



Klimaschutz und bessere Luftgüte durch erneuerbare Energien: Fallbeispiel Fernwärme der Stadt Lienz

Felix Paul Papsch

Juni 2005

in Zusammenarbeit mit der
Umweltabteilung der Stadt Lienz

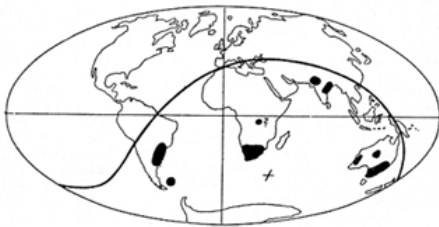


Wegener Center
www.wegcenter.at



Das **Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel** vereint als interdisziplinäres und international orientiertes Forschungszentrum die Kompetenzen der Karl-Franzens-Universität Graz im Forschungsbereich "Klimawandel, Umweltwandel und Globaler Wandel". Forschungsgruppen und ForscherInnen aus Bereichen wie Geo- und Klimaphysik, Meteorologie, Volkswirtschaftslehre, Geographie und Regionalforschung arbeiten in unmittelbarer Campus-Nähe unter einem Dach zusammen. Gleichzeitig werden mit vielen KooperationspartnerInnen am Standort, in Österreich und international enge Verbindungen gepflegt. Das Forschungsinteresse erstreckt sich dabei von der Beobachtung, Analyse, Modellierung und Vorhersage des Klima- und Umweltwandels über die Klimafolgenforschung bis hin zur Analyse der Rolle des Menschen als Mitverursacher, Mitbetroffener und Mitgestalter dieses Wandels. Das Zentrum für rund 30 ForscherInnen wird vom Geophysiker Gottfried Kirchengast geleitet; führender Partner und stellvertretender Leiter ist Volkswirt Karl Steininger. (genauere Informationen unter www.wegcenter.at)

Der vorliegende Bericht wurde im Rahmen einer im März 2005 fertiggestellten Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit der Umweltaffteilung der Stadt Lienz erarbeitet.



Alfred Wegener (1880-1930), Namensgeber des Wegener Zentrums und Gründungsinhaber des Geophysik-Lehrstuhls der Universität Graz (1924-1930), war bei seinen Arbeiten zur Geophysik, Meteorologie und Klimatologie ein brillianter, interdisziplinär denkender und arbeitender Wissenschaftler, seiner Zeit weit voraus. Die Art seiner bahnbrechenden Forschungen zur Kontinentaldrift ist großes Vorbild — seine Skizze zu Zusammenhängen der Kontinente aus Spuren einer Eiszeit vor etwa 300 Millionen Jahren als Logo-Vorbild ist daher steter Ansporn für ebenso mutige wissenschaftliche Wege:
Wege entstehen, indem wir sie gehen (Leitwort des Wegener Center).

Wegener Center Verlag • Graz, Austria

© 2005 Alle Rechte vorbehalten.

Auszugsweise Verwendung einzelner Bilder, Tabellen oder Textteile bei klarer und korrekter Zitierung dieses Berichts als Quelle für nicht-kommerzielle Zwecke gestattet. Verlagskontakt bei allen weitergehenden Interessen: wegcenter@uni-graz.at.

ISBN 3-200-00407-X

Juni 2005

*Kontakt: Mag. Felix Papsch
felix.papsch@gmx.at*

Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel
Karl-Franzens-Universität Graz
Leechgasse 25
8010 Graz, Austria
www.wegcenter.at

**Klimaschutz und bessere Luftgüte durch
erneuerbare Energien:
Fallbeispiel Fernwärme der Stadt Lienz**



Felix Paul Papsch

**Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades eines Magisters der
Naturwissenschaften an der Karl-Franzens-Universität Graz**

**Unter Betreuung von
Univ.-Prof. Dr. Gottfried Kirchengast (Universität Graz) und
Oskar Januschke (Umweltabteilung der Stadt Lienz)**

Vorwort

Die Fernwärme der Stadt Lienz weist eine aktuelle Technologie für zukunftsorientierte Maßnahmen vom regionalen Umweltschutz bis hin zum weltweiten Klimaschutz auf. Es war mir ein Anliegen, in dieser Arbeit das Einsparungspotential dieser Art der Wärme- und Strombereitstellung in Bezug auf Emissionen auszuarbeiten und aufzuzeigen. Durch die Energieversorgung meiner Heimatstadt konnte ich persönlich vor Ort viele Eindrücke gewinnen.

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Gottfried Kirchengast, der für mein gewünschtes Thema die Betreuung an der Karl-Franzens-Universität Graz übernommen und mir eine Präsentation der Ergebnisse auf der Mitteleuropäischen Biomassekonferenz am 27. und 28. Jänner 2005 in Graz ermöglicht hat.

Ich danke Herrn Oskar Januschke, der sich über die Umwelta Abteilung der Stadt Lienz mit hohem Engagement für die Bereitstellung von Daten und Informationen eingesetzt und mich bei deren Ermittlung von Lienz über Graz bis nach Wien begleitet hat.

Für die motivierende Unterstützung bei dieser Arbeit danke ich meiner Familie, meinen Verwandten und Kollegen.

Mein Dank gilt weiters der Stadt Lienz, der „Stadtwärme Lienz“ GmbH, ihren Produktions- und Zulieferbetrieben, dem Amt der Tiroler Landesregierung, der Umweltbundesamt GmbH, dem Institut für Energieforschung – Joanneum Research Graz, der Energieverwertungsagentur Österreich, der Energie Tirol, der Statistik Austria, der Bios Bioenergiesysteme GmbH und der Elco Klöckner Heiztechnik GmbH für ihre Unterstützung mit Daten und Informationen.

„Wir erben die Natur nicht von unseren Eltern, sondern wir leihen sie uns von unseren Kindern!“ (Naturforscher auf der Insel La Palma, Name nicht bekannt)

Zusammenfassung

Eine wachsende Zahl von Beobachtungen ergibt das Bild einer sich erwärmenden Welt, deren Auswirkungen auf die Menschheit immer eindeutiger hervortreten. Die mittleren Temperaturen auf der Erde werden unter anderem durch den Treibhauseffekt beeinflusst, an dem vom Menschen verursachte Treibhausgase beteiligt sind. Im globalen Klimaschutz der heutigen Zeit und im Kioto Protokoll ist die Reduktion dieser Treibhausgasemissionen eines der vorrangigsten Ziele. Neben der Steigerung der Energieeffizienz wird erneuerbaren Energieträgern eine bedeutende Rolle zugeschrieben. Zur Unterstützung dieser Ziele und zur Verbesserung der regionalen Umweltsituation hat das Klimabündnismitglied Stadtgemeinde Lienz im Jahr 2001 ein Fernheizkraftwerk auf Basis erneuerbarer Energien, insbesondere des heimischen Rohstoffs Holz, in Betrieb genommen.

In dieser Arbeit wird untersucht, ob die Emissions-Reduktionsziele in Lienz bei Betrachtung des gesamten Energieaufwandes des Fernwärmeprozesses (Holzernte, Holzbringung, Brennstofftransport, Brennstoffaufbereitung, Beschickung, Energiegewinnung, Transport und Entsorgung von Rückstandsprodukten) im Vergleich zum Energiebedarf der ersetzten Heizanlagen vor Inbetriebnahme des Fernheizwerks erreicht wurden.

Es wird aufgezeigt, dass allein am Untersuchungsobjekt, der Stadt Lienz, von rund 12.000 Einwohnern durch den Einsatz erneuerbarer Energieträger im Fernheizkraftwerk jährlich nicht weniger als 11.500 Tonnen Kohlendioxid eingespart werden (minus 89%). Die Verminderung weiterer Luftschadstoffe (minus 62% - 95%) wie auch von Staub (minus 85%) bringt eine zusätzliche Verbesserung des regionalen Klimas und eine Entlastung der regionalen Umweltsituation mit sich. Die Förderung der Waldbewirtschaftung, die Waldpflege und die Erhöhung der regionalen Wertschöpfung sind weitere positive Nebeneffekte. Den zahlreichen positiven Effekten steht, was feuerungstechnisch erklärbar ist, eine gewisse Erhöhung der Stickoxidemissionen (plus 36%) gegenüber.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	III
Zusammenfassung.....	V
Inhaltsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Abkürzungsverzeichnis.....	XV
Definitionen und Rechenfaktoren.....	XVII
Teil I Klima – ein globaler und regionaler Ausblick.....	1
1 Das globale Klima.....	3
1.1 Das Klimasystem der Erde.....	3
1.2 Natürliche Klimaschwankungen.....	5
1.3 Das Klima der letzten Jahrhunderte.....	6
1.4 Der Einfluss des Menschen.....	6
1.5 Hauptquellen von Treibhausgasmissionen.....	8
1.6 Wie wird sich das Klima weiterentwickeln?.....	8
1.7 Umweltpolitische Schutzmaßnahmen.....	9
1.8 Die Verpflichtung der EU im Kioto-Protokoll.....	10
1.9 Treibhausgasemissionen am Beispiel Österreich.....	11
1.10 Klimaschutz durch erneuerbare Energieträger.....	15
2 Das regionale Klima in Lienz.....	17
2.1 Klimawerte aus dem Lienzer Raum.....	17
2.1.1 Die Sonnenstunden.....	18
2.1.2 Die mittlere Jahrestemperatur.....	19
2.1.3 Der jährliche Niederschlag.....	19
2.1.4 Die maximalen Schneehöhen.....	21
2.1.5 Die globale Strahlung.....	21
2.1.6 Die Heizgradtage.....	22
2.1.7 Anzeichen einer regionalen Klimaänderung.....	23
2.2 Die Luftgüte in Lienz.....	25

2.2.1	Schwefeldioxid (SO ₂).....	25
2.2.2	Kohlenmonoxid (CO).....	26
2.2.3	Stickstoffdioxid (NO ₂).....	27
2.2.4	Ozon (O ₃).....	28
2.2.5	Feinstaub (PM10).....	29
2.2.6	Überschreitung von Grenz- und Zielwerten.....	30
Teil II Klima- und Umweltschutz durch Fernwärme in Lienz.....		33
3	Die „Stadtwärme Lienz“.....	35
3.1	Motive für eine Fernwärmeversorgung.....	35
3.2	Projektablauf und Ideengewinnung.....	36
3.2.1	Ausarbeitung von Lösungsansätzen.....	36
3.2.2	Das Pflichtenheft der Stadt Lienz.....	37
3.2.3	Eingereichte Projektvarianten.....	38
3.2.4	Projektfestlegung und Auftragsvergabe.....	39
3.3	Errichtung von Heizhaus und Fernwärmenetz.....	40
3.4	Das Leistungspotential des Biomassefernheizkraftwerks.....	41
3.5	Die Kunden der „Stadtwärme Lienz“.....	45
3.6	Kosten, Preise und Tarife der „Stadtwärme Lienz“.....	49
3.7	Auszeichnungen.....	50
3.8	Zukunftsaussichten.....	50
4	Emissionsanalyse der Fernwärme und der Stadt Lienz.....	53
4.1	Relevante Emissionsbereiche der „Stadtwärme Lienz“.....	53
4.1.1	Holzernte in den Wäldern.....	57
4.1.2	Transport von Biomasse.....	58
4.1.3	Aufbereitung von Biomasse zu Hackgut.....	59
4.1.4	Transport von Heizöl.....	60
4.1.5	Energiegewinnung im Biomasseheizkraftwerk.....	60
4.1.6	Transport und Entsorgung von Rückstandsprodukten.....	61
4.1.7	Betriebsinterner Energieaufwand.....	62
4.1.8	Weitere Energieeinsätze.....	62
4.1.9	Gesamtemissionen der „Stadtwärme Lienz“.....	64
4.2	Emissionsbereiche individueller Heizsysteme.....	68

4.2.1	Emissionen durch Heizanlagen	70
4.2.2	Transport von Brennstoffen	75
4.2.3	Aufbereitung der Brennstoffe	76
4.2.4	Entsorgung von Rückstandsprodukten.....	76
4.2.5	Gesamtemissionen durch individuelle Heizsysteme.....	77
5	Vergleich „Stadtwärme Lienz“ mit ersetzten Heizanlagen.....	79
5.1	Zusammenführung und Diskussion der Ergebnisse.....	79
5.1.1	Kohlendioxid.....	80
5.1.2	Kohlenmonoxid.....	81
5.1.3	Stickoxide.....	81
5.1.4	Schwefeldioxid.....	82
5.1.5	Staub.....	82
5.2	Substitution fossiler Energieträger	84
5.3	Vorteile für die heimische Forstwirtschaft.....	85
5.4	Emissions- und Kosteneinsparung anhand konkreter Beispiele	87
5.4.1	Einfamilienhaus	87
5.4.2	Wohneinheit in einem Mehrfamilienhaus.....	88
5.4.3	Öffentliches Gebäude.....	89
5.4.4	Der Beitrag jedes einzelnen Stadtwärmekunden.....	91
	Zusammenfassung der Ergebnisse	93
	Literaturverzeichnis.....	95
	Dokumentenverzeichnis (gemischte schriftliche Quellen)	99
	Internetquellen	101
	Elektronische Anwendungen	101
	Persönliche Mitteilungen	103
	Anhang	105

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beitrag relevanter Gase zum natürlichen Treibhauseffekt.....	4
Abbildung 2: Das große marine Förderband „oceanic conveyor belt“	5
Abbildung 3: Hauptquellen von global emittierten Treibhausgasen.....	7
Abbildung 4: Pro-Kopf-Emissionen der EU-15 Länder	11
Abbildung 5: Abweichung der Treibhausgasemissionen vom Kioto Ziel.....	12
Abbildung 6: Treibhausgasemissionen Österreichs	13
Abbildung 7: Anteile der Hauptverursacher in Österreich	14
Abbildung 8: Die jährliche Sonnenscheindauer in Lienz	18
Abbildung 9: Die mittleren Jahrestemperaturen in Lienz.....	19
Abbildung 10: Die mittlere Jahresniederschlagssummen in Lienz.....	20
Abbildung 11: Die jährlichen Gesamtschneehöhen in Lienz.....	21
Abbildung 12: Die jährliche Globalstrahlung in Lienz.....	22
Abbildung 13: Die jährlichen Heizgradtage in Lienz	23
Abbildung 14: Tendenz der Sommer-, Tropen, Frost- und Eistage in Lienz.....	24
Abbildung 15: Konzentrationen von Schwefeldioxid in Lienz	26
Abbildung 16: Konzentrationen von Kohlenmonoxid in Lienz.....	27
Abbildung 17: Konzentrationen von Stickstoffdioxid in Lienz.....	28
Abbildung 18: Konzentrationen von Ozon in Lienz.....	29
Abbildung 19: Konzentrationen von Feinstaub in Lienz	30
Abbildung 20: Grenz- und Zielwertüberschreitungen in Lienz.....	32
Abbildung 21: Gesamtschema des Biomassefernheizkraftwerks Lienz	41
Abbildung 22: Energiebilanz über die Biomasseanlagen	42
Abbildung 23: Schematische Darstellung der Rauchgasreinigung.....	43
Abbildung 24: Mix der Energieträger im Fernheizkraftwerk im Jahr 2003	44
Abbildung 25: Schwermetallgehalte von Asche aus dem Heizkraftwerk.....	45
Abbildung 26: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Wärmeabnehmer.....	46
Abbildung 27: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Wärmeleistung.....	47
Abbildung 28: Dimensionierung der Heizanlagen im Vergleich zum VAW	48
Abbildung 29: Baujahre der ersetzten Heizkessel	49
Abbildung 30: Emissionsbereiche der „Stadtwärme Lienz“	54

Abbildung 31: Verteilung der Lieferkontingente	57
Abbildung 32: Emissionen der „Stadtwärme Lienz“ nach Sektoren.....	67
Abbildung 33: Emissionsbereiche von individuellen Heizanlagen.....	68
Abbildung 34: Verteilung der Gesamtwärmemenge	69
Abbildung 35: Verteilung der überwiegenden Heizanlagen	71
Abbildung 37: Verteilung der Hauptenergieträger.....	72
Abbildung 38: Emissionen ersetzter Heizanlagen nach Sektoren.....	78
Abbildung 39: Auswirkung auf Emissionen durch „Stadtwärme Lienz“.....	80
Abbildung 40: PM10-Emissionen zur Erzeugung von Raumwärme	83
Abbildung 41: Staubpartikel in Lienz am 12.12. und 26.12.2002	84
Abbildung 42: Verbrauch fossiler und biogener Brennstoffe im Vergleich	85
Abbildung 43: Anteil der Baumarten in Osttirol.....	86
Abbildung 44: Berechnung des Klimaschutzbeitrags von Stadtwärmekunden	92

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ladekapazitäten von Transportmitteln.....	XVII
Tabelle 2: Rechenfaktoren für Holzsortimente.....	XVII
Tabelle 3: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen durch Biomassefeuerung.....	60
Tabelle 4: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen durch Ölfeuerung.....	61
Tabelle 5: Mehrfamilienhaus - Heizkostenaufstellung für eine Wohneinheit.....	89
Tabelle 6: Bezirksaltenheim Lienz – Kosten durch individuelle Heizanlage.....	90
Tabelle 7: Bezirksaltenheim Lienz – Kosten durch die „Stadtwärme Lienz“.....	90
Tabelle 8: Pro-Kopf-Emissionen Österreichs und weiterer Länder.....	105
Tabelle 9: Verwendete Immissionsmessgeräte in Lienz.....	106
Tabelle 10: Konzentrationen von Luftschadstoffen in Lienz.....	106
Tabelle 11: Grenz- und Zielwertüberschreitungen in Lienz.....	107
Tabelle 12: Mix der Energieträger im Biomasseheizkraftwerk.....	107
Tabelle 13: Wärmebezieher der „Stadtwärme Lienz“.....	108
Tabelle 14: Schwermetallgehalte von Asche aus dem Heizkraftwerk Lienz.....	108
Tabelle 15: Leistung der Heizanlagen im Vergleich zum VAW.....	109
Tabelle 16: Anzahl und Baujahr substituierter Heizkessel.....	109
Tabelle 17: „Stadtwärme Lienz“ - Angelieferte und verfeuerte Biomasse.....	110
Tabelle 18: Holzbringung in Osttirol.....	110
Tabelle 19: Betriebsstunden und Kraftstoffverbrauch der Holzbringung.....	110
Tabelle 20: Bezug von Biomasse aus „Holzbetrieben“.....	111
Tabelle 21: Bezug „Bäuerlichen Hackguts“.....	112
Tabelle 22: Bezug „Hackgut aus der Region“.....	113
Tabelle 23: Holztransport aus der Sammelstelle in Lavant.....	114
Tabelle 24: Zusammenfassung der Biomassetransporte.....	114
Tabelle 25: Hackgerät - Aufbereitungsrate und Kraftstoffverbrauch.....	114
Tabelle 26: Zeitaufwand und Kraftstoffverbrauch der Holzaufbereitung.....	115
Tabelle 27: Heizöltransporte für die „Stadtwärme Lienz“.....	115
Tabelle 28: Transporte von Grob- und Zyklonflugasche.....	115
Tabelle 29: Transport von Kondensatschlamm.....	115

Tabelle 30: Zusammenfassung der Transporte von Rückstandsprodukten.....	116
Tabelle 31: Emissionsfaktoren für Transportmittel und Prozessbereiche.....	116
Tabelle 32: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen nach Sektoren.....	117
Tabelle 33: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Sektoren.....	117
Tabelle 34: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung.....	117
Tabelle 35: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung der Hauptenergieträger.....	118
Tabelle 36: Ersetzte Heizanlagen - Erzeugte Wärmemengen [MWh]	118
Tabelle 37: Anzahl der Heizanlagen und beheizte Flächen im Vergleich	118
Tabelle 38: Jahresnutzungsgrade von Heizanlagen.....	119
Tabelle 39: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energiemengen [MWh]	119
Tabelle 40: Emissionsfaktoren für individuelle Heizanlagen.....	119
Tabelle 41: Emissionen individuell eingesetzter Heizanlagen	120
Tabelle 42: Verteilung von Koks- und Kohlesortimenten in Lienz	120
Tabelle 43: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energieträgermengen	120
Tabelle 44: Brennstofftransporte per Bahn	121
Tabelle 45: Brennstofftransporte per LKW.....	121
Tabelle 46: Aufwand der Holzbringung.....	121
Tabelle 47: Holzaufbereitung	121
Tabelle 48: Transport von Asche	122
Tabelle 49: Ersetzte Heizanlagen – Emissionen nach Sektoren.....	122
Tabelle 50: Ersetzte Heizanlagen – Verteilung der Sektoren.....	122
Tabelle 51: Gesamtemissionen im Vergleich.....	123
Tabelle 52: Einsatz von Brenn- und Kraftstoffen.....	123
Tabelle 53: Anteil der Baumarten in Osttirol	123
Tabelle 54: PM10-Emissionen zur Erzeugung von Raumwärme	123
Tabelle 55: Anonymisierter Auszug aus den erhobenen Bestandsdaten.....	124
Tabelle 56: „Stadtwärme Lienz“ - Zusammenfassung der Prozesse.....	125
Tabelle 57: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen einzelner Prozesse.....	126
Tabelle 58: Ersetzte Heizanlagen - Zusammenfassung der Prozesse.....	127
Tabelle 59: Ersetzte Heizanlagen - Emissionen einzelner Prozesse.....	128

Abkürzungsverzeichnis

.	1000er-Trennzeichen	MW8	Achtstundenmittelwert
°C	Grad Celsius	MWh	Megawattstunde
a	Jahr	N ₂ O	Lachgas
As	Arsen	NH ₃	Ammoniak
bzw.	beziehungsweise	Ni	Nickel
Cd	Cadmium	NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds
CH ₄	Methan	NO _x	Stickoxide
cm ²	Quadratcentimeter	O ₃	Ozon
CO	Kohlenmonoxid	PM10	Feinstaub
CO ₂	Kohlendioxid	Pb	Blei
Cr	Chrom	REM	Rasterelektronenmikroskop
Cu	Kupfer	rm	Raummeter
EL	Extra Leicht	S.	Seite
FCKW	Flurchlorkohlenwasserstoffe	SF ₆	Schwefelhexafluorid
FKW	vollfluorierte Kohlenwasserstoffe	SO ₂	Schwefeldioxid
fm	Festmeter	srm	Schüttraummeter
GWh	Gigawattstunde	t	Tonne
HFKW	teilfluorierte Kohlenwasserstoffe	TJ	Terajoule
IG-L	Immissionsschutzgesetz-Luft	TMW	Tagesmittelwert
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	TS	Trockensubstanz
JMW	Jahresmittelwert	TSP	Total suspended particulates
kg	Kilogramm	µg	Mikrogramm
kJ	Kilojoule	u. Ä.	und Ähnliche
kW	Kilowatt	URL	Uniform Resource Locator
kWh	Kilowattstunde	usw.	und so weiter
l	Liter	UV	ultraviolett
LKW	Lastkraftwagen	V	Vanadium
m	Meter	VAW	Verrechnungsanschlusswert
m ²	Quadratmeter	Vgl.	vergleiche
m ³	Kubikmeter	z. B.	zum Beispiel
mg	Milligramm	ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Mio.	Millionen	Zn	Zink
Mo	Molybdän		
MW	Megawatt		

Definitionen und Rechenfaktoren

1 Festmeter (fm) ist die Maßeinheit für einen Kubikmeter feste Holzmasse.¹

1 Schüttraummeter (srm) ist die Maßeinheit für einen Raummeter geschütteter Holzteile (Hackgut, Sägespäne, Stückholz usw.)¹

1 Raummeter (rm) ist die Maßeinheit für geschichtete Holzteile, die unter Einschluss der Luftzwischenräume ein Gesamtvolumen von einem Kubikmeter füllen.¹

Transportmittel	Ladefähigkeit für Rundholz [fm]	Ladefähigkeit für Schüttgut [srm]	Ladefähigkeit für Heizöl [l]	Ladefähigkeit für Koks bzw. Kohle [t]
LKW-Zug	27*	80*	18.000***	5****
Bahnwaggon	60*	-	65.000***	27,5**
Bahn	780**	-	780.000**	660**

Tabelle 1: Ladefähigkeiten von Transportmitteln

*Quelle: *Hannes Theurl, Säge- und Hobelwerk Theurl, 15.09.04, **Josef Moser, ÖBB Lienz, 09.12.04, ***Hannes Obermoser, Zuegg KG, 12.08.04, **** Eigenannahme, Eigendarstellung*

Sortiment	Faktor fm->srm	Faktor fm->rm
Hackschnitzel	2,5*	-
Rinde	2,7*	-
Sägespäne	3,0*	-
Scheitholz	-	1,4**

Tabelle 2: Rechenfaktoren für Holzsortimente

*Quelle: *Hannes Theurl, Säge- und Hobelwerk Theurl, 15.09.04, **Jonas und Haneder (2001) und Eigendarstellung*

¹ Definition nach Jonas und Haneder (2001).

Teil I Klima – ein globaler und regionaler Ausblick

Im ersten Teil dieser Arbeit wird ein Überblick über das globale Klima gegeben und auf anthropogene Treibhausgasemissionen näher eingegangen. Die Darstellungsweise orientiert sich an den Berichten des IPCC (2001) und an Inhalten von Graßl et al. (2002). Von der globalen Perspektive wird der Ausblick über die Europäische Union auf die nationale Ebene Österreichs gelenkt. Anschließend werden das regionale Klima und die Luftgüte der Kleinstadt Lienz in Österreich anhand von Messdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik und dem Amt der Tiroler Landesregierung dargestellt. Die Darstellungen bilden die Vorbereitung für die Untersuchung von Klima- und Umweltschutzmaßnahmen durch erneuerbare Energieträger am Beispiel des Biomassefernheizkraftwerks der Stadt Lienz.

1 Das globale Klima

Die heutige Atmosphäre hat sich über hunderte Millionen Jahre gebildet, wobei die Zunahme des Sauerstoffanteils als Voraussetzung für die Entwicklung des Lebens auf der festen Erde von entscheidender Bedeutung war. In enger Verbindung stand die Herausbildung der stratosphärischen Ozonschicht, die einen Filter für die schädlichen kurzwelligen Anteile der UV-Strahlung bildet. Der Begriff „Wetter“ bezeichnet streng genommen den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre, ist aber auch der Sammelbegriff für atmosphärische Prozesse, die sich innerhalb weniger Wochen abspielen. Prozesse längerer Zeitskalen rechnet man dem Klima zu, es lässt sich als die Synthese des Wetters über einen langen Zeitraum² auffassen.³ Hantel (1993) beschreibt das Klima als ein ganzheitliches Phänomen, dem die Eigenschaften des Klimasystems zugrunde liegen.

1.1 Das Klimasystem der Erde

Das Klimasystem der Erde umfasst die großen Naturbereiche Atmosphäre, Hydrosphäre (vor Allem Ozeane), Kryosphäre (Eis und Schnee), Lithosphäre (Gesteinshülle) und Biosphäre (Pflanzen, Tiere, Menschen). Sie besitzen verschiedene Charakteristiken und reagieren untereinander und auf äußere Einflüsse ganz unterschiedlich. Den entscheidenden Antrieb des Systems bildet die Energie der Sonne. Wärmequellen und Wärmesenken sind auf der Erde ungleich verteilt, in den Tropen finden Erwärmungen und in den Polargebieten Abkühlungen statt. So entsteht der Motor für eine globale Zirkulation in Atmosphäre und Ozean, wodurch die verschiedenen Klimazonen entstehen. Im natürlichen Treibhauseffekt absorbieren Wasserdampf, Kohlendioxid und weitere drei- und mehratomige Spurengase die von der Erdoberfläche ausgehende Wärmestrahlung in der Atmosphäre. Alle Treibhausgase zusammen machen nur etwa drei Promille der Masse der Atmosphäre aus, sind aber für das Klima auf der

² Der klassische, von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) definierte Zeitraum für Klima sind drei Jahrzehnte.

³ Vgl. Graßl et al. (2002).

Erde hoch wirksam. Sie erwärmen die Atmosphäre und schaffen so eine mittlere Temperatur auf der Oberfläche der Erde von etwa 15 °C. Ohne den natürlichen Treibhauseffekt würde diese Temperatur unter dem Gefrierpunkt bei etwa -18 °C liegen (*Abbildung 1*).³

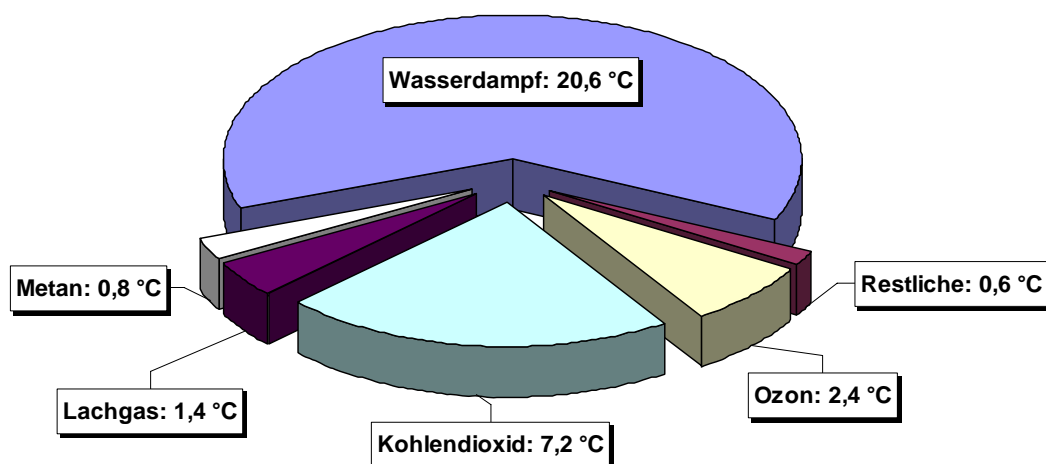


Abbildung 1: Beitrag relevanter Gase zum natürlichen Treibhauseffekt

Quelle: Graßl et al. (2002) und Eigendarstellung

Innerhalb des Klimasystems hat das Meer große Bedeutung. Die hohe Wärmekapazität des Meerwassers und seine Besonderheiten im Wärmehaushalt dämpfen den Jahresgang der Temperatur. Gelangt wärmeres Wasser in die kalten Gebiete höherer Breiten (z. B. Golfstrom), kühlt es sich durch Wärmeabgabe an die Atmosphäre ab und sinkt durch Konvektion in die Tiefe. Besonders im Nordatlantik wird so neues Tiefenwasser gebildet und die Tiefenzirkulation angetrieben. Es entsteht ein riesiger ozeanischer Kreislauf in der Art eines Förderbandes, seine Umlaufperiode beträgt bis zu ca. 1000 Jahre (*Abbildung 2*). Störungen und Anregungen dieses Kreislaufs führen je nach ihrer Dauer und Stärke in großen Gebieten zu nachhaltigen Klimaschwankungen. Weiters wirkt der Ozean im Klima als Teil großer biogeochemischer Kreisläufe, insbesondere des Kohlenstoffs.⁴

⁴ Vgl. IPCC (2001) und Graßl et al. (2002).

