonale Trends

Aufgrund höheren Gästeaufkommens am Wochenende und an Feiertagen ist zu erwarten, dass der Stromverbrauch höher als während der Woche ist. Um diese Hypothese zu testen, wurde eine dichotome Variable gebildet, in der eine Ausprägung die Tage von Montag bis Freitag, die andere Samstage, Sonn- und Feiertage umfasst – allerdings nur Öffnungstage, weil die 16 Schließstage im November durchwegs Wochentage waren, wodurch das Ergebnis verzerrt werden würde.

³ Hier sind die 16 Schließstage im November unter der Woche einbezogen, weil an diesen Tagen Strom verbraucht wird, der Voraussetzung für die Bewirtung der Gäste am Wochenende und nötig für Kühlschränke, Gefriertruhen oder gegen Frost installierte Elektrokonvektoren ist.

Dabei zeigt sich, dass sich die Mittelwerte dieser beiden Gruppen stark voneinander unterscheiden: Für Wochentage beträgt der durchschnittliche Stromverbrauch rund 72 Kilowattstunden, für Wochenend- sowie Feiertage hingegen knapp 98 Kilowattstunden. Ein durchgeführter Mann-Whitney-U-Test ist mit einem p-Value unter 0,000 hochsignifikant, weshalb mit mehr als 99,9 Prozent Wahrscheinlichkeit festgehalten werden kann, dass der Stromverbrauch an Feiertagen und am Wochenende überzufällig höher als an den anderen Wochentagen ist. Im Durchschnitt wird hier um ein Drittel mehr Strom verbraucht.

Außerdem ist anzunehmen, dass der Saisonverlauf eine Rolle spielt, also in Ferienmonaten im Durchschnitt mehr Strom als in Nicht-Ferienmonaten verbraucht wird und der Strombedarf im Herbst, insbesondere ab November aufgrund der Schließtage, deutlich unter dem Saisonmittelwert liegt. Darüber hinaus sind über den Verlauf der Saison hinweg Effizienzgewinne aufgrund energiesparender Maßnahmen oder Lerneffekte zum effizienteren Einsatz von Elektrizität denkbar.

Für die Monate zwischen Juni und Oktober liegt der durchschnittliche Stromverbrauch pro Tag in etwa zwischen 80 und 87 Kilowattstunden – die Monatsmittelwerte fluktuieren jedoch und zeigen keinen Trend nach unten.⁴

Im Mai beträgt der Durchschnittsverbrauch pro Tag hingegen nur knapp 62, im November sogar nur rund 55 Kilowattstunden. Sind diese Unterschiede bedeutsam? Zwar ergibt der Vergleich mittels Kruskal-Wallis-Tests einen p-Value kleiner 0,000, allerdings zeigt der Blick auf die paarweisen Vergleiche, dass sich die Monate zwischen Juni und Oktober hinsichtlich ihres Stromverbrauchs nicht signifikant voneinander unterscheiden. Lediglich bei Vergleichen von Mai und November, jeweils verglichen mit Juni, Juli, August, September und Oktober, resultiert ein signifikantes Ergebnis (p-Value stets unter 0,035).

Inhaltlich bedeutet das erstens, dass nicht angenommen werden kann, dass in Ferienmonaten mehr Strom als in Nicht-Ferienmonaten verbraucht wird. Auch für saisonale Effizienzvorteile bestehen keine Indizien. Lediglich die Schließtage im November senken den Strombedarf überzufällig sowie der im Mai aufgrund von geringem Gästeaufkommen wegen Schlechtwetters schleppend angelaufene Betrieb.

Das Ergebnis mag enttäuschend wirken, denn der Schluss in puncto Nachhaltigkeit, dass nämlich kein Betrieb weniger Energie als ein Betrieb der Hütte benötigt und somit ökologisch nachhaltiger ist, dürfte weder überraschend noch praktikabel sein.

Allerdings verstärkt die Analyse die Vermutung, dass das Gästeaufkommen die zentrale Driving Force für den Strombedarf ist. Schließlich ist der niedrige Mittelwert im November stark von 16 Schließtagen determiniert, an denen im Schnitt nur 36,1 Kilowattstunden verbraucht werden (verglichen zu 80,8 Kilowattstunden an 198 Öffnungstagen).

⁴ Dies ist wohl dem Umstand geschuldet, dass Energiesparmaßnahmen bereits in den Vorsaisonen getätigt wurden: das Ersetzen der meisten Glüh- durch LED-Lampen, das Installieren von Bewegungsmeldern zum automatischen Ein- & Ausschalten des Lichts, der Einsatz modernster Kühl- und Elektrogeräte sowie von Zeitschaltuhren für die Getränke Kühlung oder die vorwiegende Nutzung des Holzherds für den regulären Küchenbetrieb.

5.1.3. Korrelations- und Regressionsanalyse

Weshalb aber steigt der Stromverbrauch mit steigendem Gästeaufkommen?

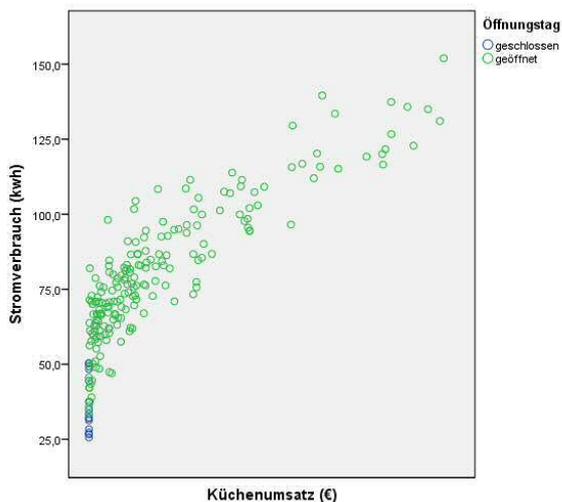
Laut Auskunft des Hüttenwirts erhöhe sich seiner Erfahrung nach der Stromverbrauch an starken Tagen deshalb, weil das elektrische Backrohr dann mehrere Stunden zur Zubereitung gewisser Speisen in Betrieb sei, wohingegen an schwachen Tagen das Rohr des Holzherds auseichend wäre. Zudem würden Suppen und Schöpferichte in elektrischen Warmhaltegeräten vorbereitet werden, auch zusätzliche Kühlgeräte für vorbereitete Frischwaren fänden Einsatz.

Mit steigendem Gästeaufkommen steigt somit der energieintensive Kochbetrieb.

Darüber hinaus verbräuche die Getränke Kühlung an starken Tagen mehr Strom – da mehr Getränke eingekühlt würden, müsse die Kühlung mehr leisten.

Da jedoch im Kochbetrieb an starken Tagen im Vergleich zu schwachen Tagen deutlich mehr zusätzliche Geräte als in der Schank eingesetzt werden, ist zu erwarten, dass die Speisenzubereitung nicht nur allgemein mehr Strom benötigt, sondern vor allem maßgeblich für die Streuung im Stromverbrauch verantwortlich ist. Insofern müsste der Küchenumsatz, der den Kochbetrieb am besten abbildet, im engsten Zusammenhang mit dem Strombedarf stehen. Er ist die Variable der Wahl, da er aus der Buchhaltung exakt bekannt ist, zudem prinzipiell hinter jedem erlösten Küchenumsatz ein Gast steht, aber nicht hinter jedem Gast ein Küchenumsatz (wenn Gäste beispielsweise nur Getränke konsumieren).

Abbildung 5.2: Streudiagramm zwischen Stromverbrauch und Umsatz. Aus Wettbewerbsgründen ist die Skalierung für den Küchenumsatz ausgeblendet, beginnt aber bei 0€.



Das Streudiagramm (Abb. 5.2) stellt die Beziehung zwischen dem an einem Tag erlösten Küchenumsatz sowie der am selben Tag verbrauchten Strommenge dar. Zudem sind die Datenpunkte farblich in Öffnungs- und Schließtage gesplittet.

Graphisch zeigt sich deutlich, dass die Schließtage (blau) hinsichtlich des Stromverbrauchs mehrheitlich im untersten Bereich liegen – hier wird Strom hauptsächlich für die Kühlung eingelagerter Lebensmittel und Getränke benötigt. Außerdem zeigt die Punktwolke, blendet man die Schließtage aus, dass ein starker linearer Zusammenhang vorliegt: Je höher der Umsatz, desto höher der Stromverbrauch. Exemplarisch

ist ersichtlich, dass der küchenumsatzstärkste Tag der Saison auch der Tag mit dem höchsten Stromverbrauch war.

Tatsächlich zeigt die Korrelationsanalyse, dass der Zusammenhang zwischen Stromverbrauch und Küchenumsatz von allen untersuchten bivariaten Korrelationen am höchsten ausfällt: Der Rangkorrelationskoeffizient Spearman-Rho beträgt 0,87 (p -Value < 0,000). Die Statistikk-literatur (vgl. Kühnel/Krebs 2007: 404f; Field 2009:

170) hat sich weitgehend darauf geeinigt, eine Korrelation, die zwischen 0,8 und 1,0 liegt, als sehr hohe bis perfekte Korrelation zu bezeichnen.

Die anderen Korrelationen zwischen Stromverbrauch und dem über Nächtigung erlösten Umsatz (Spearman-Rho von 0,557), zwischen Stromverbrauch und Gesamtumsatz (Spearman-Rho von 0,86), zwischen Stromverbrauch und Gästeaufkommen (Spearman-Rho von 0,829), liegen (allesamt mit einem p-Value < 0,000) deutlich oder knapp darunter. Dabei sei erwähnt, dass für diese statistischen Analysen lediglich 198 Öffnungstage betrachtet wurden, da an Schließtagen per Definition kein Umsatz erzielt werden kann.

Die Korrelationen zeigen also, dass die Annahme, der Kochbetrieb sei zentrale Driving Force für den Stromverbrauch, stimmen dürfte. Schließlich fällt etwa die Korrelation des Stromverbrauchs mit dem aus Nächtigung erlösten Umsatz deutlich niedriger aus. Die Nächtigung, die de facto nur etwas Strom für die Beleuchtung in Zimmern und Sanitärräumen (und fallweise für zusätzlich elektrisch betriebene Heizkörper) verursacht, ist auch tatsächlich deutlich weniger energieintensiv als der Kochbetrieb.

Unterzieht man Stromverbrauch und Küchenumsatz einer einfachen, linearen Regression⁵, in welcher (für Öffnungstage) der Stromverbrauch durch den Küchenumsatz gerichtet erklärt werden soll, ergibt sich als Modellgüte ein R^2 von 0,758.

Dieses auch Bestimmtheitsmaß genannte R^2 gibt den Anteil der Varianz der abhängigen Variable (Stromverbrauch) an, der durch die unabhängige Variable (Küchenumsatz) erklärt wird. Somit werden 75,8 Prozent, mehr als drei Viertel der Streuung des Stromverbrauchs durch die Variabilität des Küchenumsatzes erklärt – was als sehr hohe Modellgüte bezeichnet werden kann.

Im Zuge der Regression wird die Modellgüte einem F-Test unterzogen, der einen p-Value unter 0,000 ergibt. Der Zusammenhang zwischen den beiden Variablen und der erklärte Anteil der Streuung ist mit mehr als 99,9 prozentiger Wahrscheinlichkeit daher nicht zufällig. Das Modell, den Stromverbrauch auf Basis des Wissens über den Küchenumsatz zu schätzen, ist überzufällig genauer, als nähme man als Schätzwert für den Stromverbrauch eines Tages lediglich den allgemeinen, durchschnittlichen Stromverbrauch an.

Anders ausgedrückt: Wie hoch der Stromverbrauch ist, hängt tatsächlich maßgeblich und zu einem Großteil vom Kochbetrieb ab - wie viel Speisen vor- und zubereitet werden. Die Annahme des Hüttenwirts wird angesichts der erklärten Streuung somit eindrucksvoll bestätigt.

Die Koeffizienten des Regressionsmodells sind mit einem p-Value unter 0,000 hochsignifikant.

⁵ Die Voraussetzungen zur Durchführung einer einfachen, linearen Regression sind erfüllt: So spricht nichts gegen die Annahme eines monoton linearen Zusammenhangs, der Blick auf das Histogramm der Residuen lässt keine Vermutung zu, dass die Residuen nicht normalverteilt sind und das Streudiagramm der Residuen (observed vs. fitted) zeigt, dass die Varianzen der beiden Variablen homogen sind. Auch Autokorrelation (Durbin-Watson = 1,56) ist kein Thema.

Bei der Regression wird eine monoton linear ansteigende Gerade so durch die Punktwolke gelegt, dass die Summe der quadrierten Abweichungen der einzelnen Punkte von der Geraden minimiert ist (OLS-Methode).

Die Konstante beträgt 64,04 Kilowattstunden und bezeichnet im Regressionsmodell den Stromverbrauch, wenn kein Küchenumsatz erzielt wird. Freilich zeigt der Blick auf die Punktwolke (Abb. 5.2), also die empirisch erhobene Realität, dass der tatsächliche Stromverbrauch an Tagen, wo gar kein Küchenumsatz erzielt wird, sehr schwankt. Auch deshalb werden „nur“ drei Viertel der Streuung des Stromverbrauchs erklärt – weil hier empirische Abweichungen vom theoretischen Regressionsmodell bestehen.

Die Steigung der im Regressionsmodell durch das Streudiagramm gelegten Geraden beträgt 0,029. Das bedeutet, dass der Stromverbrauch um 0,029 Einheiten, also Kilowattstunden, steigt, wenn eine Einheit, also ein Euro, mehr Küchenumsatz Erlöst wird. Somit kann auf Basis des Regressionsmodells vorhergesagt werden, dass eine Steigerung des Küchenumsatzes um 34,50 Euro den Stromverbrauch um 1 Kilowattstunde anhebt.

Es bleibt zu beachten, dass es sich hier um das theoretisch bestmögliche, aber simplifizierende, weil monokausale Modell handelt, um den gerichteten Zusammenhang zwischen den beiden Variablen zu erklären. Das bedeutet nicht, dass andere Faktoren keinen Einfluss auf den Stromverbrauch haben.

Abseits des Kochbetriebs dürfte vor allem der Betrieb der Materialseilbahn eine Streuung des Stromverbrauchs verursachen – insbesondere für Tage mit niedrigem Küchenumsatz, da Seilbahnfahrten oftmals aus zeitlichen, personellen und organisatorischen Gründen unter der Woche oder an Regentagen stattfinden, an denen der Küchenumsatz aufgrund schwächeren Gästeaufkommens allgemein niedriger ist.

Eine durchgeführte Korrelationsanalyse zwischen Stromverbrauch und stattgefundenen Seilbahnfahrten, die aus dem geführten Seilbahnprotokoll, in das jede Seilbahnfahrt eingetragen wird, bekannt sind, zeigt über alle Saisontage hinweg, dass der Zusammenhang schwach ist (Spearman-Rho von 0,215, p-Value von 0,02). Schränkt man den Betrachtungszeitraum allerdings so ein, dass nur umsatzschwache Tage (Küchenumsatz unter 200€) in die Korrelationsanalyse einbezogen werden, erhöht sich die Korrelation auf 0,435 und der p-Value sinkt unter 0,000. Für umsatzschwache Tage zeigt sich also tatsächlich, dass der Zusammenhang zwischen Stromverbrauch und Seilbahnnutzung mittelhoch ist, aufgrund des p-Values lässt sich die Hypothese annehmen, dass die Materialseilbahn zumindest für (küchen)umsatzschwache Tage eine weitere Driving Force hinsichtlich der Streuung des Stromverbrauchs darstellt.

Allerdings sagt das nichts darüber aus, wie hoch der Stromverbrauch ist, der zulasten der Seilbahnnutzung geht. Wie viel Energie benötigt eine solche Materialseilbahn?

Aus den Smartmeter-Daten lässt sich nicht herauslesen, wieviel Strom pro Seilbahnfahrt aufgewendet wird. Zudem dürfte dieser Wert pro Fahrt stark schwanken, da er von vielen Faktoren abhängig ist: Je nachdem ob es sich um eine Berg- oder Talfahrt handelt, wie schwer die Seilbahn beladen ist und wie viel Wind aus welcher Richtung weht.

Trotzdem kann der Verbrauch pro Fahrt und über die Saison hinweg gut geschätzt werden: Laut Plakette am Motorblock der Materialseilbahn hat der Motor eine Maximalleistung von 18,5 Kilowatt. Diese wird aufgrund von Überlastungsgefahr jedoch mit Sicherheit so gut wie nie erreicht.

Im Durchschnitt, so schätzt der Hüttenwirt, wird eine Bergfahrt mit voll beladener Kabine in etwa 15 Kilowatt Leistung verlangen. Eine Seilbahnfahrt in eine Richtung dauert rund 15 Minuten. Somit werden für eine Bergfahrt in etwa 3,75 Kilowattstunden Strom benötigt. Eine Talfahrt erfordert in jedem Fall, da es bergab geht, deutlich weniger Leistung und kann auf etwa 1,5 Kilowattstunden geschätzt werden.

Laut Seilbahnprotokoll fanden zwischen 1. Mai und 30. November 170 Berg- und 171 Talfahrten statt. Daher wurden in der Saison 2014 in etwa 894 Kilowattstunden Strom für Seilbahnfahrten aufgewendet – oder 5,4 Prozent des insgesamt benötigten Stroms.