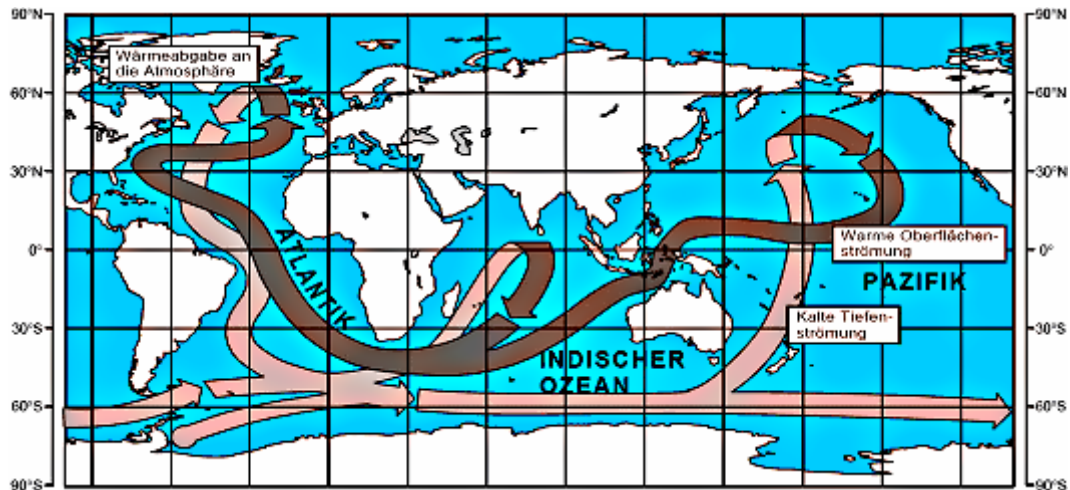


Abbildung 2: Das große marine Förderband „oceanic conveyor belt“

Quelle: Lozán et al. (1998)

1.2 Natürliche Klimaschwankungen

Im Laufe der Erdgeschichte traten Klimaschwankungen in zahlreichen Formen und Ausprägungen auf. Natürliche Ursachen können die langfristigen Änderungen der Bahnparameter der Erde um die Sonne, oder die Änderung der Strahlungsintensität der Sonne selbst sein. Starke Vulkanausbrüche beeinflussen heute wie früher das regionale und globale Klima vorübergehend für einige Jahre. Zu einem kurzfristigen Phänomen für Klimaschwankungen zählen die El Niño-Ereignisse: Mit El Niño wird die großflächige und in unregelmäßigem Abstand auftretende Erwärmung des äquatorialen Ostpazifik für etwa ein Jahr bezeichnet. Meist folgt nach der Beendigung des El Niño-Ereignisses eine überdurchschnittliche Abkühlung des Wassers dieser Region. Dieser Zustand wird mit La Niña bezeichnet. Die mit El Niño und La Niña zusammenhängenden auffälligen Erscheinungen formen Bestandteil eines weltumspannenden Zyklus in Atmosphäre und Ozean. Der Effekt, dass der Luftdruck über dem Ostpazifik mit dem Luftdruck im östlichen indischen Ozean verbunden ist, wird als „Südliche Oszillation“ und in Kombination mit El Niño als „ENSO“ bezeichnet. In seinem Zusammenhang werden in weiten Teilen der Welt anhaltende Witterungsanomalien beobachtet.³

1.3 Das Klima der letzten Jahrhunderte

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts steigt die mittlere jährliche globale Lufttemperatur in Bodennähe unter Schwankungen an, die wärmsten Jahre wurden seit 1990 beobachtet. Nach IPCC (2001) nahm die Temperatur im 20. Jahrhundert um ca. 0,6 °C zu. Dieses Jahrhundert war nach Rekonstruktion der bodennahen Lufttemperatur in der nördlichen Erdhälfte das wärmste Jahrhundert seit mindestens 1000 Jahren. Die beobachteten Temperaturänderungen sind nicht überall gleichmäßig. In einigen Regionen, wie in Nordwestkanada, Sibirien, aber auch in den Alpen, ist die Erwärmung stärker als die mittlere globale Erwärmung. Im nordwestlichen Atlantik und in den mittleren Breiten des Nordpazifiks wird eine Abkühlung beobachtet. Die Masse der Gletscher in den Alpen ist seit 1850 um mehr als die Hälfte, die weltweite Ausdehnung der Schneebedeckung seit den späten 1960er-Jahren um ca. zehn Prozent zurückgegangen. Der Meeresspiegel steigt derzeit jährlich um etwa zwei Millimeter an, gleichzeitig verschieben sich die Niederschlagszonen.⁴

Die Verbreitung von Pflanzen, Insekten, Vögeln und Fischen hat sich in Richtung der Pole verschoben, in einigen Regionen nahmen die Sommertrockenheit und Dürren zu. In mittleren und höheren Breiten ging die Dauer der Eisbedeckung von Flüssen und Seen im 20. Jahrhundert um zwei Wochen zurück, während Starkniederschläge zunahmen. Häufigkeit und Schadensausmaß großer Naturkatastrophen sind in den letzten Jahrzehnten weltweit gestiegen. Ihre Anzahl in den 1990er Jahren hat sich gegenüber den 1960er Jahren verdreifacht. Die überwiegende Mehrzahl von ihnen wurde von Wetterextremen verursacht.⁴

1.4 Der Einfluss des Menschen

Mit verschiedenen Methoden konnte gezeigt werden, dass die Zunahme der globalen Mitteltemperatur in Bodennähe nicht nur auf natürliche Ursachen, sondern in entscheidendem Umfang auch auf die anthropogene Veränderung der

Zusammensetzung der Atmosphäre zurückzuführen ist.⁵ Mit Ausnahme des stratosphärischen Ozons verzeichneten alle anthropogenen Treibhausgase seit Beginn der Industrialisierung vor ca. 200 Jahren eine drastische Zunahme. Der mittlere Volumenanteil des Kohlendioxids ist um ca. 32 Prozent gestiegen, jener von Methan zeigt eine Erhöhung um das ca. 1½-Fache. Etwa drei Viertel der Emissionen kommen derzeit von den Industrieländern, in denen aber nur ein Viertel der Weltbevölkerung lebt. Allein die USA tragen etwa 23 Prozent der gesamten CO₂-Emissionen bei. Etwa die Hälfte der weltweit emittierten Treibhausgase wird durch die Nutzung fossiler Brennstoffe verursacht, weitere 15 Prozent entstehen durch die zunehmend intensiver betriebene Landwirtschaft. Ca. 20 Prozent werden durch die Chemieindustrie hervorgerufen, weitere 15 Prozent entstehen durch Abholzung und Vernichtung der Regenwälder (Abbildung 3).³

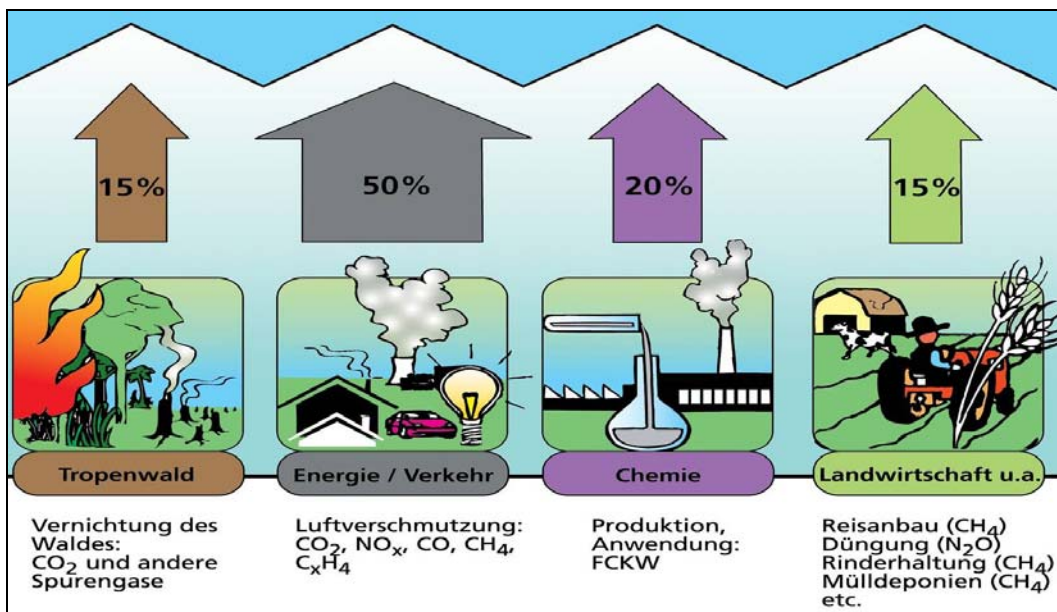


Abbildung 3: Hauptquellen von global emittierten Treibhausgasen

Quelle: C. Salmhofer, Klimabündnis Kärnten, 2001

⁵ Der Zwischenstaatliche Ausschuss über Klimaänderung trifft in seinem dritten bewertenden Bericht (IPCC 2001) die Schlussfolgerung: Es gibt neue und starke Anzeichen, dass der größte Teil der beobachteten Erwärmung in den letzten 50 Jahren auf menschlichen Einfluss zurückzuführen ist.

1.5 Hauptquellen von Treibhausgasmissionen

Ungefähr drei Viertel der anthropogenen Kohlendioxidemissionen in die Atmosphäre während der letzten 20 Jahre sind auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zurückzuführen. Der Rest stammt hauptsächlich von Änderungen der Landnutzung, insbesondere der Entwaldung. Durch die Vernichtung der Wälder verschwindet ein wichtiger Speicher von Kohlenstoff. Weiters zersetzt sich teilweise die gesamte Vegetation. Zudem bilden die Landwirtschaft und die intensive Viehhaltung Quellen von Treibhausgasen. Im Pansen der Wiederkäuer, bei der Lagerung von Gülle und mikrobiell in Böden bildet sich unter vielen Gasen das Treibhausgas Methan, welches auch bei industriellen Prozessen entsteht. Auch Feuchtgebiete, Flachgewässer und der Reisanbau tragen zur Methanfreisetzung bei. Auf Deponien wird dieses Gas durch Gärungsprozesse hervorgerufen. Bei Verbrennung organischen Materials (wie Brandrodung und Savannenbrände) oder bei der mikrobiellen Umsetzung von anorganischen Stickstoffverbindungen in Gewässern und vor allem in Böden wird das Treibhausgas Lachgas produziert. Im Laufe der technischen Entwicklung kamen neue Treibhausgase wie die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) hinzu.

1.6 Wie wird sich das Klima weiterentwickeln?

Die seit über 100 Jahren in steigenden Mengen vom Menschen emittierten Treibhausgase werden nach Graßl et al. (2002) zusammen mit Rückkoppelungen innerhalb des Klimasystems zu einer weiteren mittleren globalen Erwärmung und damit zu einem regional sehr unterschiedlichen Klima führen. IPCC (2001) schätzt die Erwärmung im 21. Jahrhundert je nach Entwicklung von Bevölkerung, Wirtschaft und Klimaschutz zwischen 1,4 und 5,8 °C ein. Bis zum Jahr 2100 wird eine Erhöhung des mittleren Meeresspiegels von 50 cm vorhergesagt, um 2035 dürfte etwa die Hälfte und nach der Mitte des Jahrhunderts bereits Dreiviertel der heutigen Gletscher verschwunden sein. Die Europäische Umweltagentur erwartet in vielen derzeit schon trockenen Räumen Europas eine weitere Verschärfung der Wasserknappheit.

Die Folgen einer generellen Erwärmung können vielfältig sein und sind bisher nur unvollkommen absehbar. Verschiebungen von Klima- und Vegetationszonen in

höhere Breiten und höhere Lagen führen zu starken regionalen Effekten. Erträge verschiedener landwirtschaftlicher Kulturen werden im Fall klimatischer Veränderungen stark variieren, ein bedeutsames Aussterben von Pflanzen- und Tierarten wird erwartet. Die Verbreitungsgebiete von tropischen Infektionskrankheiten wie Malaria oder wasserabhängigen Krankheiten wie Cholera werden sich immer mehr in von Menschen besiedeltes Gebiet ausdehnen. In Mitteleuropa können durch Zecken übertragene Infektionskrankheiten problematischer werden. Die Wüstenbildung, Dürreereignisse und Waldbrände werden mit einiger Sicherheit weiterhin zunehmen, küstennahe Gebiete werden durch den Meeresspiegelanstieg aufgrund von Überschwemmungen und Küstenerosion nachteilig beeinflusst.³ Eine besondere Herausforderung werden in Europa⁶ die Zunahme von extremen Wetterereignissen wie Gewitter, Hagelschlag oder Stürme und auch extreme Witterungsperioden wie Hitzewellen, extreme Niederschlagsperioden und frühere Schneeschmelzen und damit verbundene Hochwässer werden.

1.7 Umweltpolitische Schutzmaßnahmen

Um den Trend dieser Veränderungen aufzuhalten wurden bereits im nationalen und internationalen Maßstab Vereinbarungen getroffen:

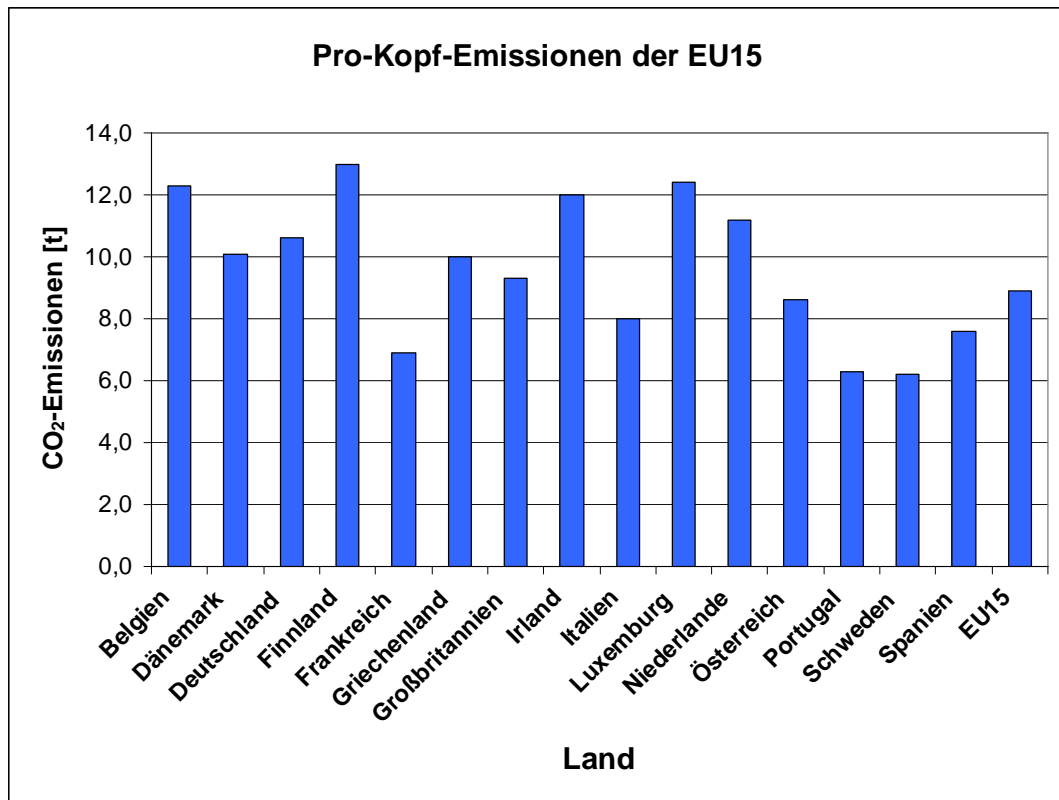
- Im Jahr 1992 wurde die Klimarahmenkonvention mit dem Ziel beschlossen, die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre auf dem Niveau einer ungefährlichen anthropogenen Störung des Klimasystems zu stabilisieren.
- Im so genannten Kioto-Protokoll haben die Industriestaaten quantitative Emissionsreduktionsziele vereinbart. Sie verpflichten sich, die Emissionen ihrer Treibhausgase bis zum Zeitraum zwischen 2008 bis 2012 im Mittel um mindestens 5 Prozent unter das Niveau von 1990 zu bringen. Die im Kioto-Protokoll definierten Treibhausgase erfassen die durch menschliche Aktivität verursachten Emissionen von Kohlendioxid, Methan, Lachgas sowie die Industriegase FKW, FCKW, HFKW und SF₆.

⁶ Vgl. URL <http://www.umweltbundesamt.at> > Klima > EEA-Studie [29.11.04].

- Als Ergebnis einer internationalen Konferenz in Montreal wurde 1987 die Produktion einiger chemischer Substanzen, die ein sehr starkes Treibhauspotential besitzen und gleichzeitig die Ozonschicht der Stratosphäre zerstören, weltweit verboten.

1.8 Die Verpflichtung der EU im Kioto-Protokoll

Die EU verpflichtet sich im Kioto-Protokoll zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen um 8 Prozent bis 2010 gegenüber dem Basisjahr 1990. Nach Anderl et al. (2004) lagen im Jahr 2001 die CO₂-Emissionen der damaligen EU 15 um 2 Prozent über dem Niveau von 1990. Griechenland, Irland, Portugal und Spanien hatten ursprünglich eine relativ niedrige Ausgangsbasis und verzeichneten durch wirtschaftlichen Aufschwung neben Finnland, Belgien, Niederlande und Italien höhere Pro-Kopf-Emissionen. Schweden und Frankreich konnten ihre niedrigen Pro-Kopf-Emissionen zum Teil auf den hohen Wasserkraft- bzw. Atomstromanteil zurückführen. Luxemburg konnte die CO₂-Emissionen hauptsächlich durch höhere Stromimporte und reduzierten Koksverbrauch in der Stahlindustrie reduzieren. In Deutschland sanken die CO₂-Emissionen hauptsächlich in den frühen 90er Jahren aufgrund von Effizienzsteigerungen in den Wärmekraftwerken und der wirtschaftlichen Umstrukturierung in den fünf neuen Bundesländern. In Großbritannien gingen die CO₂-Emissionen nach der Liberalisierung des Strommarktes und durch den Umstieg von Kohle auf Gas signifikant zurück. Österreichs CO₂-Emissionen pro Kopf lagen im Jahr 2001 leicht unter dem Durchschnitt der damaligen EU Mitgliedsstaaten (*Abbildung 4*).



**Abbildung 4: Pro-Kopf-Emissionen der EU-15 Länder⁷
Jahr 2001**

Quelle: Anderl et al. (2004) und Eigendarstellung

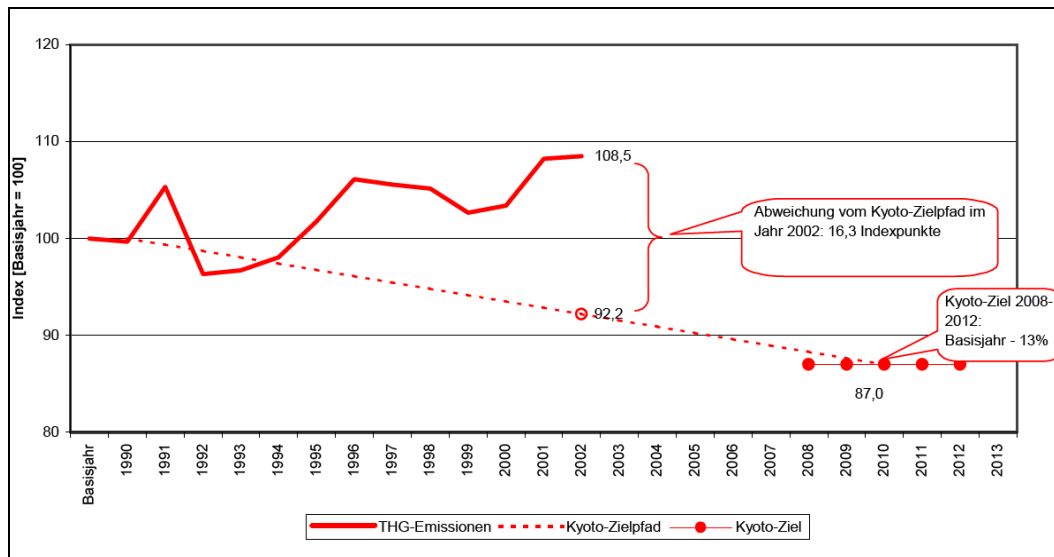
1.9 Treibhausgasemissionen am Beispiel Österreich

Österreich konnte seiner Verpflichtung im Kioto-Protokoll und der Reduktion der Treibhausgasemissionen um 13 Prozent bis zum Jahr 2010 auf Basis von 1990 bisher nicht nachkommen. Nach Anderl et al. (2005) ist die Gesamtmenge an Treibhausgasemissionen im Jahr 2003 auf 91,6 Millionen Tonnen CO₂ Äquivalente angestiegen, dies entspricht einer Steigerung von 16,6 Prozent gegenüber dem Jahr 1990. Nach Gugele et al. (2004) sind in den seit 1990 relativ strengen Wintern 1991 und 1996⁸ die Emissionen für die Strom- und

⁷ Ein Vergleich der Pro-Kopf-Emissionen von CO₂ und weiteren Gasen innerhalb der europäischen Länder wird im Anhang in Tabelle 8, S. 105 angeführt.

⁸ Die verschiedenen strengen Winter gehen für das regionale Klima einer österreichischen Kleinstadt aus Abbildung 13: Die jährlichen Heizgradtage in Lienz auf S. 23 hervor.

Wärmeproduktion auffallend gestiegen (*Abbildung 5*). Für das Jahr 1997 ist die erhöhte Industrieproduktion Trend bestimmend.



**Abbildung 5: Abweichung der Treibhausgasemissionen vom Kyoto Ziel
1990 bis 2002**

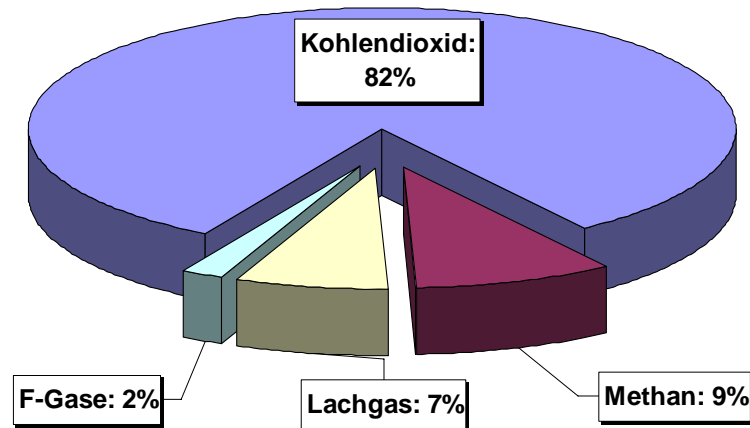
Quelle: Gugle et al. (2004)

Im Jahr 2002 war Kohlendioxid mit einem Anteil von 82 Prozent das wichtigste Treibhausgas (*Abbildung 6*). Es stieg gegenüber dem Basisjahr 1990 um 14,4 Prozent auf 69,7 Millionen Tonnen an. In diesem Zeitraum verzeichnete der Verkehr mit einer Steigerung der CO₂-Emissionen von 62 Prozent den mit Abstand stärksten Zuwachs. Hauptursachen dafür waren das nach wie vor steigende Verkehrsaufkommen in Österreich und der Tanktourismus aufgrund der im Vergleich zu anderen Ländern niedrigen Kraftstoffpreise. Den zweithöchsten Anstieg weist die Eisen- und Stahlproduktion auf, gefolgt von den öffentlichen Kraftwerken und der Raffinerie.⁹

Methan liegt mit einem Anteil von 9 Prozent an zweiter Stelle der Treibhausgasemissionen im Jahr 2002. Im Zeitraum 1990 bis 2002 sank die emittierte Menge um 20,4 Prozent. Hauptverantwortlich für den Rückgang von Methan waren der Rückgang des jährlich deponierten Abfalls, der sinkende

⁹ Vgl. Gugele et al. (2004).

Kohlenstoffgehalt des Abfalls, der erhöhte Deponieerfassungsgrad sowie sinkende Rinderzahlen.⁹



**Abbildung 6: Treibhausgasemissionen Österreichs
Jahr 2002**

Quelle: Gugle et al. (2004) und Eigendarstellung

Lachgas ist im Jahr 2002 mit 6,8 Prozent das drittichtigste Treibhausgas in Österreich. Es verzeichnete im Zeitraum 1990 bis 2002 ein Minus von vier Prozent. Die wichtigste Ursache für den Anstieg Anfang der 90er Jahre war die Einführung des Katalysators bei benzinbetriebenen Autos, in dem beim unvollständigen Abbau von Stickoxiden Lachgas entsteht. Hingegen haben die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden trotz starker Schwankungen fallende Tendenz.⁹

Die restlichen Treibhausgase werden oft zur Gruppe der Fluorierten Gase¹⁰ (F-Gase) zusammengefasst. Deren Menge schwankt zwischen 1990 und 2002 stark, 2002 machten sie nur rund 2 Prozent der gesamten Treibhausgase aus. Innerhalb der F-Gase gibt es eine stark steigende Tendenz bei den teilfluorierten Kohlenwasserstoffen. Sie werden vor allem als Ersatzstoffe für Gase, die die Ozonschicht schädigen, eingesetzt und finden in der Schaumstoffproduktion sowie in Kühl- und Klimageräten Verwendung.⁹

¹⁰ Sie umfassen teilfluorierte (HFKW) und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) sowie Schwefelhexafluorid (SF₆).

Im Jahr 2002 hatte die Industrie (inklusive fluoridierte Gase) mit 27 Prozent den größten Anteil an den gesamten Treibhausgasen, gefolgt vom Verkehr mit 25 Prozent, der Energieversorgung mit 17 Prozent und dem Kleinverbrauch mit 18 Prozent (Abbildung 7). In der Industrie (ohne Eisen und Stahlproduktion) wurden unter anderem durch die verringerte Eigenstromproduktion seit der Liberalisierung der Strommärkte bedeutende Reduktionen erzielt. Im Kleinverbrauch übt der nach wie vor ungebrochene Trend zu mehr Haushalten und größeren Wohnungen tendenziell einen Druck in Richtung höhere Treibhausgasemissionen aus.⁹

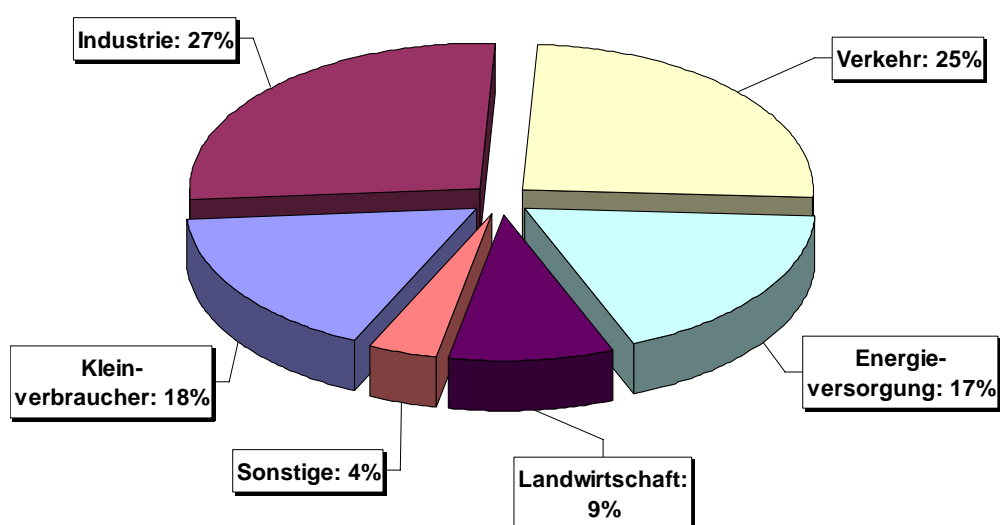


Abbildung 7: Anteile der Hauptverursacher in Österreich

Stand: Jahr 2002

Quelle: Gugle et al. (2004) und Eigendarstellung

1.10 Klimaschutz durch erneuerbare Energieträger

Der Klimaschutz ist heute aktueller denn je. Möglichkeiten von Umsetzungsmaßnahmen sind vielseitig und jeder kann seine persönlichen Beiträge leisten. Die Hauptrolle des Menschen im Klimageschehen spielen seine anthropogenen Treibhausgasemissionen. Rund zwei Drittel von ihnen sind energiebedingt und somit sind die wichtigsten Parameter für die Treibhausgase die Entwicklung des Energieverbrauchs und der Mix der Energieträger. Neben Maßnahmen zur Energieeinsparung und der Erhöhung der Energieeffizienz führt der Ersatz von fossilen Energieträgern durch erneuerbare Energieträger¹¹ zu bedeutenden Emissionsreduktionen. Diese haben in Österreich durch die Nutzung von Wasserkraft und den hohen Waldanteil eine lange Tradition. Im Jahr 2001 wurden ca. 23 Prozent¹² vom österreichischen Endenergieeinsatz durch erneuerbare Energieträger bereitgestellt.

In der Bezirkshauptstadt Lienz in Osttirol wurde im September 2001 die größte kommunale Energieversorgungsanlage Österreichs auf Basis von Biomasse und direkter Solarenergie in Betrieb genommen. Prof. Stefan Schleicher vom Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung bezeichnete in der Mitteleuropäischen Biomassekonferenz am 28.01.2005 in Graz das Biomassefernheizkraftwerk in der Stadt Lienz als „... *eine unserer innovativsten Anlagen für die Versorgung eines regionalen Gebietes.*“ Neben der Verwendung direkter Solarenergie findet durch den Einsatz des Energieträgers Holz ein CO₂-neutraler Rohstoff Verwendung, der zudem direkt aus der nahen Umgebung bezogen werden kann und in Österreich ein ausreichendes und saisonunabhängiges Regenerationspotential¹³ besitzt.

¹¹ Mit erneuerbaren Energien werden Energieträger oder Energiequellen bezeichnet, die sich ständig erneuern oder nachwachsen und somit nach menschlichem Ermessen unerschöpflich sind. Hierzu zählen Sonnenergie, Biomasse, Wasserkraft, Windenergie, Erdwärme und Gezeitenenergie.

¹² Vgl. URL <http://www.umweltbundesamt.at> > Energie > Erneuerbare Energie > Erzeugung.

¹³ Nach Jonas und Haneder (2001) wachsen derzeit in Österreichs Wäldern rund 30 Mio. Festmeter Holz zu, wovon nur rund 20 Millionen genutzt werden.

2 Das regionale Klima in Lienz

Die Kleinstadt Lienz zählt 12.079 Einwohner und liegt auf der Südseite der österreichischen Alpen auf rund 670 m Seehöhe¹⁴. Im Norden bilden die Hohen Tauern und im Süden die Dolomiten eine natürliche Grenze. Diese Gebirgszüge beeinflussen Luftströme, Fronten und damit verbundene Wetterphänomene. Bei nordwestlicher bis nördlicher Anströmung bilden die Hohen Tauern (Großglockner 3.797 m) oft eine markante Wetterscheide. Direkt an den Tauern regnet es, gleichzeitig ist der Himmel südlich davon aufgelockert bewölkt oder gar wolkenlos. Häufige Föhnlagen bescheren der Alpensüdseite ein allgemein gutes und über das Jahr gesehen in Osttirol respektive seiner Höhenlage mildes und sonniges Wetter. Bei ruhigem Hochdruckwetter sind tageszeitliche Winde typisch, in der Nacht sorgt auch an heißen Tagen der Bergwind für Abkühlung. Im Sommer bringt das Azorenhoch stabile Wetterlagen, im Herbst und Winter bildet sich bei beständigen Hochdruckwetterlagen eine stark ausgeprägte Temperaturinversion aus. Die kalte und schwere Luft sammelt sich in den Talsohlen und bildet im Lienzer Becken einen mächtigen Kaltluftsee. Die Anzahl der Nebeltage ist gering, nur bei länger anhaltenden Ostwinden ziehen aus Kärnten kommend Hochnebfelder nach Lienz.¹⁵

2.1 Klimawerte aus dem Lienzer Raum

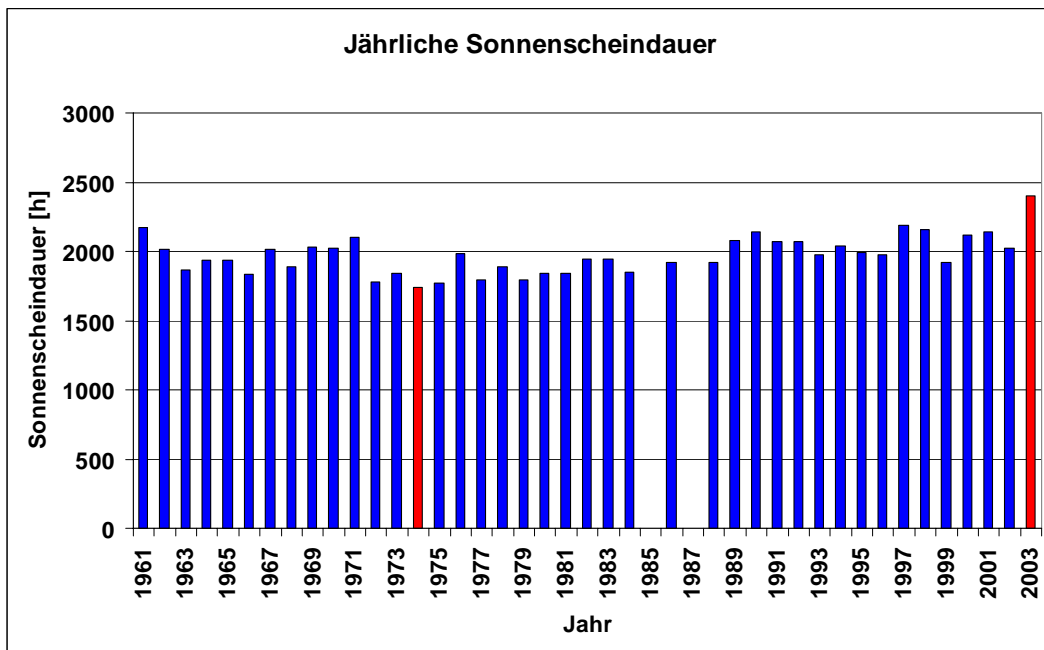
Die folgenden Klimadiagramme wurden aus Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik erstellt. Sie beziehen sich auf den östlichen Stadtrand von Lienz bei 46° 49' nördlicher Breite, 12° 47' östlicher Länge und 668 m Seehöhe. Die jeweiligen Maxima und Minima werden farblich differenziert. In Einzelfällen bleiben bestimmte Jahre, in denen keine vollständigen Daten vorliegen, unberücksichtigt.