Somit kann die Materialseilbahn eher als kleinerer Endverbraucher betrachtet werden.

Zusammengefasst hat sich gezeigt, dass es erstens einen Sockelbetrag an Strom gibt, der für den Grundbetrieb der Hütte und zur Aufrechterhaltung der den Betrieb voraussetzenden Prozesse (wie etwa die Kühlung von Lebensmitteln und Getränken) notwendig ist. Dieser liegt im Vorhersagemodell bei rund 64 Kilowattstunden.

Zweitens erklärt der Küchenumsatz die Streuung des Strombedarfs sehr gut und verweist darauf, dass gastronomischer Betrieb größeren Stils tatsächlich den Ressourceneinsatz erhöht.

Drittens zeigt die Regressionsgleichung, dass der Umsatz offensichtlich stärker als der Küchenumsatz steigt – schließlich erhöht sich der Stromverbrauch erst dann um eine Einheit, wenn der Küchenumsatz um mehr als 34 Einheiten zunimmt. Insofern ist eine relative Entkopplung des Ressourceneinsatzes vom Umsatz zu erwarten – mehr hierzu in Kapitel 6.1.2.

5.1.4. Effizienter Energieeinsatz und eingesparte Treibhausgasemissionen

Bei Division des Stromverbrauchs durch die Gesamtgästeszahl respektive den Gesamtumsatz zeigt sich, dass 2014 pro Gast 1,19 und pro erzielt Euro 0,074 Kilowattstunden aufgewendet wurden.

Eine Kilowattstunde kostet auf dem Karl-Ludwig-Haus inklusive aller Netz-, Verbrauchs- und Fixkosten wie gesetzlichen Abgaben brutto rund 22,1 Cent, netto, also um 20 Prozent Umsatzsteuer bereinigt, 18,4 Cent. Somit entfallen von einem Euro Erlösten Umsatz 1,36 Cent respektive Prozent auf die Stromkosten. Elektrische Energie ist also für das Karl-Ludwig-Haus mit seinem Infrastrukturvorteil eines öffentlichen Netzanschlusses selbst auf über 1800 Metern Seehöhe günstig.

Aus sozialökologischer Perspektive ist diese Betrachtung zu kurzfristig, weil es nichts über Schwankungen und Streuung, also grob gesprochen, nichts über Effizienz (ausgedrückt und definiert als Stromverbrauch pro Euro) aussagt. Wie aber ist dieses Verhältnis, der Pro-Euro-Stromverbrauch, über die einzelnen Tage hinweg verteilt?

An einem Viertel der Tage beträgt der Stromverbrauch pro Euro unter 0,057 Kilowattstunden, der Median liegt bei 0,12 Kilowattstunden und an einem Viertel der Tage werden über 0,27 Kilowattstunden Strom pro Euro verbraucht.

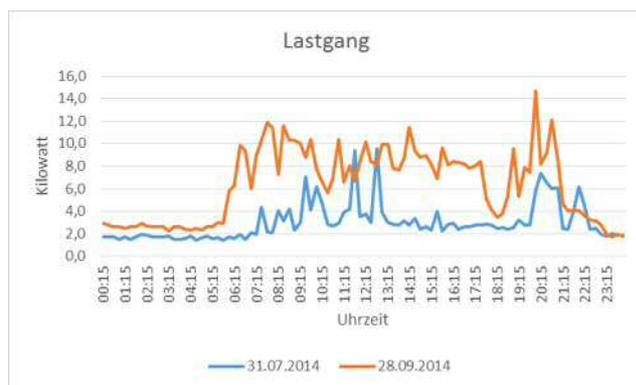
Dabei zeigt sich, dass an den 36 Tagen, an denen das Verhältnis Kilowattstunden pro Euro am besten ist, der Umsatz stets mindestens 200 Mal höher als am umsatzschwächsten Tag der Saison liegt.

Starker Betrieb ist also, im Verhältnis betrachtet, energetisch (unter ausschließlicher Betrachtung der elektrischen Energie) effizienter als schwacher oder kein Gästebetrieb.

Anders ausgedrückt: Der Erhalt der Infrastruktur und der Betrieb des, salopp ausgedrückt, Bereitschaftsmodus auf Gästebewirtung benötigt, *relativ* betrachtet, viel mehr Energie als die tatsächliche Bewirtung der Gäste.

Hier besteht jedoch wenig Einsparungspotenzial: Waren müssen zur Hütte mit der Seilbahn transportiert werden, Lebensmittel gekühlt und Speisen vorbereitet werden, es gibt keinen energetischen Shut-Down der Hütte wenn Gäste ausbleiben.

Abbildung 5.3: Lastgangdiagramm des umsatzstärksten und –schwächsten Tags der Saison 2014.



Grafisch werden diese Erkenntnisse gut durch ein sogenanntes Lastgangdiagramm dargestellt (Abb. 5.3). Kontrastierend stellt die blaue Linie den umsatzschwächsten, die orangefarbene hingegen den umsatzstärksten Tag der Saison 2014 dar. Dabei handelt es sich um die punktuell alle fünfzehn Minuten gemessene Leistung, entlang einer Zeitachse von 24 Stunden aufgetragen. Gut ersichtlich ist, dass am schwächsten Tag die Leistung nur stellenweise vier Kilowatt

überschreitet, wohingegen sie am stärksten Tag während des Tagesgeschäfts zwischen 6:30 Uhr und 17:30 de facto nie unter sechs Kilowatt fällt.

Zudem lässt sich am starken Tag deutlich ablesen, wann (gegen 6 Uhr früh) der Betrieb in der Küche (Frühstückszubereitung sowie letzte Vorbereitungen für das Tagesgeschäft) begonnen hat.

Außerdem zeigt sich deutlich, dass der Grundbetrieb der Hütte, also das Aufrechterhalten aller Systeme, offensichtlich zwei bis drei Kilowatt Leistung erfordert (siehe Nachtstunden).

Diese Darstellung geschieht nur aus exemplarischen Gründen und, um zu veranschaulichen, dass der Stromverbrauch über den Tagesverlauf extrem schwankt – nicht aber, um jede Amplitude im Lastgang zu erklären, was ohne Protokoll der betreffenden Tage unmöglich ist.

Summa summarum kann gesagt werden, dass das Karl-Ludwig-Haus erstens verhältnismäßig günstigen und beinahe klimaneutralen Ökostrom bezieht und diesen zweitens effizient einsetzt. Dies ergibt sich auch aus dem Standortvorteil aufgrund des Netzanschlusses. Vielen Berghütten ist diese Option aufgrund der

topographischen Lage nicht möglich, weshalb oft zu einem Dieselaggregat gegriffen wird – so wie auch in Zeiten vor der Sanierung am Karl-Ludwig-Haus.

Wie viel Diesel wäre vonnöten, um dieselbe Strommenge⁶ mit einem Dieselgenerator zu erzeugen?

Ein hierfür in etwa erforderliches 45-Kilovoltampere (KVA)-Dieselaggregat (entspricht 36 Kilowatt), das, in the long run betrachtet, auf Halblast läuft, also im Durchschnitt mit 18 Kilowatt Leistung betrieben wird, muss rund 921 Stunden laufen, um 16 579 Kilowattstunden Strom zu erzeugen.

Pro Stunde benötigt ein solches Aggregat in etwa zwischen fünf und sechs Liter Diesel⁷. Rechnet man mit 5,5 Liter Durchschnittsverbrauch, wären für die Erzeugung des in der Saison 2014 angefallenen Strombedarfs rund 5066 Liter Diesel notwendig gewesen. Dabei handelt es sich eher um eine konservative Schätzung, als ungünstige Belastungsarten wie etwa Volllast in dieser simplen Rechnung nicht einberechnet werden. In Realität läge der Verbrauch wohl rund zehn Prozent höher.

Laut Emissionsrechner des Umweltbundesamts Österreich (vgl. 2014b) fallen bei der direkten Verbrennung von einem Liter Diesel 2,43 Kilogramm CO₂-Äquivalente an. Für Vorleistungen wie Energiebereitstellung und Transport werden zusätzlich 0,32 Kilogramm ausgewiesen. Multipliziert man diese Werte mit den oben angenommenen Verbrauchswerten, ergibt sich, dass zur Erzeugung von 16 579 Kilowattstunden Strom mit einem auf Halblast laufenden 45-KVA-Dieselaggregat, 12,3 Tonnen an direkten Treibhausgasen angefallen wären, beziehungsweise 13,9 Tonnen CO₂-Äquivalente, wenn Vorleistungen inkludiert würden.

Im Lichte dieser approximativen Berechnung können der vom ÖTK im Rahmen der Sanierung durchgeführte Anschluss an das öffentliche Stromnetz sowie das vom Hüttenwirt gewählte Ökostromprodukt durchaus als gelungene Maßnahmen gelten, um Treibhausgasmissionen einzusparen und das Karl-Ludwig-Haus nachhaltig zu betreiben.

5.2. Thermische Energieversorgung

Die thermische Energieversorgung des Karl-Ludwig-Haus wird hauptsächlich über einen wasserführenden Kaminofen gewährleistet, der mit Holzbriketts beheizt und dessen Wärmeenergie zur Warmwassererzeugung über einen Wärmetauscher in den Heizungskreislauf eingespeist wird.

Außerdem wird der Herd (15 KW Leistung) mit Briketts befeuert. Dieser wird in der Regel in der Früh gegen 6:30 für das Frühstück eingeheizt und ist zumindest bis Küchenschluss um 20 Uhr durchgehend in Betrieb.

⁶ An dieser Stelle wird außer Acht gelassen, dass unter Einsatz eines Dieselaggregats die Strommenge an sich geringer ausfiele, weil dieses beispielsweise kaum die Nachtstunden über durchgehend in Betrieb wäre – sich, allgemein gesprochen, die Nutzungsmuster elektrischer Energie bei Verwendung eines Aggregats verändern.

⁷ Diese Annahme beruht einerseits auf Einschätzungen des Hüttenwirts des Karl-Ludwig-Haus, der zwei andere Berghütten mit vergleichbaren Dieselaggregaten betrieben hat und in dieser Hinsicht aufgrund seiner zwanzigjährigen Erfahrung als Experte bezeichnet werden kann. Andererseits lässt ein „Approximative Fuel Consumption Chart“ eines Dieselaggregatherstellers auf dieselben Werte schließen (vgl. Diesel Service and Supply 2015).

Zudem gibt es in der Gaststube noch einen Schwedenofen (Kaminofen), der ebenfalls mit Holzbriketts beheizt wird, um bei Bedarf die Raumtemperatur zu heben.

5.2.1. Allgemeine deskriptive Analyse

Zwischen 1. Mai und 30. November 2014 wurden 15,42 Tonnen Briketts zur thermischen Energieerzeugung benötigt.

Zwei Fragen sind im Zusammenhang mit der thermischen Energie von Interesse: Erstens, wie viel Energie mittels der Verbrennung dieser Menge Holzbriketts erzeugt wurde und zweitens, welche Menge an Treibhausgasemissionen damit in Zusammenhang steht.

Da die eingekaufte und verbrannte Menge der einzelnen Briketttypen genau bekannt ist und der Hersteller den Heizwert in Kilowattstunden pro Kilogramm angibt, lässt sich die am Karl-Ludwig-Haus erzeugte thermische Energie sehr einfach berechnen. So wurden (Tab. 5.1) 78 510 Kilowattstunden thermischer Energie erzeugt und verbraucht.

Allerdings dienen nicht hundert Prozent dieses Werts der Warmwassererzeugung, dem Kochbetrieb und der Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumtemperatur, weil Verluste aufgrund des Wirkungsgrads der Öfen bestehen. Ein Teil der erzeugten Wärme geht über den Schornstein verloren.

Tabelle 5.1: Übersicht über den Brikettbedarf der Saison 2014 sowie den resultierenden Energieverbrauch. Die Heizwerte stammen vom Hersteller (www.biobric.at).

Brikettbedarf und Energieverbrauch			
<i>Typ</i>	<i>Menge (kg)</i>	<i>Heizwert (kwh/kg)</i>	<i>Energieverbrauch (kwh)</i>
„Nestro“	1.300	5,11	6.643
„Ruf“	8.120	5,06	41.087
„Nielsen“	6.000	5,13	30.780
Summe	15.420		78.510

Setzt man den Bedarf thermischer Energie in Bezug zum Verbrauch elektrischer Energie (16 579 Kilowattstunden), wird deutlich, dass beinahe fünf Mal so viel Energie für die Wärmeerzeugung wie zur Nutzung elektrischer Geräte benötigt wird.

Somit gingen von 95 089 Kilowattstunden Energie, die in der Saison 2014 insgesamt benötigt wurden, nur rund 17 Prozent zulasten elektrischer und 83 Prozent zulasten thermischer Energie. Real erhöht sich der Anteil thermischer Energie noch marginal, weil das Anzündholz, für das etwa 1 100 Kilowattstunden zu veranschlagen sind, in dieser Anteilsberechnung nicht berücksichtigt ist.

Betrachtet man die Kosten, zeigt sich, dass für die Briketts – abzüglich Umsatzsteuer – knapp über 2 900 Euro bezahlt wurden. Eine Kilowattstunde thermischer Energie kostet (ohne Berücksichtigung der Transportkosten) netto daher 3,7 Cent. Eine Kilowattstunde elektrischer Energie kostet netto rund 18,4 Cent oder fünf Mal so viel. Pro umgesetzten Euro wurden knapp 0,35 Kilowattstunden thermischer Energie benötigt, pro Euro sind somit 1,29 Cent thermische Energiekosten angefallen. An Stromkosten betrug dieser Wert 1,36 Cent.

Somit sind pro umgesetztem Euro in der Saison 2014 2,65 Cent (respektive Prozent) Energiekosten angefallen, beziehungsweise - bei Bezug der Netto-Energiekosten auf den Netto-Umsatz - betrug der Energiekostenanteil 3,05 Prozent des Umsatzes der Saison 2014.

Im Durchschnitt fallen bei einem Gastronomiebetrieb zwischen 2,4 und 3,4 Prozent Energiekosten an (vgl. Energieinstitut der Wirtschaft 2010: 59ff) – allerdings darf nicht vergessen werden, dass das Karl-Ludwig-Haus zusätzlich auch Beherbergungsbetrieb ist.

5.2.2. Verursachte Treibhausgasemissionen

Bei den eingesetzten Holzbriketts handelt es sich um Holz-Presslinge, die aus trockenen und unbehandelten Holzresten wie beispielsweise Sägespänen oder Schleifstaub unter hohem Druck und ohne Bindemittel zu harten Briketts gepresst werden. Da Holz ein nachwachsender Rohstoff ist und bei der Verbrennung nur jene Menge CO₂ freigesetzt wird, die bei der Photosynthese gebunden worden ist, um Kohlenstoff aufzubauen, bleibt die Treibhausgasbilanz theoretisch ausgeglichen – sofern das Holz aus „nachhaltiger Forstwirtschaft“ stammt, der Wald also wieder aufgeforstet wird und durch die Bewirtschaftung nicht überproportional viel Kohlenstoff aus Bodenreservoirs freigesetzt wird (*Anm.:* für diesen relevanten Hinweis besten Dank an Professor Fridolin Krausmann).

Allgemein müssen hier drei Einwände (vgl. Reinhardt 1993: 3f) gemacht werden:

Erstens wird das Kohlenstoffdioxid bei der Verbrennung deutlich schneller als während der Verrottung freigesetzt. Somit entsteht de facto eine Jahrzehnte lang andauernde Belastung der Atmosphäre mit CO₂ – solange bis eben die entsprechende Menge an Kohlenstoff wieder in Biomasse gebunden ist.

Zweitens spielt bei der Verbrennung von Holz die Emission anderer Gase eine Rolle, die zwar nicht zu den Treibhausgasen zählen, aber dennoch schädlich sind - wie Kohlenmonoxid (CO) oder Stickoxide (NO_x). Hinzu kommt der Ausstoß problematischer Partikel wie beispielsweise von Aschefeinstäuben. In einem Report des Umweltbundesamts Österreich wird klar darauf verwiesen, dass die zunehmende Verbrennung von Biomasse ein Problem darstelle, weil „Zielkonflikte mit der lokalen Luftqualität und den Gesamtzielen für NO_x und Staub auftreten“ (Umweltbundesamt 2014d: 75).

Drittens muss die Frage gestellt werden, wie viel Treibhausgase bei der Herstellung von Briketts anfallen. Um Holzreste als Brennstoff nutzbar zu machen, ist hoher Druck und somit Energie notwendig – je nachdem, aus welchen Energieträgern diese Energie erzeugt wird, fallen Treibhausgase an oder nicht. Außerdem ist auch der Transport der Ausgangsrohstoffe für die Briketts zum Produktionsort sowie jener der Briketts vom Produktionsort zum Konsumenten zu bedenken.

Da der Fokus dieser Arbeit auf den CO₂-Emissionen liegt, wird nur den bei der Produktion und dem Transport der Briketts anfallenden Treibhausgasemissionen nachgegangen.

Solide Emissionsfaktoren finden sich in einer Publikation, die sich mit erneuerbaren Energien in Österreich auseinandersetzt. Darin werden unter anderem die bei der Herstellung von Pellets anfallenden Emissionen berechnet. Da Pellets im Wesentlichen nichts anderes als kleine Briketts sind, erscheint ein Umlegen der Werte auf Holzbriketts zumindest zur näherungsweise Einschätzung der bei der Erzeugung anfallenden Treibhausgasemissionen erlaubt.

Kaltschmitt und Streicher (vgl. 2009: 451) geben einen Wert von 10 965 Kilogramm CO₂-Äquivalente pro Gigawattstunde mittels aus Pellets erzeugter Energie an. Pro Kilowattstunde fallen daher rund 11g CO₂-Äquivalente an.

Somit resultieren aufgrund der am Karl-Ludwig-Haus erzeugten thermischen Energie Treibhausgasemissionen in der Höhe von rund 861 Kilogramm – was 0,4 Prozent der Menge an Treibhausgasen entspricht, welche die Gäste des Karl-Ludwig-Haus durch ihre Anreise (inklusive Vorleistungen) im selben Zeitraum verursacht haben.

Der Transport der Briketts wurde vom Wirt selbst durchgeführt. Laut Fahrtenbuch der Saison 2014 hat er 12 511 Kilometer mit seinem dieselbetriebenen PKW zurückgelegt, davon waren 501 Kilometer reine Privatfahrten. Beim Rest handelte es sich um Dienstfahrten, also beispielsweise Be- und Entsorgungsfahrten, unter anderem zum Transport von Holzbriketts. Grob geschätzt fielen daher durch betriebliche Fahrten rund 1,74 Tonnen CO₂-Äquivalente an direkten Emissionen und 1,94 Tonnen CO₂-Äquivalente unter Einbezug der Vorleistungen an.

Der Betrieb der Hütte verursacht somit (exklusive Emissionen aus Nahrungsmittelproduktion und Anreise des Personals) insgesamt rund 3,1 Tonnen Treibhausgase. Dem gegenüber stehen 196,5 Tonnen Treibhausgasemissionen, die aus der Anreise der Gäste resultieren.

Pointiert ausgedrückt, ist der Betrieb der Hütte unter dem Aspekt der Treibhausgasemissionen somit mehr als sechzig Mal so nachhaltig wie die Anreise der Gäste, um von eben diesem Betrieb, der Bewirtung wie der Beherbergung, zu profitieren.

5.3. Wasserversorgung

Das Karl-Ludwig-Haus befindet sich zwar im Quellschutzgebiet der *1. Wiener Hochquellenwasserleitung* (vgl. Artnr 2004), jedoch befindet sich auf dem Raxplateau selbst keine Quelle, da das Niederschlagswasser im Karstgebiet der Rax sehr schnell versickert. Daher muss die Brauch- wie Trinkwasserversorgung der Hütte anders gewährleistet werden.

Hier bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Entweder wird Wasser vom Tal auf den Berg transportiert (zu Fuß oder mittels Materialseilbahn) oder Niederschlag (Regenwasser, schmelzender Schnee oder kondensierender Nebel) gefasst und aufbereitet.

Am Karl-Ludwig-Haus wird beides vereint. Für Trinkwasser und die Getränkezubereitung mit Trinkwasser wird bei der Talstation der Materialseilbahn Leitungswasser in lebensmittelechte Behälter abgefüllt und anschließend hinaufbefördert. Zusätzlich wird Mineralwasser eingekauft und an Gäste verkauft.

Für alle anderen Prozesse, bei denen Wasser vonnöten ist, wird aufbereitetes Niederschlagswasser genutzt, das vom Dach des Haupthauses in drei Zisternen fließt. Das Fassungsvermögen der Hauptwasserzisterne, die als einzige direkt an das Wasserleitungssystem der Hütte angeschlossen ist, beträgt rund 32 Kubikmeter oder 32 000 Liter Wasser. Bei Maximalfüllstand fließt das Wasser über einen Überlauf in zwei weitere Zisternen, aus denen es bei Bedarf zurück in die Hauptwasserzisterne gepumpt werden kann. Diese beiden anderen Zisternen haben zusammen rund 30 Kubikmeter Fassungsvermögen.

5.3.1. Allgemeine deskriptive Analyse

In der Saison 2014 wurden zwischen 1. Mai und 31. Oktober etwas mehr als 14 500 Liter Trinkwasser in Form von abgefülltem Leitungswasser, selbstgemachtem Sodawasser oder eingekauftem Mineralwasser auf die Hütte transportiert und verbraucht. Dies inkludiert den Konsum aller Getränke, die mit (Soda)Wasser zubereitet werden. Exkludiert ist lediglich der Wasseranteil in einigen wenigen, bereits trinkfertig eingekauften, Getränken - wie beispielsweise Bier.

Auf den Gast hochgerechnet (Tages- und Nachtgäste zusammen) entspricht dies einem Pro-Kopf-Konsum von etwa 1,17 Litern Trinkwasser. Dieser Wert erscheint sehr hoch, ist jedoch dadurch zu erklären, dass auch das auf der Hütte arbeitende und wohnende Personal Trinkwasser benötigt.

Unter Annahme sechs dauerhaft über die Saison hinweg am Karl-Ludwig-Haus lebender Personen ergibt das bei einem Flüssigkeitsbedarf von zwei Litern pro Tag für denselben Zeitraum mindestens 2208 Liter Trinkwasser, die zulasten des Personals gehen – wobei dies etwa angesichts der hohen Raumtemperatur in der Küche und der körperlichen Arbeit ein eher konservativ geschätzter Wert ist.

Abzüglich des Personalverbrauchs ergibt sich daher ein Bedarf von einem Liter Trinkwasser pro Gast – wobei anzunehmen ist, dass der Bedarf von Nachtgästen höher als von Tagesgästen ist, weil sie sich längere Zeit auf der Hütte aufhalten.

Im Gegensatz dazu wurden im selben Zeitraum 286,5 Kubikmeter beziehungsweise 286 500 Liter aufbereitetes Niederschlagswasser benötigt. Folglich betrug der Gesamtwasserbedarf der Hütte (aufbereitetes Niederschlags- und hinauftransportiertes Trinkwasser) insgesamt 301 Kubikmeter respektive 301 000 Liter Wasser. Das auf die Hütte hinauftransportierte, abgefüllte oder in PET-Flaschen eingekaufte Wasser macht somit nur 4,8 Prozent des gesamten Wasserbedarfs aus. 95 Prozent des Wasserbedarfs werden über Niederschläge gedeckt.

Damit erhöht sich der Wasserverbrauch pro Gast um über zweiundzwanzig Liter und beträgt insgesamt 23,2 Liter. Freilich müsste auch diese Zahl um den Wasserverbrauch des Personals (Nutzung der Sanitäreinrichtungen) bereinigt werden, um eine Pro-Gast-Berechnung anstellen zu können - allerdings ist dieser kaum schätzbar. Summiert man jedoch die Aufenthaltstage des Personals über die Saison hinweg und inkludiert diese in die Pro-Kopf-Berechnung, ergibt sich ein Wasserbedarf von rund 21 Litern pro Person.

Pro Saisontag werden im Durchschnitt 1 540 Liter ($1,54\text{m}^3$) Regenwasser, aber nur knapp 79 Liter ($0,079\text{m}^3$) Trinkwasser benötigt. Hier zeigt sich eine Analogie zum Energieverbrauch. Hier wie dort wird die „teurere“ Ressource (elektrische Energie respektive aufwendig abgefülltes und transportiertes Trinkwasser) effizient und sparsam eingesetzt.

Bei Blick ins Detail wird ersichtlich, dass der durchschnittliche Verbrauch zwischen 9 und 17 Uhr bei $0,87\text{m}^3$, zwischen 17 und 9 Uhr bei $0,67\text{m}^3$ liegt. In der zweiten Periode („Nacht“) liegt der Verbrauch um etwas weniger als ein Viertel niedriger, obwohl der Messzeitraum doppelt so lang ist (16 zu 8 Stunden). Dieser Unterschied ist überzufällig, wie ein durchgeführter Vorzeichentest zeigt ($p\text{-Value} < 0,000$). Die Wahrscheinlichkeit, dass Tages- und Nachtverbrauch in Wahrheit gleich sind und der festgestellte Unterschied nur zufällig ist, liegt somit unter 0,1 Prozent.

Doch lässt sich das als stichhaltiges Indiz oder gar als Beweis erachten, dass das Tagesgeschäft hinsichtlich des Wasserverbrauchs intensiver als der Nachtbetrieb ist, die Bewirtung der Tagesgäste also mehr Wasser als jene der Nachtgäste erfordert? In absoluten Zahlen lässt sich dies klar bejahen: So beträgt der Gesamtverbrauch der Saison 2014 zwischen 9 und 17 Uhr 161,7 Kubikmeter, jener zwischen 17 und 9 Uhr nur 124,8 Kubikmeter.

Ein Pro-Kopf-Vergleich, gesplittet nach Tages- und Nachtgästen, zeigt jedoch deutlich in die Gegenrichtung verweisende Unterschiede: An 40 Prozent der Tage zwischen 1. Mai und 3. November liegt der Pro-Kopf-Verbrauch der Tagesgäste bei maximal 10 Liter aufbereitetem Niederschlag. Bei Nachtgästen beträgt dieser Anteil nur 5,5 Prozent. Lediglich an 27 Prozent der Tage beträgt der Pro-Kopf-Verbrauch der Tagesgäste über 30 Liter Regenwasser, dieser Wert wird bei den Nachtgästen jedoch an 91 Prozent jener Tage, an denen Gäste genächtigt haben, überschritten.

Über die Saison hinweg beläuft sich der durchschnittliche Pro-Kopf-Niederschlagswasserbedarf der Tagesgäste auf 14 Liter, jener der Nachtgäste jedoch auf 84 Liter – dieser ist also sechs Mal so hoch.

Daraus lässt sich schließen, dass das Tagesgeschäft zwar den Wasserverbrauch in die Höhe treibt, weil einerseits eine große Zahl von Tagesgästen die Toiletten nutzt, andererseits das, während des Geschäftsgangs stattfindende Geschirrspülen sehr ressourcenintensiv ist.

Die Pro-Kopf-Betrachtung zeigt jedoch, dass die Komforteinrichtungen der Hütte den Wasserverbrauch ebenfalls stark, beziehungsweise, im Verhältnis betrachtet, stärker determinieren - insbesondere die nur den Nachtgästen sowie dem Personal zur Verfügung stehenden Duschen.

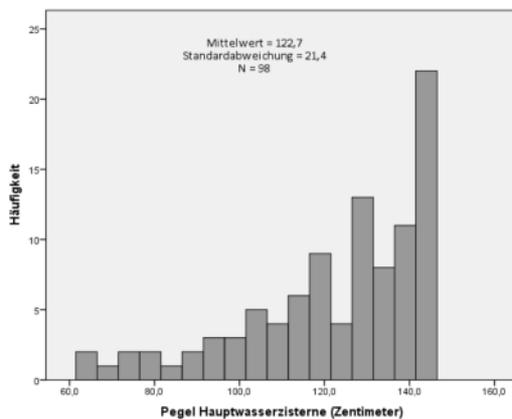
Dies sind starke Indizien dafür, dass erstens Komforteinrichtung wie sanitäre Anlagen sowie zweitens gastronomischer Betrieb größeren Stils mit einem hohen Wasserverbrauch einhergehen – deshalb lediglich Indizien, weil eine exakte, trennscharfe Attribuierung der Wassermengen zulasten einer bestimmten Gästekategorie beziehungsweise Nutzung nicht möglich ist und daher nur eine Tendenz eingeschätzt werden kann.

Diese besteht mit Sicherheit darin, dass der Pro-Kopf-Wasserverbrauch der Nachtgäste deutlich höher als jener der Tagesgäste ist, weil sie eine längere Aufenthaltsdauer auf der Hütte aufweisen, somit öfter die Toiletten nutzen und zusätzlich Zugang zu Warmwasserduschen haben.

Inwiefern wirkt sich dieser Verbrauch auf den Pegelstand der Zisterne aus – insbesondere im Zusammenspiel mit dem Niederschlag?

Der Pegel der Zisterne liegt im Saisondurchschnitt knapp unter 123 Zentimeter, was einem Füllstand von etwa 85 Prozent entspricht. Der Bereich des Füllstands (Range) liegt theoretisch zwischen 0 und 145 Zentimetern (Höchstfüllstand), in der Saison 2014 jedoch zwischen 64 und 145 Zentimetern. Wasserknappheit war also über die ganze Saison hinweg kein Thema, entsprechen 64 Zentimeter Füllstand über 14 200 Liter Wasser, was bei einem durchschnittlich angenommen Verbrauch von knapp über 1 500 Litern pro Tag eine Reserve für etwa neun Tage darstellt (ohne Einbezug der beiden anderen Zisternen).

Abbildung 5.4: Pegelstand Hauptwasserzisterne Saison 2014



Die Verteilung der Tageswerte (Abb. 5.4) zeigt daher eine stark linkschiefe Verteilung mit einem Höchstfüllstand an beinahe einem Fünftel der 98 Messtage. An fast einem Drittel der Tage lag der Füllstand bei mindestens 140 Zentimeter, was einem 97-prozentigem Füllstand entspricht.

Der Median liegt bei 128,5 Zentimeter, das erste Quartil bei 110 Zentimeter (an lediglich einem Viertel der Tage lag der Füllstand der Zisterne somit unter 75 Prozent). Wie bereits beim Histogramm des Stromverbrauchs stellt sich auch hier die Frage, was die Streuung hinsichtlich des Zisternenfüllstands beeinflusst –

welche Einflussfaktoren und Ursachen lassen sich ausmachen?

5.3.2. Einflussfaktoren auf den Wasserhaushalt

Auf den Pegelstand der Zisterne hat nicht nur der Wasserbedarf der Hütte einen Einfluss, sondern auch der Input in die Zisterne - also entweder vom Dach in die Zisterne fließender Niederschlag oder aus den beiden anderen Zisternen umgepumptes Wasser. Da jedoch laut Protokoll nur drei Mal im Lauf der Saison Wasser aus den beiden anderen Zisternen in die Hauptwasserzisterne umgepumpt wurde, ist diese Größe zu vernachlässigen.

Es ist zu erwarten, dass der Niederschlag positiv mit dem Pegelstand korreliert („Je mehr Niederschlag, desto höher der Pegelstand“), mit dem Verbrauch hingegen negativ („Je stärker der Verbrauch, desto niedriger der Pegelstand“).

An dieser Stelle muss auf ein wichtiges Phänomen bei Zeitreihendaten wie dem Zisternenstand verwiesen werden: Anders als beim Stromverbrauch, wo der Verbrauch eines Tages keinen Einfluss auf den des nächsten hat, ist beim Pegelstand Autokorrelation zu bedenken.

Angesichts dessen, dass das Fassungsvermögen der Hauptwasserzisterne über 32 Kubikmeter beträgt, täglich aber im Durchschnitt nur rund 1,5 Kubikmeter entnommen werden, muss klar sein, dass vor allem der Pegelstand der/des Vortage/s großen Einfluss auf den des nächsten Tages hat.

Anders ausgedrückt: Die Messdaten sind über die Tage hinweg nicht unabhängig voneinander, sondern autokorreliert. Ist die Zisterne an einem Tag beinahe voll, ist es höchstwahrscheinlich, dass sie am nächsten Tag auch beinahe voll sein wird – unabhängig von Niederschlag und Verbrauch.

Um das Ausmaß der Autokorrelation abzuschätzen, muss die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF) betrachtet werden. Dabei wird der Pegelstand mit sich selbst zeitversetzt korreliert und um Störeinflüsse bereinigt, die bei der simplen Autokorrelationsfunktion auftreten. Das Ergebnis zeigt, dass die partielle Autokorrelationsfunktion (PACF) bis zum zehnten Lag signifikant ist.

Inhaltlich bedeutet dies, dass noch der zehnte Messtag – unter Ausblendung der Geschehnisse der neun dazwischen liegenden Tage - vom ersten Messtag beeinflusst ist. Es kann also von einer starken Autokorrelation gesprochen werden,

was angesichts der Größe der Zisterne und der im Verhältnis geringen Entnahme sehr einleuchtend erscheint.

Für den Standort des Karl-Ludwig-Haus gibt es keine Niederschlagsdaten, da keine Messstation vorhanden ist. Jedoch befindet sich bei der Bergstation der Raxseilbahn auf 1554 Metern Seehöhe in etwa sechs bis sieben Kilometern Entfernung (Luftlinie) eine offizielle Wetterstation.

Die Niederschlagsdaten dieser Station werden als bester Schätzer für die Niederschlagsmengen am Karl-Ludwig-Haus gewählt. Der Niederschlag eines Tages wird in Millimetern angegeben, wobei ein Millimeter einem Liter pro Quadratmeter entspricht.

Die gesamte Dachfläche des Hauptgebäudes ist Einzugsgebiet des Zisternensystems. Die Dachfläche des Karl-Ludwig-Haus (berechnet anhand der Gebäudepläne) beträgt in etwa 653 Quadratmeter. Ein Millimeter Niederschlag entspricht somit 653 Liter Wasser, die in die Zisterne laufen.

In der Saison 2014 regnete es in Summe knapp 472 000 Liter Wasser auf die Dachfläche, es fiel also mehr als eineinhalb Mal so viel Niederschlag als Wasser verbraucht wurde.