¹⁴ Vgl. Dokument Gebäude- und Wohnungszählung, Statistik Austria (2001).

¹⁵ Vgl. Staller (2001).

2.1.1 Die Sonnenstunden

Als Sonnenscheindauer bzw. Sonnenstunden wird die Zeit der direkten Sonneneinstrahlung bezeichnet.¹⁶ Im 15-jährigen Durchschnitt von 1989 bis 2003 verzeichnete die Stadt Lienz 2.086 Stunden Sonnenschein im Jahr. Dies entspricht umgerechnet 5,7 Stunden Sonnenstunden an jedem Tag, oder würde die Sonne durchgehend scheinen, 87 Tagen im Jahr.¹⁷ Im Beobachtungszeitraum von 1961 bis 2003 erwies sich 2003 mit 2.401 Stunden als das sonnenreichste und 1974 mit 1.743 Sonnenstunden als das sonnenärmste Jahr (*Abbildung 8*). Am meisten Sonne konnte man im Monat Juli 1971 mit 319 Stunden genießen, während sie sich im Dezember 1982 nur 6 Stunden blicken ließ. Dies war zugleich auch der sonnenärmste Monat dieser 43 Jahre.



**Abbildung 8: Die jährliche Sonnenscheindauer in Lienz
Zeitraum 1961-2003**

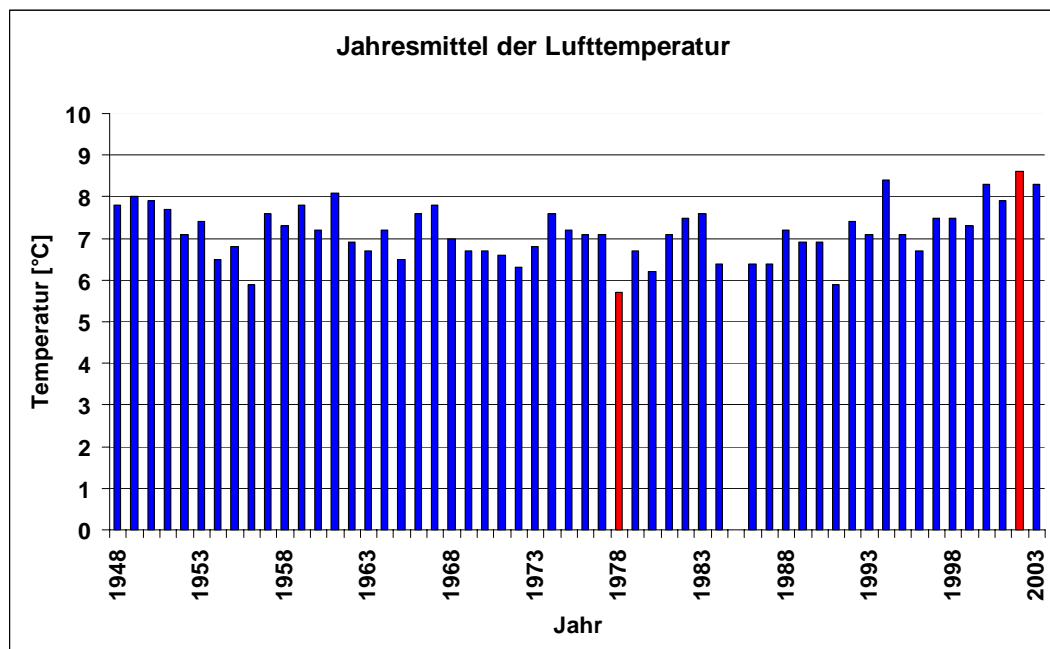
Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

¹⁶ Definition der ZAMG Klagenfurt.

¹⁷ Eigenberechnung auf Basis von Daten der ZAMG Klagenfurt.

2.1.2 Die mittlere Jahrestemperatur

Unter Lufttemperatur versteht man den Wärmestatus der Luft.¹⁶ Im Beobachtungszeitraum 1948 bis 2003 war 2002 das wärmste und 1978 das kälteste Jahr mit einer mittleren Jahrestemperatur von 8,6 °C bzw. 5,7 °C (Abbildung 9). Der Sommer 2003 ging mit insgesamt 37 Tagen mit Temperaturen über 30 °C und insgesamt 96 Tagen mit Temperaturen über 25 °C in die Geschichte ein. Der höchste Wert wurde am 27.07.1983 mit 37,7 °C gemessen, der niedrigste am 23.01.1963 mit -26 °C. Im 55-jährigen Durchschnitt beträgt die Temperatur in Lienz im Jahresmittel 7,16 °C.¹⁷



**Abbildung 9: Die mittleren Jahrestemperaturen in Lienz
Zeitraum 1948-2003**

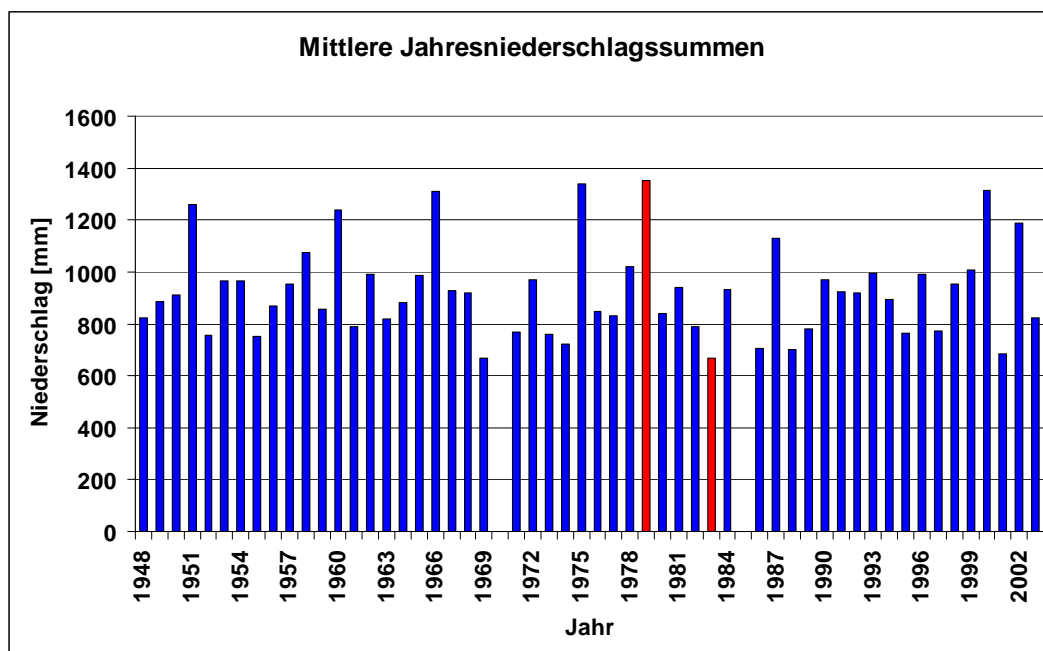
Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

2.1.3 Der jährliche Niederschlag

Unter Niederschlag versteht man jede Form von Wasser, das aus der Atmosphäre an die Erdoberfläche gelangt. Er kann als Regen, Schnee, Hagel oder Graupel zur Erde fallen, sich aber auch als Tau oder Reif direkt an festen Gegenständen

niederschlagen.¹⁸ Die Niederschlagshöhe wird in Millimetern angegeben, wobei ein Millimeter Niederschlagshöhe der Flüssigkeitsmenge von einem Liter auf einem Quadratmeter Bodenfläche entspricht.¹⁶

In Lienz fallen durchschnittlich 924 mm Niederschlag pro Jahr. Umgelegt auf die 15,95 km² Stadtfläche¹⁴ würde dies bedeuten, dass jährlich mehr als 14,7 Milliarden Liter Wasser¹⁷ als Niederschlag auf die Fläche der Stadt Lienz einwirken. Im Beobachtungszeitraum 1948 bis 2003 wurde 1979 mit 1.352 mm als niederschlagsreichstes Jahr verzeichnet (*Abbildung 10*). Am trockensten war das Jahr 1983, mit nur 668 mm Niederschlagsmenge. Als regenfreudigster Monat in diesem Zeitraum erwies sich der August 1966 mit 390 mm Niederschlag, hingegen gab es mehrere Monate, in denen keine Niederschläge verzeichnet wurden: Februar 1965, März 1976, Februar 1993 und Jänner 2002.



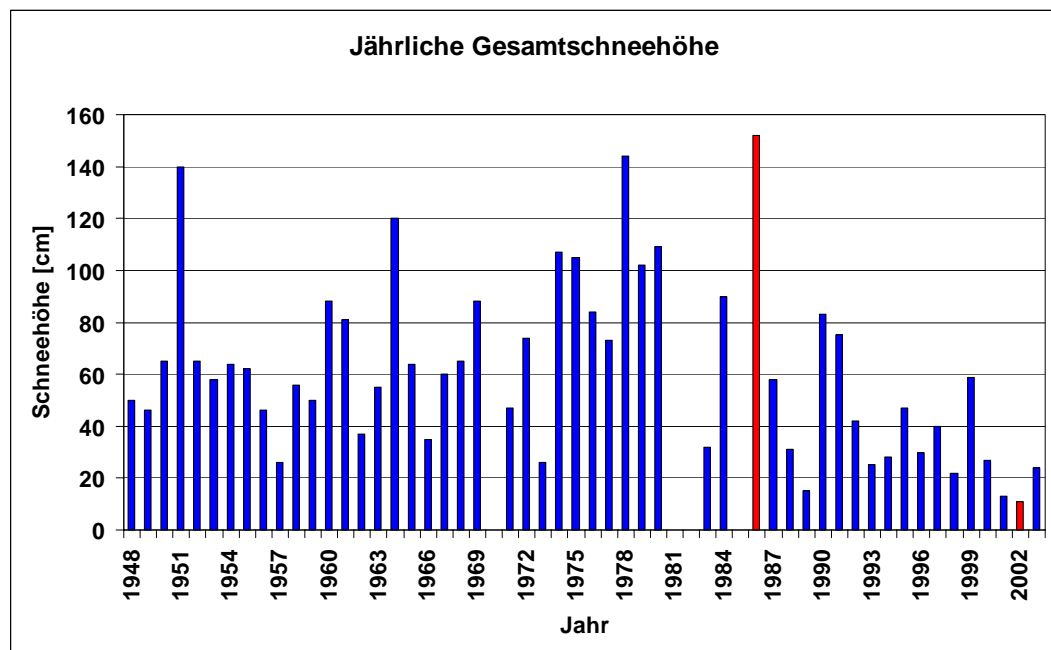
**Abbildung 10: Die mittlere Jahresniederschlagssummen in Lienz
Zeitraum 1948-2003**

Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

¹⁸ Vgl. Microsoft Encarta Enzyklopädie 2004.

2.1.4 Die maximalen Schneehöhen

Das Maximum der täglich gemessenen Schneehöhe wird mit Maximum der Gesamtschneehöhe bezeichnet.¹⁶ Der höchste Schneestand in Lienz wurde mit 152 cm im Februar des Jahres 1986 gemessen (*Abbildung 11*). Am geringsten war er im Jahr 2002 mit 11 cm.



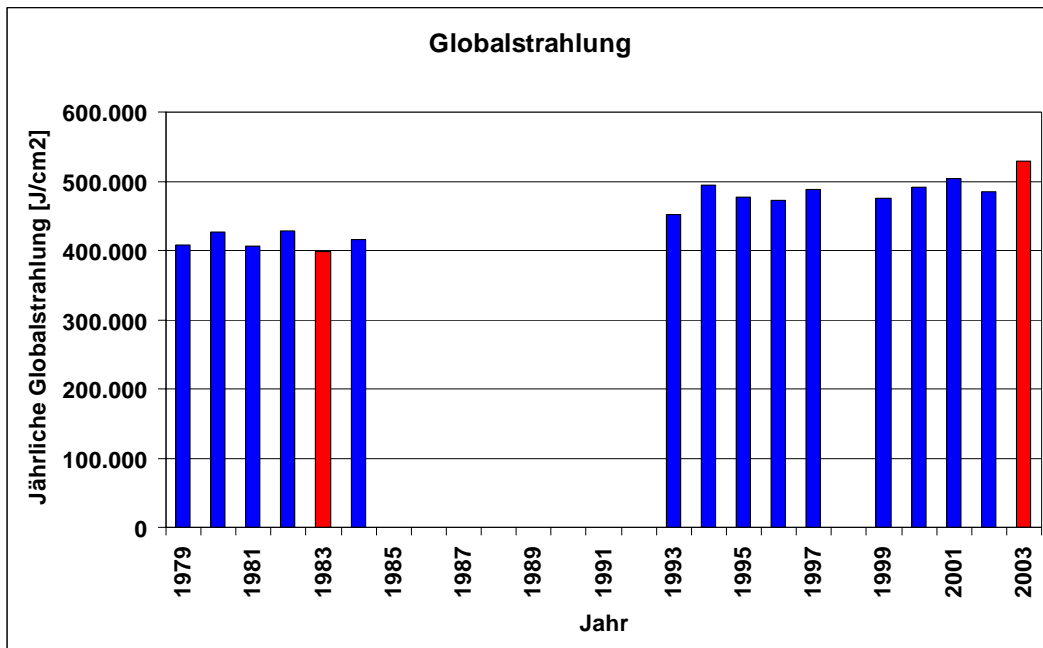
**Abbildung 11: Die jährlichen Gesamtschneehöhen in Lienz
Zeitraum 1948-2003**

Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

2.1.5 Die globale Strahlung

Die Globalstrahlung gibt an, wie viel Sonnenenergie auf der Erdoberfläche zur Verfügung steht. Sie wird in Joule pro Quadratcentimeter und Jahr angegeben. Die Höhe der Globalstrahlung und das Verhältnis zwischen direkter Sonnenstrahlung und diffusem Sonnenlicht hängen vornehmlich von der geographischen Breite ab.¹⁸ Lienz verzeichnet im Beobachtungszeitraum von 1979 bis 2003 eine Globalstrahlung von rund 460 kJ/cm² pro Jahr.¹⁷ Ein Vergleich der vorhandenen Werte weist dem Jahr 2003 mit 529 kJ/cm² den größten und dem Jahr 1983 mit 397 kJ/cm² den kleinsten Wert der

Globalstrahlung zu (Abbildung 12). Im Jahr 2003 wurden auch die meisten Sonnenstunden registriert (Abbildung 8).



**Abbildung 12: Die jährliche Globalstrahlung in Lienz
Zeitraum 1961-2003**

Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

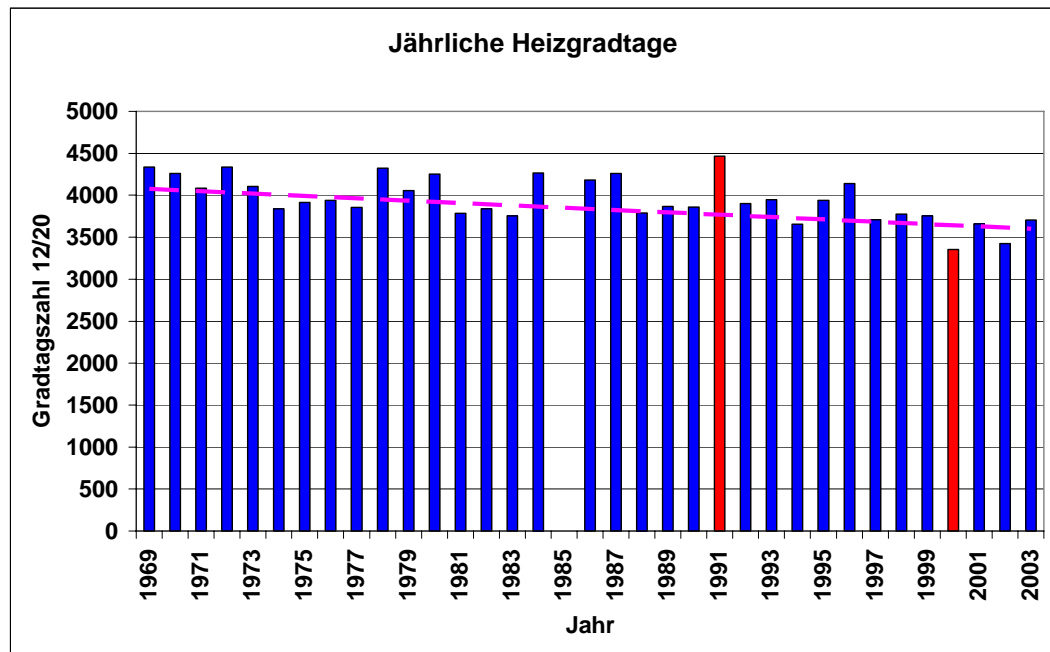
2.1.6 Die Heizgradtage

Anhand von Heizgradtagen lässt sich die Stärke eines Winters ausdrücken, weiters können sie zur Beurteilung des Energieverbrauchs einer Heizungsanlage und als Berechnungseinheit für die Heizkostenabrechnung verwendet werden. Heizgradtage errechnen sich aus der Summe der Temperaturdifferenzen zwischen einer bestimmten konstanten Raumtemperatur (20 °C) und dem Tagesmittel der Lufttemperatur, falls diese gleich oder unter einer angenommenen Heizgrenztemperatur von 12 °C liegt.¹⁹

Der strengste Winter im Beobachtungszeitraum 1969 bis 2003 in Lienz war mit rund 4.465 Heizgradtagen der Winter von 1991, der mildeste Winter mit

¹⁹ Vgl. Treibhausgasemissionen und Klimawandel, Umweltbundesamt (2004).

3.354 Heizgradtagen der Winter von 2000 (*Abbildung 13*).¹⁷ Die gestrichelte Linie stellt den linearen Trend des genannten Zeitraums dar.

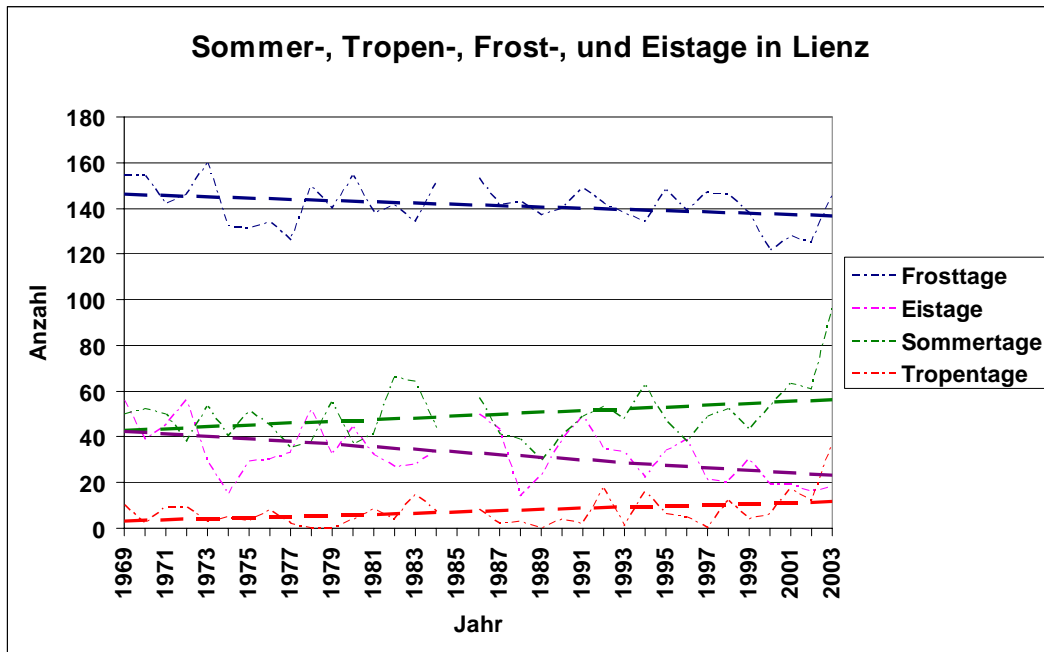


**Abbildung 13: Die jährlichen Heizgradtage in Lienz
Zeitraum 1986-2003**

Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

2.1.7 Anzeichen einer regionalen Klimaänderung

Nach IPCC (2001) ergibt die wachsende Zahl von Beobachtungen ein kollektives Bild einer sich erwärmenden Welt. Unter anderem sind ein Rückgang der Häufigkeit extrem tiefer Temperaturen und ein geringerer Anstieg der Häufigkeit extrem hoher Temperaturen seit 1950 sehr wahrscheinlich. Ähnliche Tendenzen lassen sich in Lienz beobachten. Einzelne Tage eines Jahres werden als „Frosttage“ bezeichnet, wenn ein Temperaturminimum unter 0 °C gemessen wurde. An „Eistagen“ liegt das Temperaturmaximum unter 0 °C, an „Sommertagen“ beträgt das Temperaturmaximum mindestens 25 °C und an „Tropentagen“ mindestens 30 °C.



**Abbildung 14: Tendenz der Sommer-, Tropen-, Frost- und Eistage in Lienz
Zeitraum 1969-2003**

Quelle: ZAMG und Eigendarstellung

In der Tendenz von 1969 bis 2003 nehmen alle 7 Jahre die Anzahl Frosttage um etwa 2 Tage und die Anzahl der Eistage um etwa 4 Tage ab. Weiters nimmt die Anzahl der Tropentage tendenziell alle 4 Jahre um etwa einen Tag und die Anzahl der Sommertage tendenziell alle 5 Jahre um etwa 2 Tage zu (Vgl. Abbildung 19). Weiters verringern sich die Heizgradtage pro Jahr um etwa 14 Einheiten (Vgl. Abbildung 13).

2.2 Die Luftgüte in Lienz

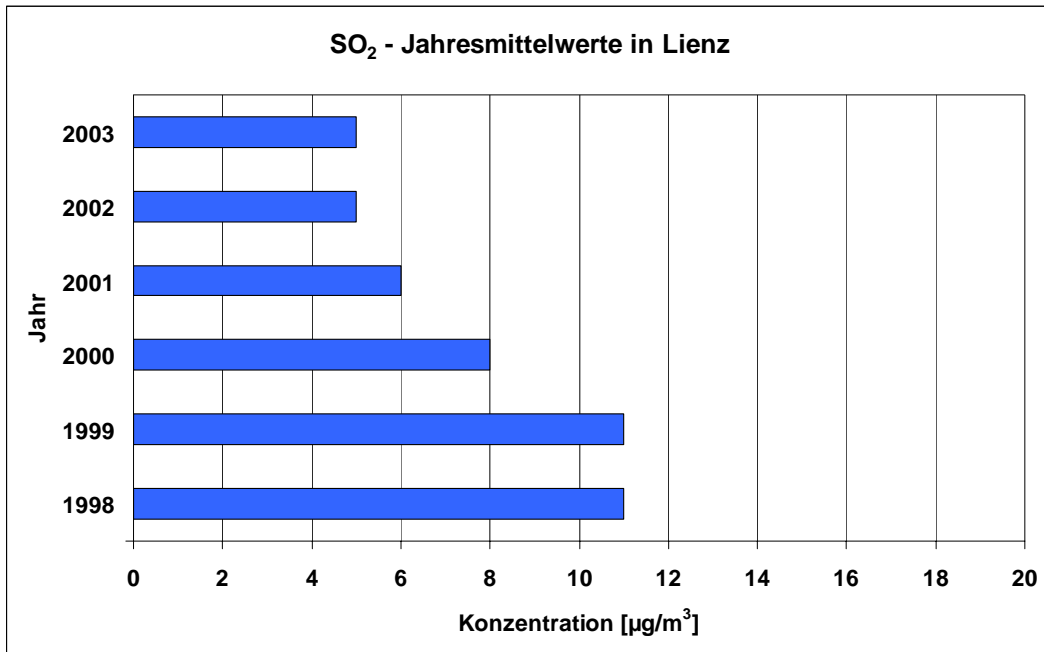
In Lienz betreibt das Amt der Tiroler Landesregierung zwei Luftgütemessstellen. An der Amlacherstrasse wird unter anderem Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid, Stickstoffdioxid und Staub, sowie nahe dem Sportzentrum Ozon gemessen. In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Luftgüte in Lienz auf Basis der Messdaten der genannten Messstationen gegeben. Für die ausgesuchten Luftschadstoffe werden ihre Ursachen und Auswirkung beschrieben sowie die Jahresmittelwerte (JMW) ihrer Konzentrationen in Diagrammen dargestellt. In der Folge werden Überschreitungen von Grenz- und Zielwerten aufgelistet. Die verwendeten Messgeräte sind in Tabelle 9 im Anhang und die gemessenen Jahresmittelwerte der Luftschadstoffkonzentrationen in Tabelle 10 im Anhang aufgelistet.

2.2.1 Schwefeldioxid (SO₂)

Schwefeldioxid entsteht vor allem bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brenn- und Treibstoffen. In hohen Konzentrationen kann SO₂ Mensch, Tiere und Pflanzen schädigen, die Oxidationsprodukte führen zu „Saurem Regen“. Dieser gefährdet empfindliche Ökosysteme wie Wald und Seen, greift aber auch Gebäude und Materialien an.²⁰ In Lienz ist bei den Jahresmittelwerten der SO₂-Konzentrationen im Zeitraum von 1999 bis 2003 ein starker Rückgang zu verzeichnen, 2003 haben sich diese gegenüber 1998 um mehr als die Hälfte²¹ reduziert (*Abbildung 15*).

²⁰ Quelle: URL <http://www.umweltbundesamt.at> > Luft > Luftgüte [30.09.04].

²¹ Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 10: Konzentrationen von Luftschadstoffen in Lienz im Anhang, S. 106.

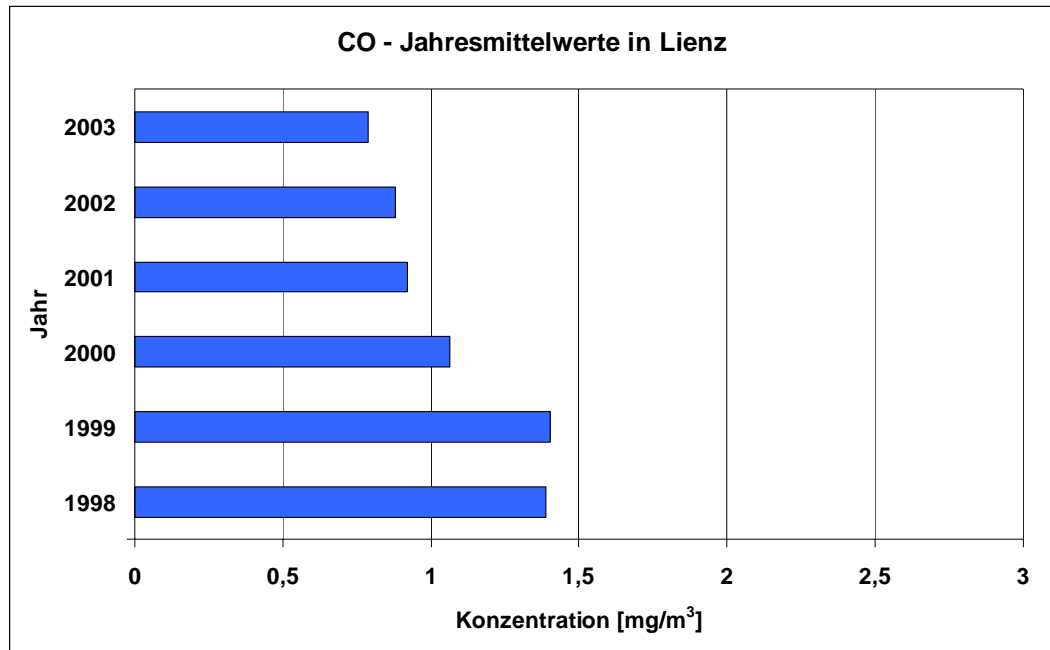


**Abbildung 15: Konzentrationen von Schwefeldioxid in Lienz
Zeitraum 1998-2003**

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und Eigendarstellung*

2.2.2 Kohlenmonoxid (CO)

Kohlenmonoxid entsteht hauptsächlich bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen. Als Luftschadstoff erlangt CO vor allem aufgrund der humantoxischen Wirkung an Bedeutung, ist aber auch bei der photochemischen Bildung von bodennahem Ozon beteiligt.²⁰ Von 1999 bis 2003 ist bei den Jahresmittelwerten der CO-Konzentrationen in Lienz eine stetig sinkende Tendenz zu verzeichnen (*Abbildung 16*). Im Jahr 2003 konnte eine Verbesserung um rund 44 Prozent²¹ gegenüber 1999 erreicht werden.

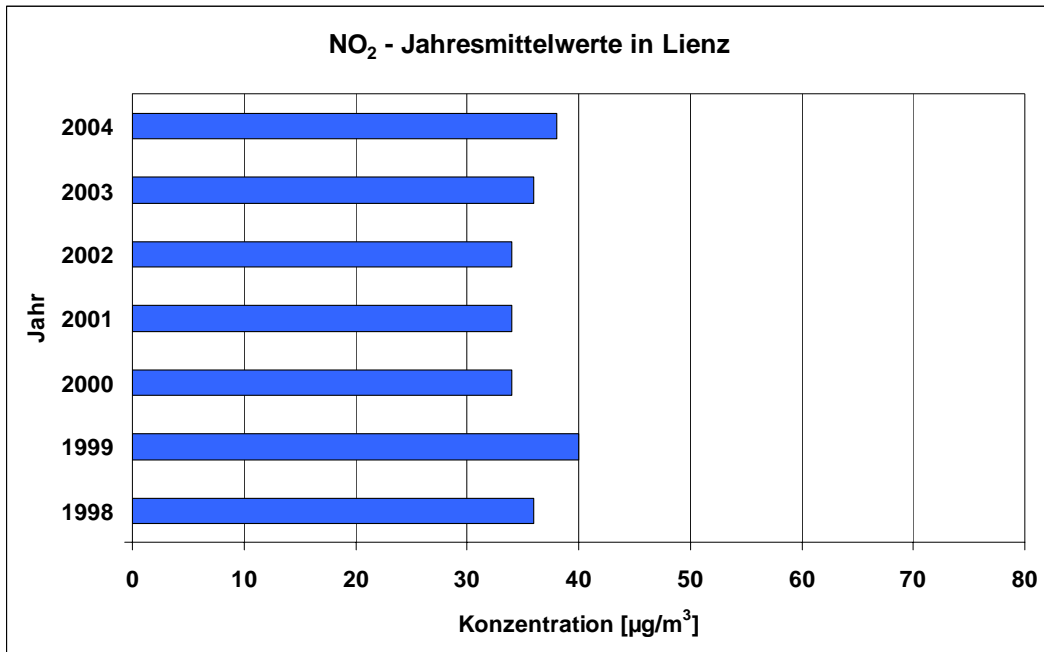


**Abbildung 16: Konzentrationen von Kohlenmonoxid in Lienz
Zeitraum 1998-2003**

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und Eigendarstellung*

2.2.3 Stickstoffdioxid (NO₂)

Stickstoffdioxid beeinträchtigt die Lungenfunktion des Menschen. Stickoxide entstehen überwiegend als unerwünschtes Nebenprodukt durch die Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei hoher Temperatur. Sie führen zusammen mit Kohlenwasserstoffen zur Ozonbildung im Sommer. Weiters sind sie mitverantwortlich an der Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern. In der kalten Jahreszeit tragen sie zu einer großräumigen Belastung durch Feinstaub bei.²⁰ In Lienz sind die Jahresmittelwerte von NO₂-Konzentrationen in den Jahren 2003 und 2004 erneut gestiegen (*Abbildung 17*).

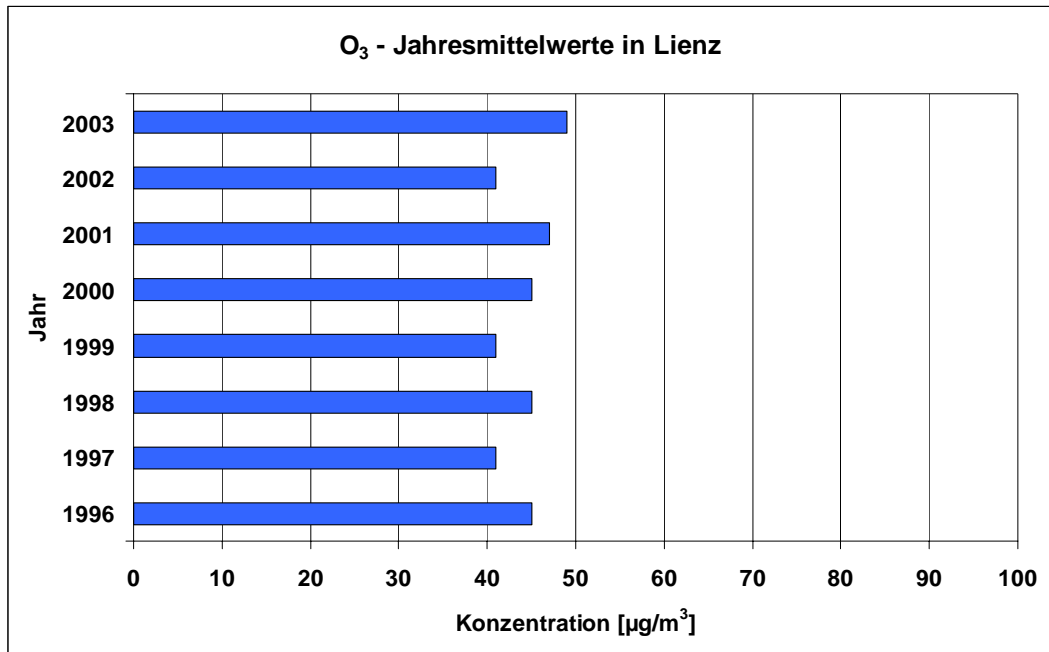


**Abbildung 17: Konzentrationen von Stickstoffdioxid in Lienz
Zeitraum 1998-2004**

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und 26.01.2005, Eigendarstellung*

2.2.4 Ozon (O_3)

In den höheren Luftschichten, der Stratosphäre, schützt Ozon vor schädlicher UV-Strahlung. Am Boden entsteht Ozon in erhöhten Konzentrationen durch Ozonvorläufersubstanzen. Zu den wichtigsten zählen Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen und Sonnenlicht. In einem globalen Maßstab tragen zur Ozonbildung auch Methan und Kohlemonoxid bei. Erhöhte Ozonkonzentrationen können bei Menschen zu Beeinträchtigungen der Lungenfunktion führen und einen Anstieg von Lungenkrankheiten zur Folge haben. Bei manchen Pflanzenarten schädigen kurzfristig erhöhte Ozonkonzentrationen die Blattorgane, bei langfristiger Belastung können Wachstums- und Ernteverluste auftreten.²⁰ In Lienz zeichnet sich bei den Jahresmittelwerten der Ozonkonzentrationen von 1996 bis 2003 keine eindeutige Tendenz ab. Die Jahresmittelwerte im Jahr 2003 lagen über denen des Vorjahres wie auch jenen der vergangenen sieben Jahre (Abbildung 18).

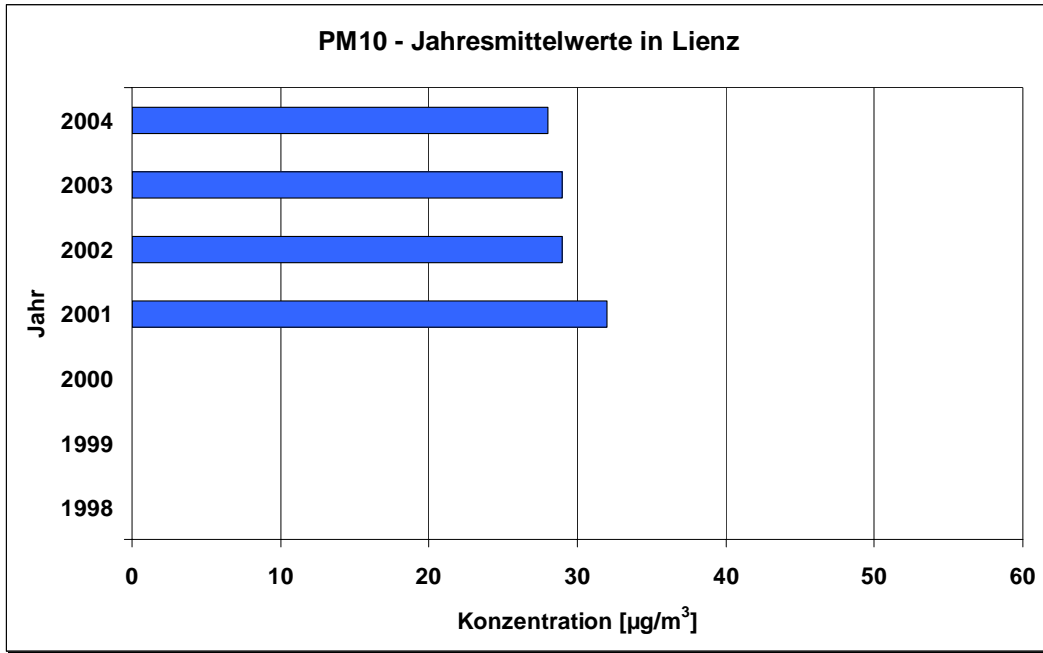


**Abbildung 18: Konzentrationen von Ozon in Lienz
Zeitraum 1996-2003**

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und Eigendarstellung*

2.2.5 Feinstaub (PM10)

Als Feinstaub werden Partikel mit einem Durchmesser kleiner als 10 µm bezeichnet. Eine erhöhte PM10-Belastung führt beim Menschen zu vermehrten Erkrankungen des Atmungs- und Herz-Kreislaufsystems, da er über den Kehlkopf bis tief in die Lunge gelangen kann. Die im Feinstaub enthaltenen Schwermetalle und Dioxine können sich weiters durch Sedimentation in den Böden anreichern.²⁰ In Lienz liegen die Jahresmittelwerte von PM10 aus dem Jahr 2003 unter jenen der drei vorangehenden Jahre (*Abbildung 19*).



**Abbildung 19: Konzentrationen von Feinstaub in Lienz
Zeitraum 2001-2004**

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und 26.01.2005, Eigendarstellung*

2.2.6 Überschreitung von Grenz- und Zielwerten

Gemäß dem „Immissionsschutzgesetz Luft“ (IG-L) und dem Ozongesetz wurden im Bericht über die Luftgüte in Tirol, Amt der Tiroler Landesregierung (2004) für Lienz im Jahr 2003 folgende Überschreitungen publiziert:

- Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wie auch zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation für Stickstoffdioxid ($\text{TMW} > 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde am 21.01.03 um rund 9 Prozent²² überschritten.
- Der Grenz- und Zielwert zum Schutz des Menschen für Feinstaub ($\text{TMW} > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde an 41 Tagen um bis zu 122 Prozent²² überschritten.
- Die Informationsschwelle für Ozon ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als diskreter Einstundenmittelwert) wurde am 12.08.03 um rund 1 Prozent²² überschritten.

²² Eigenberechnung auf Basis des Berichtes über die Luftgüte in Tirol im Jahr 2003.

- Weiters wurde der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Ozon ($MW8 > 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$) an 56 Tagen um bis zu ca. 55 Prozent²² überschritten.

Gegenüber den beiden Vorjahren können auf Basis der Berichte über die Luftgüte in Tirol, Amt der Tiroler Landesregierung (2002 und 2004) folgende Veränderungen festgestellt werden:

1. Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Ozon wurde im Jahr 2001 an 51 Tagen um bis zu rund 37 Prozent²³, im Jahr 2002 an 28 Tagen um bis zu rund 31 Prozent²³, sowie im Jahr 2003 an 56 Tagen um bis zu 55 Prozent²³ überschritten.
2. Der Grenz- und Zielwert zum Schutz des Menschen für Feinstaub wurde im Jahr 2001 an 45 Tagen und um bis zu 226 Prozent²³, im Jahr 2002 an 37 Tagen und um bis zu 182 Prozent²³, sowie im Jahr 2003 an 41 Tagen und um 122 Prozent²³ überschritten.
3. Der Tagesgrenzwert zum Schutz des Menschen für Schwebestaub ($TMW > 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde im Jahr 2001 zwei Mal und um bis zu rund 31 Prozent²³, sowie im Jahr 2002 ein Mal um rund 13 Prozent²³ überschritten.
4. Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wie auch zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation für Stickstoffdioxid wurde im Jahr 2003 an einem Tag überschritten.

²³ Eigenberechnung auf Basis der Berichte über die Luftgüte in Tirol im Jahr 2001, 2002 und 2003. Vgl. Tabelle 11: Grenz- und Zielwertüberschreitungen in Lienz im Anhang, S. 107.

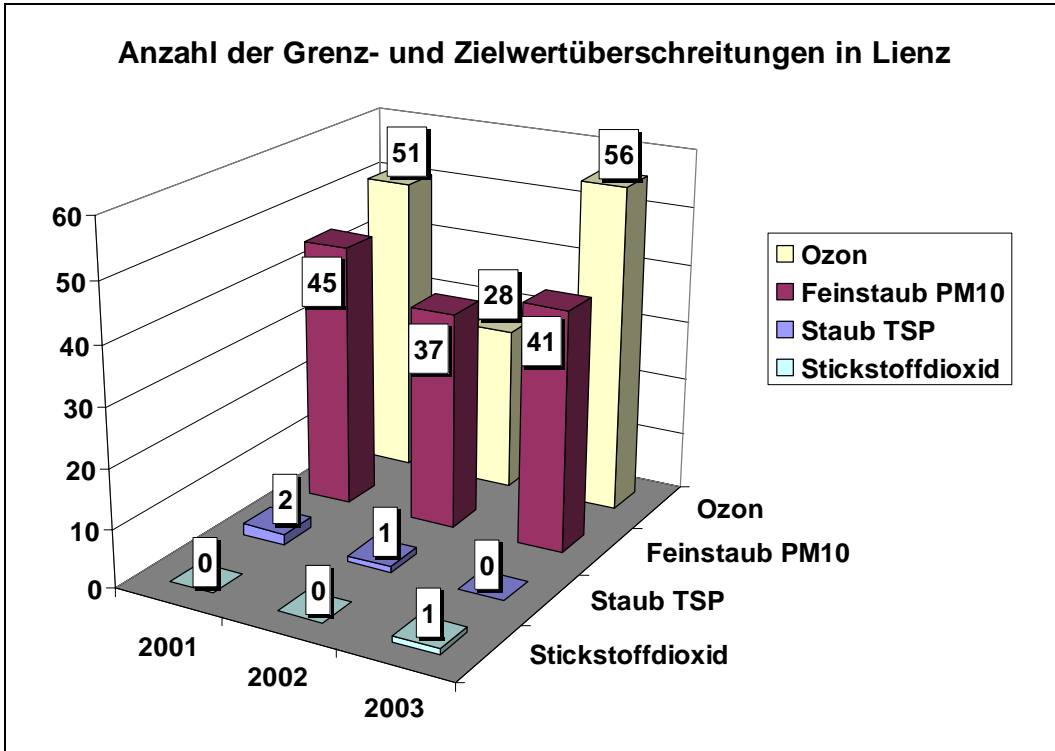


Abbildung 20: Grenz- und Zielwertüberschreitungen in Lienz

Jahr 2001, 2002 und 2003

Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung (2002, 2003 und 2004) und Eigendarstellung

Teil II Klima- und Umweltschutz durch Fernwärme in Lienz

Im zweiten Teil dieser Arbeit wird untersucht, ob die beiden Ziele der Verbesserung der lokalen Lufthygiene und der Beitrag zum globalen Klimaschutz durch die Fernwärme der Stadt Lienz im Vergleich zu individuell eingesetzten Heizanlagen erreicht wurden. Die Analyse wird durch die Reduktion von Kohlendioxidemissionen und Luftschadstoffen unter Einbezug des gesamten Energieaufwandes, angefangen von der Holzernte, Holzaufbereitung und Beschaffung der Brennstoffe, über die Beschickung und Energiegewinnung, bis zum Abtransport und Entsorgung der Verbrennungsrückstandsprodukte vollzogen. Als Beobachtungszeitraum wird das Jahr 2003 gewählt.

Im folgenden Kapitel 1 wird der Weg von der Vision bis zur Errichtung und Inbetriebnahme der „Stadtwärme Lienz“ dokumentiert, die technischen, wirtschaftlichen und logistischen Eckdaten dargestellt und auf eine mittelfristige Entwicklung eingegangen. In Kapitel 4 werden Emissionen der Fernwärme Lienz und Emissionen von individuellen Heizsystemen, in beiden Fällen unter Berücksichtigung wichtiger In- und Outputprozesse, mengenmäßig ermittelt. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der untersuchten Bereiche entgegengestellt und der Beitrag der „Stadtwärme Lienz“ zum Klima- und Umweltschutz berechnet.

3 Die „Stadtwärme Lienz“

In Lienz wurden Maßnahmen zum Klima- und Umweltschutz schon zu Beginn der 90er Jahre in die Wege geleitet. 1993 wurde das „Energieprojekt Lienz“ initiiert, das neben zahlreichen Energiesparmaßnahmen mit der Errichtung einer zentralen Fernwärmeversorgung einen weiteren Schritt in Richtung Klima- und Umweltschutz setzte. Das ausschlaggebende Motiv für die Errichtung der Fernwärmeversorgung war die hohe Umweltbelastung im Lienzer Talboden. Vor allem in den Wintermonaten herrscht, besonders bei ausgeprägten Inversionswetterlagen, ein kritischer Immissionszustand, der mit Luftschadstoffmessungen dokumentiert ist (Vgl. Absatz 2.2, S. 25).

3.1 Motive für eine Fernwärmeversorgung

Die Wurzeln der „Stadtwärme Lienz“ und zahlreicher vorangegangener Energiesparmaßnahmen, gehen bis ins Jahr 1993 zurück, als vom damaligen Bürgermeister der Stadt Lienz, Hubert Huber ein „Energierat“ ins Leben gerufen wurde. Dieser Energierat besteht aus engagierten Bürgern, Umweltmediziner und Energiefachleuten und wird vom Energiesparverein des Landes Tirol „Energie Tirol“ moderiert und betreut. Dieser E-Rat formulierte im so genannten „kommunalen Energieprojekt Lienz“ konkrete Maßnahmen zur Verbesserung der lokalen Lufthygiene. Diese waren prioritär im Bereich der Energieaufbringung für Raumwärme und Warmwasser zu setzen. Durch eine Energiedatenerhebung von 2.500 Haushalten wurde im Jahr 1995 ein umfassender Überblick über den Zustand der Lienzer Gebäude und die Heizgewohnheiten der Bevölkerung gewonnen. In der Folge wurden Energiespartage, Vorträge und Ausstellungen organisiert, eine permanente Energieberatungsstelle eingerichtet und diverse Förderungen für Solaranlagen sowie ein „500-Dächer-Dämmprogramm“ koordiniert mit den Bürgern erarbeitet und umgesetzt. Durch diese Bemühungen konnte die Lienzer Bevölkerung zu energiesparenden Maßnahmen und freiwilligen Verhaltensänderungen motiviert werden, im Jahr 1998 trat die Stadt

Lienz dem Internationalen Klimabündnis²⁴ bei. Weiters wurde der großflächige Umstieg auf schadstoffärmere Energieträger als Ziel definiert. Nachdem regional keine leitungsgebundene Energieversorgung bestand, wurde eine zentrale Anlage zur Fernwärmeversorgung für den Hauptsiedlungsbereich der Stadt Lienz als die wichtigste Maßnahme zur Verbesserung der Umweltsituation beschlossen und in der Folge verwirklicht.²⁵

3.2 Projektablauf und Ideengewinnung

Die Stadt Lienz war von der Bebauungsdichte her für eine Fernwärmeversorgung gut geeignet. Schon längere Zeit lag sie als eine der interessantesten Tiroler Standorte für eine Fernwärmeversorgung im Blickfeld verschiedener Fernwärmegesellschaften. Auf Empfehlung des örtlichen Energierates richtete die Stadt Lienz die „Arbeitsgruppe Fernwärme“ mit dem Ziel und Zweck ein, die bereits auf Ebene des Energierates entwickelte Projektidee „Fernwärme aus Energieholz“ konsequent weiterzuverfolgen.²⁶

3.2.1 Ausarbeitung von Lösungsansätzen

Um das Erfahrungspotential der Fernwärmebranche zu nutzen und verschiedene Lösungsansätze kennen zu lernen, folgte im September 1998 die öffentliche Bekanntmachung eines Wettbewerbs mit definierten Zielvorgaben (Pflichtenheft) für eine Fernwärmeversorgung im „Amtsblatt der Wiener Zeitung“ und dem „Boten von Tirol“. Die Vorgaben betrafen vor allem städtische Rahmenbedingungen, finanzielle und wirtschaftliche Kriterien sowie ökologische und technische Mindeststandards. Interessierte Firmen konnten die Ausschreibungsunterlagen gegen eine Kautionsanforderung. Die Projektausarbeitung war als erste Ausschreibungsstufe für die Stadt Lienz kostenfrei durchzuführen.

²⁴ „Aufgabe der Mitgliedsgemeinden ist die Ausarbeitung und Umsetzung lokaler Aktionsprogramme zum Klimaschutz und die Zusammenarbeit mit den indigenen Partnern zum Erhalt des tropischen Regenwaldes.“, URL <http://www.klimabuendnis.at> > Das Klimabündnis [19.02.04]. Vgl. URL www.tirol.gv.at > Themen > Umwelt > Klima > Lienz [31.01.2005].

²⁵ Vgl. Dokument Niederschrift über die Gemeinderatssitzung am 30.03.2000 und Dokument Lienz setzt voll auf Biomasse (2001).

²⁶ Vgl. Dokument Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz – Informationsphase (1998).

Den teilnehmenden Firmen wurden keine Honorare ausbezahlt und aus der Projektteilnahme konnte kein Dienstleistungs- bzw. Bauauftrag bei Realisierung der Fernwärmeanlage abgeleitet werden.²⁶

3.2.2 Das Pflichtenheft der Stadt Lienz

Das zu behandelnde Fernwärmeversorgungsgebiet wurde in einem Stadtplan räumlich definiert. Mit Ende des Jahres 2008 müsste in diesem Gebiet ein Versorgungsgrad von mindestens 70 Prozent erreicht werden. In der Konzeption der Fernrohrtrassen konnte die Benützung öffentlicher Grundstücke berücksichtigt werden, die jeweiligen Bauabschnitte waren in technischen und wirtschaftlichen Angaben zu kommentieren. Mindestens 80 Prozent des Endenergiebedarfs Fernwärme musste mit chemisch unbehandelten Energieholzsortimenten und der thermischen Solarnutzung abgedeckt werden. Gegenüber Energieholzanietern aus dem Bezirk Lienz war man zur Abnahme verpflichtet, mindestens 10 Prozent des gesamten Energieholzbedarfs sollte von bäuerlichen Lieferanten eingebracht werden können. Ebenso war das städtische Brennholzaufkommen zu berücksichtigen. Als Standort der Heizzentrale wurden von der Stadt Lienz zwei Standorte vorgegeben. Die Standortvariante ÖBB-Gelände war bevorzugt zu bearbeiten, weitere optional zulässig. Konzeption und Gestaltung der Energiezentrale mit Brennstofflager oblag dem eigenen Ermessen, ebenso die Dimensionierung und Steckenführung der Fernrohrtrassen. Zusätzlich war von den teilnehmenden Firmen ein Unternehmenskonzept vorzulegen, aus dem vor Allem die Funktion und Rolle der Stadt Lienz bei Umsetzung und Betrieb der Fernwärmeanlage hervorging. Bezüglich angesetzter Nutzungsdauer von Anlagenkomponenten sowie Wartungs- und Instandsetzungskosten waren Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen darzustellen. Konkrete Konzepte für Wärmelieferungsverträge mussten vorgelegt werden, aus denen alle Rahmenbedingungen für eine Wärmelieferung sowie Wärmepreise an die Haushalte und Betriebe ersichtlich waren.²⁶

Für Kohlenmonoxid, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe und Staub wurden Emissionsgrenzwerte vorgeschrieben. Die vorgeschlagene Anlagentechnik war technologisch und wirtschaftlich zu argumentieren. Für Abwässer waren Grenzwerte einzuhalten, für die anfallenden Aschefraktionen ein schlüssiges

Verwertungs-/Entsorgungskonzept vorzulegen. Für die Holzfeuerungstechnik war unter Berücksichtigung der Bereitstellung von Spitzenlast und Ausfallsreserve eine Konzeption vorzunehmen und die zu erwartenden Wirkungsgrade der einzelnen Anlagenkomponenten inklusive Wärmeverteilungsnetz anzugeben. Als Wärmeträgermedium sollte Heißwasser mit einer max. Vorlauftemperatur von 120 °C eingesetzt und, die dabei technisch zu erwartenden, Temperaturspreizungen angegeben und begründet werden. Die Konzeption von Wärmerückgewinnungstechnologien im Rahmen der Versorgungsanlage, sowie der Einbau einer Biomasse-Kraft-Wärme-Kopplung, waren optional vorzunehmen und bei Verwendung technisch, wirtschaftlich und ökologisch zu argumentieren.²⁶

3.2.3 Eingereichte Projektvarianten

Zur Projektausarbeitung²⁷ meldeten sich zehn große österreichische Fernwärmebetriebe an. Den interessierten Firmen wurde im Zuge eines Hearings am 25.09.1998 die Möglichkeit zu Rückmeldungen und Anfragen zu den Punkten im Pflichtenheft gegeben. In der Folge wurden im Februar 1999 Projekte von fünf Fernwärmebetrieben²⁸ präsentiert. Am 5. Juli 1999 wurde den teilnehmenden Firmen in einem klärenden Verhandlungsgespräch²⁹ mitgeteilt, dass aufgrund hoher Pachtentgelde für den vorgeschlagenen Standort am ÖBB Gelände, sowie aus dem Gesichtspunkt einer Verkehrsentlastung des Lienzer Stadtkerns im laufenden Brennstoffversorgungsbetrieb, eine neue Standortvariante im Stadtteil „Peggetz“ zu prüfen ist und hinsichtlich technischer, ökologischer und wirtschaftlicher Kriterien zu beurteilen sei. Bis zum Endtermin am 15.09.1999 wurde von insgesamt drei Anbietern ein definitives Angebot vorgelegt.³⁰ Diese wurden von der „Arbeitsgruppe Fernwärme“ der Stadt Lienz und weiteren Experten aus dem technisch-wirtschaftlichen Bereich anhand der organisatorischen Lösung für die Errichtung und den laufenden Betrieb, weiters der wirtschaftlichen, räumlichen, logistischen und technischen Lösungen sowie

²⁷ Vgl. Dokument Fernwärme Lienz – Projektierung.

²⁸ Vgl. Dokument Einladung zur Firmenpräsentation – Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz.

²⁹ Vgl. Dokument Fernwärme Lienz – Verhandlungsgespräche am 27. und 28. Juli 1999.

³⁰ Vgl. Angebote im Ordner „Fernheizwerk Lienz“ der Umweltabteilung der Stadt Lienz.

den Einsatz von innovativen Komponenten begutachtet und vergleichend beurteilt.³¹

3.2.4 Projektfestlegung und Auftragsvergabe

Die „Arbeitsgruppe Fernwärme“ entschied sich auf Empfehlung von Energie Tirol für die Projektvariante der Steirischen Fernwärme GmbH (STEFE). Diese hatte das Projekt Fernwärme technisch und ökologisch am besten aufbereitet und als einziger Anbieter eine Kraft-Wärme-Kopplungsanlage glaubwürdig in das Gesamtsystem integriert, nachvollziehbare Wirtschaftlichkeitsberechnungen angeführt und ein detailliertes Unternehmenskonzept vorgelegt³². Außerdem war das Projekt dieses Anbieters vom Investitionsvolumen her das umfangreichste, welches aus diesem Grund auch die höchste regionale Wertschöpfung erwarten ließ.

Die STEFE sicherte sich eine Kooperation mit der Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) als Partner³³, wodurch sich eine starke regionale Verankerung ergab. Am 3.04.2000 wurde die „Stadtwärme Lienz Produktions- und Vertriebs-GmbH“ formalrechtlich gegründet, an der sich die beiden Fernwärmeproduzenten mit jeweils 48 Prozent beteiligten. Die Stadt Lienz stellte die Baugrundstücke für das Heizkraftwerk zur Verfügung und hielt damit den restlichen vierprozentigen Anteil.³⁴ Von nun an betrieb die „Stadtwärme Lienz“ kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit. Die heimische Wirtschaft wurde frühzeitig informiert, um eine rechtzeitige und bestmögliche Beteiligung zu erreichen. Die STEFE setzte einen Schwellwert für die Anschlussdichte fest. In der ersten Ausbaustufe mussten mindestens eine Anschlussdichte von 56 Prozent³⁵ erreicht werden, um das gesamte Projekt rentabel führen zu können und die Realisierung fundiert zu

³¹ Vgl. Dokument Bericht zu den vorgelegten Projekten.

³² Vgl. Dokument Vergleichende Projektdarstellung – Angebote per 15.9.1999.

³³ Vgl. Dokument Absichtserklärung abgeschlossen zwischen der Steirischen Fernwärme GmbH und der Tiroler Wasserkraftwerke AG.

³⁴ Vgl. Dokument Niederschrift über die Gemeinderatssitzung am 30.03.2000.

³⁵ Vgl. Dokument Angebot gemäß der Ausschreibung ‚Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz‘ (1999)

treffen. Mit erfolgreicher Akquisitionstätigkeit konnte durch eine aktive Bürgerbeteiligung, eine hohe Identifikation der Bevölkerung mit dem Vorhaben und dem Anschluss sämtlicher Gemeindebauten im Oktober 2000 in der Gesellschaftsverhandlung der „Stadtwärme Lienz Produktions- und Betriebs GmbH“ der Baubeschluss gefasst werden.

3.3 Errichtung von Heizhaus und Fernwärmenetz

Am 19. März 2001 begannen die Arbeiten für die Errichtung des 1. Abschnittes des Versorgungsnetzes. Das Konzept umfasste zunächst drei Hauptausbaustufen. In der ersten Ausbaustufe wurden die Hauptversorgungsleitungen und das Heizkraftwerk errichtet, sodass fast alle Großkunden schon im Jahr der Errichtung mit Wärme versorgt werden konnten. Die zweite und dritte Ausbaustufe dienten der weiteren Erschließung des Fernwärmegebietes und der Netzverdichtung. Insgesamt sollte ein ca. 37,5 Kilometer langes Netz realisiert werden.³⁶

Im Zuge der Errichtung des Fernwärmenetzes war aufgrund umfangreicher Grabungsarbeiten vor allem das Verständnis der Lienzer Bevölkerung gefordert. Der Zeitaufwand für die Verlegung einer ca. 300 m langen Strecke betrug im Regelfall 4 bis 6 Wochen. Die Arbeiten wurden teilweise auch in den Nachtstunden und an Feiertagen durchgeführt. In dieser Zeit musste mit erheblichen Verkehrsbeeinträchtigungen und Beschränkungen im gewohnten Mobilitätsverhalten gerechnet werden. Die Grabungsarbeiten wurden bestmöglich koordiniert und dabei Rücksicht auf die Anwohner, Betriebe und Verkehrsströme genommen.³⁶

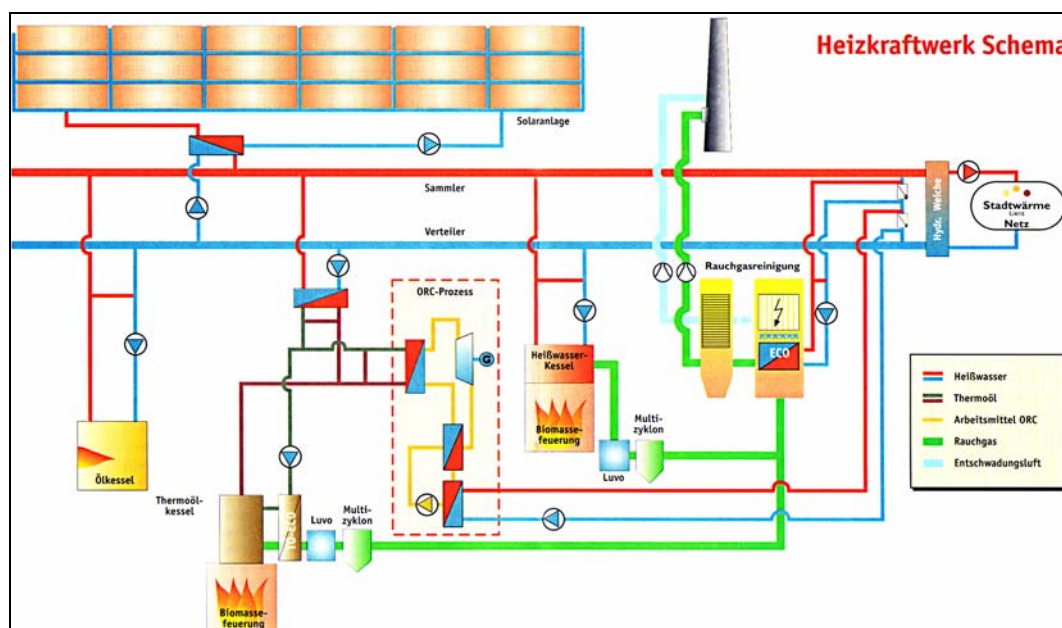
Während der Arbeiten wurde die Bevölkerung durch das „Amtliche Mitteilungsblatt“, weitere Presseinformationen sowie einer Infohotline und einer Internetseite der „Stadtwärme Lienz“ laufend über den Fortschritt informiert. Zusätzlich standen Berater der „Stadtwärme Lienz“ für Gespräche zur Verfügung. Im jeweiligen Ausbauggebiet befindliche Haushalte und Betriebe wurden besucht und über die Vorteile und Kosten bei einer Umstellung auf eine Versorgung mit

³⁶ Vgl. Presseartikel Liebburg Info, März 2001.