Der Rangkorrelationskoeffizient Spearman-Rho quantifiziert die Korrelation zwischen Niederschlagsmenge und Zisternenpegelstand mit 0,415. Zudem ist die Korrelation mit einem p-Value kleiner 0,000 hochsignifikant, weshalb bei einer Fallzahl von 89 Messtagen (die Wetterstation liefert für neun nicht aufeinanderfolgende Tage keine Daten) nicht von einer zufällig zustande gekommenen Korrelation ausgegangen wird. Diese Korrelation kann zwar nach gängigen statistischen Lehrbüchern als mittel bis hoch eingestuft werden, bildet aber dennoch ab, dass – wie vermutet – weitere Einflüsse existieren müssen.

Tatsächlich ergibt die Berechnung von Spearman-Rho zwischen Pegelstand und Wasserverbrauch (98 Messtage) eine negative Korrelation von -0,461 (p-Value unter 0,000).

Somit haben sich die oben geäußerten Hypothesen in puncto Korrelation des Pegelstands, der die Wasserreserven der Hütte abbildet, mit Niederschlag und Verbrauch klar bestätigt. Allerdings besteht noch keine Klarheit darüber, ob einer der beiden Faktoren womöglich größeren Einfluss auf den Zisternenpegelstand hat. Zwar scheint der Verbrauch minimal stärker als der Niederschlag mit dem Pegelstand zu korrelieren – allerdings sollte dem aufgrund der starken Autokorrelation keine Bedeutung beigemessen werden.

Um daher zu prüfen, ob tatsächlich keine oder kaum Unterschiede bestehen, muss die Autokorrelation ausgeblendet werden. Deshalb wurde eine Variable berechnet, welche die Veränderung des Pegelstands innerhalb von vierundzwanzig Stunden abbildet - die Pegeldifferenz einer Periode von 24 Stunden besitzt freilich keinen Einfluss auf die Pegeldifferenz der folgenden 24 Stunden.

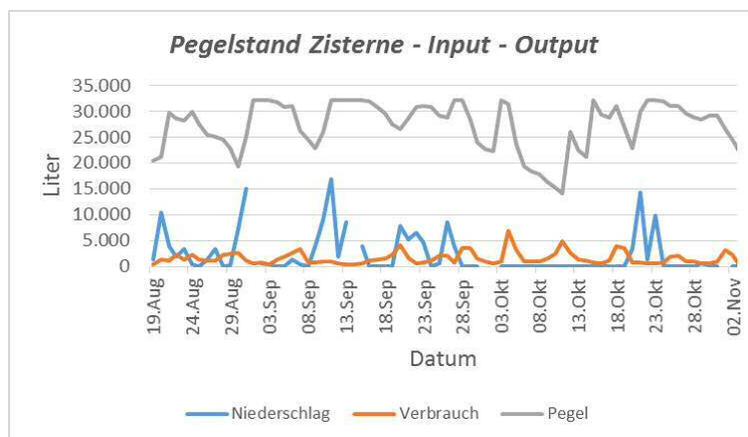
Die Korrelation zwischen Pegeldifferenz und Niederschlagsmenge beträgt 0,615, zwischen Pegeldifferenz und Wasserverbrauch -0,452. Beide Koeffizienten (Spearman-Rho) weisen einen p-Value unter 0,000 auf und sind daher überzufällig.

Somit ist der naturale Einfluss (Niederschlag) auf die Pegeldifferenz der Zisterne größer als der sozio-ökonomische Einfluss (der für den Betrieb erforderliche Wasserverbrauch) – zumindest auf die niederschlagsreiche Saison 2014 (vgl. ZAMG 2014b) trifft das zu.

Abbildung 5.5 gibt einen Überblick über den Pegelstand sowie über die Niederschlagsmenge (Input in die Zisterne) und den Wasserverbrauch (Output aus der Zisterne).

Die Grafik zeigt, dass der Pegelstand der Zisterne sowohl dem In- als auch dem Output stark folgt. Markant ist etwa der Zeitraum Ende August, in dem der Verbrauch konstant hoch ist und die Niederschläge schwankend sind: Der Pegelstand geht zurück, bis es stark regnet und an einem Tag mehr als 15 000 Liter Wasser in die Zisterne fließen und diese füllen.

Abbildung 5.5: Überblick über Zisternenpegelstand, Niederschlag und Verbrauch im Zeitraum von der Installation der Messanlage bis zum regulären Saisonende.



Auch zeigt sich für die Trockenperiode in der ersten Oktoberhälfte (kein Niederschlag zwischen 3. und 17. Oktober), dass der Pegelstand zwischen 3. und 11. Oktober um 18 000 Liter fällt, dann um über 10 000 Liter steigt – obwohl kein Niederschlag verzeichnet wurde. Hier wurde aus den beiden anderen Zisternen Wasser in die Hauptwasserzisterne umpumpt. Kurzfristig hat also das Umpumpen freilich einen Effekt auf den Pegelstand, die beiden

anderen Wasserzisternen sind in niederschlagsarmen Zeiten als Reserve durchaus sehr nützlich.

5.3.3. Einsparmaßnahmen und Effizienzgewinne

Am Karl-Ludwig-Haus sind entweder im Zuge der Sanierung durch den ÖTK oder im Laufe seiner Pacht durch den Hüttenwirt beinahe alle für Berg- und Schutzhütten empfohlene Wassersparmaßnahmen (vgl. Menz 2009: 73) umgesetzt worden: Es wurden selbstschließende und durchflussbegrenzende Spar-Armaturen, wassersparende Toilettenspülungen und wasserlose Urinale eingebaut, die Duschzeit wird mit Duschmarken beschränkt, Spül- und Waschmaschine werden mehrheitlich voll beladen genutzt.

Zusätzlich wurde die betriebliche Bett- und Kochwäsche (laut Auskunft des Wirts rund 700 bis 800 Kilogramm) regelmäßig in Wien in einer Wäscherei gewaschen – dadurch wurden am Karl-Ludwig-Haus zwischen 8 400 und 12 400 Liter Wasser sowie rund 120 bis 170 Kilowattstunden Strom eingespart (vgl. Blepp et. al. 2012; eigene Berechnung).

Analog zum Stromverbrauch sind deswegen auch keine saisonalen Effizienzgewinne zu erwarten, sondern nur Unterschiede im Wasserverbrauch in Abhängigkeit des Wochentags.

Tatsächlich fluktuieren die Mittelwerte für den täglichen Verbrauch von Monat zu Monat zwischen 1,13 und 1,81 Kubikmeter und folgen keinerlei Trend. Daher ist ein

Kruskal-Wallis-Test nicht signifikant (p-Value von 0,151), weshalb weder von Effizienzgewinnen noch saisonalen Einspartrends auszugehen ist.

Nach Wochentagen unterscheiden sich die Mittelwerte hingegen sehr. Zum Wochenende (Freitag bis Sonntag) ist der durchschnittliche Wasserverbrauch mit 1,6 bis 2,9 m³ etwa eineinhalb bis drei Mal so hoch wie Montag bis Donnerstag (0,9 bis 1,1m³). Den höchsten Mittelwert weisen Samstage auf - jener Tag mit der, in der Regel, höchsten Nachtgästepzahl. Die niedrigsten Mittelwerte weisen Dienstag und Mittwoch auf – Tage, an denen weder das Wochenende nach- oder schon wieder vorbereitende Tätigkeiten, wie etwa Vorkochen oder groß angelegte Wasch- und Spültätigkeiten stattfinden, zudem das Gästeaufkommen im Normalfall niedriger ist. Ein Kruskal-Wallis-Test ergibt einen p-Value unter 0,000, der Wasserverbrauch am Wochenende ist also überzufällig höher als unter der Woche. Die paarweisen Vergleiche zeigen, dass sich Montag bis Donnerstag jeweils von Freitag/Samstag/Sonntag/Feiertag signifikant voneinander unterscheiden, jedoch nicht die betreffenden Wochen(end)tage jeweils voneinander.

5.3.4. Output

Es bestehen grundsätzlich drei Möglichkeiten wie Niederschlagswasser, das in das Wasserleitungssystem der Berghütte eingespeist wurde, dieses wieder verlassen kann: über Verdunstung, über Aufnahme in den Stoffwechsel der Gäste und des Personals (via Speisen und Getränke) oder über die Kanalisation.

Dabei ist anzunehmen, dass die Kanalisation den Großteil des Wassers aufnimmt, weil in diese das Abwasser der sanitären Anlagen (Toiletten und Duschen), außerdem das zum Geschirrspülen und Wäschewaschen notwendige sowie das bei der Speisenzubereitung weggeleerte Wasser gelangt. In Anbetracht von 286,5 Kubikmeter Wasser, die verbraucht wurden, dürfte über menschliche Ausscheidungen verlorene Flüssigkeit nur einen sehr kleinen Teil des Abwassers ausmachen.

Die Menge, die den einzelnen Prozessen zuzuordnen ist, kann nur geschätzt werden. Allerdings wurde der quantitativ wichtigste Prozess, das in die Kanalisation gelangende Wasser, dokumentiert.

Dieses wird in einer betonierten Grube gesammelt, in der sich zwei Abwassertauchmotorpumpen befinden, die sich ab einem gewissen Füllstand einschalten und das Gemisch ins Tal pumpen. Die Laufzeit dieser beiden Pumpen wurde protokolliert.

Beide Pumpen sind in Summe zwischen 1. Mai und 3. November 19,95 Stunden gelaufen. Die Herstellerfirma der Pumpen stellte die technischen Daten des Pumpentyps zur Verfügung. So beträgt die optimale Pumpleistung 11, die maximale Pumpleistung 17 Kubikmeter pro Stunde.

Bei Berechnung mit dem Optimalwert ergibt sich, dass 219,5 Kubikmeter Wasser ins Tal gepumpt wurden, bei Multiplikation der Laufzeit mit dem Maximalwert kommt man auf 339,2 Kubikmeter – was angesichts dessen, dass in derselben Zeit nur 286,5 Kubikmeter Wasser verbraucht wurden, nicht plausibel ist. Der wahre Wert wird wohl dazwischen liegen, weshalb es sinnvoll erscheint, mit dem Mittelwert der beiden Nennwerte, also 14 Kubikmetern pro Stunde, zu rechnen.

So ergibt sich, dass 279,3 Kubikmeter Wasser ins Tal gepumpt wurden. 97,5 Prozent der benötigten Niederschlagswassermenge haben die Hütte demnach über die Kanalisation verlassen.

Somit müssen rund 7 200 Liter Niederschlagswasser entweder verdunstet sein oder haben Eingang in den Stoffwechsel der Gäste und des Personals gefunden.

Pro Saisontag handelt es sich daher um 38,5 Liter Wasser, die nicht im Kanal landen – anders ausgedrückt, verlässt nur ein Vierzigstel des verbrauchten Niederschlagswassers die Hütte *nicht* über den Kanal.

5.3.5. Energieaufwand zur Wasseraufbereitung und Entsorgung

Bevor Niederschlagswasser in das Wasserleitungssystem der Hütte gelangt, fließt es erst durch eine Reihe in Serie geschalteter Filter, um Schwebstoffe, Partikel und Verunreinigungen abzusondern. Im Anschluss daran strömt es durch ein Glasrohr, wo es mittels einer Ultraviolett-Lampe bestrahlt wird, wodurch Keime und Mikroorganismen effektiv abgetötet werden. Dadurch erlangt es Trinkwasserqualität und darf aus hygienischer Perspektive bedenkenlos getrunken werden. Lediglich aus Geschmacksgründen greift der Hüttenwirt auf Leitungswasser aus dem Tal zurück.

Die Bestrahlung mit UV-Licht erfordert (elektrische) Energie. Der UV-Strahler hat eine Leistung von 200 Watt und befindet sich im Dauerbetrieb, weil eine solche Lampe technisch nicht auf einen On-/Off-Modus ausgelegt ist.

Folglich leuchtete die Lampe zwischen 1. Mai und 3. November an 187 Tagen je 24 Stunden lang mit 200 Watt Leistung und benötigte daher 897,6 Kilowattstunden Strom. Anders ausgedrückt, gehen 5,9 Prozent des Strombedarfs im selben Zeitraum zulasten der Wasseraufbereitung.

Für die Aufbereitung und Entkeimung des Niederschlags müssen also pro Kubikmeter 3,13 und pro Liter 0,0031 Kilowattstunden Strom aufgewendet werden.

Die Entkeimung liegt betreffs des Stromverbrauchs in etwa derselben Größenordnung wie die Materialeilbahn, verursacht allerdings aufgrund des Dauerbetriebs, im Gegensatz zu dieser, keine Streuung im Stromverbrauch. Die Entkeimungsanlage ist der Grundlast der Hütte von 2 bis 3 Kilowatt zuzurechnen.

Zum Vergleich sei erwähnt, dass auf der alten (2011 gesprengten) Monte-Rosa-Hütte pro Tag ebenfalls 1,5 Kubikmeter Wasser verbraucht, diese allerdings durch Abkochen auf einem Kohleherd entkeimt wurden (vgl. Wittenwiler 2006: 15). Hier wurden pro aufbereitetem Kubikmeter Wasser 189 Kilowattstunden Energie aufgewendet. Die Entkeimung am Kohleherd ist also sechzig Mal so energieintensiv wie die Entkeimung mittels UV-Bestrahlung, die somit, energetisch betrachtet, als effizient und ökologisch, aufgrund nur marginal anfallender Treibhausgasemissionen wegen des Betriebs mit Ökostrom, als nachhaltige Wasseraufbereitungsmaßnahme gelten darf.

Die für den Abpumpvorgang des Abwassers benötigte Strommenge lässt sich aufgrund der Leistungsaufnahme bei Nenn- oder Bemessungsleistung berechnen. Damit ist der Energiebedarf bezeichnet, der benötigt wird, wenn die Pumpen auf der höchsten Leistung laufen, bei der sie garantiert keinen Schaden nehmen. Diese beträgt bei den verbauten Modellen 2,9 Kilowatt. Multipliziert man diesen Wert mit der Laufzeit, zeigt sich, dass die Pumpen zwischen 1. Mai und 3. November (maximal) 56,02 Kilowattstunden verbraucht haben. Pro abgepumpten Kubikmeter

Wasser sind somit 0,26 Kilowattstunden Energie nötig, pro Liter 0,00026 Kilowattstunden.

Zum Vergleich wird somit für die Entsorgung eines Kubikmeters Wasser nur ein Zwölftel der Energiemenge benötigt, die zur Entkeimung und Aufbereitung, also zur Versorgung, notwendig ist.

Insgesamt gingen zwischen 1. Mai und 3. November 6,3 Prozent des Strombedarfs des Karl-Ludwig-Haus zulasten der Wasseraufbereitung sowie der Abwasserentsorgung.

Ein Sechzehntel der gesamten elektrischen Energie wird also dafür benötigt, eine hygienisch unbedenkliche Wasserversorgung der Hütte sowie eine gesetzeskonforme Entsorgung der Abwässer im Quellschutzgebiet zu gewährleisten. Allerdings besteht hier kaum Einsparpotenzial, weil die UV-Entkeimungsanlage nicht sparsamer betrieben werden kann und das Abwasser abgepumpt werden muss.

6. DISKUSSION

6.1. Kontextualisierung der Ergebnisse

Nun gilt es, die Ergebnisse der Arbeit zu resümieren, sie in einen weiteren Kontext zu stellen und mit dem bisher bekannten Wissen zu vergleichen, um Schlüsse in puncto Treibhausgasemissionen sowie nachhaltiger Ressourcennutzung im Bergtourismus ziehen zu können.

6.1.1. Branchen Kennzahlen zum Ressourceneinsatz

Zur Beurteilung der Ressourcennutzung lässt sich eine Reihe branchenüblicher Kennzahlen berechnen, die der Einordnung und des Vergleichs dienen.

In einem Leitfaden der Wirtschaftskammer Österreich (vgl. WKO 2009) sind diese für verschiedene Betriebstypen wie Gastronomie- oder Hotelleriebetriebe beschrieben. Allerdings lässt sich eine Berghütte wie das Karl-Ludwig-Haus, die Gastronomie- und Beherbergungsbetrieb vereint, nicht trennscharf in diese Typologie einordnen.

Aus Mangel an Alternativen werden zum Vergleich des Ressourceneinsatzes pro Bett und Übernachtung deshalb die Richtwerte für ein 2-Stern-Hotel (niedrigste verfügbare Kategorie), pro Mahlzeit und Quadratmeter hingegen jene für einen Gastronomiebetrieb gewählt.

Die Tabelle 6.1 fasst die berechneten Branchen Kennzahlen zusammen und ordnet die Kennzahlen der besseren Übersichtlichkeit farblich zu: grün bedeutet hierbei eine Branchen Kennzahl unterhalb des für *gut* befundenen Werts, orange hingegen, dass die Kennzahl in die Kategorie *Einsparpotenzial vorhanden*, fällt. Keine Kennzahl fällt in die Kategorie *erhebliches Einsparpotenzial vorhanden*.

Tabelle 6.1: Branchenübliche Kennzahlen zum Energie- und Wasserverbrauch.

Die Werte für thermische Energie, den Strom- sowie den Wasserbedarf stellen die berechneten Kennzahlen des Karl-Ludwig-Haus dar, die jeweiligen Richtwerte stammen aus der Literatur (vgl. WKO 2009).