„Stadtwärme“ aufgeklärt. Im September 2001 ging das Fernheizwerk erstmals in Betrieb. Am 14.03.2002³⁷ konnte es schließlich feierlich eröffnet werden.

3.4 Das Leistungspotential des Biomassefernheizkraftwerks

Bei der „Stadtwärme Lienz“ handelt es sich um die größte kommunale Energieversorgungsanlage Österreichs auf Basis von Biomasse und direkter Solarenergie. Zwei Biomasseanlagen, zwei Ölkessel und eine 630m² große Solaranlage sowie zahlreichen Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung (Vgl. *Abbildung 21*) verzeichnen insgesamt eine installierte Leistung von 38 MW. Im Versorgungsnetz fließt ca. eine Million Liter chemisch aufbereitetes Wasser. Die Netz- und Anlagenverluste der „Stadtwärme Lienz“ liegen nach Auskunft des Betriebsleiters unter 15 Prozent, im Winter erfährt das Wasser im Versorgungsnetz pro 1 km eine Abkühlung um etwa 0,4 °C. Die Vorlauftemperatur liegt bei etwa 95 °C, die Rücklauftemperatur bei etwa 65 °C.³⁸



**Abbildung 21: Gesamtschema des Biomassefernheizkraftwerks Lienz
Stand Jahr 2001**

Quelle: Wärme und Strom für die Stadt Lienz, Stadtwärme Lienz GmbH

³⁷ Vgl. Dokument Einladung zur Eröffnung.

³⁸ Quelle: Reinhard Wilhelmer, Betriebsleiter „Stadtwärme Lienz“, 12.08.04.

Eine technisch ausgereifte so genannte Fuzzy-Logic-Regelung stabilisiert den Verbrennungsvorgang auf einem optimalen Arbeitspunkt, wodurch der Jahresnutzungsgrad der Anlage verbessert und Emissionen verringert werden. Der Wirkungsgrad der Biomassefeuerungsanlagen beläuft sich nach einem Schema der Bios Bioenergiesysteme GmbH um die 90 Prozent (*Abbildung 22*).³⁹

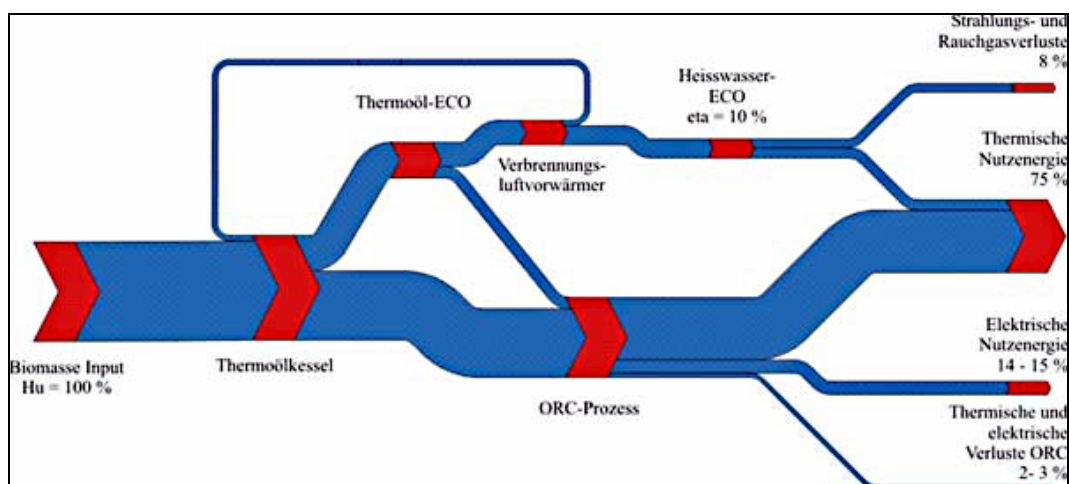


Abbildung 22: Energiebilanz über die Biomasseanlagen

Quelle: Bios Bioenergiesysteme GmbH

In der Rauchgasreinigungsanlage findet neben einer weiteren Wärmerückgewinnung die Feinentstaubung durch Multizyklone und einem Elektro-Nassfilter statt (*Abbildung 23*). In einem Luftvorwärmer wird das Rauchgas entfeuchtet und die Außenluft vorgewärmt, wodurch in der Folge Schwadenbildung am Kamin bis zu einer Außentemperatur von -5 °C vermieden werden kann.³⁹

³⁹ Vgl. Dokument Wärme und Strom für die Stadt Lienz.

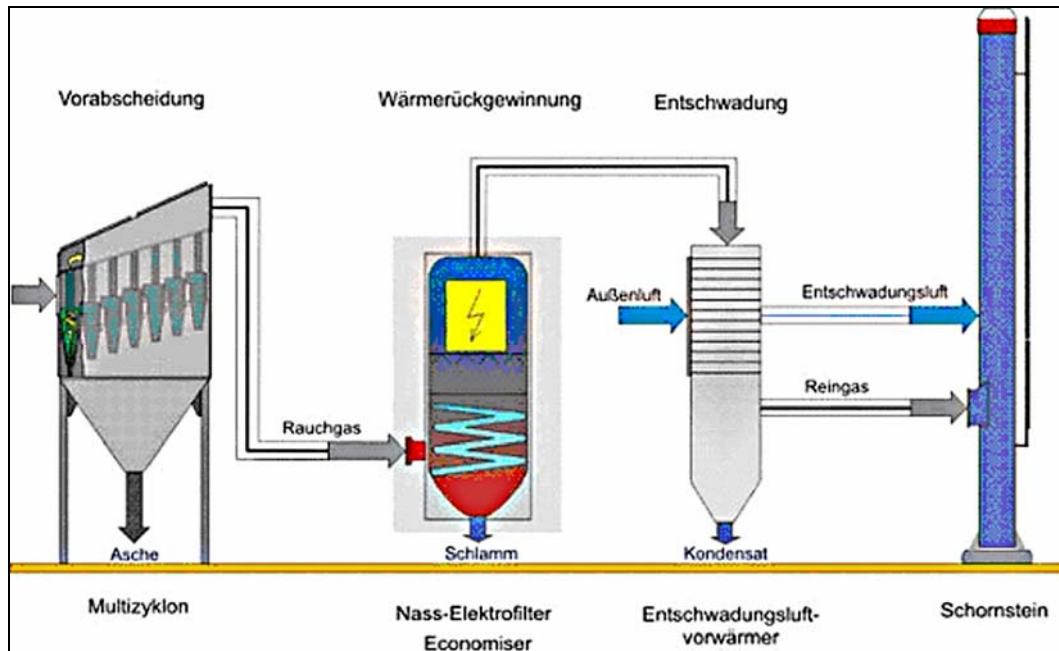


Abbildung 23: Schematische Darstellung der Rauchgasreinigung

Quelle: Bios Bioenergiesysteme GmbH

Im Jahr 2003 wurden nach Auskunft des Betriebsleiters insgesamt 94.834 t Biomasse und rund 452.000 t Heizöl extraleicht für die Energiegewinnung eingesetzt. Aus Biomasse, Heizöl und mit Hilfe einer Solaranlage wurden 51,533 GWh thermische Energie und zugleich über eine Kraft-Wärme-Koppelungsanlage 4,796 GWh elektrische Energie aus Biomasse gewonnen. Über 92 Prozent der Energie wurde aus den Biomassesegmenten Hackgut, Rinde und Sägespänen gewonnen. 7,5 Prozent der Energie wurden durch Heizöl aufgebracht, die Solaranlage war mit 0,09 Prozent beteiligt (Abbildung 24).⁴⁰

⁴⁰ Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 12.08.04.

Vgl. Tabelle 12: Mix der Energieträger im Biomasseheizkraftwerk im Anhang S. 107.

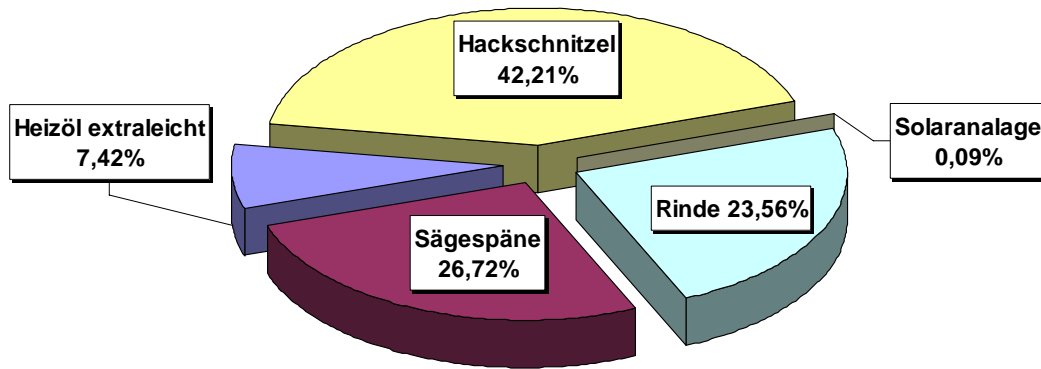


Abbildung 24: Mix der Energieträger im Fernheizkraftwerk im Jahr 2003⁴⁰

Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 12.08.04, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Die Analyse und Begutachtung der im Biomasseheizkraftwerk Lienz anfallenden Mischung aus Grob- und Zyklonflugasche hat ergeben, dass sämtliche Grenzwerte für Schwermetalle unterschritten wurden. Am meisten näherte sich Nickel dem vorgeschriebenen Grenzwert mit 62 Prozent. Die Asche ist zur Düngung von landwirtschaftlichen Flächen und als Beimischung bei der Erzeugung von Humus gut geeignet und ökologisch sinnvoll einsetzbar.⁴¹

⁴¹ Quelle: Bios Bioenergiesysteme GmbH (2003).

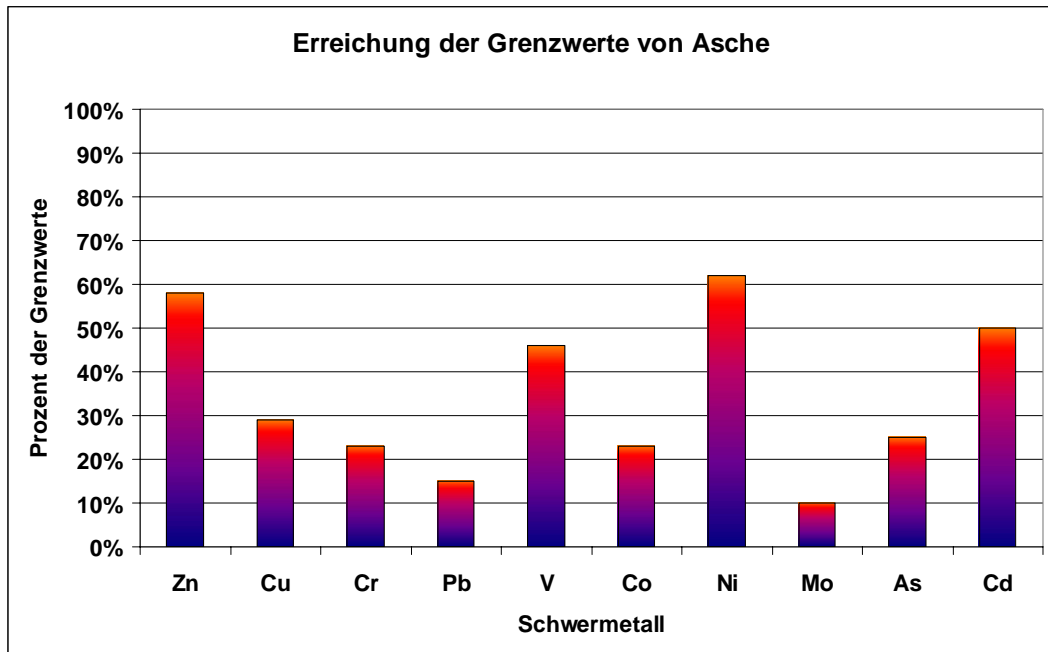


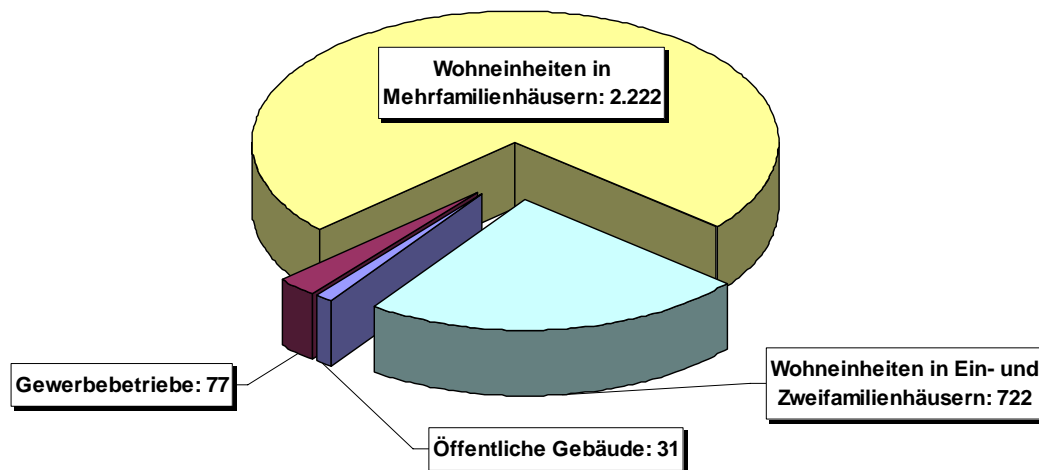
Abbildung 25: Schwermetallgehalte von Asche aus dem Heizkraftwerk⁴²
[Stand 10.03.2003]

Quelle: Bios Bioenergiesysteme GmbH (2003)

3.5 Die Kunden der „Stadtwärme Lienz“

Mit Ende des Jahres 2003 konnten bereits über 80 Prozent der erschließbaren Gebäude in das Fernwärmenetz eingebunden werden. Mit genanntem Datum wurden bereits nach 15 Monaten Betriebszeit 31 öffentliche Gebäude, 77 Gewerbebetriebe, 722 Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern und 2.222 Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern mit Wärme versorgt (*Abbildung 26*).

⁴² Vgl. Tabelle 14: Schwermetallgehalte von Asche aus dem Heizkraftwerk Lienz im Anhang, S. 108.



**Abbildung 26: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Wärmeabnehmer
[Stand 31.12.03]**

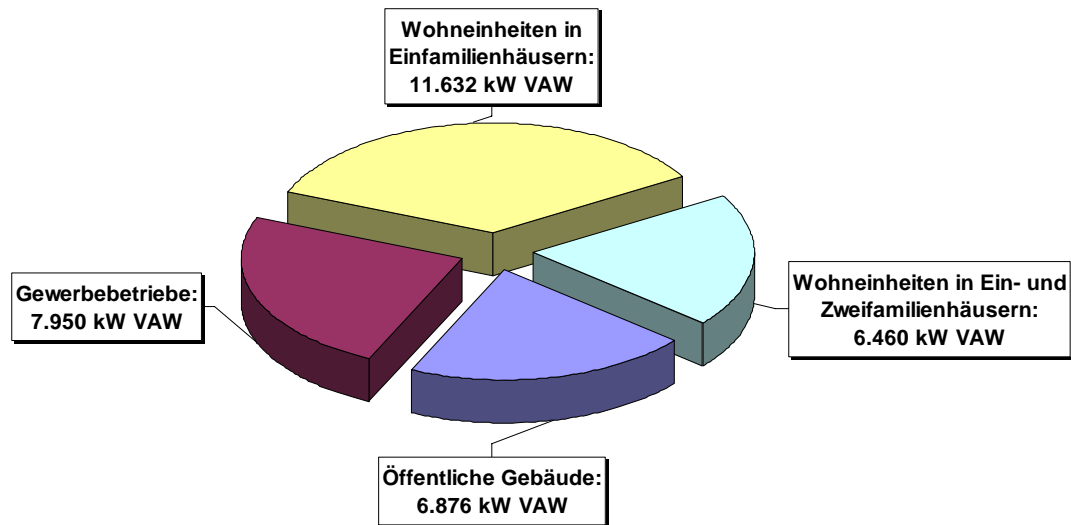
Quelle: Wilhelm Ploner, Stadtwärme Lienz, 16.08.04 und Eigendarstellung

Die benötigte Heizleistung für ein Gebäude wird üblicherweise in Kilowatt angegeben, sie hängt von energietechnischen Parametern und hauptsächlich von der Größe der beheizten Fläche, dem Sanierungszustand des Gebäudes und dem verwendeten technologischen Standard der Heizung ab. Die „Stadtwärme Lienz“ berechnet die zur Verfügung gestellte Wärmeleistung in kW und bezeichnet diese mit dem Verrechnungsanschlusswert (VAW).

Ein interessantes Bild ergibt der Vergleich der Fernwärmekunden mit ihrer bezogenen Wärmeleistung. Unterteilt in vier Kategorien waren Ende 2003 Öffentliche Gebäude unter allen versorgten Einheiten nur mit einem Anteil von einem Prozent vertreten, dennoch bezogen sie im Jahr 2003 rund 21 Prozent der von der Fernwärme Lienz zur Verfügung gestellten Gesamtwärmeleistung. Gewerbebetriebe waren unter den versorgten Einheiten in ihrer Anzahl mit 2,5 Prozent vertreten und bezogen im Jahr 2003 rund 24 Prozent des gesamten Verrechnungsanschlusswertes. Die weiteren 55 Prozent der Gesamtwärmeleistung wurden von Kunden in Wohneinheiten bezogen (*Abbildung 27*).⁴³

⁴³ Quelle: Wilhelm Ploner, 16.08.04.

Vgl. Tabelle 13: Wärmebezieher der „Stadtwärme Lienz“ im Anhang S. 108.



**Abbildung 27: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Wärmeleistung
[Stand 31.12.04]**

Quelle: Wilhelm Ploner, Stadtwärme Lienz, 16.08.04 und Eigendarstellung

In der Akquisitionsphase und dem Anschluss von Wärmeabnahmestationen in den einzelnen Gebäuden wurden von der „Stadtwärme Lienz“ GmbH und der Gebrüder Eder GmbH Bestandsdaten von ausrangierten Heizkessel⁴⁴ aufgezeichnet. Diese haben bis zum 13.08.2004 die Substitution von über 500 Heizkesseln durch die „Stadtwärme Lienz“ dokumentiert, wobei in Anbetracht nicht berücksichtigter Anlagen der tatsächliche Wert höher liegen dürfte.

Eine eigene Auswertung dieser Daten ermöglicht einen Vergleich der installierten Heizleistungen vor und nach Fernwärmebezug (*Abbildung 28*). Unter der Annahme, dass der von der „Stadtwärme Lienz“ zur Verfügung gestellte VAW der jeweils notwendigen Heizlast des angeschlossenen Gebäudes korrekt widerspiegelt, ergeben sich folgende interessante Ergebnisse:

- Im arithmetischen Mittel verzeichneten die Heizanlagen im Vergleich zu ihren Verrechnungsanschlusswerten eine um über 92 Prozent höhere Dimensionierung ihrer Leistung.

⁴⁴ Vgl. Tabelle 55: Anonymisierter Auszug aus den erhobenen Bestandsdaten im Anhang, S. 124.

- Die höchste Dimensionierung eines Heizkessels lag im Vergleich zum VAW bei 640 Prozent.
- Die niedrigste Dimensionierung eines Heizkessels lag im Vergleich zum VAW bei rund 36 Prozent.

Es kann daher festgestellt werden, dass der Großteil der Raumheizanlagen mit ungünstigem Wirkungsgrad und im Bereich vermehrter Brennstoffeinsätze sowie mit erhöhten Schadstoffemissionen betrieben wurde.

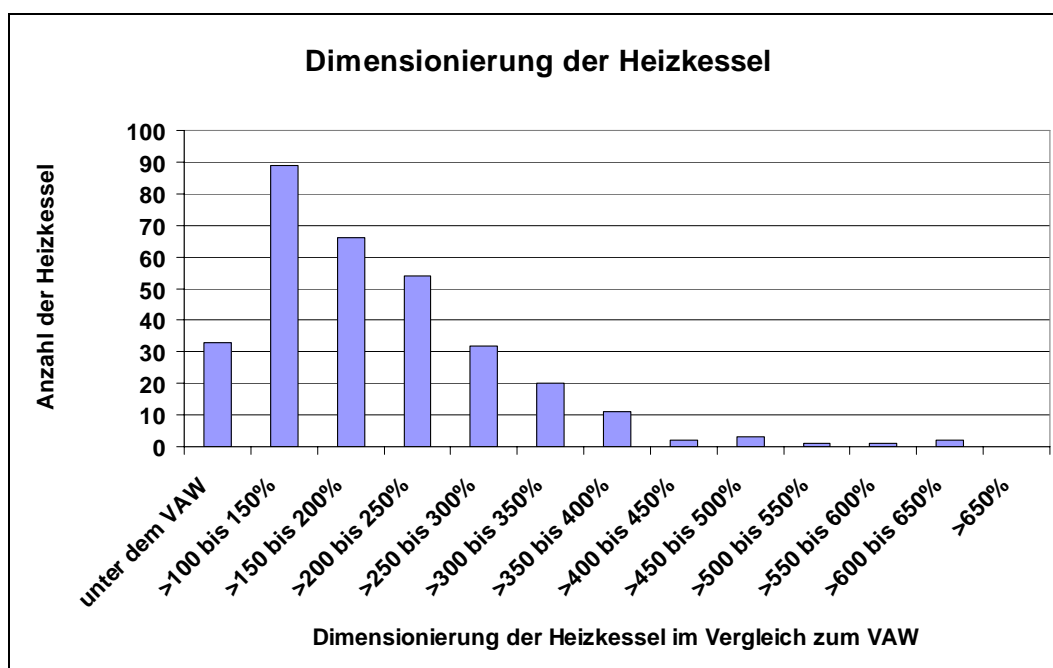


Abbildung 28: Dimensionierung der Heizanlagen im Vergleich zum VAW⁴⁵
[Stand 31.12.03]

Quelle: Stadtwärme Lienz, Gebrüder Eder GmbH, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Aus den Bestandsdaten geht neben vielen weiteren Informationen das Baujahr der ausrangierten Heizkessel hervor. Eine eigene Auswertung dieser Daten lässt auf das Alter des Bestandes der Heizkessel im Vergleich zu den Inbetriebnahmen der Wärmeabnahmestationen seit Ende des Jahres 2001 schließen. Im arithmetischen Mittel errechnet sich das Baujahr 1985, als häufigstes Baujahr wurde 1986

⁴⁵ Vgl. Tabelle 15: Leistung der Heizanlagen im Vergleich zum VAW im Anhang, S. 109.

registriert. Der älteste durch die „Stadtwärme Lienz“ substituierte und dokumentierte Heizkessel verzeichnete das Baujahr 1959, die jüngsten das Baujahr 2000 (Abbildung 29).

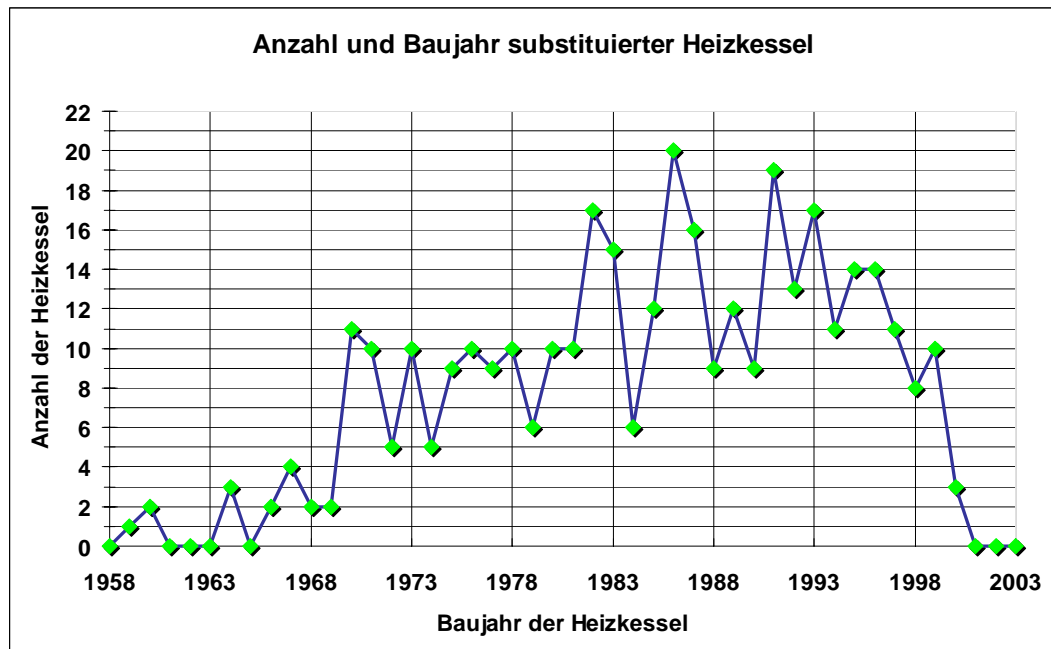


Abbildung 29: Baujahre der ersetzten Heizkessel⁴⁶

[Stand 13.08.04]

Quelle: Stadtwärme Lienz, Gebrüder Eder GmbH, Eigenberechnung und Eigendarstellung

3.6 Kosten, Preise und Tarife der „Stadtwärme Lienz“

Das Investitionsvolumen in der Region belief sich auf etwa € 23,11 Mio. Basis für das Finanzierungskonzept war eine Förderung von ca. 30 Prozent durch Mittel des Bundes, des Bundeslandes Tirol und der EU. Unter getroffenen realistischen Annahmen für die Planungsrechnung sollte sich die Investition in die Fernwärme Lienz in 12 Jahren amortisieren.⁴⁷

Die Preise und Tarife für den Bezug von Fernwärme sind an den Verbraucherpreisindex 96, Verbrauchsgruppe IV gebunden und nach der

⁴⁶ Vgl. Tabelle 16: Anzahl und Baujahr substituerter Heizkessel im Anhang, S. 109.

⁴⁷ Vgl. Dokument Wärme und Strom für die Stadt Lienz.

bezogenen Wärmemenge gestaffelt. Für ein Durchschnittshaus mit einem Verbrauch von 16 MWh Wärme pro Jahr bei 10 kW Heizleistung kostet die Kilowattstunde inkl. Energiepreis, Leistungsbereitstellungspreis und Mehrwertsteuer im Jahr 2004 rund 6,72 Cent. Die Anschlusskostenpauschale beträgt für ein durchschnittliches Einfamilienhaus € 4.360. Das Land Tirol zahlte dem Anschlusswerber in den ersten Jahren nach der Inbetriebnahme der Fernwärme Lienz € 1.090 als Förderung aus, am 15. März 2004 wurde diese Pauschale auf € 1.500 erhöht. Die Anschlussanlage der Fernwärme endet mit der Wärmeübergabestation im jeweiligen Gebäude, Änderungen in der Hausanlage gehen zu Lasten des Anschlusswerbers.⁴⁸

3.7 Auszeichnungen

- Im Jahr 2000 wurde Lienz als einzige Tiroler Kommune für das Umweltengagement und für den Bau der größten Biomasseanlage Österreichs mit einem österreichischen Klimabündnissonderpreis bedacht.
- Die Stadtgemeinde Lienz erzielte für das Projekt „Wärme und Strom für die Stadt Lienz“ im Jahr 2002 den ersten Platz des Energy Globe Austria.⁴⁷ Der „Energy Globe“ prämiiert herausragende Lösungen im Bereich Energieeffizienz und erneuerbare Energieträger.
- Der Lienzener Architekt Martin Valtiner wurde für die Planung und Ausführung der Solaranlage der „Stadtwärme Lienz“ von der Architekturstiftung und dem Verband Austria Solar mit dem 1. Platz ausgezeichnet.⁴⁹

3.8 Zukunftsaussichten

Aufgrund der breiten Akzeptanz und der positiven Einstellung der Bevölkerung zu erneuerbaren Energien und zur „Stadtwärme Lienz“ konnten die Erwartungen der Betreiber weit übertroffen werden. Auch die Lienzener Nachbargemeinde Nussdorf/Debant zeigt Interesse an Fernwärme aus dem

⁴⁸ Auskunft durch Wilhelm Ploner, Stadtwärme Lienz, 28.12.04.

⁴⁹ Vgl. Kleine Zeitung vom 4. November 2003.

Biomassefernheizkraftwerk. Der Ausbau der Fernwärme geht zügig voran, bereits Ende 2006 soll eine dritte Biomassefeuerungsanlage weitere 8.700 kW thermische Leistung und weitere 1.500 kW elektrische Leistung aus Hackgut, Sägespäne und Rinde aus der Region erzeugen. Ein elektrisches Häckselgerät soll angeschafft werden, wodurch komprimiertes Rundholz direkt an das Fernheizkraftwerk angeliefert werden kann und sich im Vergleich zur Lieferung von Hackgut aus der Aufbereitungsstelle, eine Reduzierung der Anzahl der Transporte ergibt. Im Endausbau rechnet die „Stadtwärme Lienz“ mit einem jährlichen Verbrauch von 150.000 srm an Holzsortimenten. Der Energieeinsatz soll durch den Einbau eines Pufferspeichers weiter zurückgehen.⁵⁰ Im Jahr 2010 will die „Stadtwärme Lienz“ 76 GWh thermische Energie liefern und 14,7 GWh Strom aus Biomasse erzeugen.⁵¹

⁵⁰ Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 12.08.04.

⁵¹ Quelle: Ploner Wilhelm, Stadtwärme Lienz, 15.08.04.

4 Emissionsanalyse der Fernwärme und der Stadt Lienz

In diesem Kapitel werden wichtige Prozesse der „Stadtwärme Lienz“ erhoben, ihre spezifischen Produktionsmengen, Arbeitseinsätze bzw. Transportkilometer ermittelt und in der Folge direkt entstandene Emissionen errechnet. Als zweiter Punkt wird eine Abschätzung der Emissionsmengen vorgenommen, welche die Kunden der „Stadtwärme Lienz“ mit ihren individuellen Heizsystemen und weitem wichtigen Prozessen ohne die Umstellung auf Fernwärme hervorgerufen hätten. Beobachtungszeitraum ist das Jahr 2003. Im folgenden Kapitel 5 werden die jeweils emittierten Gesamtmengen von CO₂, CO, NO_x, SO₂ und Staub einem Vergleich gegenübergestellt und Veränderungen durch die „Stadtwärme Lienz“ errechnet.

4.1 Relevante Emissionsbereiche der „Stadtwärme Lienz“

Folgende Bereiche der „Stadtwärme Lienz“ werden bei der Ermittlung von direkt entstandenen Emissionen berücksichtigt (*Vgl. Abbildung 30*):

1. Holzernte und Holzbringung in den Wäldern
2. Transport von Brennstoffen
3. Aufbereitung von Biomasse zur Energiegewinnung
4. Verfeuerung von Biomasse und Heizöl im Fernheizkraftwerk
5. Transport und Entsorgung von Rückstandsprodukten

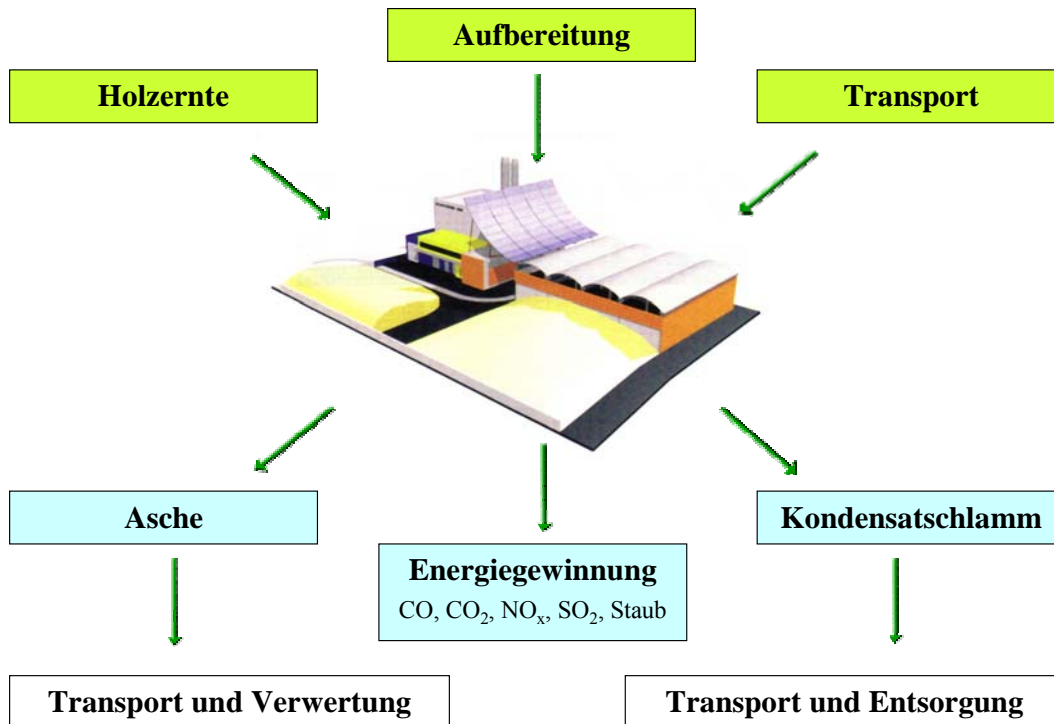


Abbildung 30: Emissionsbereiche der „Stadtwärme Lienz“

Quelle: Architekturbüro Valtiner (Heizwerk) und Eigendarstellung

Die Vorgehensweise zur Abschätzung von Emissionen beinhaltet für jeden der Bereiche die Ermittlung relevanter Prozessdaten und in der Folge die Ermittlung direkt entstandener Emissionen. Für eine einheitlich geführte Linie, werden Holzmen gen stets in der Einheit Festmeter angegeben.

Generell ist anzumerken, dass die nachfolgend erhobenen Werte eine grobe Abschätzung darstellen. Emissionsfaktoren wurden aus der Literatur oder über Simulationsprogramme bezogen, Berechnungen und Schätzungen von Experten eingeholt, oder vom Verfasser selbst nachvollzogen. Es wurde versucht, die Realität so gut wie möglich wider zu geben. Da nicht alle Emissionsdaten durch Messungen ermittelt wurden, können die tatsächlichen Werte von den abgeschätzten Emissionsmengen abweichen.

(1) Angewandte Methodik für die Ermittlung von Transportwegen

Die Ladekapazitäten der eingesetzten Transportmittel⁵² wurden durch Auskünfte eingeholt und in einer Transportrichtung voll ausgeschöpft. In Verbindung mit den transportierten Mengen wurde die Anzahl der benötigten Fahrten errechnet und mit dem Navigationstool „Microsoft Autoroute V11“ zurückgelegte Transportdistanzen ermittelt. So wurden, nach einzelnen Lieferbereichen getrennt, die insgesamt aufgewendeten Transportkilometer berechnet. Sämtliche Zwischenergebnisse sind in Tabellenform im Anhang angeführt, eventuelle Komastellen wurden auf ganze Zahlen gerundet. Bei genauer Kenntnis der Transportmittel werden die Tabellen mit deren Marke und Type ergänzt. Die angegebenen Transportkilometer beziehen sich auf die Summe einer jeweiligen Hin- und Rückfahrt. Für Traktoren wurden Transporte äquivalent in Betriebsstunden ermittelt. Als Ergänzung werden eingesetzte Kraftstoffmengen mit 30 l/100km für LKW-Züge und 15 l/100 km für Traktoren abgeschätzt, sie werden in Kapitel 5 für einen Vergleich der eingesetzten Mengen von flüssigen Brenn- und Kraftstoffen herangezogen.

(2) Kohlendioxidemissionen durch die Verfeuerung von Biomasse

Bäume entziehen der Atmosphäre CO₂ und speichern es in Form von Kohlenstoff im Holz. Wird nachhaltig bewirtschaftetes Holz⁵³ verbrannt, steigt im Gegensatz zur Verbrennung von fossilen Brennstoffen die Konzentration an CO₂ in der Atmosphäre nicht an. Es wird nur jene Menge CO₂ freigesetzt, welche der Baum im Laufe seines Lebens aufgenommen hat. Nach Auskunft der

⁵² Ladekapazitäten und Auflockerungsfaktoren für Holzsortimente sind in Tabelle 1: Ladekapazitäten von Transportmitteln und Tabelle 2: Rechenfaktoren für Holzsortimente, S. XVII angeführt.

⁵³ Das Forum Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe MCPFE definiert nachhaltige Waldbewirtschaftung wie folgt: „Die Betreuung und Nutzung der Wälder auf eine Weise und in einem Maße, dass sie ihre Biologische Vielfalt, Produktivität, Erneuerungsfähigkeit und Vitalität sowie ihre Fähigkeit behalten, jetzt und in Zukunft die relevanten ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen zu erfüllen, ohne andere Ökosysteme zu beeinträchtigen.“ Entnommen aus URL <http://www.umweltbundesamt.at/> > Wald > Waldschutz > Europäische Wälder nachhaltig nutzen [26.01.2005].

Bezirksforstinspektion Osttirol⁵⁴ werden in Osttirol nur etwa 2/3 der zuwachsenden Holzmenge tatsächlich genutzt, nach Jonas und Haneder (2001) übersteigt der Holzzuwachs österreichweit die tatsächliche Nutzung. Die „Stadtwärme Lienz“ bezieht ihre Biomasse ausschließlich aus der nahen Umgebung⁴⁰ und damit aus einem Gebiet, wo Waldbewirtschaftung nachhaltig betrieben wird. Aus den genannten Gründen wird die Biomasse im Verfeuerungsprozess als CO₂-neutral gewertet.

(3) Eingesetzte Energieträger im Jahr 2003

Im Geschäftsjahr 2003 wurden insgesamt 43.002 fm Holz in den Sortimenten Hackschnitzel, Rinde und Sägespäne in das Gelände des Fernheizkraftwerks angeliefert. Von dieser Menge wurden neben 452.000 l Heizöl Extra Leicht 35.021 fm zur Energiegewinnung eingesetzt.⁵⁰ Der Bereich der Anlieferung wird für Biomasse in drei Kontingente unterteilt. Aus der gesamten angelieferten Holzmenge waren regionale landwirtschaftliche Anbieter mit rund 16 Prozent im Normalpreiskontingent „Hackgut aus der Region“ und weiteren rund 9 Prozent im preislich geförderten Hochpreiskontingent „Bäuerliches Hackgut“ vertreten. Holzbe- und holzverarbeitende Betriebe brachten rund 74 Prozent der Menge über das Kontingent „Holzbetriebe“ ein (*Abbildung 31*). Damit wurde von der „Stadtwärme Lienz“ die Verpflichtung aus dem Pflichtenheft²⁶ eingehalten, mindestens zehn Prozent der verfeuerten Menge über das Hochpreiskontingent zu beziehen.

⁵⁴ Auskunft durch Ing. Erich Gollmitzer, Bezirksforstinspektion Lienz, 06.09.04.

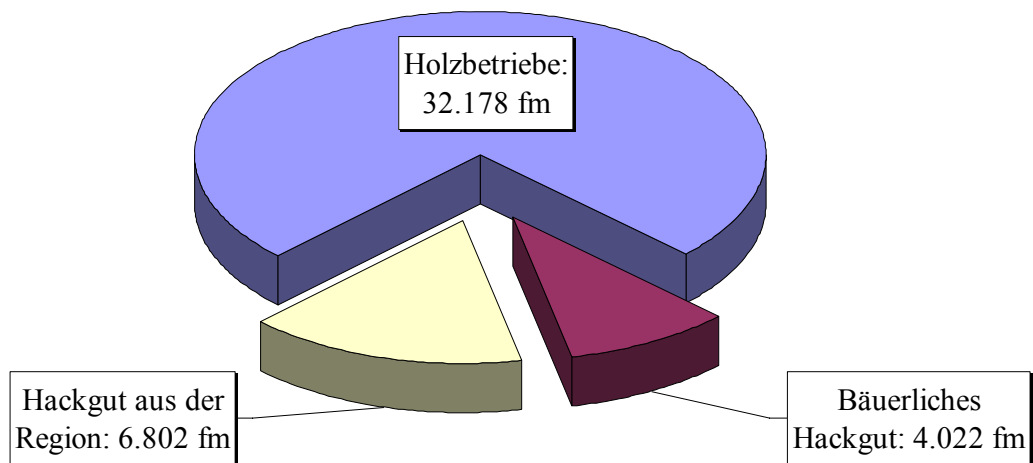


Abbildung 31: Verteilung der Lieferkontingente

Quelle: Wilhelmer Reinhard, Stadtwärme Lienz GmbH, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Um ein objektives Bild und repräsentative Ergebnisse für den Zyklus eines Jahres geben zu können, wird in den folgenden Berechnungen die verfeuerte Brennstoffmenge berücksichtigt. Überlieferungen führten zwar zu vermehrten Transporten respektive höheren Emissionen, werden aber bewusst aus den Anlieferungen im Jahr 2003 ausgegliedert. Da keine Aussage darüber getroffen werden kann, welche Mengen aus den jeweiligen Kontingenten verfeuert wurden, wird in den Berechnungen⁵⁵ eine gleichmäßige Minimierung vorgenommen.

4.1.1 Holzernte in den Wäldern

Der Besitzer eines heimischen Holzbringunternehmens gab Auskunft⁵⁶ über die Holzernte und Holzbringung an den Forstweg, erklärte verwendete Arbeitsgeräte und schätzte weiters deren durchschnittliche Holzbringrate und Kraftstoffverbrauche ab. Für die verfeuerte Menge aus den Kontingenten „Bäuerliches Hackgut“ und „Hackgut aus der Region“ waren nach

⁵⁵ Vgl. Tabelle 17: „Stadtwärme Lienz“ - Angelieferte und verfeuerte Biomasse im Anhang, S. 110.

⁵⁶ Auskunft durch Peter Gomig, Holzbringung Gomig, 08.09.04.
Vgl. Tabelle 18: Holzbringung in Osttirol im Anhang, S. 110.

Berechnungen⁵⁷ Motorsägen, Bodenzüge, Gebirgsharvester und Seilbahnen insgesamt 3.550 Stunden im Einsatz und verbrauchten 11.212 Liter Kraftstoff.

4.1.2 Transport von Biomasse

Für die drei genannten Kontingente werden die aufgewendeten Transportkilometer und die Anzahl der Fahrten ermittelt. Holzsortimente aus holzbe- und holzverarbeitenden Betrieben wurden direkt mit LKW-Zügen in das Gelände des Fernheizkraftwerks geliefert. Rundholz aus landwirtschaftlichen Betrieben wurde in der Sammelstelle nahe der Gemeinde Lavant zu Hackgut aufbereitet und erst in der Folge mit vier Traktoren und Anhängern bekannter Type und Lieferkapazität in das Betriebsgelände des Fernheizkraftwerks geliefert. Die Traktoren wurden gleichmäßig frequentiert, wobei eine Fahrt inklusive Ladevorgänge 45 Minuten⁵⁸ in Anspruch nahm.

Für Biomasse aus dem Kontingent „Holzbetriebe“ lagen konkrete Aufzeichnungen über Anlieferungen⁵⁰ vor, als Ausgangspunkt für die Transporte wurden die jeweiligen Betriebsstandorte gewählt. Für „Bäuerliches Hackgut“ konnten Aufzeichnungen⁵⁹ über gelieferte Mengen und deren Ursprungsgemeinde ausgewertet werden, in den Berechnungen wurden diese Lieferverhältnisse auch auf „Hackgut aus der Region“ angewendet. Als Ausgangspunkt für Lieferungen von Landwirtschaftlichen Anbietern wird das jeweilige Gemeindezentrum gewählt.

⁵⁷ Vgl. Tabelle 19: Betriebsstunden und Kraftstoffverbrauch der Holzbringung im Anhang, S. 110.

⁵⁸ Auskunft durch Hubert Winkler, Hackguterzeugung und Transporte Winkler, 13.08.2004.

⁵⁹ Auskunft durch DI Andreas Blaßnig, Regionalenergie Osttirol, 01.09.2004.

Nach dem genannten Berechnungsschema⁶⁰ wurden für Biomasse aus Holzbetrieben 946 LKW-Fahrten mit 63.820 Transportkilometern⁶¹, für „Bäuerliches Hackgut“ 121 LKW-Fahrten mit 5.284 Transportkilometern⁶², für „Hackgut aus der Region“ 196 LKW-Fahrten mit 8.489 Transportkilometern⁶³ und für die aufgehackte Biomasse 596 Traktor-Fahrten mit 13.112 Transportkilometern⁶⁴ bzw. in 447 Betriebsstunden bewältigt. Insgesamt wurden für den Biomassetransport mit LKWs bzw. Traktoren approximativ 1.859 Fahrten und 90.705 Transportkilometer⁶⁵ bewältigt.

4.1.3 Aufbereitung von Biomasse zu Hackgut

Rundholz aus dem Hoch- und Normalpreiskontingent musste für den Verfeuerungsprozess zu Hackgut aufbereitet werden, Holzsortimente aus den Betrieben wurden bereits in Form von Sägenebenprodukten aufbereitet angeliefert. Im Jahr 2003 stand das mobile Hackgerät „Eschelböck Biber 80“ nach Auskunft über dessen Aufbereitungsrate⁶⁶ 326 Stunden im Einsatz und benötigte

⁶⁰ Biomasse aus „Holzbetrieben“ wurde nicht immer direkt ab dem Betriebsstandort ausgeliefert, in der Berechnung der Transportdistanz aber auf diesen bezogen, wodurch sich Unsicherheiten ergeben. Diese Unsicherheiten dürften aber durch Biomassetransport ins benachbarte Ausland vor Errichtung der „Stadtwärme Lienz“ kompensiert werden, welche wegen fehlender Abnahmemöglichkeiten für Sägenebenprodukte in der Region getätigt wurden. Die gewählte Angleichung der Lieferverhältnisse für „Hackgut aus der Region“ bringt nicht näher bestimmbare Unsicherheiten mit sich. Da aber viele landwirtschaftliche Anbieter über das „Bäuerliche Hackgut“ hinaus für das Normalpreiskontingent geliefert haben, scheint diese Annahme vertretbar. Die Wahl des Gemeindezentrums als Ausgangspunkt berücksichtigt nicht weiter die Distanzen innerhalb der Gemeinde und ihrer Wälder, wodurch die errechneten Werte nur annäherungsweise Gültigkeit behalten. Der Transport von aufgehackter Biomasse aus der Sammelstelle ist aufgrund gleichmäßiger Frequentierung und bekannten Ladekapazitäten gut abschätzbar.

⁶¹ Vgl. Tabelle 20: Bezug von Biomasse aus „Holzbetrieben“ im Anhang, S. 111.

⁶² Vgl. Tabelle 21: Bezug „Bäuerlichen Hackgut im Anhang, S. 112.

⁶³ Vgl. Tabelle 22: Bezug „Hackgut aus der Region“ im Anhang, S. 113.

⁶⁴ Vgl. Tabelle 23: Holztransport aus der Sammelstelle in Lavant im Anhang, S. 114.

⁶⁵ Vgl. Tabelle 24: Zusammenfassung der Biomassetransporte im Anhang, S. 114.

⁶⁶ Auskunft durch Hubert Winkler, Hackguterzeugung und Transporte Winkler, 13.08.2004. Vgl. Tabelle 25: Hackgerät - Aufbereitungsrate und Kraftstoffverbrauch im Anhang, S. 114.

8.027 Liter Diesel. Der Aufwand für die Holzverarbeitung in Betrieben wird in Punkt 4.1.8 angeführt.

4.1.4 Transport von Heizöl

Für die Transporte von Heizöl innerhalb Österreichs konnte ein regionaler Brennstoffgroßanbieter über Lieferverhältnisse und Ladekapazitäten Auskunft⁶⁷ geben. Demnach wird Heizöl per Bahn aus der Raffinerie Wien-Schwechat nach Lienz transportiert, auf Tanklastwägen umgefüllt und den Kunden zugestellt. Für den Jahresheizölverbrauch 2003 im Fernheizkraftwerk Lienz waren eine Bahnfahrt mit 974 Bahnkilometern und 26 LKW-Fahrten mit 100 Transportkilometern⁶⁸ nötig.

4.1.5 Energiegewinnung im Biomasseheizkraftwerk

Die Emissionen durch die Energiegewinnung aus Biomasse im Fernheizkraftwerk wurde unter Angabe der eingesetzten Holzsortimente und eines durchschnittlichen gemessenen Wassergehaltes von 30 Prozent⁶⁹ durch die Planungsfirma des Fernheizkraftwerks⁷⁰ ermittelt (*Tabelle 3*).

Emissionsprodukt	Menge [t/a]
Kohlendioxid	0,00
Kohlenmonoxid	12,50
Stickoxide	19,70
Schwefeldioxid	4,38
Staub	0,98 (davon 0,88 PM10)

**Tabelle 3: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen durch Biomassefeuerung
1.1.-31.12.03**

*Quelle: DI Erwin Reisenhofer, Bios-Energiesysteme GmbH, 10.09.04. und
Eigendarstellung.*

⁶⁷ Auskunft durch Hannes Obermoser, Zuegg KG, 12.08.2004.

⁶⁸ Tabelle 27: Heizöltransporte für die „Stadtwärme Lienz“ im Anhang, S. 115.

In diesen Berechnungen sind die Transporte von Heizöl innerhalb Österreichs ohne eventuelle Rangierbetriebe der Bahn enthalten.

⁶⁹ Quelle: Siegfried Bergerweiß, Stadtwärme Lienz, 12.08.04.

⁷⁰ Auskunft durch DI Erwin Reisenhofer, Bios-Bioenergiesysteme GmbH, 10.09.04.

Die Emissionen durch die Verfeuerung von Heizöl Extra Leicht im Fernheizkraftwerk wurden unter Angabe der eingesetzten Menge von der Herstellerfirma der eingebauten Ölkessel⁷¹ übermittelt (*Tabelle 4*).

Emissionsprodukt	Menge [t/a]
Kohlendioxid	1243,78
Kohlenmonoxid	0,04
Stickoxide	0,70
Schwefeldioxid	0,77
Staub	nicht nachweisbar

**Tabelle 4: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen durch Ölfeuerung
1.1.-31.12.03**

*Quelle: Alexander Benkö, ELCO Klöckner Heiztechnik GmbH, 16.09.04. und
Eigendarstellung*

4.1.6 Transport und Entsorgung von Rückstandsprodukten

Durch die Verbrennung von Biomasse entstanden im Jahr 2003 233 t Grob- und Zyklonflugasche sowie 32,34 t Kondensatschlamm als Rückstandsprodukte⁵⁰. Grob- und Zyklonflugasche wurden in der örtlichen Kompostieranlage verwertet, auf Deponien geliefert und zur Düngung auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht. Für die Transporte bis zu den Verwertungsstellen mussten dafür 49 LKW-Fahrten und 301 Transportkilometer⁷² aufgewendet werden. Kondensatschlamm wurde in der Sondermüllverbrennungsanlage Arnoldstein entsorgt⁵⁰. Die durch die Sondermüllverbrennung entstandenen Emissionen werden bei der Betrachtung der Gesamtemissionen (*Punkt 4.1.9*) berücksichtigt. Für den Transport von Kondensatschlamm waren 4 LKW-Fahrten und

⁷¹ Auskunft durch Alexander Benkö, ELCO Klöckner Heiztechnik GmbH, 16.09.04. Die Werte beruhen laut Herrn Benkö auf der Annahme eines Volllastbetriebes. Da bei der Ölfeuerung kein detaillierter Wert für Staubemissionen angegeben wurde, wird dieser entsprechend eines Emissionsfaktors von 3 kg/TJ nach Stanzl et al. (1995) und der Berechnung des Heizwerts für Heizöl Extra Leicht von 10,08 kWh/l nach Schramek et al. (2003) mit 49 kg angenommen.

⁷² Vgl. Tabelle 28: Transporte von Grob- und Zyklonflugasche im Anhang, S. 115.

Die Verteilung der Asche auf landwirtschaftliche Flächen wird als Düngung nicht mehr einem Prozess der „Stadtwärme Lienz“ zugeordnet.

776 Transportkilometer⁷³ notwendig. Der Abtransport der entstandenen Rückstandsprodukte benötigte insgesamt 53 LKW-Fahrten und 1.077 Transportkilometer⁷⁴.

4.1.7 Betriebsinterner Energieaufwand

Auf dem Betriebsgelände des Biomasseheizkraftwerkes wird zur Beschickung der beiden Tagesspeicher für die Biomasseheizanlagen sowie für sämtliche Hebevorgänge und zur Schneeräumung im Winter ein Radlader vom Typ Liebherr L544 eingesetzt. In den letzten drei Jahren stand er 1665 Betriebsstunden⁶⁹ in Verwendung, wodurch für das Jahr 2003 ein Einsatz von 555 Betriebsstunden angenommen wird. Der Kraftstoffverbrauch für das Jahr 2003 wurde mit 8.446 Liter Diesel⁵⁰ angegeben.

Die „Stadtwärme Lienz“ benötigte im Jahr 2003 für ihren Betrieb 2,3 GWh Strom⁵⁰, welcher indirekt zur Gänze aus der Eigenstromproduktion entnommen wurde. Der Verbrauch von Schmierstoffen usw. wird nicht berücksichtigt.

4.1.8 Weitere Energieeinsätze

In Sägewerken fallen durch die Holzverarbeitung Rinde, Hackschnitzel und Sägespäne an, welche im Fernheizwerk zur Energiegewinnung eingesetzt werden können. Da diese Biomassesortimente als Sägenebenprodukte entstehen, werden die entsprechenden Prozesse der Holzernte, der Holzbringung und der Holztransport in den Betrieb nicht der Fernwärme zugeordnet und aus diesem Grund in der Emissionsberechnung nicht berücksichtigt. Dennoch wird eine Vorgehensweise zur Berechnung vorgeschlagen.

⁷³ Vgl. Tabelle 29: Transport von Kondensatschlamm im Anhang, S. 115.

Die Asamer-Becker Recycling GmbH speist die durch Müllverbrennung gewonnene Energie in Form von Wasserdampf in das regionale Energiemanagement des Industriestandorts Arnoldstein ein. Vgl. URL <http://www.abrg.at> > Home [17.09.04].

⁷⁴ Vgl. Tabelle 30: Zusammenfassung der Transporte von Rückstandsprodukten im Anhang, S. 116.

Für eine Abschätzung, wie Mengen dieser Sortimente entstehen, wurde die Auskunft⁷⁵ des größten Sägebetriebs in Osttirol herangezogen. Demnach fallen bei einem durchschnittlichen Schnittbild pro eingeschnittenem Festmeter Rundholz 0,2 fm Hackgut, 0,15 fm Sägespäne und 0,1 fm Rinde an. Somit werden bei einem eingeschnittenen Festmeter Rundholz als Ausbeute 0,45 fm oder 45 Prozent Sägenebenprodukte erzeugt. Entsprechend dieser Ausbeute kann von der Holzmenge aus Betrieben auf eine eingeschnittene Menge von 60.420 fm geschlossen werden.

Sägewerke benötigen zur Holzverarbeitung pro eingeschnittenem Festmeter Holz etwa 10 kWh elektrischen Strom⁷⁵. Der Einschneideprozess für Rundholz, dessen Rückstandprodukte der Fernwärme geliefert wurden, war äquivalent mit einem Energieaufwand von etwa 604 MWh elektrischem Strom verbunden.

Für die Anlieferung von Rundholz in den befragten Sägebetrieb wurden 2/3 der Holzmenge mit LKW-Zügen aus durchschnittlich 70 km Transportentfernung und 1/3 der Menge mit der Bahn aus durchschnittlich 450 km Transportentfernung bezogen⁷⁵. Verallgemeinert auf die gesamte, in den Sägebetrieben eingeschnittene Holzmenge hätten unter Berücksichtigung des vorhandenen Bahnanschlusses im betrachteten Sägewerk 1.985 LKW-Züge 138.950 Transportkilometer und 9 Bahnfahrten 4.050 Transportkilometer bewältigen müssen.

Um die gesamte ermittelte Holzmenge zu ernten und an den Forstweg zu bringen, wären Motorsägen, Bodenzüge, Gebirgsharvester und Seilbahnen 27.392 Betriebsstunden im Einsatz gestanden und hätten 86.502 Liter Kraftstoff verbraucht.

Die in diesem Punkt angegebenen Werte bilden eine Abschätzung und sind vor allem im Fall der Transporte mit großen Unsicherheiten verbunden. Für eine Berechnung sollten die Werte entsprechend einem Anteil von 45 Prozent als Prozess für die Fernwärme gewichtet werden. Es wird nochmals darauf

⁷⁵ Auskunft durch Hannes Theurl, Säge- und Hobelwerk Theurl, 15.09.2004.

hingewiesen, dass sie bei den Gesamtemissionen der „Stadtwärme Lienz“ nicht berücksichtigt werden.

4.1.9 Gesamtemissionen der „Stadtwärme Lienz“

Wichtige Bereiche in der Prozesskette der „Stadtwärme Lienz“ wurden in den vorhergehenden Punkten definiert und Werte für eine Emissionsberechnung ermittelt. Auf Basis dieser Daten wird die Menge an ausgewählten direkten Emissionen⁷⁶ innerhalb Österreichs berechnet. Im Detail werden folgende Prozesse⁷⁷ berücksichtigt:

1. Energiegewinnung und betriebsinterner Energieaufwand im Fernheizwerk.
2. Holzbringung für Biomasse aus den Kontingenten „Bäuerliches Hackgut“ und „Hackgut aus der Region“.
3. Biomassetransporte aus holzbe- und holzverarbeitenden Betrieben sowie Biomassetransporte aus den heimischen Wäldern für die Kontingente „Bäuerliches Hackgut“ und „Hackgut aus der Region“.
4. Aufbereitung von Biomasse für die Kontingente „Bäuerliches Hackgut“ und „Hackgut aus der Region“.
5. Heizöltransporte ab der Raffinerie Wien Schwechat.
6. Transporte der Rückstandsprodukte Asche und Kondensatschlamm.
7. Entsorgung von Kondensatschlamm.
8. Aufbereitung und Transport von Diesel und Benzin - diese sind gemeinsam mit der Erzeugung der Transportmittel bereits in den Emissionsfaktoren berücksichtigt.

Nicht berücksichtigt werden:

1. Rohöltransport sowie Förderung und Raffinerie von Heizöl Extra Leicht.
2. Aufbereitung von Biomasse in holzbe- und holzverarbeitende Betrieben.
3. Anlieferung von Biomasse in holzbe- und holzverarbeitende Betriebe.

⁷⁶ Direkte Emissionen beziehen sich auf Emissionen vor Ort, ausgegliedert davon sind Prozesse auf Basis von elektrischem Strom, da hier die Emissionen vom Stromerzeuger emittiert werden.

⁷⁷ Vgl. Tabelle 56: „Stadtwärme Lienz“ - Zusammenfassung der im Anhang, S. 125.

4. Weitere Prozesse, die für die Gesamtemissionen nicht als erheblich eingestuft wurden.

Aus den ermittelten Werten werden mit spezifischen Emissionsfaktoren die entstandenen Emissionsmengen von CO₂, CO, NO_x, SO₂ und Staub ermittelt. Die Emissionsfaktoren wurden nach einem detaillierten Gespräch über die Einzelprozesse, die eingesetzten Transportmittel und weitere Arbeitsgeräte von der Umweltbundesamt GmbH⁷⁸ übermittelt. Für weitere Informationen über Unsicherheiten bei der Anwendung dieser Emissionsfaktoren wird auf die Quellen Handbuch „Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBFA 2004)“ und „Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme (Gemis 4.2)“ verwiesen.

⁷⁸ Vgl. Tabelle 31: Emissionsfaktoren für Transportmittel und Prozessbereiche im Anhang, auf S. 116. Auskunft durch DI Werner Pölz, Umweltbundesamt GmbH, 07.12.2004.

Unter Rücksprache wurden die Emissionsfaktoren folgendermaßen ergänzt: Da für Transporte die SO₂-Faktoren für das Jahr 2004 angegeben wurden, in diesem Jahr aber der Schwefelgehalt in Treibstoffen deutlich gesenkt wurde, werden diese Faktoren in der Betrachtung des Jahres 2003 verdoppelt. Die SO₂-Faktoren für die weitere Gerätschaft wurden aufgrund fehlender Angaben aus dem Verhältnis von SO₂ zu CO₂ vom 28-32t LKW Euro 2 übernommen. Die Staubemissionen von Motorsägen werden aufgrund des Einsatzes von Ottokraftstoff mit Null angenommen.

Weitere eigene Annahmen wurden getroffen: Da für die Holzbringung mit Seilbahnen und Bodenzügen keine konkreten Emissionsfaktoren vorlagen, diese aber laut Auskunft eines heimischen Holzbringunternehmers⁵⁶ mit Traktoren betrieben werden, wurden respektive die Emissionsfaktoren für Traktoren herangezogen. Für Gebirgscharvester u. Ä. wurden die Emissionsfaktoren des Holzhackgeräts als gleichwertig herangezogen. Für die Sondermüllverbrennung von Kondensatschlamm wurden Emissionsfaktoren der „Flötzersteig Sondermüllverbrennung“ in Wien angenommen und der fehlende CO Faktor aus Wieser (2003) für Abfallverbrennungsanlagen bezogen. Sämtlich vorgenommene Annahmen und Änderungen sind mit Unsicherheiten verbunden.

Die Berechnungen und Abschätzungen ergeben für die berücksichtigten In- und Outputprozesse der „Stadtwärme Lienz“ im Jahr 2003 direkte Emissionen von rund 1.412 Tonnen Kohlendioxid, rund 14 Tonnen Kohlenmonoxid, rund 22 Tonnen Stickoxide, rund 5 Tonnen Schwefeldioxid und rund eine Tonne Staub.⁷⁹

Die betrachteten Prozesse werden zu vier Sektoren zusammengefasst:

1. Der Sektor „Holzernte“ umfasst die Prozesse von Motorsägen, Bodenzügen, Seilbahnen und Gebirgscharvestern.
2. Der Sektor „Brennstofftransport“ umfasst die berücksichtigten Biomasse- und Heizöltransporte.
3. Der Sektor „Fernheizkraftwerk“ umfasst die direkten Emissionen der Verbrennung von Biomasse und Heizöl Extra Leicht.
4. Der Sektor „Aufbereitung & Beschickung“ umfasst die Prozesse des Hackgerätes und des Radladers.
5. Der Sektor „Entsorgung Rückstandsprodukte“ umfasst den Abtransport von Asche, sowie den Abtransport und die Verbrennung von Kondensatschlamm.

Bei der Betrachtung der einzelnen Sektoren ist das Fernheizkraftwerk bei allen mit einbezogenen Emissionsprodukten mit mindestens 87 Prozent und am höchsten bei Schwefeldioxid mit über 99 Prozent beteiligt. Bei den Kohlendioxidemissionen beteiligen sich der Brennstofftransport mit rund 6 Prozent, die Aufbereitung & Beschickung mit rund 3 Prozent und die Holzernte mit etwa 2 Prozent. An zweiter Stelle der Kohlenmonoxidemissionen liegt aufgrund vergleichsweise hoher CO-Emissionen von Motorsägen die Holzernte mit etwa 10 Prozent. Die Emissionen von Stickoxiden werden zu über 4 Prozent durch den Brennstofftransport, zu rund 3 Prozent durch die Aufbereitung und Beschickung und zu rund 2 Prozent durch die Holzernte hervorgerufen. Die Staubemissionen entstehen zu rund 5 Prozent durch Aufbereitung & Beschickung, zu rund 4 Prozent durch die Holzernte und zu etwa 3 Prozent durch Brennstofftransport (*Abbildung 32*).