Die Farben dienen der qualitativen Einordnung des Ergebnisses: Grün verweist auf ein Ergebnis unterhalb des für gut befundenen Richtwerts, orange auf ein solches, das über diesem Richtwert liegt.

Die Berechnung pro Quadratmeter bezieht sich entweder auf die Brutto-Grundfläche der Hütte (niedrigerer Wert) oder auf die tatsächlich für Gastronomie und Beherbergung genutzte Betriebsfläche (höherer Wert).

Der Wasserbedarf inkludiert sowohl Niederschlagswasser als auch auf die Hütte transportiertes Trinkwasser.

* Werte in Klammern stellen Ergebnis der jeweiligen Kennzahl dar, wenn das Personal eingerechnet wird.

	thermische Energie (Kwh)	Richtwert (Kwh)	Strombedarf (Kwh)	Richtwert (Kwh)	Wasserbedarf (Liter)	Richtwert (Liter)
pro m ²	64 - 90	< 50	13,5 - 19	< 20	261 - 455	< 800
pro Bett	1330 (1208)*	< 1200	281 (255)*	< 500	199 (115)*	< 200
pro Nächtigung	50 (28)*	< 20	10,5 (6)*	< 4	5010 (4630)*	< 18 000
pro Mahlzeit	5,6	< 3	1,2	< 2	24,2	< 30

Die Nutzung der potenziell knappsten Ressource am Karl-Ludwig-Haus, des Wassers, fällt, über alle Betrachtungsebenen hinweg, in die von der WKO als gut definierte Kategorie. Eine effiziente Nutzung scheint also zu gelingen, getätigte Wassersparmaßnahmen scheinen auch Früchte zu tragen.

Auffällig ist, dass die Kennzahlen für thermische Energie nie in die für gut befundene Kategorie fallen. Unabhängig von der Bezugsgröße ergibt sich vorhandenes Einsparpotenzial. Dem gegenüber stehen die Kennzahlen für den Verbrauch elektrischer Energie, die, bis auf jene Kategorie, welche den Strombedarf auf die Anzahl der Nächtingungen bezieht und in der sich die verhältnismäßig schlechte Auslastung der Saison 2014 widerspiegelt, stets in die für gut befundene Kategorie fallen.

Anhand des erhöhten Bedarfs thermischer Energie bildet sich deutlich ein für viele Berghütten wohl typisch zu nennender Shift ab: Dienstleistungen, die in nicht-alpinen Lagen oftmals mittels elektrischer Energie gewährleistet werden (wie etwa der Kochbetrieb), werden auf alpinen Stützpunkten vermehrt unter Einsatz thermischer Energie bereitgestellt (beispielsweise mittels eines Holzherds).

Exemplarisch zeigt sich das deutlich bei Bezug der thermischen und elektrischen Energie auf die Anzahl der Mahlzeiten: Liegt der Strombedarf pro Mahlzeit mit 1,2 Kilowattstunden (Kwh) knapp über der Hälfte des für gut befundenen Werts (<2 Kwh), ist der Wärmebedarf (5,6 Kwh) beinahe doppelt so hoch wie der Grenzwert (< 3 Kwh).

Die Betrachtung der thermischen Energie pro Quadratmeter, die, je nach Einbezug aller oder nur der betrieblich unmittelbar relevanten Räume, ein Überschreiten des von der WKO für gut befundenen Richtwerts um 28 bis 80 Prozent zeigt, verweist darauf, dass der Grundbetrieb, also die Aufrechterhaltung der betrieblichen Infrastruktur, am Karl-Ludwig-Haus sehr energieintensiv ist.

Dabei spiegelt sich in den Kennzahlen für thermische Energie insbesondere die permanente Befeuerng des Küchenherds wider. Diese ist unabhängig davon, ob Gästebewirtung stattfindet oder nicht, notwendig, weil sich ein solcher Holzherd nicht wie ein Elektro- oder Gasherd bei mangelndem Bedarf abschalten lässt, da das Erreichen der Betriebstemperatur etwa vierzig Minuten dauert.

Die hier vorgestellten Kennzahlen stellen nur einen Grobcheck und eine grundsätzliche Verortung des Energie- und Ressourcenbedarfs dar. Dennoch zeigt sich erstens, dass das Karl-Ludwig-Haus im Allgemeinen seine Ressourcen nachhaltig und sparsam einsetzt sowie zweitens, dass auf einer Berghütte Eigenheiten bestehen - wie etwa der Shift von Elektrizität hin zu thermischer Energie. Daher ist es notwendig, einen Indikator zu berechnen, welcher den Gesamtenergieverbrauch (Elektrizität sowie Wärmebedarf) quantifiziert und vergleichbar macht.

In einer vom Klima- und Energiefonds beauftragten Studie (vgl. Bayer et. al. 2011) wird ein Wert von 250 Kilowattstunden Energieeinsatz pro Quadratmeter Betriebsfläche als gut ausgewiesen. Hier schneidet das Karl-Ludwig-Haus mit 120 Kilowattstunden Energieeinsatz pro Quadratmeter ausnehmend gut ab.

Auch die Netto-Energiekosten, deren Anteil am Netto-Umsatz 3,05 Prozent beträgt, belegen, dass das Karl-Ludwig-Haus keinesfalls verschwenderisch mit seinen Ressourcen umgeht. So zeigt eine Untersuchung unter 27 kleinen und mittleren Gastronomiebetrieben (vgl. Energieinstitut der Wirtschaft 2010: 126), dass deren

Energiekosten im Durchschnitt 6,4 Prozent betragen – also mehr als doppelt so hoch wie am Karl-Ludwig-Haus sind.

Auch die WKO (vgl. 2009) beschreibt drei Prozent Energiekosten als guten Richtwert.

Zwar müssen all diese Werte mit gewisser Skepsis betrachtet werden, weil sie letztlich willkürlich gesetzte Grenz- und Richtwerte darstellen, dennoch kann das Karl-Ludwig-Haus trotz seiner speziellen Lage in puncto Energieeffizienz und Ressourcenproduktivität als durchschnittlicher bis teils sogar überdurchschnittlicher Gastronomie- und Beherbergungsbetrieb bezeichnet werden.

6.1.2. Relative Entkopplung

In puncto der Energiekosten ist es typisch für die Gastronomie, dass der Energiekostenanteil mit steigendem Umsatz sinkt (vgl. Energieinstitut der Wirtschaft 2010: 126).

Die Regressionsanalyse zwischen Küchenumsatz und Stromverbrauch hat darüber hinaus auch gezeigt, dass der physische Ressourceneinsatz schwächer als der Umsatz steigt. So muss der Küchenumsatz um rund 34 Einheiten (Euro) steigen, damit der Stromverbrauch um eine Einheit (Kilowattstunden) zunimmt. Auch die Berechnung des Strombedarfs pro Euro hat verdeutlicht, dass dieses Verhältnis mit steigendem Umsatz besser wird.

Für den Niederschlagswasserverbrauch pro umgesetzten Euro ist es ähnlich: Ab einem Tagesumsatz von 86 Euro beträgt der Verbrauch ausnahmslos weniger als 10 Liter pro Euro, ab einem Umsatz von 1 460 Euro durchgehend weniger als 2 Liter pro Euro.

Dies verdeutlicht noch einmal die Tatsache, dass der Grundbetrieb des Karl-Ludwig-Haus, die Aufrechterhaltung der Infrastruktur, salopp gesprochen, der Bereitschaftsmodus für Gästebewirtung, *im Verhältnis* des Ressourceneinsatzes zum erwirtschafteten Umsatz, deutlich ressourcenintensiver als die tatsächliche Bewirtung der Gäste ist. Absolut betrachtet, erfordert steigender Umsatz freilich höheren Ressourceneinsatz (Kilowattstunden Strom, Liter Wasser,...).

Doch ist für eine Umsatzsteigerung offensichtlich nicht die gleiche Erhöhung des Energie- und Ressourceneinsatzes notwendig. Dies wird als *relative Entkopplung* bezeichnet (vgl. UNEP 2011: 4ff).

Um das Ausmaß dieser Entkopplung des Umsatzes vom Ressourceneinsatz zu ermessen, werden Umsatz, Strom- und Wasserbedarf mittels Indexierung vergleichbar gemacht. Dabei zeigt sich, dass der Wasserverbrauch mit steigendem Umsatz deutlich stärker als der Energieverbrauch steigt.

So vervierfacht sich der Stromverbrauch maximal. Der Wasserverbrauch jedoch steigt um das bis auf das 69-fache des minimal gemessenen Verbrauchs an – von etwa 100 Liter (Minimalverbrauch eines einzelnen Saisontags 2014) auf maximal 6900 Liter an einem Tag der Saison 2014. Der Umsatz allerdings steigt um das 567-fache – am stärksten Tag der Saison wird 567 Mal mehr Umsatz als am umsatzschwächsten Saisontag erwirtschaftet.

Reiht man die indexierten Werte nach steigendem Umsatz, zeigt sich tatsächlich, dass sowohl Wasser- als auch Stromverbrauch, mit Schwankungen zwar, aber dennoch kontinuierlich steigen (auf die grafische Darstellung wird hier aus Gründen mangelnden Mehrwerts verzichtet).

Klarerweise ist die Tatsache, dass der Ressourceneinsatz weniger volatil als der Umsatz ist, physischen Grenzen geschuldet: So gibt es eine maximale Menge Wasser, die an einem Tag das System Berghütte durchfließen sowie eine Maximalanzahl elektrischer Endverbraucher, die eingeschaltet werden kann.

6.1.3. Eco-Efficiency des Bergtourismus

Wie in Kapitel 2.3.3. beschrieben, kann, exemplarisch für das Karl-Ludwig-Haus und dessen Gäste, die Eco-Efficiency des Bergtourismus berechnet werden. Dabei werden die durch Anreise der Gäste, Bewirtung und Beherbergung sowie Dienstfahrten des Hüttenwirts verursachten, Treibhausgasemissionen auf den am Karl-Ludwig-Haus erwirtschafteten Umsatz bezogen.

So berechnet sich für Bergtourismus eine Eco-Efficiency von 0,89 Kilogramm CO₂-Äquivalenten (CO₂-eq.) pro umgesetzten Euro.

Damit weist Bergtourismus eine ähnliche Eco-Efficiency wie Städtetourismus auf: Für Tourismus in Amsterdam gibt eine Studie (vgl. Gössling et.al. 2005: 430) - zwar auf Makroebene, aber unter einem ähnlichen Berechnungsschema, nämlich unter Ausschluss der für die An- und Abreise aufgewendeten Ausgaben - eine durchschnittliche Eco-Efficiency von 1,1 Kilogramm CO₂-eq/€ an.

Augenscheinlich ist der „sanfte“ Bergtourismus also nur marginal ökoeffizienter als Städtetourismus. Wenngleich bedacht werden muss, dass hier zwei Fallstudien verglichen werden, unterscheiden sich die beiden gegenübergestellten Tourismen hinsichtlich ihrer Ökoeffizienz weniger stark als erwartet voneinander.

Diese berechneten Werte sagen jedoch nichts über Nachhaltigkeit aus. Hierfür gilt es einen Schwellenwert festzusetzen, was im Paper von Gössling et. al. auch gemacht wird (vgl. ebda.: 430ff).

Hierfür wird zuerst die Eco-Efficiency der Welt berechnet (die globalen Treibhausgasemissionen dividiert durch das Welt-Bruttoinlandsprodukt). Diese lag 2005 bei 1,18 Kilogramm CO₂-eq/€. Schließlich wird argumentiert, dass eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 80 Prozent - bei gleicher Wertschöpfung - nachhaltig wäre. Folglich läge eine nachhaltige Eco-Efficiency bei 0,24 Kilogramm CO₂-eq/€.

Setzt man an dieser Stelle die für Bergtourismus berechnete Eco-Efficiency in Bezug, zeigt sich, dass diese also mehr als dreieinhalb Mal so hoch wie eine als nachhaltig definierte Eco-Efficiency ist. Diese Einordnung kann jedoch nur dazu dienen, ungefähr festzustellen, ob Bergtourismus nachhaltig ist oder nicht - da der Schwellenwert de facto ein willkürlich gesetzter und als solcher skeptisch zu betrachten ist.

Dennoch lässt sich auch hier der massive Einfluss jener Emissionen zeigen, der durch die Anreise der Gäste verursacht wird: Die Eco-Efficiency des Karl-Ludwig-Haus (die durch den Betrieb anfallenden Treibhausgasemissionen bezogen auf den Umsatz) beträgt nur 14 Gramm (!) CO₂-eq/€.

Zudem ist der Unterschied zwischen Tages- und Nachtgästen sehr groß: Die Eco-Efficiency für Wandern als Freizeitbeschäftigung und zur Naherholung (Tagesgäste) beträgt 1,14 Kilogramm CO₂-eq/€, für Bergtourismus mit Nächtigung (Nachtgäste) jedoch nur 0,34 Kilogramm CO₂-eq/€.

In der über drei Mal besseren Eco-Efficiency der Nachtgäste spiegeln sich die durchschnittlich höhere Fahrgemeinschaftsgröße, die vermehrt öffentliche Anreise

(Modal Shift) und freilich auch die Tatsache wider, dass Nachtgäste im Verhältnis mehr Umsatz als Tagesgäste erzielen.

Die Berechnung der Eco-Efficiency dient zwar nur der groben Verortung, zeigt aber deutlich: Von Nachhaltigkeit ist Bergtourismus weit entfernt und unterscheidet sich in dieser Hinsicht auch nicht wesentlich von anderen Formen des Tourismus – wobei hier weniger der Ressourcenverbrauch des Gastronomie- und Beherbergungsbetriebs ein Problem darstellt, sondern vielmehr die spezifischen Anreisemodalitäten der Gäste.

6.2. Potenziale und Probleme eines nachhaltigen Bergtourismus

In der Saison 2014 sind rund 1,14 Tonnen Treibhausgasemissionen aufgrund der Energieversorgung der Hütte, etwa 1,94 Tonnen aufgrund von Dienstreisen des Hüttenwirts sowie 196,5 Tonnen (inklusive indirekter Emissionen aus Vorleistungen) aufgrund der Anreise der Gäste zum Karl-Ludwig-Haus angefallen.

Wenngleich weder die durch die Anreise des Personals verursachten noch die mit den eingesetzten Nahrungsmitteln in Zusammenhang stehenden Treibhausgasemissionen in dieser Arbeit inkludiert worden sind, zeigt sich trotzdem ein drastisches Bild: Die Anreise determiniert den Carbon Footprint der Gäste.

So werden 98,4 Prozent des Carbon Footprint eines Gasts (im Durchschnitt 14,3 Kilogramm CO₂-Äquivalente) des Karl-Ludwig-Haus durch die Anreise und nur 1,6 Prozent durch den Betrieb der Hütte bestimmt. Deshalb sind zwar freilich auch Hüttenbetreiber wie etwa PächterInnen und alpine Vereine in der Pflicht, Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu setzen - insbesondere jedoch Bergtouristen und Erholungssuchende.

Es sei erinnert, dass es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine Fallstudie handelt, die streng genommen lediglich für das Karl-Ludwig-Haus und seine Gäste repräsentativ ist. Dies gilt vor allem für die Erkenntnisse über nachhaltige Ressourcennutzung, die nur eingeschränkt generalisierbar sind.

Die Ergebnisse bezüglich der Anreise dürften mit großer Wahrscheinlichkeit hingegen dennoch für die gesamte Rax beziehungsweise allgemein für die Wiener Hausberge Gültigkeit besitzen – schließlich ist der Schneeberg öffentlich ähnlich gut angebunden und ähnlich weit von Wien entfernt.

6.2.1. Nachhaltige Anreise

Es ist Ziel und Anliegen dieser Arbeit, Erkenntnisse über den Ressourcenverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen zu gewinnen, die mit einer solch bescheidenen Unternehmung wie einer Wanderung in Zusammenhang stehen.

Wie allgemein in der wissenschaftlichen Literatur zu Tourismus beschrieben, bestätigt sich also, dass auch die Höhe des Carbon Footprint von BergtouristInnen maßgeblich durch deren Anreise bestimmt ist. Hierbei ist der PKW als klare Hauptursache auszumachen: 94 Prozent aller (betrieblich und durch die Anreise) in der Saison 2014 verursachten Treibhausgasemissionen fallen aufgrund von PKW-Fahrten an.

Insofern kann für eine nachhaltige Anreise nur gelten, dass der Anteil der Anreise mit dem PKW gesenkt werden muss, um den Ressourcenverbrauch und die Klimaauswirkungen des Bergtourismus zu reduzieren. Das Reduktionspotenzial bei

einem Modal Shift, also bei einem Umstieg vom Auto auf öffentliche Verkehrsmittel, beläuft sich dabei für die Rax auf deutlich mehr als eine Halbierung der Treibhausgasemissionen.

Es macht definitiv einen großen Unterschied, ob privat oder öffentlich angereist wird. Das haben die Unterschiede zwischen Tages- und Nachtgästen klar verdeutlicht: Letztere reisen pro zurückgelegtem Kilometer im Durchschnitt um ein Viertel weniger emissionsintensiv als Tagesgäste an, weil sie strukturell anders anreisen, nämlich vermehrt öffentlich. Darüber hinaus bilden Nachtgäste, die mit dem PKW anreisen, größere Fahrgemeinschaften.

Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass Nachtgäste, pro Kopf betrachtet, dennoch mehr Treibhausgase als Tagesgäste ausstoßen, weil sie mehr Anreiskilometer zurücklegen.