⁷⁹ Vgl. Tabelle 57: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen einzelner Prozesse im Anhang, S. 126.

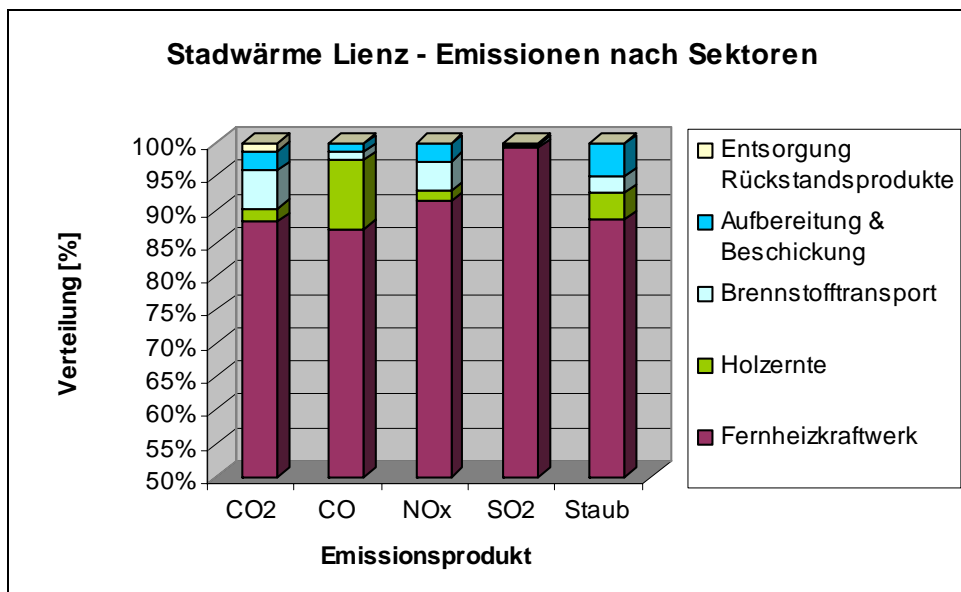


Abbildung 32: Emissionen der „Stadtwärme Lienz“ nach Sektoren⁸⁰

Quelle: Eigenberechnung/Eigendarstellung

Im Jahr 2003 wurden im Fernheizkraftwerk rund 94.834 srm (entsprechend 35.000 fm) Holzsortimente verfeuert. Im selben Zeitraum wurde im Forstbezirk Osttirol mit 164.800 fm⁸¹ mehr als die viereinhalbfache Menge eingeschlagen. Die verfeuerte Biomasse im Jahr 2003 wurde nach den getätigten Berechnungen von ihrem Bezugsort in Österreich bis zum Fernheizkraftwerk in Lienz insgesamt über 92.000 km oder im Vergleich dazu mehr als zwei Mal um die ganze Erde transportiert. Alle LKW-Transporte im Jahr 2003 würden aneinandergereiht eine Länge von etwa 29 km ergeben. Nach grober Schätzung, dass ein mittlerer Baum etwa 1,2 fm Holz darstellt, müssten für die verfeuerte Menge im Jahr 2003 theoretisch an die 29.200 Bäume gefällt werden. Unter der weiteren Berücksichtigung, dass pro Baum im groben Durchschnitt nur etwa 15 Prozent als Brennholzsortiment anfällt, würde sich diese Anzahl auf etwa 195.000 Bäume erhöhen. Dennoch verursachen die dadurch auftretenden Emissionen nur einen geringen Anteil an den Gesamtemissionen der „Stadtwärme Lienz“.

⁸⁰ Vgl. Tabelle 32: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen nach Sektoren im Anhang, S. 117 und Tabelle 33: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Sektoren im Anhang, S. 117.

⁸¹ Auskunft durch Martin König, Forst- und Gartenamt der Stadt Lienz, 10.12.04.

4.2 Emissionsbereiche individueller Heizsysteme

In diesem Kapitel werden die Emissionsmengen ermittelt, welche die bestehenden Heizanlagen ohne die Fernwärmeversorgung durch die „Stadtwärme Lienz“ im Jahr 2003 verursacht hätten. Gesicherte Bestandsdaten und statistische Verteilungen geben Auskunft über verwendete Heizanlagen und eingesetzte Energieträger. Neben den Hauptemissionen durch die Verfeuerung von Brennstoffen werden weitere relevante Prozessbereiche berücksichtigt.

Die berücksichtigten Emissionsbereiche umfassen (*Abbildung 33*):

1. Holzernte und Holzbringung in den Wäldern
2. Transport von Energieträgern
3. Aufbereitung von Biomasse zur Energiegewinnung
4. Transport und Entsorgung von Rückstandsprodukten

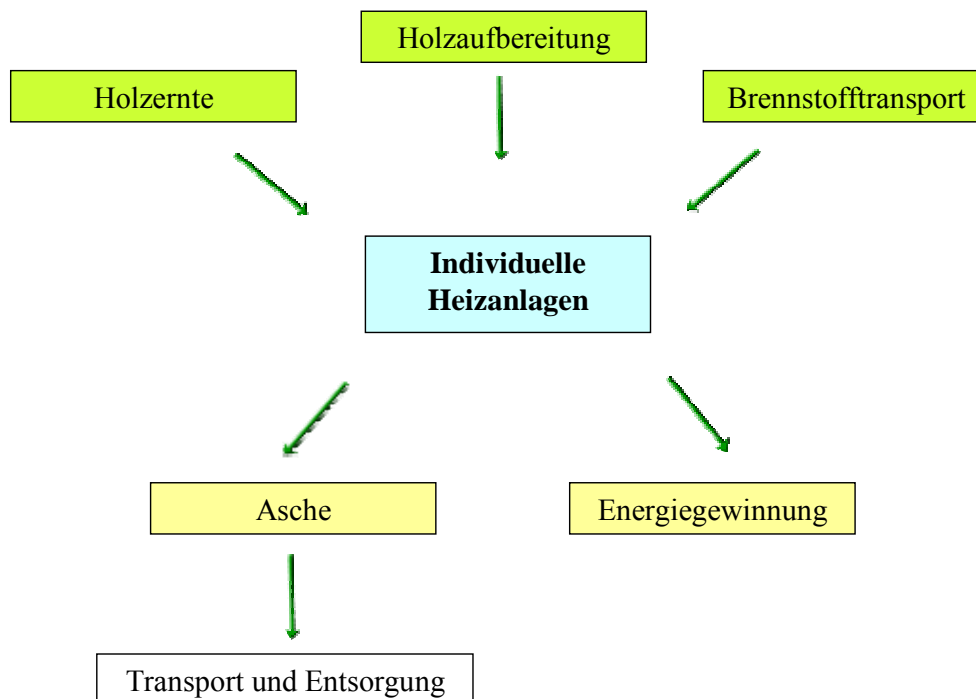


Abbildung 33: Emissionsbereiche von individuellen Heizanlagen

Quelle: Eigendarstellung

Im Folgenden werden diese Emissionen mit Berechnungen und Abschätzungen über zahlreiche Einzelschritte nachvollzogen und mit eventuellen Anmerkungen

über Unsicherheiten ergänzt. Die Zwischenergebnisse werden in Tabellenform im Anhang aufgelistet und im Text wird darauf verwiesen.

Für eine exakte Abschätzung müssten die genauen Emissionen jeder einzelnen Heizanlage bekannt sein. Da diesbezüglich keine Daten vorliegen, werden die Emissionen alternativ über den Weg der aufgebrauchten Wärmemenge, statistisch gesicherter Daten sowie vergleichbarer Werte aus der Literatur ermittelt. Aus diesen Gründen ist ein nur annähernd exakter Rückschluss möglich. Die tatsächlich emittierten Mengen können von den ermittelten Mengen abweichen.

Vorab wird ein kurzer Überblick über die gewählte Methode und die Ermittlung von Emissionen gegeben. Die verbrauchte Wärmemenge wird gemäß erhobenen Verteilungen auf drei überwiegend vorhandene Heizanlagen übertragen. Innerhalb der Heizanlagen werden vier eingesetzte Energieträger unterschieden, wodurch insgesamt zwölf verschiedenen Heizungs- und Energieträgerkombinationen berücksichtigt werden (*Abbildung 34*). Etwaige Verluste bei der Wärmegewinnung werden berücksichtigt, wobei von der aufgewendeten Wärmemenge auf die eingesetzten geschlossen wird. Über Emissionsfaktoren werden die Mengen entstandener Emissionen ermittelt.

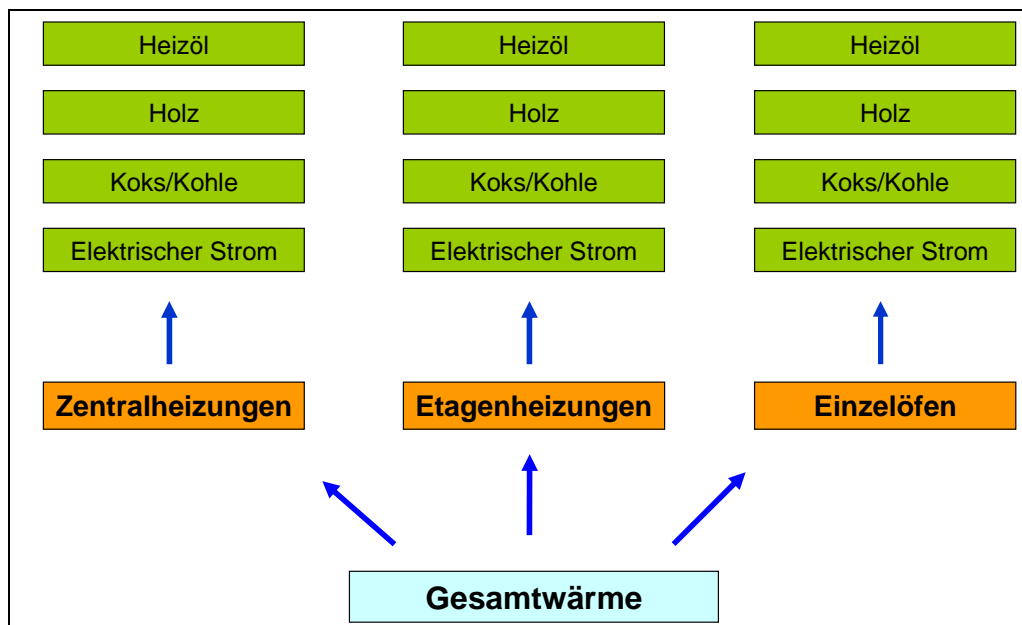


Abbildung 34: Verteilung der Gesamtwärmemenge

Quelle: Eigendarstellung

4.2.1 Emissionen durch Heizanlagen

Für die Ermittlung von Emissionsmengen wird von der insgesamt benötigten Wärmemenge ausgegangen. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass die von der „Stadtwärme Lienz“ GmbH im Jahr 2003 verkaufte Gesamtwärmemenge von 43,998 GWh⁸² ursprünglich durch individuelle Heizsysteme erzeugt worden ist.⁸³

In der Folge wird eine Matrix aus den eingesetzten Heizanlagen und ihren verwendeten Energieträgern erarbeitet. Dabei wird angenommen, dass die Wärmeenergie durch die drei Heizanlagentypen Zentralheizung, Etagenheizung und Einzelofen erzeugt, sowie über die vier verschiedenen Energieträger Heizöl, Holz, Koks bzw. Kohle und elektrischer Strom aufgebracht wurde. Aufgrund des geringen Anteils weiterer Heizanlagen und Energieträger werden diese nicht berücksichtigt.

Im Zuge der Akquisitionstätigkeit und der Installation von Stationen zur Wärmeabnahme wurden Bestandsdaten der ausrangierten Heizanlagen⁸⁴ erhoben, aus denen ein ersetzter Anteil von rund 70 Prozent Zentralheizungen und deren Energieträgerverteilung hervorgehen. Die weiteren ca. 30 Prozent werden gemäß

⁸² Auskunft durch Wilhelm Ploner, Stadtwärme Lienz, 01.02.2005.

⁸³ Die abgenommene Menge an Fernwärme wird in der jeweiligen gebäudeeigenen Wärmeabnahmestation über Ultraschall Wärmemesser gemessen und aus der Differenztemperatur zwischen Vor- und Rücklauf und der durchflossenen Wassermenge bestimmt. Dadurch bleiben die Verluste im Verteilerkreislauf der jeweiligen Gebäude ähnlich, dennoch ist diese Annahme mit Unsicherheiten verbunden. Kunden von Fernwärme verbrauchen im Allgemeinen im Vergleich mit individuellen Heizanlagen mehr Energie, Gründe hierfür können der gesteigerte Komfort, längere Heizintervalle und eine geringere Nachtabenkungen der Raumtemperatur sein (Vgl. Spitzer et al. 1995, S. 11 ff). Diesem Trend entgegen wirken Wärmedämmmaßnahmen, welche von einigen Kunden im Zuge der Umstellung auf Fernwärme getätigt haben. Weiters haben Gespräche vor Ort gezeigt, dass durch die Umstellung auf Fernwärme zusätzliche Räume und Bereiche in die Wärmeversorgung eingebunden, bzw. bereits bestehende Räume und Bereiche aus der Wärmeversorgung ausgegliedert wurden. Da keine Aussage darüber getroffen werden kann, in welche Richtung sich die genannten Tendenzen kompensieren, wird von der verkauften Fernwärmemenge mit den bewussten Unsicherheiten ausgegangen.

⁸⁴ Bestandsdaten erhoben durch Stadtwärme Lienz und Gebrüder Eder GmbH. Vgl. Tabelle 55: Anonymisierter Auszug aus den erhobenen Bestandsdaten im Anhang, S. 124.

der Verteilung der Gebäude- und Wohnungszählung⁸⁵ für Lienz in rund 11 Prozent Etagenheizungen und rund 19 Prozent Einzelöfen unterteilt (*Abbildung 35*). Über die ISIS Datenbank der Statistik Austria wurde die Verteilung ihrer in Lienz eingesetzten Energieträger abgefragt (*Abbildung 36*).

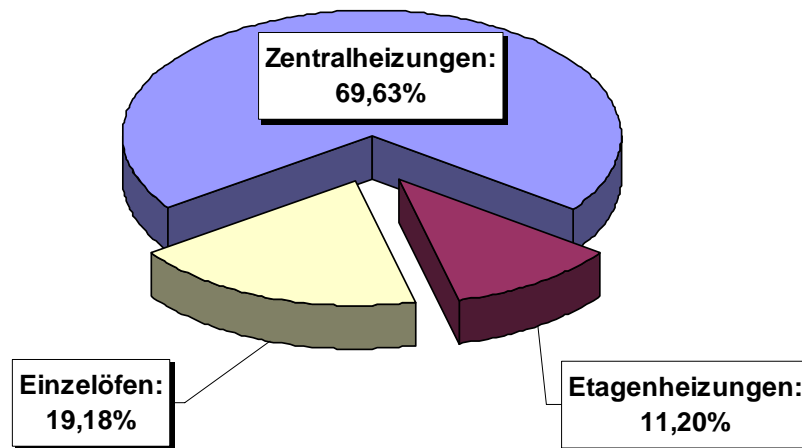


Abbildung 35: Verteilung der überwiegenden Heizanlagen⁸⁶

Quelle: Bestandsdaten der Stadtwärme Lienz GmbH und Gebrüder Eder GmbH, Statistik Austria, Eigenberechnung und Eigendarstellung

⁸⁵ Vgl. Dokument Gebäude- und Wohnungszählung.

Fest installierte Widerstandsheizungen werden den Etagenheizungen zugeordnet. Die Gebäude- und Wohnungszählung wurde am 15. Mai 2001 in Lienz vorgenommen und repräsentiert dadurch die gewünschte Situation vor Inbetriebnahme der „Stadtwärme Lienz“. Da nicht alle in der Zählung berücksichtigten Gebäude tatsächlich in das Fernwärmenetz eingebunden wurden, sind entsprechende Unsicherheiten vorhanden.

⁸⁶ Vgl. Tabelle 34: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung im Anhang, S. 117.

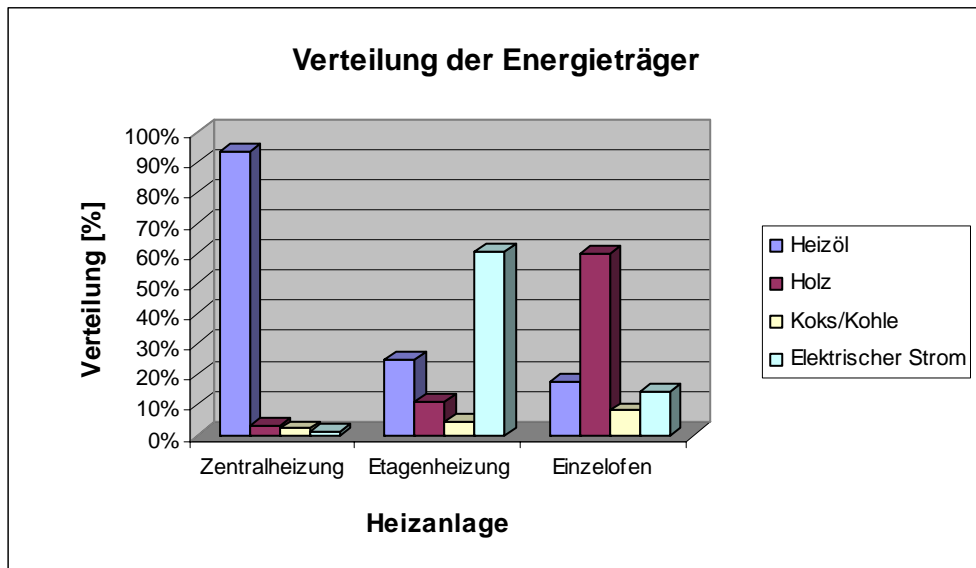


Abbildung 36: Verteilung der Hauptenergieträger⁸⁷

Quelle: Bestandsdaten der Stadtwärme Lienz GmbH und Gebrüder Eder GmbH, Statistik Austria, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Diese Heizanlagen-Energieträger-Matrix wird auf die verbrauchte Gesamtwärmemenge angewendet, wodurch sich für insgesamt zwölf verschiedene Heizanlagen- und Energieträgerkombinationen ihre erzeugten Wärmemengen ergeben⁸⁸.

Eine weitere Auswertung der Bestandsdaten⁸⁴ ergibt für die ausrangierten Heizkessel ein durchschnittliches Baujahr von 1985 (Vgl. Abbildung 29, S. 49), respektive einen Bestand mittleren Alters. Um die durch Wärmeerzeugung und Verteilung vorhandenen Verbrennungsgas-, Abstrahl-, Auskühlverluste der Feuerungsanlage, sowie Verteilungs- und Regelverluste in Bezug auf den

⁸⁷ Vgl. Tabelle 35: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung der Hauptenergieträger im Anhang, S. 118.

⁸⁸ Vgl. Tabelle 36: Ersetzte Heizanlagen - Erzeugte Wärmemengen im Anhang, S. 118.

Bei diesem Schritt wird angenommen, dass Heizanlagen entsprechend ihrer Verteilung Wärmemengen erzeugt haben. Diese Vorgehensweise kann von der Realität abweichen, Daten der Statistik Austria belegen aber, dass die Verteilung der Heizanlagen und deren Energieträger eng mit der Verteilung der Energieträger und den von ihnen beheizten Flächen übereinstimmen, wodurch die gewählte Vorgangsweise Repräsentativität behält.

Vgl. Tabelle 37: Anzahl der Heizanlagen und beheizte Fläche im Anhang, S. 118.

ersetzten Bestand zu berücksichtigen werden aus Stanzl et al. (1995) entsprechende Jahresnutzungsgrade⁸⁹ herangezogen. Mit ihnen wird aus der erzeugten Wärmemenge die eingesetzte Energie⁹⁰ und in der Folge mit Emissionsfaktoren⁹¹ die Mengen an direkt entstandenen Emissionen ermittelt.

Für Heizöl in allen drei Heizanlagen sowie für feste Brennstoffe in Etagenheizungen, im Fall von CO₂ weiters in Zentralheizungen und Einzelöfen, werden die Emissionsfaktoren aus Stanzl et al. (1995) herangezogen. Diese basieren auf veröffentlichter Literatur, abgesicherten Messergebnissen und einer

⁸⁹ Vgl. Tabelle 38: Jahresnutzungsgrade von Heizanlagen im Anhang, S. 119.

In diesen Jahresnutzungsgraden sind die angeführten Verluste für einen durchschnittlichen Bestand aus dem Jahr 1994 berücksichtigt, sie wurden in Stanzl et al. (1995) durch Expertenbefragungen ermittelt. Die genannte Literatur bezeichnet mit Jahresnutzungsgrad das Verhältnis zwischen dem, in einem Jahr vom Endverbraucher zur Aufrechterhaltung der gewünschten Raumtemperatur und zur Warmwasserversorgung benötigten praktischen Nutzenergiebedarf, zu dem der Wärmeversorgungsanlage zugeführten praktischen Endenergiebedarf.

⁹⁰ Vgl. Tabelle 39: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energiemengen im Anhang, S. 119.

⁹¹ Vgl. Tabelle 40: Emissionsfaktoren für individuelle Heizanlagen im Anhang, S. 119.

Aus einer Liste von 25 öffentlichen Gebäuden, erhoben im Rahmen der „Energiedatenerhebung von 2.500 Lienzer Haushalten“ durch Energie Tirol (1995), geht überwiegend der Einsatz von Heizöl Extra Leicht hervor. Weiters wurde einige Jahre vor der Errichtung der „Stadtwärme Lienz“ von der Umweltautorität der Stadt Lienz im Rahmen des Energieprojektes Lienz ein Kesseltauschprogramm ins Leben gerufen durch das zahlreiche Heizkessel, welche früher mit Heizöl Leicht betrieben wurden, auf Heizöl Extra Leicht umgestellt wurden. Aus diesen Gründen werden die Emissionsfaktoren bezüglich Heizöl für Heizöl Extra Leicht gewählt. Im Bereich der Holzfeuerung werden die Emissionsfaktoren bei Etagenheizungen für das Sortiment Scheitholz angenommen, welche in der herangezogenen Literatur für die betrachteten Emissionsprodukte mit jenen der Holzbriketts übereinstimmen. Bei Zentralheizungen und Einzelöfen wurden diese in der genannten Literatur für „Holz“ gewählt. Eine Verteilung der eingesetzten Braun- und Steinkohlesortimente geht aus der genannten Energiedatenerhebung hervor. Die entsprechenden Emissionsfaktoren aus Stanzl et al. (1995) wurden nach dieser Verteilung gewichtet und somit wurde ein durchschnittlicher Faktor für Koks bzw. Kohle ermittelt. Bei Zentralheizungen und Einzelöfen wurden diese in der genannten Literatur für „Kohle“ gewählt. Bei den verwendeten Emissionsfaktoren handelt es sich um empfohlene Durchschnittsfaktoren, ihre Anwendung ist mit Unsicherheiten verbunden.

qualitativen Bewertung. Sie gelten für den durchschnittlichen Anlagenbestand im Jahr 1994 in Österreich für den Bereich Raumwärmeversorgung. Für feste Brennstoffe in Zentralheizungen und Einzelöfen werden diese aus Spitzer et al. (1998) entnommen. Sie wurden durch Feldmessungen der Anlagen im praktischen Betrieb und im Fall von Schwefeldioxid durch Berechnungen erhoben. Sie gelten für den österreichischen Anlagenbestand im Jahr 1998 für den Sektor Kleinverbrauch.⁹²

Mit dem vorgeführten Rechenweg, den vorliegenden Daten und den getroffenen Annahmen wurden jährliche Emissionen durch individuelle Heizanlagen von rund 12.888 Tonnen Kohlendioxid, rund 262 Tonnen Kohlendmonoxid, rund 16 Tonnen Stickoxiden, rund 14 Tonnen Schwefeldioxid und rund 8 Tonnen Staub ermittelt.⁹³

In den nächsten Punkten werden spezifische Daten für den Transport und die Aufbereitung von Brennstoffen, sowie für den Abtransport von Rückstandsprodukten erhoben. Anschließend werden die Gesamtemissionen im Bereich der individuell eingesetzten Heizanlagen ermittelt.

Eingesetzte Brennstoffmengen in den ersetzten Heizanlagen:

Aus den eingesetzten kWh und spezifischen Heizwerten werden die Mengen der eingesetzten Brennstoffe ermittelt. Schrameck et al. (2003) gibt für einen Liter Heizöl Extra Leicht einen Heizwert von 10,08 kWh an. Für Holz werden Heizwerte für Nadelholz bei einem Wassergehalt von 30 Prozent bezogen auf die Trockensubstanz angenommen. Eine elektronische Anwendung der Energieverwertungsagentur errechnet hierfür einen Energieinhalt von 1.891 kWh pro Festemeter Holz. Aus der „Energiedatenerhebung von 2.500 Lienzer Haushalten“ wird für Lienz eine repräsentative Verteilung von fünf Koks- und

⁹² Diese beiden Literaturquellen werden gewählt, da sie sowohl stationäre, als auch instationäre Zustände von Heizanlagen berücksichtigen und somit ganzheitliche Emissionsfaktoren repräsentieren. Es sei darauf hingewiesen, dass für Emissionsfaktoren zahlreiche weitere Literatur vorhanden ist, welche aber in vielen Fällen instationäre Zustände von Heizanlagen vernachlässigt.

⁹³ Vgl. Tabelle 41: Emissionen individuell eingesetzter Heizanlagen im Anhang, S. 120.

Kohlearten⁹⁴ und ein mittlerer Heizwert von 6,85 kWh pro kg errechnet. Insgesamt wurden innerhalb eines Jahres nach den Berechnungen rund 4,4 Millionen Liter Heizöl Extra Leicht, rund 6.800 fm Holz und etwa 450 Tonnen Koks bzw. Kohle verfeuert⁹⁵.

4.2.2 Transport von Brennstoffen

Für die verfeuerten Brennstoffmengen werden die Transportkilometer innerhalb Österreichs ermittelt. Die Lieferverhältnisse für Heizöl Extra Leicht wurden nach Auskunft⁶⁷ eines regionalen Brennstoffanbieters erhoben. Demnach wird Heizöl Extra Leicht ab der Raffinerie Wien-Schwechat per Bahn nach Lienz transportiert und anschließend per LKW den Kunden zugestellt. Bezüglich Koks und Kohle werden Transporte mit der Bahn nach Lienz angenommen und Information⁹⁶ durch die Österreichische Bundesbahn eingeholt, welche ergaben, dass Koks- und Kohlearten aus der Tschechei und aus Polen über die Grenzbahnhöfe Summerau und Bernharztal importiert und in Lienz mit dem LKW an die Kunden zugestellt werden. Für die Zustellung von Heizöl Extra Leicht und Koks bzw. Kohle ab dem Bahnhof Lienz werden jeweils voll befüllte LKW⁹⁷ angenommen, welche ihre geladenen Mengen an mehrere Kunden mit einem gesamten Transportweg von 5 km innerhalb der Stadt Lienz zustellen. Für Holztransporte wurden die Lieferverhältnisse aus den Gemeinden Osttirols⁹⁸ angenommen. Nach diesen Berechnungen ergeben sich für alle Brennstofftransporte innerhalb Österreichs insgesamt 7 Bahnfahrten mit 6.803 Transportkilometer⁹⁹ und 551 LKW-Fahrten mit 13.123 Transportkilometer¹⁰⁰. Da diese Werte auf Annahmen beruhen, sind sie mit Unsicherheiten verbunden.

⁹⁴ Vgl. Tabelle 42: Verteilung von Koks- und Kohlesortimenten in Lienz im Anhang, S. 120.

⁹⁵ Vgl. Tabelle 43: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energieträgermengen im Anhang, S. 120.

⁹⁶ Auskunft durch Josef Moser, ÖBB Lienz, 09.12.04.

⁹⁷ Vgl. Tabelle 1: Ladekapazitäten von Transportmitteln, S. XVII.

⁹⁸ Vgl. Tabelle 21: Bezug „Bäuerlichen Hackgut im Anhang, S. 112.

⁹⁹ Vgl. Tabelle 44: Brennstofftransporte per Bahn im Anhang, S. 121.

¹⁰⁰ Vgl. Tabelle 45: Brennstofftransporte per LKW im Anhang, S. 121.

4.2.3 Aufbereitung der Brennstoffe

Für die ermittelte Holzmenge wird der Aufwand für die Holzernte und Holzbringung an den Forstweg ermittelt. Ein heimisches Holzbringunternehmen gab Auskunft⁵⁶ über verwendete Arbeitsmaschinen und deren durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch und Zeiteinsatz. Nach Berechnungen auf Basis dieser Auskunft standen Motorsägen, Gebirgsharvester u. Ä., Bodenzüge und Seilbahnen insgesamt ca. 3.069 Stunden im Einsatz und verbrauchten etwa 9.691 Liter Kraftstoff¹⁰¹.

Für Holz wird die Aufbereitung zu Scheitholz für die Energiegewinnung angenommen und bezüglich dem Energieaufwand Auskunft eines heimischen Brennholzlieferanten¹⁰² eingeholt. Demnach wurde für die ermittelte Holzmenge unter Berücksichtigung des Auflockerungsfaktors für Scheitholz etwa 10,6 MWh elektrischer Strom¹⁰³ benötigt.

Die Aufbereitung von Heizöl wird in diesem Rahmen nicht berücksichtigt.

4.2.4 Entsorgung von Rückstandsprodukten

Für die eingesetzten Holz-, Koks- und Kohlemengen entstand durch die Verfeuerung Asche. Diese wurde überwiegend über den Hausmüll entsorgt¹⁰⁴. Nach einer Elektronischen Anwendung der Energieverwertungsagentur wird bei der Annahme von einem Prozent Aschegehalt, bezogen auf das Gewicht der Trockensubstanz, eine Menge von 28 t Holzrasche ermittelt. Für Koks bzw. Kohle wird bei einem durchschnittlichen aus Stanzl et al. (1995) ermittelten Aschegehalt von 6,6 Massenprozent, eine Menge von etwa 30 t Asche errechnet. Für die gesamte Aschemenge werden, mit der Annahme einer Ladekapazität von 5 t pro Fahrt und 30 km Transportdistanz in die Mülldeponie Lavant, 12 Fahrten mit 360 Transportkilometern errechnet¹⁰⁵.

¹⁰¹ Vgl. Tabelle 46: Aufwand der Holzbringung im Anhang, S. 121.

¹⁰² Auskunft durch Josef Granegger, Brennholz Granegger, 23.12.2004.

¹⁰³ Vgl. Tabelle 47: Holzaufbereitung im Anhang, S. 121.

¹⁰⁴ Auskunft durch Oskar Januschke, Umweltabteilung der Stadt Lienz, 8.02.2005.

¹⁰⁵ Vgl. Tabelle 48: Transport von Asche im Anhang, S. 122.

4.2.5 Gesamtemissionen durch individuelle Heizsysteme

Aus den ermittelten Emissionen durch individuelle Heizsysteme, den spezifischen Daten über die Aufbereitung von Energieträgern und den Transporten von Brennstoffen sowie Rückstandsprodukten¹⁰⁶ werden die Gesamtemissionen ermittelt. Für die Transporte und Holzbringung werden die übermittelten Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes⁷⁸ herangezogen. Auf Unsicherheiten durch den Einsatz dieser Emissionsfaktoren wurde bereits hingewiesen (Vgl. 4.1.9).