Auf der anderen Seite stellen Tagesgäste die deutlich größere Gruppe dar, weshalb sie, in absoluten Zahlen betrachtet, eine größere Menge Treibhausgase emittieren – 89 Prozent der durch Anreise verursachten Emissionen gehen zulasten von Tagesgästen.

Aus einer Nachhaltigkeitsperspektive heraus wäre es wünschenswert, wenn alle Gäste für die Anreise zur Wanderung im Durchschnitt nur so viele Kilometer zurücklegen wie Tagesgäste (beinahe 50 Kilometer weniger als Nachtgäste), dabei aber in puncto Verkehrsmittelwahl und Fahrgemeinschaftsgröße so anreisen wie Nachtgäste.

Weshalb Nachtgäste häufiger öffentlich als Tagesgäste anreisen, kann mit dieser Arbeit nicht empirisch belegt und statistisch getestet werden, allerdings bestehen drei Vermutungen:

Erstens gab es im Rahmen der persönlichen Befragung der Tagesgäste vor Ort oft Erstaunen über das Vorhandensein einer Buslinie beziehungsweise kein vorhandenes Wissen über den Busfahrplan. Das zeigt sich auch daran, dass kein einziger von über tausend befragten Tagesgästen eine Rundwanderung gemacht hat, welche die Nutzung des Busses einbezieht. Nachtgäste scheinen sich bezüglich der Anreisemöglichkeiten zur Wanderung vorab besser zu informieren.

Zweitens spielt bei der Verkehrsmittelwahl die Lage des Ausgangspunkts der Wanderung eine recht gewichtige Rolle, weil deren öffentliche Erreichbarkeit nicht gleichermaßen attraktiv ist.

Drittens lässt sich vermuten, dass Nachtgäste deshalb vermehrt öffentlich anreisen, weil sie mehr Zeit zur Verfügung haben – schließlich findet der Abstieg nicht mehr am selben Tag statt.

Wenn deshalb die Motivation zu öffentlicher Anreise größer ist, kann eine Nächtigung nur begrüßt werden. Zudem halbieren sich dann - pro Tag betrachtet - die Emissionen.

Doch nicht nur das: Wer am Berg nächtigt, hat in dieser Zeit gar keine Gelegenheit, weitere CO₂-Emissionen zu verursachen – ein Tagesgast allerdings kann am Abend nach dem Tagesausflug oder am nächsten Tag sehr wohl nochmals einer treibhausgasintensiven Tätigkeit nachgehen.

6.2.2. Nachhaltige Ressourcennutzung

Die Ressourcennutzung am Karl-Ludwig-Haus darf als nachhaltig bezeichnet werden: Erstens wurden die betrieblich verursachten Treibhausgasemissionen auf ein Minimum reduziert, zweitens weitestgehend alle möglichen Einsparmaßnahmen im Sinne effizienter Ressourcennutzung durchgeführt und drittens werden

kostspielige Ressourcen wie Elektrizität und Trinkwasser im Verhältnis zu thermischer Energie und Niederschlagswasser sehr sparsam eingesetzt.

In puncto Energiesparmaßnahmen bliebe nur mehr die Durchführung größerer Investitionen wie die Installation eines Pufferspeichers oder der Einbau eines wasserführenden Küchenherds – wodurch nicht mehr ein separater Ofen eigens zur Warmwassererzeugung befeuert werden müsste.

Darüber hinaus bestünden lediglich Suffizienz-Maßnahmen, also Maßnahmen, die mit der Frage nach dem rechten Maß einhergehen - wie etwa eine Reduktion des Komforts, indem keine Warmwasserduschen mehr angeboten würden oder eine Reduktion des gastronomischen Angebots.

Dabei gilt: Maßnahmen der Effizienz bringen – außer gewissen Kosten - kaum Unannehmlichkeiten mit sich, Maßnahmen der Suffizienz machen sich im Empfinden oft unangenehm bemerkbar – etwa wenn das Speisenangebot auf ein Minimum reduziert ist oder müde WanderInnen abends keine warme Dusche nehmen können.

Deshalb ist die Diskussion über steigenden Komfort auf Schutzhütten sehr wichtig, weil sich in puncto nachhaltiger Ressourcennutzung die Frage stellt, was es mit sich bringt, Ansprüche aus dem Tal auf den Berg zu tragen. Dies gilt es insbesondere für den Wasserbedarf zu berücksichtigen.

Abseits dessen konnte die Arbeit auch bestätigen, dass der Kochbetrieb auf Berghütten als sehr energieintensiver Prozess gelten kann – was bereits eine Untersuchung am Schiestlhaus (vgl. Saner 2006) angedeutet hat.

Groß angelegter gastronomischer Betrieb benötigt im Zusammenspiel mit hohem Gästeaufkommen viel Energie: Speisen müssen vor- und zubereitet werden, Geschirr muss gereinigt werden. Am Karl-Ludwig-Haus sind die negativen Effekte (Treibhausgasemissionen) dabei sowohl durch den Anschluss an das öffentliche Stromnetz als auch dank der Wahl von Ökostrom minimiert – und führen auch nicht dazu, dass aufgrund der „Netzanbindung der Anreiz zum sparsamen Umgang mit Energie verloren geht“ (Grinzinger 1999: 59).

Zudem zeigen die Ergebnisse in puncto eingesparter Treibhausgasemissionen, dass die von den alpinen Vereinen angestrebte energetische Autarkie respektive der Fokus auf Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien sehr wichtig ist, um Treibhausgasemissionen zu vermeiden.

Hinsichtlich der Erzeugung thermischer Energie zeigt sich, dass die Wahl eines nachwachsenden und daher erneuerbaren Rohstoffs sich auch in puncto Treibhausgasemissionen bezahlt macht – insbesondere in Verbindung mit der erforderlichen Aufrechterhaltung des Grundbetriebs. Um potenziell Gäste bewirten zu können, wird eine Menge an Energie nicht effizient eingesetzt - diese Art des Betriebs ist auf eine Weise nicht nachhaltig. Allerdings sind Alternativen nur schwer denkbar.

Jedoch muss auch bedacht werden, dass es sich beim Karl-Ludwig-Haus um ein extrem exponiertes Gebäude auf über 1800 Metern Seehöhe handelt, das oft mehrere Tage lang Stürmen mit über 100 Stundenkilometern und tiefen Temperaturen ausgesetzt ist - zu Zeiten, wo im Tal oft nicht mehr geheizt werden muss.

So betrachtet, ist der aktuelle Zustand zwar nicht dramatisch, dennoch muss festgehalten werden, dass ein effizienterer Umgang zur Reduktion von Treibhausgasen beitragen würde – schließlich ist bei der Erzeugung thermischer Energie in der Saison 2014 eine knappe Tonne Treibhausgase angefallen.

Hinsichtlich der Wassernutzung zeigt sich, dass Komforteinrichtungen wie Wasserklosetts und (Warmwasser-)Duschen den Wasserverbrauch einer Berghütte erhöhen. Deshalb liegt eine Lösung in Zeiten, in denen Wasser knapp wird, darin, die betreffenden Komforteinrichtungen unzugänglich zu machen. Zwar waren 2014 solche Maßnahmen nicht nötig, in den vorangegangenen Saisonen sind sie jedoch durchaus vorgekommen.

So regnete es im Juli 2013 insgesamt nur vier bis fünf Millimeter (was bedeutet, dass den Zisternen nur rund 3 000 Liter Wasser zugeführt wurden), der durchschnittliche Niederschlag in der Rax-Region lag 75 Prozent unter dem Niederschlagsnormalwert (vgl. ZAMG 2013), es handelte es sich um den zweittrockensten Juli seit Beginn der Messaufzeichnungen 1767. Deshalb mussten aufgrund von Wassermangel die Toiletten für die Tagesgäste und die Duschen für die Nachtgäste gesperrt werden.

Klimaprognosen deuten an, dass in der alpinen Region, in der sich die Rax befindet, die Niederschläge aufgrund des Klimawandels bis 2100 im Jahresschnitt um zwei bis fünf Prozent, im Sommer sogar um fünf bis zehn Prozent abnehmen werden (vgl. ZAMG 2015). Dies könnte für Berghütten wie das Karl-Ludwig-Haus, die ihren Bedarf über Niederschläge decken, trotz verhältnismäßig großer Wasserzisternen zunehmend ein Problem darstellen.

Dies ist auch insofern zu bedenken, als Prognosen aufgrund des Klimawandels eine Rückkehr der Sommerfrische und einen Trend zu steigendem Sommer-Bergtourismus sehen (vgl. BMWFW 2012: 12; ALPCONV 2013: 59) – sprich zu erwarten ist, dass mehr Menschen auf Berge wandern gehen werden.

Zwar hat die Korrelationsanalyse gezeigt, dass der Einfluss des Niederschlags auf den Pegelstand höher als jener des Wasserverbrauchs ist, jedoch war das Jahr 2014 im Rückblick „ein sehr überdurchschnittlich niederschlagsreiches Jahr. Verglichen mit dem klimatologischen Mittel fiel um insgesamt 13 Prozent mehr Niederschlag“ (vgl. ZAMG 2014c).

Dabei ist für trockenere Saisonen zu erwarten, dass es sich genau umgekehrt verhält, weil ein inverser Zusammenhang hinsichtlich der Relevanz der Einflussgrößen wahrscheinlich ist: Je niederschlagsreicher, desto größer der naturale Einfluss, je trockener, desto größer der sozio-ökonomische Einfluss. Schließlich dürfen selbst 60 Kubikmeter Wasser ohne regelmäßigen Input bei konstant hohem Verbrauch als Reserve nicht überschätzt werden und zweitens gehen in trockenen Zeiten tendenziell mehr Menschen wandern und besuchen Berghütten wie das Karl-Ludwig-Haus, wodurch deren Wasserverbrauch zusätzlich steigt.

Insofern sollte der Fokus weiterhin auf nachhaltiger und sparsamer Ressourcennutzung liegen – dabei muss insbesondere der Wasserbedarf von Hütten im Karstgebiet im Auge behalten werden.

6.2.3. Forschungslücken

Fünf Forschungslücken oder blinde Flecken, die Anlass für weitere Untersuchungen sein könnten und Schwachstellen dieser Arbeit darstellen, können identifiziert und müssen festgehalten werden:

Erstens wurde die An- und Abreise des Personals nicht protokolliert, weshalb kein Wissen über die daraus resultierenden Emissionen besteht.

Zweitens wurde nicht quantifiziert, in welchem Ausmaß die verwendeten Nahrungsmittel zur Treibhausgasbilanz beitragen – dieses darf nicht unterschätzt werden.

Drittens ist der Carbon Footprint der Gäste nicht vollständig, weil die Raxseilbahn nicht inkludiert werden konnte. Deshalb dürfte insbesondere der CO₂-Fußabdruck der Nachtgäste geringfügig höher als berechnet sein.

Viertens lassen sich aufgrund des knappen Fragebogens keine demographischen Schlüsse ziehen – also ob beispielsweise jüngere WanderInnen oder einkommensstärkere BesucherInnen andere Anreisemuster haben als ältere oder einkommensschwache. Das ist insbesondere hinsichtlich der Bewerksstellung eines Modal Shift bedauerlich, weil durch diese Daten vielleicht Rückschlüsse auf die Voraussetzungen für einen Wechsel von privater auf öffentliche Anreise gewonnen werden könnten.

Fünftens besteht hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl und der zurückgelegten Kilometer von Tagesgästen unter der Woche mangelhaftes Wissen. Es besteht durchaus Anlass zur Annahme, dass deren Anreisekilometer unter der Woche deutlich niedriger als am Wochenende sind, da wohl, was auch der Wirt bestätigt, vermehrt Leute aus der Region das Karl-Ludwig-Haus besuchen.

Diese Schwachstellen könnten und sollten mögliche zukünftige Analysen beseitigen, um Nachhaltigkeit im Bergtourismus forcieren zu können.

Hierfür braucht es solide Vergleichsstudien, die Berghütten mit anderen Charakteristika (hinsichtlich Größe, Lage, Standort, Ausstattung, Anbindung an den öffentlichen Verkehr,...) einbeziehen, um verallgemeinerbare Erkenntnisse gewinnen zu können.

6.3. Konklusion

Im Allgemeinen hat die Arbeit ihr Ziel erreicht und einen Beitrag zur Frage, wie nachhaltig Bergtourismus ist, geleistet, darüber hinaus aufschlussreiche sowie Anlass zu Handlungen gebende Erkenntnisse aufgeworfen.

Für das Karl-Ludwig-Haus lässt sich klar festhalten, dass sich der Betrieb der Hütte sehr nachhaltig gestaltet, die Anreise ihrer Gäste jedoch nicht – wenngleich in dieser Arbeit das Potenzial, das in der Wahl öffentlicher Verkehrsmittel liegt, klar bestätigt und quantifiziert worden ist.

Im Mobilitätsverhalten liegt das größte Reduktionspotenzial, um Bergtourismus nachhaltiger zu gestalten. Diese Erkenntnis dürfte generelle Gültigkeit für Berghütten besuchende Gäste haben, denn die Anreise wird im Allgemeinen stets emissionsintensiver als der Betrieb einer Berghütte sein – zumindest solange die überwiegende Zahl von Gästen den PKW zur Anreise nutzt.

Als Nachhaltigkeitsformel für Bergtourismus gilt daher: Kürzer anzureisen, vermehrt öffentlich, falls privat, möglichst große Fahrgemeinschaften bilden und längere Aufenthalte statt Tagesausflug.

Aufgrund der relativen Nähe zu Wien und der grundsätzlich guten öffentlichen Anbindung besteht für die Rax großes Potenzial für nachhaltige Mobilität und nachhaltigen Bergtourismus – das derzeit eher noch brach liegt, weil Spielraum ungenutzt bleibt, Anreize nicht geschaffen und Angebote kaum propagiert werden.

Dabei wird es vor allem in naher Zukunft aus Wettbewerbsgründen immens wichtig sein, dass alpine Destinationen wie die Wiener Hausberge es schaffen, „effiziente,

bezahlbare und integrierte öffentliche Verkehrsdienstleistungen von den Herkunftsorten ihrer wichtigsten Kundengruppen zu den Zielorten anzubieten“ (ALPCONV 2013: 59).

Freilich haben öffentlich Anreisende nicht dieselben Freiheiten wie privat Anreisende – aber durchaus andere. So eröffnen sich etwa Möglichkeiten für Rundwanderungen und Rax-Überschreitungen, denn öffentlich Anreisende müssen im Gegensatz zu privat Anreisenden nicht mehr zum Ausgangspunkt ihrer Wanderung zurückkehren. Etwaige Einschränkungen und Abhängigkeiten, etwa von Busverbindungen, müssen minimiert werden.

Dabei ist insbesondere der Übergang vom Nah- auf den Fernverkehr möglichst friktionsfrei zu gestalten, weil, wie die Arbeit bestätigt hat, die Nutzung von Bahn und Bus sehr eng aneinander gekoppelt ist. Deshalb sind zwei Dinge für öffentlich Anreisende wichtig (vgl. ebda.): das Vorhandensein von Direktverbindungen sowie ein reibungsloser Übergang vom Fern- zum Nahverkehr – sprich keine großen Schwierigkeiten beim Ticketkauf sowie keine langen Wartezeiten.

Zudem hat die Analyse gezeigt, dass auch die Tageslänge eine Rolle bei der Verkehrsmittelwahl spielt, weshalb Busfahrpläne diese durch Einführung eines Busses gegen Tagesende hin berücksichtigen sollten (vgl. VAVÖ 2011) – was auf die Buslinie Payerbach – Preiner Gscheid im Übrigen zutrifft (vgl. Retter-Linien 2015).

Im Tourismusprotokoll der Alpenkonvention steht, dass die Alpenstaaten Initiativen unterstützen, „welche die Erreichbarkeit touristischer Orte [...] mit öffentlichen Verkehrsmitteln und die Benutzung solcher Verkehrsmittel durch die Touristen fördern sollen“ (Haßlacher 2000: 62).

Reichenau könnte sich mit seinem diesbezüglichen Potenzial als eines von zwanzig österreichischen Bergsteigerdörfern durchaus als Vorreiter eines nachhaltigen Bergtourismus profilieren.

Gerade für die Wiener Hausberge, die für eine, wie der Name schon sagt, urbane Klientel von Interesse sind, könnte eine Positionierung in Richtung Nachhaltigkeit Aufschwung bringen.

Darüber hinaus wäre es wünschenswert, wenn alle alpinen Vereine wie etwa auch der ÖTK die Potenziale öffentlicher Anreise erkennen, Bewusstsein unter ihren Mitgliedern und Anreize für nachhaltige Mobilität schaffen – so wie es die Naturfreunde oder der Alpenverein mit Aktivierungsprogrammen oder der Herausgabe von Broschüren versuchen.

Die Umwelt zu schützen, bedeutet heute nicht mehr lediglich, seinen Müll wieder mit ins Tal zu nehmen. Das hat diese Arbeit hoffentlich klar gemacht und verdeutlicht.

Es muss wiederholt werden, dass im Saisondurchschnitt 2014 pro Öffnungstag des Karl-Ludwig-Haus mehr als eine Tonne CO₂-Emissionen durch die Anreise und den Betrieb der Hütte angefallen ist. Nun ist das Karl-Ludwig-Haus aufgrund seiner relativen Nähe zu Wien keineswegs für den gesamten Alpenraum repräsentativ, aber es sei trotzdem eingehend nochmals auf die Anzahl von rund 1 600 Vereinshütten im Alpenbogen erinnert – das Mobilitätspotenzial sowie die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen dürfen keinesfalls unterschätzt werden.

Jemand, der mit dem PKW von Wien zum Preiner Gscheid fährt, zum Karl-Ludwig-Haus aufsteigt und dort in der Sonne, an der frischen Luft, Speis und Trank genießt, sollte sich bewusst sein, dass er/sie zur Anreise soeben zwischen 15 (Diesel-PKW)

und 18 (Benzin-PKW) Kilogramm Treibhausgase emittiert hat. Mit U-Bahn, Bahn und Bus angereist, wären es nur rund 5 Kilogramm gewesen.

Durch die schiere Zahl an Gästen akkumuliert sich so das Verhalten einzelner innerhalb einer Saison auf rund 200 Tonnen Treibhausgasemissionen – lediglich für die Anreise zu einer einzigen Hütte. Im Umkehrschluss liegt es somit aber sehr wohl auch in der Hand von Individuen, etwas zu ändern.

Nachhaltigkeit mag manchmal als abstrakter Begriff gelten. Dabei verdeutlicht diese Arbeit, dass sie mitunter sehr konkret ist und verhältnismäßig einfach herstellbar sein kann.

Die Geschichte des Bergtourismus (Kapitel 2.1) hat gezeigt, dass es die Eisenbahn war, welche die Menschen einst in großer Zahl ins Gebirge gebracht hat.

Vielleicht ist es angesichts des anthropogen induzierten Klimawandels und des Versuchs, die globale Erwärmung einzudämmen, an der Zeit, sich dieser Wurzeln zu besinnen und Altes neu zu entdecken, damit zukünftige Generationen die Bergwelt ebenso genießen können wie die heutige Generation.

7. BIBLIOGRAPHIE

ADAC – Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (2014): Freizeitverkehr. ADAC-Fachinformation. München: ADAC. Abrufbar unter: https://www.adac.de/_mmm/pdf/statistik_freizeitverkehr_fi_0214_113948.pdf [10.6.2015]

Agresti, Alan/Franklin, Christine (2009): Statistics. The Art and Science of Learning from Data. 2nd edition. Upper Saddle River: Pearson Education.

ALPCONV – Ständiges Sekretariat der Alpenkonvention (2013): Nachhaltiger Tourismus in den Alpen. Alpenzustandsbericht. Innsbruck: Alpcov. (Alpensignale, Sonderserie 4).

Arlt, Herbert (2002): Realität und Virtualität der Berge. Zu neuen Aufgabenstellungen für Kulturwissenschaften im Berg-Tourismus. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S.303-319.

Artner, Richard (2004): Gefährdungspotenziale von Quellschutzgebieten infolge touristischer Nutzung, dargestellt am Beispiel der Rax. Diplomarbeit: Universität Wien.

Bätzing, Werner (2015): Die Alpen. Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft. 4., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. München: C.H.Beck.

Bayer, Gerhard et. al. (2011): Kennzahlen zum Energieverbrauch in Dienstleistungsgebäuden. Wien: Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik. Abrufbar unter: www.oegut.at/downloads/pdf/e_kennzahlen-ev-dlg_zb.pdf [29.4.2015]

Bergsteiger (keine Jahreszahl verfügbar): Alpenvereinshütten in Zahlen. Daten rund um AV-Hütten. Abrufbar unter: <http://bergsteiger.de/bergszene/huetten/alpenvereinshuetten-zahlen> [4.6.2015].

Blepp, Markus et. al. (2012): Prosa Kurzstudie Waschsalons. Entwicklung der Vergabekriterien für ein umweltschutzbezogenes Umweltzeichen. Freiburg: Öko-Institut e.V.

BMFW – Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2012): Klimawandel und Tourismus in Österreich 2030. Auswirkungen, Chancen & Risiken, Optionen & Strategien. Studien-Kurzfassung. Wien: BMFW.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2010): Grundlagenuntersuchung Freizeit- und Urlaubsmarkt Wandern. Langfassung. Berlin: BMFW. (Forschungsbericht Nr. 591)

Bourdeau, Philippe (1998): Die Alpen als Turngerät Europas. In: Internationale Alpenschutz-Kommission CIPRA (Hrsg.) (1998): 1. Alpenreport. Daten, Fakten, Probleme, Lösungsansätze. Bern/Stuttgart/Wien: Verlag Paul Haupt. S.252-259.

Brämer, Rainer (2014): Wandermotive im Zeitenwandel. Jüngere Studien kommen zu unterschiedlichen Trends. In: Wandern als Natur- und Selbsterfahrung. Studien zum sanften Natursport. Motivreihen 06/2014. Abrufbar unter: http://www.wanderforschung.de/files/motivreihen_1406262147.pdf [5.5.2015]

Braun, Otto (1992): Camillo Kronich und sein Rax-Imperium. Ein Pionier des touristischen Marketings. In: In: Kos, Wolfgang (Hrsg.) (1992): Die Eroberung der Landschaft. Semmering, Rax, Schneeberg. Katalog zur niederösterreichischen Landesausstellung Schloss Gloggnitz 1992. Wien: Falter Verlag. S. 544-549.

CAA – Club Arc Alpin (2013): Projekt „Energieeffizienz im Hüttenwesen“. Abrufbar unter: <http://www.club-arc-alpin.eu/index.php?id=100&L=3> [18.6.2015]

CIPRA – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (2011): Tourismus im Klimawandel. Ein Hintergrundbericht der CIPRA. Compact 01/2011. Schaan: CIPRA International. Abrufbar unter: <http://www.cipra.org/de/dossiers/20>

CIPRA – Commission Internationale pour la Protection des Alpes (2003): Mobilität in der Freizeit. Ein Hintergrundbericht. Schaan: CIPRA International. Abrufbar unter: <http://www.cipra.org/de/dossiers/4>

Chandellier, Antoine/Piccarreta, Julien (2013): Le nouveau refuge du goûter pas si ecole que ca. In Le Dauphiné. Abrufbar unter: <http://www.ledauphine.com/societe/2013/10/01/le-nouveau-refuge-du-gouter-pas-si-ecole-que-ca> [3.6.2015]

DAV/OeAV/AVS – Deutscher/Österreichischer/Südtiroler Alpenverein (2013): Grundsatzprogramm zum Schutz und zur nachhaltigen Entwicklung des Alpenraumes sowie zum umweltgerechten Bergsport. Abrufbar unter: http://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/natur-umwelt/Grundsatzprogramm_Webversion.pdf [17.6.2015]

DAV/OeAV/AVS – Deutscher/Österreichischer/Südtiroler Alpenverein (2007): Hütten mit Umweltgütesiegel. Die umweltfreundlichsten Schutzhütten der Alpenvereine. Abrufbar unter: http://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/bergaktiv/huetten/publikationen/umweltguetesiegelhuetten.pdf [17.6.2015]

DB – Deutsche Bahn (2013): Ökostrom im Fernverkehr der Deutschen Bahn. Abrufbar unter: http://www.dbenergie.de/dbenergie-de/ueber_dbenergie/nachhaltigkeit/oekostrom_fernverkehr.html [16.4.2015]

Diesel Service and Supply (2015): Approximative Diesel Fuel Consumption Chart. Abrufbar unter: http://www.dieselserviceandsupply.com/Diesel_Fuel_Consumption.aspx. [5.4.2015].

Dolnicar, Sara et. al. (2009): Short-haul city travel is truly environmentally sustainable. In: Tourism Management 31. S. 505-512.

Ehm, Eckart (1998): 10'000 Hütten auf dem Wasserschloss Europas. In: Internationale Alpenschutz-Kommission CIPRA (Hrsg.) (1998): 1. Alpenreport. Daten, Fakten, Probleme, Lösungsansätze. Bern/Stuttgart/Wien: Verlag Paul Haupt. S.260-264.

Energieinstitut der Wirtschaft (2010): KMU-Initiative zur Effizienzsteigerung. Begleitstudie: Kennwerte zur Energieeffizienz in KMU. Endbericht. Wien. [Auftraggeber: Klima- und Energiefonds Österreich].

EVN – Energieversorgung Niederösterreich (2012): Produktinformation Business-Tarife. Giga Wasserkraft. Abrufbar unter: http://beschaffungsportal.evn.at/getattachment/5ba0e0f8-b721-47f2-8e4eb3e7072f44ba/Produktinformation_Businesstarife.aspx [5.4.2015]

Fahrgast (2004): Stationsabstand Gleis 1. Kumuliert. Abrufbar unter: http://www.fahrgast.at/Wien_U-Bahn-Stationen.pdf [15.7.2015]

Field, Andy (2009): Discovering Statistics using SPSS. And sex and drugs and rock 'n' roll. 3rd edition. Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/Washington DC: Sage.

Filimonau, Viachaslua et. al. (2013): The carbon impact of short-haul tourism: a case study of UK travel to Southern France using life cycle analysis. In: Journal of Cleaner Production 64. S.628-638.

Fischer, Anton (2014): Sustainable Tourism. From mass tourism towards ecotourism. Bern: Haupt Verlag. UTB.

Grinzinger, Uwe (1999): Die umweltgerechte Schutzhütte. Standortbestimmung und Tätigkeitsbericht zur umweltgerechten Sanierung der Schutzhütten alpiner Vereine. Wien: Verband alpiner Vereine Österreich.

Gössling, Stefan et. al. (2005): The Eco-efficiency of Tourism. In: Ecological Economics 54, S. 417-434.

Grupp, Peter (2008): Faszination Berg. Die Geschichte des Alpinismus. Köln/Weimar/Wien: Böhlau.

Haas, Hanns (2002): Die Zurichtung der Alpen. Mensch und Berg im touristischen Zeitalter. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S.51-66.

Hanandeh, Ali Eli (2013): Quantifying the carbon footprint of religious tourism. The case of Hajj. In: Journal of Cleaner Production 52. S. 53-60.

Haßlacher, Peter (2000): Die Alpenkonvention. Eine Dokumentation. Fachbeiträge des Österreichischen Alpenvereins. Innsbruck: OeAV. (Alpine Raumordnung, Nr. 17).

HBEFA – Handbook on Emission Factors (2015). Online Version. Abrufbar unter: <http://www.hbefa.net/e/index.html> [20.4.2015]

Hoffmann, Robert (2002): Die touristische Erschließung des Salzburger Gebirgslandes im 19. und frühen 20. Jahrhundert. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S. 67-86.

Hörnlihütte (2015): Hörnlihütte 2015. Projekt. Zermatt. Abrufbar unter: http://www.hoernlihuette.ch/UserFiles/files/HoeHue_Projektdok_13_ger_ePub.pdf [19.6.2015]

IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change (2014): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC – Intergovernmental Panel On Climate Change (2013): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Juvan, Emil/Dolnicar, Sara (2013): Can tourists easily choose a low carbon footprint vacation? In: Journal of Sustainable Tourism 22 (2). S. 175-194.

Kaltschmitt, Martin/Streicher, Wolfgang (2009): Regenerative Energien in Österreich. Grundlagen, Systemtechnik, Umweltaspekte, Kostenanalyse, Potenziale, Nutzung. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kos, Wolfgang (Hrsg.) (1992): Die Eroberung der Landschaft. Semmering, Rax, Schneeberg. Katalog zur niederösterreichischen Landesausstellung Schloss Gloggnitz 1992. Wien: Falter Verlag.

Kos, Wolfgang (1991): Über den Semmering. Kulturgeschichte einer künstlichen Landschaft. 2. Auflage. Wien: Edition Tusch.

Kühnel, Steffen/Krebs, Dagmar (2007): Statistik für die Sozialwissenschaften. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 4. Auflage. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.

Lederer, Jakob et. al. (2010): Vom Ökologischen Fußabdruck zum Ressourcen- und Umweltmanagement am Beispiel der Wiener Linien. Arbeitspaket 1: Ökologischer Fußabdruck der U2 Verlängerung. TU Wien. Auftraggeber: Wiener Linien. Abrufbar unter: http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_190027.pdf [15.7.2015]

Luger, Kurt/Rest, Franz (2002): Der Alpentourismus. Konturen einer kulturell konstruierten Sehnsuchtslandschaft. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie

und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S. 11-46.

Meier, Ruedi (2002): Strategien für einen nachhaltigen Freizeit- und Tourismusverkehr. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S. 357-388.

Menz, Verena (2008): Umwelttechnik für alpine Berg- und Schutzhütten. Hintergrundwissen, Tipps und Beispiele aus der Praxis. München: Bergverlag Rother.

Naturfreunde Österreich (2012): Umsteigen vorm Aufsteigen. Hüttenatlas. Ohne Auto zu 94 Naturfreunde-Hütten in den schönsten Regionen Österreichs. 2., aktualisierte Auflage. Wien: Naturfreunde Österreich.

ÖBB – Österreichische Bundesbahnen (2015): Grüner Strom aus Wasserkraft. Abrufbar unter: <http://blog.oebb.at/csr/umwelt/klimaschutz/gruenstrom/> [10.3.2015]

ÖBB – Österreichische Bundesbahnen (2012): Mit der Bahn klimabewusst unterwegs. CO-Bilanz 2012. Abrufbar unter: <http://blog.oebb.at/csr/umwelt/klimaschutz/co2bilanz/> sowie: https://www.oebb.at/holding/de/Das_Unternehmen/Nachhaltigkeitsbericht/_data/OEBB_NB_Schautafeln.pdf [8.3.2015]

OeAV – Österreichischer Alpenverein (2015): Bergtouren mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Gute Beispiele. Abrufbar unter: http://www.alpenverein.at/portal/natur-umwelt/SanfteMobilitaet_Beispieler.php [26.5.2015]

OeAV – Österreichischer Alpenverein (2011): Zugang zu umweltfreundlicher Mobilität bei Freizeitaktivitäten. Telefonische Umfrage unter 950 Mitgliedern und 120 Tourenführern des OeAV. Abrufbar unter: http://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/natur-umwelt/Z1771-Alpenverein-Grafiken-Gesamt.pdf [5.5.2015]

OeAV – Österreichischer Alpenverein (2009): Aktivierungsprogramm. Umweltfreundliche Reise in die Berge. Abrufbar unter: http://www.alpenverein.at/portal/natur-umwelt/sanfte_mobilitaet/Aktivierungsprogramm.php. [8.6.2015]

OeAV – Österreichischer Alpenverein (2006): Hütten mit Umweltgütesiegel. Die umweltfreundlichsten Schutzhütten der Alpenvereine. Abrufbar unter: https://www.alpenverein.at/portal_wAssets/docs/berg-aktiv/huetten/publikationen/umweltguetesiegelhuetten.pdf [10.6.2015]

Praschinger, Harald (1992): Die Eisenbahningenieure kennen kein Hindernis. Planung und Bau der Semmeringbahn. In: Kos, Wolfgang (Hrsg.) (1992): Die Eroberung der Landschaft. Semmering, Rax, Schneeberg. Katalog zur

niederösterreichischen Landesausstellung Schloss Gloggnitz 1992. Wien: Falter Verlag. S. 489-502.

Preslmayr, Michael (1994): Die Entwicklung des Alpinismus im Rax- und Schneeberggebiet von den Anfängen bis zur Gegenwart. Diplomarbeit: Universität Wien.

Quack, Heinz-Dieter/Eisenstein, Bernd (2014): Wanderstudie. Der deutsche Wandermarkt 2014. Projekt M. Abrufbar unter: <http://www.projectm.de/project-m/downloads/project-m-wanderstudie-der-deutsche-wandermarkt-2014.pdf> [5.5.2015]

Rapp, Christian (1992): Die Urbanisierung des Gebirges. Die Rax 1870 – 1930. In: Kos, Wolfgang (Hrsg.) (1992): Die Eroberung der Landschaft. Semmering, Rax, Schneeberg. Katalog zur niederösterreichischen Landesausstellung Schloss Gloggnitz 1992. Wien: Falter Verlag. S. 536-543.

Reinhardt, Guido A. (1993): Energie- und CO₂-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe: theoretische Grundlagen und Fallstudie Raps. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg.

Retter-Linien (2015): Fahrplan. Payerbach – Hirschwang – Preiner Gscheid. Abrufbar unter: http://www.retter-linien.at/fileadmin/user_upload_linien/Fahrplaene_2015/1748.pdf [27.6.2015]

Saner, Dominik (2006): Energieflussanalysen moderner Berghütten. Das Schiestlhaus am Hochschwab als Ideengeber für die neue Monte-Rosa-Hütte. Bachelorarbeit: ETH Zürich.

Scharfe, Martin (2007): Berg-Sucht. Eine Kulturgeschichte des frühen Alpinismus 1750- 1850. Köln/Weimar/Wien: Böhlau.

Siegrist, Dominik (2002): Das Tourismusprotokoll der Alpenkonvention. Zugpferd für eine integrative Tourismusentwicklung im Alpenraum. In: Luger, Kurt/Rest, Franz (Hrsg.) (2002): Der Alpentourismus. Entwicklungspotenziale im Spannungsfeld von Kultur, Ökonomie und Ökologie. Innsbruck: Studien Verlag. (Reihe: Tourismus. Transkulturell und Interdisziplinär, Band 5). S.337-355.

Statistik Austria (2013): Kraftfahrzeuge. Kfz-Bestand 2013. Abrufbar unter: http://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraftfahrzeuge_-_bestand/index.html [6.3.2015]

Umweltbundesamt Deutschland (2015): Methan-Emissionen. Entwicklung in Deutschland seit 1990. Abrufbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/methan-emissionen> [23. 5.2015]

Umweltbundesamt Österreich (2014a): Ökobilanz alternativer Antriebe. Elektrofahrzeuge im Vergleich. Wien: Umweltbundesamt Österreich.

Umweltbundesamt Österreich (2014b): Berechnung von Treibhausgas-Emissionen verschiedener Energieträger. Abrufbar unter: <http://www5.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.htm> [23.5.2015]

Umweltbundesamt Österreich (2014c): Klimaschutzbericht 2014. Report. Wien: Umweltbundesamt Österreich.

Umweltbundesamt Österreich (2014d): Effiziente Nutzung von Holz. Kaskade versus Verbrennung. Report. Wien: Umweltbundesamt Österreich.

Umweltbundesamt Österreich (2013): 10. Umweltkontrollbericht. Kapitel Tourismus. Wien: Umweltbundeamt Österreich. S. 227-243.

Umweltbundesamt Österreich (2012): Emissionsfaktoren für Verkehrsmittel. Für Personenkilometer abrufbar unter: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/verkehr/1_verkehrsmittel/EKZ_Pkm_Tkm_Verkehrsmittel.pdf
Für Fahrzeugkilometer abrufbar unter: http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/verkehr/1_verkehrsmittel/EKZ_Fzkm_Verkehrsmittel.pdf [10.3.2015]

Umweltbundesamt Österreich (2009): Erreichbarkeiten alpiner Tourismusstandorte mit dem öffentlichen Verkehr aus bedeutenden Großstädten Europas. Nationale Studie Österreich. Report. Wien: Umweltbundesamt Österreich.

Umweltbundesamt Österreich (2001): 6. Umweltkontrollbericht. Kapitel Verkehr. Wien: Umweltbundesamt Österreich. S. 437-507.

UNEP – United Nations Environment Programme (2011) Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. Fischer-Kowalski, M. et.al.. Abrufbar unter: http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf

UNWTO – World Tourism Organization (2011): International tourists to hit 1.8 billion by 2030. Abrufbar unter: <http://media.unwto.org/en/press-release/2011-10-11/international-tourists-hit-18-billion-2030> [16.6.2015]

UNWTO – World Tourism Organization (2007): Understanding Tourism. Basic Glossary. Abrufbar unter: <http://media.unwto.org/en/content/understanding-tourism-basic-glossary> [24.6.2015]

UNWTO/UNEP –World Tourism Organization/ United Nations Environmental Programme (2008): Climate Change and Tourism. Responding to Global Challenges. Madrid: UNWTO. Abrufbar unter: <http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/climate2008.pdf>

VAVÖ – Verband alpiner Vereine Österreichs (2013): Zahlen, Daten, Fakten. Abrufbar unter: <http://vavoe.at/verband> [10.6.2015]

VAVÖ – Verband alpiner Vereine Österreichs (2011): Verbesserte Busverbindungen in der Rax-Schneeberg-Semmering-Wechsel-Region. Abrufbar unter: <http://vavoe.at/wp-content/uploads/2011/08/Verbesserte-Busverbindungen-Retterlinien.pdf> [27.6.2015]

VCÖ – Verkehrsclub Österreich (2014): Österreichs Autofahrer fahren immer weniger Kilometer. Abrufbar unter: <http://www.vcoe.at/de/presse/aussendungen-archiv/details/items/vcoe-oesterreichs-autofahrer-fahren-immer-weniger-kilometer> [4.4.2015]

Wiener Linien (2014): Der ökologische Fußabdruck im Verkehr. Abrufbar unter: https://www.wienerlinien.at/media/files/2014/wl_oekologischer_fussabdruck_54089.pdf [15.3.2015]

Wiener Stadtwerke (2013): Geschäftsbericht 2013. Abrufbar unter: http://www.wienerstadtwerke.at/media/files/2014/wiener%20stadtwerke%20geschäftsbericht%202013_126301.pdf [8.4.2015]

Wittenwiler, Mathias (2006): Energieflussanalyse der Monte-Rosa-Hütte. Bewertung der Energieverbräuche pro Gast für Szenarien verschiedener Wandertypen. Bachelorarbeit: ETH Zürich.

WKO – Wirtschaftskammer Österreich (2014): Tourismus und Freizeitwirtschaft in Zahlen. Österreichische und Internationale Tourismus- und Wirtschaftsdaten. 50. Ausgabe. Wien: Eigenverlag WKO.

WKO – Wirtschaftskammer Österreich (2009): Energiemanagement in der Hotellerie und Gastronomie. Ein Leitfaden. Wien: Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend. Fachverband Hotellerie. Fachverband Gastronomie.

Yang, Zhonghong et.al. (2014): Estimating Carbon Emission of Tourism Transportation and Accommodation in China. In: Advanced Materials Research (962-965). S.1327-1331.

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2015): Niederschlagszenarien globaler Modelle im Alpenraum bis 2100. Regionale Klimamodellsimulationen bis 2100 im Alpenraum. Abrufbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel/klimazukunft/alpenraum/niederschlag> [24.5.2015]

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2014a): Auf- und Untergangszeiten von Sonne und Mond. Ephemeriden in Wien für das Jahr 2014. Abrufbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/ephemeriden/wien?jahr=2014> [16.4.2015]

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2014b):
Jahresrückblick 2014. Abrufbar unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick> [13.6.2015]

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2014c):
Wetterrückblick 2014. Das Jahr 2014 im Detail. Abrufbar unter:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick/wetterrueckblick/?jahr=2014&monat=GJ> [24.5.2015]

ZAMG – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2013):
Monatsrückblick. Juli 2013. Abrufbar unter:
<https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/Monatsrueckblick/niederschlagssummenabweichung/?jahr=2013&monat=07> [24.5.2015]

Band 1

Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2

Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989. Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3

Umwelt & Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)

Band 4

Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte. Lackner, C. (1990)

Band 5

Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M., Kissler, M., Payer, H., Steurer A. (1990)

Band 6

Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen. Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7

Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich. Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steurer, A. (1990)

Band 8

Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)

Band 9

A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Dell'Mour, R., Fleissner, P., Hofkirchner, W.; Steurer A. (1991)

Band 10

Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steurer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11

Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991)

Band 12

Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13

Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steurer, A. (1991)

Band 14

Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15

Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16

Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17

Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steurer, A. (1991)

Band 18

Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991. Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19

Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20*

Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steurer, A. (1991)

Band 22

A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23

Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24

Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)



Band 25

Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26

Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992)

Band 28

Naturschutzaufwendungen in Österreich. Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29

Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region. Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992: Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31

Leerzeichen. Neuere Texte zur Anthropologie. Macho, T. (1993)

Band 32

Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33

Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993)

Band 34

Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994)

Band 35

Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994)

Band 36

Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37

Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38

Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39

Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa. Macho, T. (1994)

Band 40

On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41

Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen. Rauch, F. (1994)

Band 42

Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43

Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995)

Band 44

Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45

National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W., Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46

Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature. Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47

Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen. Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48

Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky. A. Thompson, M. (1997)

Band 49

Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+

Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998)

Band 51+

Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+

Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+

NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+

Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
<http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm>
Im PDF-Format und in Farbe downloadbar.

Band 55+

Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng. Grünbühel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+

Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+

Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft. Erb, K. H. (1999)

Band 59+

Das Leitbild "Nachhaltige Stadt". Astleithner, F. (1999)

Band 60+

Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik. Weisz, B. U. (2001)

Band 61+

Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs. Hutter, D. (2001)

Band 62+

Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+

Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development. Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M. (2002)

Band 64+

Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Darge, E. (2002)

Band 65+

Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.;Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+

Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität. Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzar, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+

Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002)

Band 68+

Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Gaube, V. (2002)

Band 69+

The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+

Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000. Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+

Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrian Villages in Comparison. Krausmann, F. (2008)

Band 73+

Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP. Schandl, H., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+

Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+

Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+

The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+

Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005)

Band 78+

Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich. Lauk, C. (2005)

Band 79+

Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Machold, P. (2005)

Band 80+

Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island. Wildenberg, M. (2005)

Band 81+

Southeast Asia in Transition. Socio-economic transitions, environmental impact and sustainable development. Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Grünbühel, C., Haas, W., Erb, K.H., Weisz, H., Haberl, H. (2004)

Band 83+

HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen. Lauk, C. (2006)

Band 84+

Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeitlhofer, M. (2006)

Band 85+

Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+

Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Weisz, H. (2006)

Band 88+

Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).

Rainer, G. (2006)

Band 89+

Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005. Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+

Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam. Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+

Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos. Hirsch, H. (2006)

Band 92+

Human appropriation of net primary production (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis. Kastner, T. (2007)

Band 93+

Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+

The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+

Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes. Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+

Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich. Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 98+

Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines. Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis. Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+

Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases. Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+

Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis. Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +

Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klima-politik zu verstehen. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+

Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse. Lackner, M.; Wien (2008)

Band 104+

Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer. Weis, E.; Wien (2008)

Band 105+

Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen. Paler, M.; Wien (2008)

Band 106+

Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells. Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+

Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000. Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+

Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie. Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+

Direktvermarktung in Reichraming aus sozial-ökologischer Perspektive. Zeitlhofer, M.; Wien (2008)

Band 110+

CO₂-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+

Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie. Bruckner, M.; Wien (2008)

Band 112+

Von Kommunikation zu materiellen Effekten - Ansatzpunkte für eine sozial-ökologische Lesart von Luhmanns Theorie Sozialer Systeme. Rieder, F.; Wien (2008)

Band 114+

Across a Moving Threshold: energy, carbon and the efficiency of meeting global human development needs. Steinberger, J. K., Roberts, J.T.; Wien (2008)

Band 115

Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Ayres, R.U.; Wien (2010)

Band 116+

Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study. Erb, K-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C., Steinberger, J.K., Müller, C., Bondeau, A., Waha, K., Pollack, G.; Wien (2009)

Band 117+

Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 118+

Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysikalischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. Mayer, A.; Wien (2010)

Band 119+

Das nachhaltige Krankenhaus: Erprobungsphase. Weisz, U., Haas, W., Pelikan, J.M., Schmied, H., Himpelmann, M., Purzner, K., Hartl, S., David, H.; Wien (2009)

Band 120+

LOCAL STUDIES MANUAL
A researcher's guide for investigating the social metabolism of local rural systems. Singh, S.J., Ringhofer, L., Haas, W., Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 121+

Sociometabolic regimes in indigenous communities and the crucial role of working time: A comparison of case studies. Fischer-Kowalski, M., Singh, S.J., Ringhofer, L., Grünbühel C.M., Lauk, C., Remesch, A.; Wien (2010)

Band 122+

Klimapolitik im Bereich Gebäude und Raumwärme. Entwicklung, Problemfelder und Instrumente der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz. Jöbstl, R.; Wien (2012)

Band 123+

Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Weisz, U.; Wien (2011)

Band 125+

Raw Material Equivalents (RME) of Austria's Trade. Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F., Weisz, H.; Wien (2013)

Band 126+

Masterstudium "Sozial- und Humanökologie": Selbstevaluation 2005-2010. Schmid, M., Mayer A., Miechtner, G.; Wien (2010)

Band 127+

Bericht des Zentrums für Evaluation und Forschungsberatung (ZEF). Das Masterstudium „Sozial- und Humanökologie“. Mayring, P., Fenzl, T.; Wien (2010)

Band 128+

Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Gierlinger, S.; Wien (2010)

Band 129+

Die Verzehrssteuer 1829 – 1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien. Hauer, F.; Wien (2010)

Band 130+

Human Appropriation of Net Primary Production in South Africa, 1961- 2006. A socio-ecological analysis. Niedertscheider, M.; Wien (2011)

Band 131+

The socio-metabolic transition. Long term historical trends and patterns in global material and energy use. Krausmann, F. (Editor); Wien (2011)

Band 132+

„Urlaub am Bauernhof“ oder „Bauernhof ohne Urlaub“? Eine sozial-ökologische Untersuchung der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung und Zeitverwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Gemeinde Andelsbuch, Bregenzerwald. Winder, M.; Wien (2011)

Band 133+

Spatial and Socio-economic Drivers of Direct and Indirect Household Energy Consumption in Australia. Wiedenhofer, D.; Wien (2011)

Band 134+

Die Wiener Verzehrungssteuer. Auswertung nach einzelnen Steuerposten (1830 – 1913). Hauer, F., Gierlinger, S., Nagele, C., Albrecht, J., Uschmann, T., Martsch, M.; Wien (2012)

Band 135+

Zeit für Veränderung? Über die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung und Zeitverwendung in landwirtschaftlichen Betrieben und deren Auswirkungen auf Landnutzungsveränderungen in der Region „Westlicher Wienerwald“. Eine sozial-ökologische Untersuchung. Madner, V.; Wien (2013)

Band 136+

The Impact of Industrial Grain Fed Livestock Production on Food Security: an extended literature review. Erb, K-H., Mayer, A., Kastner, T., Sallet, K-E., Haberl, H.; Wien (2012)

Band 137+

Human appropriation of net primary production in Africa: Patterns, trajectories, processes and policy implications. Fetzel, T., Niedertscheider, M., Erb, K-H., Gaube, V., Gingrich, S., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C.; Wien (2012)

Band 138+

VERSCHMUTZT – VERBAUT – VERGESSEN: Eine Umweltgeschichte des Wienflusses von 1780 bis 1910. Pollack, G.; Wien (2013)

Band 139+

Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010. Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. Willerstorfer, T.; Wien (2013)

Band 140+

Veränderungen im sektoralen Energieverbrauch ausgewählter europäischer Länder von 1960 bis 2005. Draxler, V.; Wien (2014)

Band 141+

Wie das ERP (European Recovery Program) die Entwicklung des alpinen, ländlichen Raumes in Vorarlberg prägte. Groß, R.; Wien (2013)

Band 142+

Exploring local opportunities and barriers for a sustainability transition on a Greek island. Petridis, P., Hickisch, R., Klimek, M., Fischer, R., Fuchs, N., Kostakiotis, G., Wendland, M., Zipperer, M., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2013)



Band 143+

Climate Change Mitigation in Latin America: A Mapping of Current Policies, Plans and Programs. Ringhofer, L., Singh, S.J., Smetschka, B.; Wien (2013)

Band 144+

Arbeitszeit und Energieverbrauch: Grundsatzfragen diskutiert an der historischen Entwicklung in Österreich. Weisz, U., Possanner, N.; Wien (2013)

Band 145+

Barrieren und Chancen für die Realisierung nachhaltiger Mobilität. Eine Analyse der Zeitabhängigkeit von Mobilitätsmustern am Beispiel von Krems/Donau. Gross, A.; Wien (2013)

Band 147+

The rise of the semi-periphery: A physical perspective on the global division of labour. Material flow analysis of global trade flows (1970-2005). Loy, C.; Wien (2013)

Band 148+

Historische Energietransitionen im Ländervergleich. Energienutzung, Bevölkerung, Wirtschaftliche Entwicklung. Pallua, I.; Wien (2013)

Band 149+

Socio-Ecological Impacts of Land Grabbing for Nature Conservation on a Pastoral Community: A HANPP-based Case Study in Ololosokwan Village, Northern Tanzania. Bartels, L. E.; Wien (2014)

Band 150+

Teilweise waren Frauen auch Traktorist. Geschlechtliche Arbeitsteilung in landwirtschaftlichen Betrieben Ostdeutschlands heute – Unterschiede in der biologischen und konventionellen Bewirtschaftung. Fehlinger, J.; Wien (2014)

Band 151+

Economy-wide Material Flow Accounting Introduction and guide. Krausmann, F., Weisz, H., Schütz, H., Haas, W., Schaffartzik, A.; Wien (2014)

Band 152+

Large scale societal transitions in the past. The Role of Social Revolutions and the 1970s Syndrome. Fischer-Kowalski, M., Hausknost, D. (Editors); Wien (2014)

Band 153+

Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914). Mayrhofer, I.; Wien (2014)

Band 154+

Environmentally Extended Input-Output Analysis. Schaffartzik, A., Sachs, M., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N.; Wien (2014)

Band 155+

Rural Metabolism: Material flows in an Austrian village in 1830 and 2001. Haas, W., Krausmann, F.; Wien (2015)

Band 156+

A proposal for a workable analysis of Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems. Part I: Analytical approach. Tello, E., Galán, E., Cunfer, G., Guzmán-Casado, G.I., Gonzales de Molina, M., Krausmann, F., Gingrich, S., Sacristán, V., Marco, I., Padró, R., Moreno-Delgado, D.; Wien (2015)

Band 157+

Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Landwirtschaft und Landnutzung in der LEADER Region Mostviertel-Mitte. Riegler, M.; Wien (2014)

Band 158+

Ökobilanzierung im Zierpflanzenbau. Treibhausgasemissionen der Produktion von Zierpflanzen am Beispiel eines traditionellen Endverkaufsbetriebs in Österreich. Wandl, M. T.; Wien (2015)

Band 159+

CO₂-Emissionen und Ressourcennutzung im Bergtourismus. Zur Frage der nachhaltigen Bewirtschaftung einer alpinen Schutzhütte und des Carbon Footprint ihrer Gäste. Fink, R.; Wien (2015)