Für den Bereich der individuellen Heizanlagen ergeben sich nach den getätigten Berechnungen und getroffenen Annahmen unter Berücksichtigung relevanter In- und Outputprozesse Emissionen von 12.926 Tonnen Kohlendioxid, 264 Tonnen Kohlenmonoxid, 16 Tonnen Stickoxiden, 14 Tonnen Schwefeldioxid und 8 Tonnen Staub.¹⁰⁷

Die Betrachteten Prozesse werden zu vier Sektoren zusammengefasst:

1. Der Sektor „Holzernte“ umfasst die Prozesse von Motorsägen, Bodenzügen, Seilbahnen und Gebirgsharvester.
2. Der Sektor „Brennstofftransport“ umfasst die Transporte der verfeuerten Mengen von Heizöl, Koks bzw. Kohle und Holz.
3. Der Sektor „Energiegewinnung“ umfasst die direkten Emissionen der Verbrennung von Heizöl Extra Leicht, Koks bzw. Kohle und Holz in individuellen Heizanlagen.
4. Der Sektor „Entsorgung Rückstandsprodukte“ umfasst den Abtransport der entstandenen Aschenmengen.

In der Betrachtung der einzelnen Sektoren sind die die ersetzten Heizanlagen bei allen berücksichtigten Emissionsprodukten mit mindestens 97 Prozent führend. Stickoxide belegen bei der Aufbereitung der Brennstoffe einen Anteil von rund 2 Prozent und bei den Transporten der Brennstoffe rund einen Prozent. Alle weiteren Beteiligungen der Sektoren liegen unter einem Prozent (*Abbildung 37*).

¹⁰⁶ Vgl. Tabelle 58: Ersetzte Heizanlagen - Zusammenfassung der Prozesse im Anhang, S. 127.

¹⁰⁷ Vgl. Tabelle 59: Ersetzte Heizanlagen - Emissionen einzelner Prozesse im Anhang, S. 128.

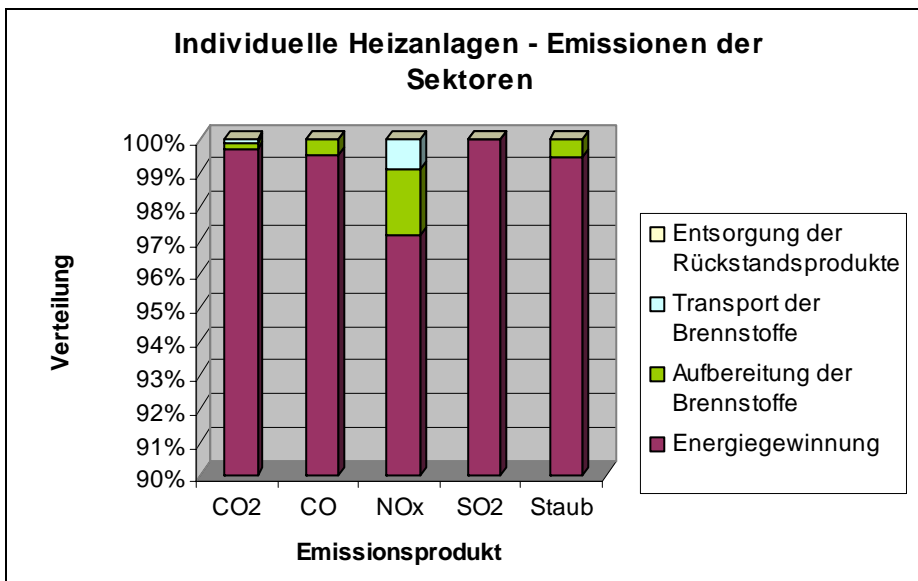


Abbildung 37: Emissionen ersetzter Heizanlagen nach Sektoren¹⁰⁸

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

¹⁰⁸ Vgl. Tabelle 49: Ersetzte Heizanlagen – Emissionen nach Sektoren und Tabelle 50: Ersetzte Heizanlagen – Verteilung der Sektoren im Anhang, S.122.

5 Vergleich „Stadtwärme Lienz“ mit ersetzten Heizanlagen

Die ermittelten Gesamtemissionen der Prozesskette „Stadtwärme Lienz“ werden im Vergleich den bis dahin in Betrieb gestandenen Heizanlagen gegenübergestellt, sowie die Differenzen der unterschiedlich emittierten Mengen aus Sicht der „Stadtwärme Lienz“ in absoluten und relativen Zahlen angegeben und diskutiert. Die Substitution fossiler Energieträgermengen wird berechnet. Anschließend werden die Effekte der „Stadtwärme Lienz“ für die heimische Forstwirtschaft angeführt. Ein Blick auf drei Kunden der „Stadtwärme Lienz“ zeigt konkrete Ergebnisse und Klimaschutzbeiträge auf. Abschließend wird eine einfache Berechnung angegeben, mit der jeder Kunde der „Stadtwärme Lienz“ seinen Beitrag zum weltweiten Klimaschutz in Form von Einsparungen bei Kohlendioxidemissionen ermitteln kann.

5.1 Zusammenführung und Diskussion der Ergebnisse

In Kapitel 4 wurden die Gesamtemissionen der Prozesskette der „Stadtwärme Lienz“ und den ersetzten Heizanlagen ermittelt. Mögliche Unsicherheiten wurden in den Abschätzungen angegeben. Durch die Substitution zahlreicher kleiner, großteils überdimensionierter und mitunter veralteter Heizanlagen konnten die Emissionen des Treibhausgases Kohlendioxid, den Luftschadstoffen Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid und des Emissionsproduktes Staub erheblich vermindert werden. Die Stickoxidemissionen haben sich erhöht.

Die „Stadtwärme Lienz“ erzielt im Vergleich zu den ersetzten Heizsystemen, in beiden Fällen unter Berücksichtigung relevanter In- und Outputprozesse, eine jährliche Emissionseinsparung von ca. 11.515 Tonnen Kohlendioxid, ca. 249 Tonnen Kohlenmonoxid, ca. 9 Tonnen Schwefeldioxid und ca. 7 Tonnen Staub. Sie verursacht dabei eine Erhöhung der Stickoxidemissionen um ca. 6 Tonnen (Vgl. *Abbildung 38*).

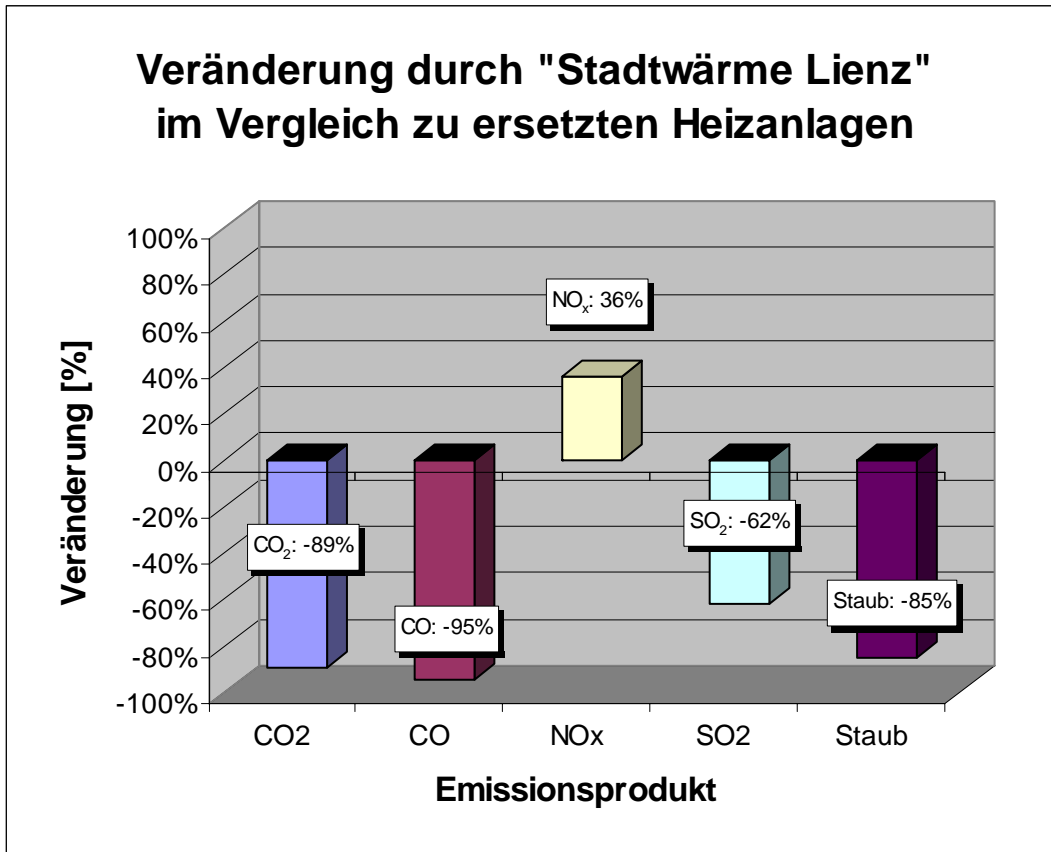


Abbildung 38: Auswirkung auf Emissionen durch „Stadtwärme Lienz“¹⁰⁹

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

5.1.1 Kohlendioxid

Der hohe Rückgang neuer Kohlendioxidemissionen von jährlich etwa 11.515 Tonnen lässt sich durch den vermehrten Einsatz von erneuerbaren und im Fall von Holzbiomasse auch nachhaltig bewirtschafteten Energieträgern¹¹⁰ durch die „Stadtwärme Lienz“ erklären. Zahlreiche stillgelegte Heizanlagen wurden bis dato auf Basis von fossilen Energieträgern und nicht regenerierbaren Energieträgern betrieben. Eine vollständige Reduktion der CO₂-Emissionen ist nicht gegeben, da gewisse Einzelprozesse der „Stadtwärme Lienz“ auf fossilen Energieträgern basieren. Ihr Ausmaß ist im Vergleich jedoch gering.

¹⁰⁹ Vgl. Tabelle 51: Gesamtemissionen im Vergleich im Anhang, S. 123.

¹¹⁰ Vgl. Kohlendioxidemissionen durch die Verfeuerung von Biomasse auf S. 55.

5.1.2 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid gilt als Indikator für schlechte oder unvollständige Verbrennungen, wie sie häufig bei individuellen Heizsystemen auftreten. Im Fernheizkraftwerk findet der Verbrennungsvorgang bei wesentlich höheren Temperaturen statt, wodurch eine Reduktion unvollständig verbrannter Stoffe und im Fall von CO um jährlich etwa 249 Tonnen erzielt wird.

5.1.3 Stickoxide

Ein Teil der jährlich um etwa 6 Tonnen höheren NO_x-Emissionen der „Stadtwärme Lienz“ ist auf lokale Brennstofftransporte mit LKWs zurückzuführen, während die Energieträgertransporte für individuelle Heizanlagen bis dato überwiegend per Bahn, ohne Erzeugung direkter lokaler Emissionen durchgeführt wurden. Emissionen durch die Ernte und Aufbereitung von Holz fallen bei individuellen Heizanlagen aufgrund des geringen Holzeinsatzes geringer aus. Erhöhte NO_x-Emissionen im Verbrennungsprozess erläuterte Herr DI Werner Pölz, Bereich Integrierte Anlagentechnik Umweltbundesamt GmbH Wien, in einer Stellungnahme am 25.01.2005:

"Bei jeder Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Brennstoffen entstehen unter vielen anderen Emissionen vor allem CO₂ und NO_x. Je effizienter eine Verbrennung abläuft, je höher wird der Wirkungsgrad der Anlage und desto geringer werden die CO₂-Emissionen, um eine Energiedienstleistung zu decken. Diese Wirkungsgradsteigerung wird unter optimalen Verbrennungsbedingungen erreicht. Eine resultierende Erhöhung der Abgastemperatur führt aber in Folge zu einer Erhöhung der NO_x-Emissionen. Dies gilt vor allem bei Biomasseheizungen, aber auch bei fossilen Brennstoffen (Heizöl, Erdgas, usw.). Bei stationären Verbrennungsanlagen sind DeNO_x-Filteranlagen als technische Möglichkeit zu nennen, um NO_x-Emissionen zu reduzieren. Luftschadstoffe wie NO_x oder CO sind wesentliche Ozon-Vorläufer-Substanzen."

Dr. Gerfried Jungmeier, Institut für Energieforschung, Joanneum Research, erklärte am 24.01.2005: „Es ist bekannt, dass Biomassefernhkraftwerke bei NO_x höhere Emissionen haben.“

Herr Norbert Lantscher, Amt für Luft und Lärm, Landesregierung der Autonomen Provinz Bozen, bestätigte im Feinstaub-Workshop¹¹¹ am 9.02.2005 in Lienz eine Erhöhung der Stickoxidemissionen im Fall des Biomassefernheizkraftwerks in Bruneck um 10 bis 15 Prozent.

5.1.4 Schwefeldioxid

Die Emissionen von Schwefeldioxid sind zum überwiegenden Teil auf den Schwefelgehalt in den Brennstoffen zurückzuführen, wobei Holzbiomasse in Energieäquivalenten eine geringere Schwefelkonzentration als Heizöl oder Kohle aufweist. Durch die „Stadtwärme Lienz“ wurden große Mengen von Heizöl und weitere Anteile von Koks und Kohle durch Holzbiomasse substituiert und so eine Verminderung der SO₂-Emissionen um jährlich rund 9 Tonnen erzielt.

5.1.5 Staub

Der Rückgang der Staubemissionen um jährlich etwa 7 Tonnen kann zum überwiegenden Teil auf die Substitution von festen Brennstoffen in Einzelöfen und durch Filtersysteme zur Rauchgasreinigung im Fernheizkraftwerk zurückgeführt werden.

Bezüglich der Fraktion Feinstaub kommt Nagl et al. in einer Statuserhebung der Umweltbundesamt GmbH zum Schluss, dass „...*die PM10 Emissionen zur Erzeugung von Raumwärme in Lienz durch den Ausbau der Fernwärme im Jahr 2003 um 43% verglichen mit dem Jahr 1995 abgenommen haben.*“. Weiters wird eine Verringerung der Feinstaubemissionen von rund 6,8 t im Jahr 1995 auf rund 3,9 t im Jahr 2003 angegeben (Vgl. *Abbildung 39*).

¹¹¹ Vgl. Pressebericht: „Fahrverbote gegen Feinstaubbelastung?“ in Osttiroler Bote, 17.02.2005.

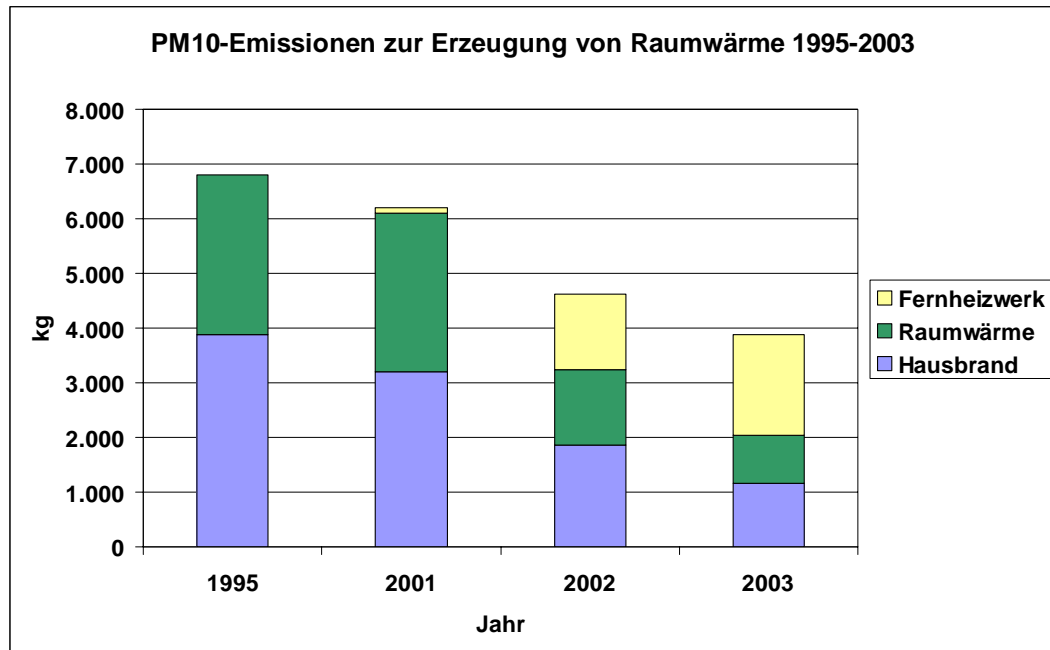


Abbildung 39: PM10-Emissionen zur Erzeugung von Raumwärme 1995-2003¹¹²

Quelle: Nagl et al. Stuserhebung der Umweltbundesamt GmbH und Eigendarstellung

Vor den Auswirkungen der Fraktion Feinstaub auf den Menschen warnte Dr. Karl-Heinz Fischer, Landesamtsdirektion Tirol im Feinstaub-Workshop¹¹¹ am 9.02.2005 in Lienz: „*Feinstaub ruft die Zunahme von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Asthma genauso hervor wie chronische Bronchitiden.*“

Die folgenden drei Aufnahmen zeigen Restkohlepartikel, Dieselmotorteilchen und Partikel aus Verbrennungsanlagen bei 2700facher bis 3000facher Vergrößerung. Die Proben wurden am 12.12.2004 und am 26.12.2004 in Lienz in der Zeit einer erhöhten Feinstaubbelastung durch Quarzfilter besaugt (*Abbildung 40*).

¹¹² Die Emissionen des Fernheizwerks wurden mit der oberen Grenze der Emissionskonzentration berechnet.

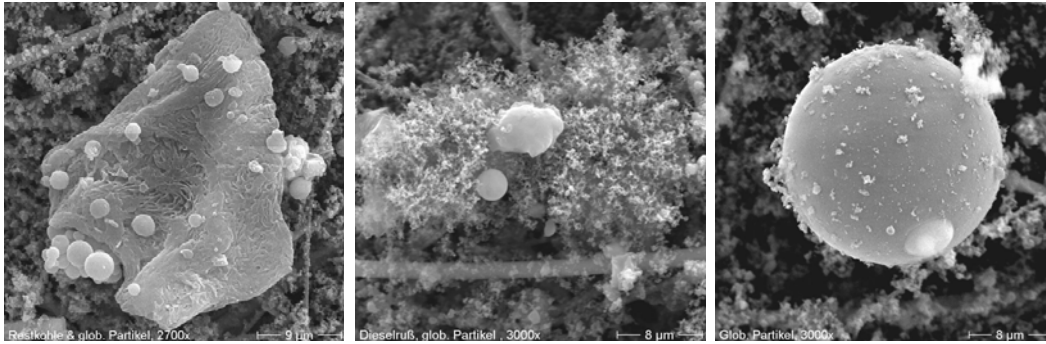


Abbildung 40: Staubpartikel in Lienz am 12.12. und 26.12.2002¹¹³

Quelle: Nagl et al., Statuserhebung der Umweltbundesamt GmbH

5.2 Substitution fossiler Energieträger

In den Berechnungen wurde der Einsatz von fossilen und biogenen Brennstoffen der jeweiligen Prozessbereiche berücksichtigt. Zur Aufbringung der selben Wärmemenge benötigte auf der einen Seite die „Stadtwärme Lienz“ unter Einbezug sämtlich relevanter Bereiche und Prozessschritte im Jahr 2003 insgesamt etwa 0,5 Mio. Liter fossile Flüssigbrennstoffe sowie rund 94.800 srm biogene Festbrennstoffe und auf der anderen Seite ersetzte Heizanlagen mit relevanten Prozessen innerhalb eines Jahres insgesamt etwa 4,4 Mio. Liter fossile Flüssigbrennstoffe, etwa 450 Tonnen fossile Festbrennstoffe sowie etwa 6.770 fm biogene Brennstoffe. Durch die „Stadtwärme Lienz“ hat sich der Einsatz von flüssigen fossilen Energieträgern um rund 3,9 Mio. Liter oder 89 Prozent und der Einsatz von festen fossilen Energieträgern um ca. 450 Tonnen zur Gänze reduziert (*Abbildung 41*). Der Einsatz des erneuerbaren Energieträgers Holz ist durch die „Stadtwärme Lienz“ um mehr als das Vierfache auf rund 35.000 fm angestiegen.

¹¹³ Links: PM10 Filterprobe von 26.12.02, REM-Aufnahme eines Stücks Restkohle mit anhaftenden glatten globularen Partikeln (Verbrennung, Hausbrand) in 2700facher Vergrößerung, Mitte: PM10 Filterprobe vom 12.12.02, REM-Aufnahme eines Dieselerussaggregates mit einem glatten, globularen Partikel und einem geogenen Quarzpartikel in 3000facher Vergrößerung, Rechts: PM10 Filterprobe vom 26.12.02, REM-Aufnahme eines glatten globularen Partikels aus Verbrennungsanlagen bei 3000facher Vergrößerung. Quelle: Nagl et al., Umweltbundesamt GmbH.

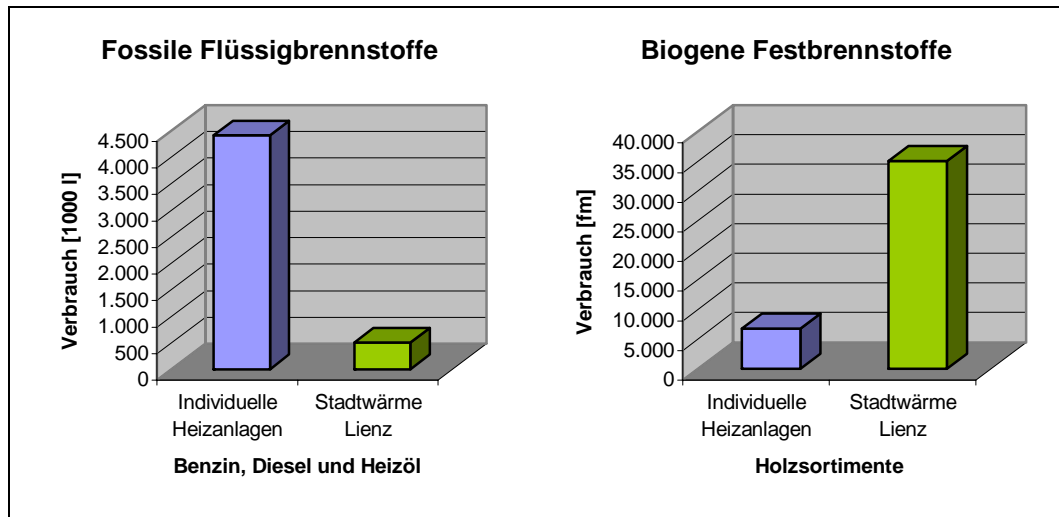


Abbildung 41: Verbrauch fossiler und biogener Brennstoffe im Vergleich¹¹⁴

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Bei den betrachteten In- und Outputprozessen wurden die Bereiche von Rohöl nicht näher berücksichtigt. Unter einer Berücksichtigung der Emissionen durch die Ölförderung, den Öltransport und die Ö raffinerie würden in der Berechnung die Emissionen sowohl der „Stadtwärme Lienz“ als jene der individuellen Heizanlagen höher ausfallen als hier angegeben. Da aber die individuellen Heizanlagen um etwa den Faktor Zehn mehr flüssige Produkte aus fossilem Rohöl als das Fernheizkraftwerk der „Stadtwärme Lienz“ benötigen, würde sich diese Erhöhung zu Lasten der individuellen Heizanlagen auswirken. Vor- und nachgelagerte Prozesse sind von dieser Erhöhung in nicht betroffen, da hier die Emission durch die Rohölaufbereitung und weiteren Prozesse bereits in den Emissionsfaktoren berücksichtigt sind.

5.3 Vorteile für die heimische Forstwirtschaft

Durch die Energiegewinnung unter Verwendung heimischer Hölzer wurde der regionale Brennholzmarkt deutlich angekurbelt. In erste Linie ergibt sich eine Verbesserung der Waldhygiene, da Brennholz aus dem Wald verwertet wird, welches früher dort ungenutzt blieb. Als praktischer Nebeneffekt konnte dadurch

¹¹⁴ Vgl. Tabelle 52: Einsatz von Brenn- und Kraftstoffen im Anhang, S. 123.

die Gefahr der unkontrollierten Vermehrung von Schädlingen wie z.B. des Borkenkäfers, Nadelnutzholzbohrers oder Kupferstechers beseitigt werden. Weiters sind die Kosten gedeckt, um Holz aus abgeschlossenen und nur schwer erreichbaren Gegenden zu nutzen, wodurch sich diese Zonen weniger einschichtig als früher entwickeln. Ein großes Plus ergab sich für die vermehrte Schutzwaldverjüngung, durch die alte und nicht mehr standfeste Bäume entfernt werden. Früher wurden gewisse Waldflächen vom Wind einfach umgeworfen, dem kann jetzt durch Schutzwaldverjüngung vermehrt vorgebeugt werden. Weiters wird die Waldbewirtschaftung intensiviert und durch junge und gut ziehende Bäume das Oberflächenwasser zurückgehalten. Diese Notwendigkeit wurde nach der Hochwasserkatastrophe in den Jahren 1965 und 1966 erkannt.¹¹⁵ Osttirol beherbergt 64.849 ha Wald, wovon der Schutzwaldanteil über 70 Prozent beträgt. Hauptvertreter unter den Baumarten ist zu ca. 75 Prozent die Fichte, gefolgt von der Lärche mit rund 18 Prozent und weiteren Arten mit jeweils geringern Anteilen.¹¹⁶

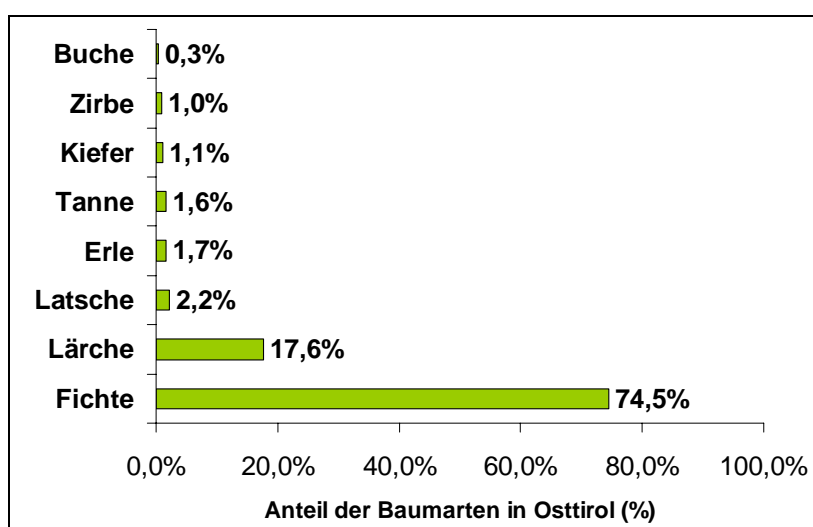


Abbildung 42: Anteil der Baumarten in Osttirol

Quelle Meirer (2001) und Eigendarstellung

¹¹⁵ Quelle: Auskunft durch Reinhard Tiefenbacher, Gemeinderat der Stadt Lienz, Erich Gollmitzer, Bezirksforstinspektion Osttirol, Martin König. Forst- und Gartenamt Lienz, in einem gemeinsamen Gespräch am 06.09.04.

¹¹⁶ Quelle: Meirer (2001). Vgl. Tabelle 53: Anteil der Baumarten in Osttirol im Anhang auf S. 123.

5.4 Emissions- und Kosteneinsparung anhand konkreter Beispiele

In diesem Abschnitt werden die Kohlendioxideinsparungen von drei Kunden abgeschätzt und mit Informationen bezüglich ihrer Wärmeaufbringung vor und mit dem Bezug von Fernwärme ergänzt. Abschließend wird eine Rechenmethode angegeben, mit der jeder Stadtwärmekunde selbst seinen Beitrag zum globalen Klimaschutz im Jahr 2003 ermitteln kann. Der Winter 2003 weicht vom Durchschnitt der vorangegangenen zehn Jahre in seiner Anzahl an Heizgradtagen um weniger als einen Prozent ab und ist mit diesem Zeitraum vergleichbar (Vgl. *Abbildung 13*).

5.4.1 Einfamilienhaus

Herr Norbert Hopfgartner ist 1975 mit seiner Familie in das neu errichtete Reihenhaus eingezogen, das ost- und westseitig direkt an Nachbarhäuser anschließt. Im Bereich Wärmeschutz wurden seitdem keine Veränderungen unternommen. Die 127 m³ Wohnfläche wurde ausschließlich mit einer Zentralheizung beheizt. Sein Ölkessel Baujahr 1975, mit dem er im Sommer auch das Warmwasser aufbereitete, brachte 23 kW Leistung. Nach seinen Aufzeichnungen verbrauchte er im Durchschnitt 2.200 l Heizöl im Jahr. Seit September 2001 sind Herr Hopfgartner Kunde der „Stadtwärme Lienz“. Von dieser ist eine Wärmeleistung von 9 kW für sein Einfamilienhaus ausreichend. Im Zeitraum von 11.12.02 bis 12.12.03, das entspricht ca. 367 Tagen, verrechnete ihm die „Stadtwärme Lienz“ für den Verbrauch von rund 15,22 MWh Wärme rund € 941.

Bezüglich der Umstellung und dem Bezug von Fernwärme erklärte Herr Norbert Hopfgartner, Gemeindebeamter der Stadt Lienz, am 16.09.2004: *„Ich bin froh, dass ich den ganzen Aufwand mit dem Öl nicht mehr habe. Energieberater haben mir erklärt, dass mein Brenner überhaupt nicht zum Ölkessel gepasst hat. Außerdem war es keine gute Lösung, das Warmwasser im Sommer mit der Ölheizung aufzubereiten. Ich spare mir jetzt neben der Beobachtung der Ölpreise auch den Kaminkehrer, den Öl-Servicetechniker und die Gebühren für den Tankwagen. Obendrein habe ich einen Kellerraum hinzugewonnen, der uns jetzt*

als Hobbyraum, Familienarchiv und als Schlagzeugraum meines Enkels dienlich ist.“

Fazit des Verfassers:

- Der Heizkessel des Herrn Hopfgartner war im Vergleich zum VAW um mehr als das 2½-fache höher dimensioniert.
- Mit einer Annahme von laufenden Kosten im Jahr 2003 von € 50 für eine Kaminkehrerleistung, € 130 für die gesetzlich vorgeschriebene Ölkessel-Serviceleistung, eines durchschnittlichen Heizöl Extra Leicht Preises von € 0,37 pro Liter sowie einer Tankwagengebühr von € 20 hätte er mit € 1.014 für sein ursprüngliches Heizsystem leicht höhere Ausgaben als für die „Stadtwärme Lienz“ gehabt. Stromkosten für den Ölbrenner und Investitionskosten für ein neues Heizsystem sind darin nicht berücksichtigt.
- Unter der Betrachtung aller Fernwärmekunden konnten er und seine Familie durch den Anschluss an die Fernwärme Lienz im Jahr 2003 eine Einsparung von etwa 4 Tonnen Kohlendioxid als positiven Beitrag zum weltweiten Klimaschutz leisten.

5.4.2 Wohneinheit in einem Mehrfamilienhaus

Die Moarfeldsiedlung im Norden von Lienz besteht aus mehreren Gebäuden mit über 200 Wohnungen. Herr Elmar Waschgler gab als Besitzer einer dieser Wohnungen Auskunft und stellte seine Kostenabrechnungen der vergangenen Jahre als Beispiel zur Verfügung. Daraus geht für die Liegenschaft Moarfeld 28-54 für den Zeitraum 1.1.-31.12.2000 unter anderem der Verbrauch von 258.741 Liter Heizöl hervor. Die Gesamtkosten hierfür von ca. € 96.000 wurden auf die beheizte Nutzfläche und weitere Berechnungsfaktoren verteilt und an die einzelnen Mieter und Besitzer weitergegeben. Über die Jahre 2000 bis 2003 wurden Herrn Elmar Waschgler die folgenden jährlichen Kosten für Heizung und Warmwasser verrechnet (*Tabelle 5*), hierbei handelt es sich um Nettopreise ohne Steuern. Die Umstellung auf die „Stadtwärme Lienz“ erfolgte im September 2001, da sich jedoch die Berechnungsgrundlagen in den Abrechnungen geändert haben, ist Aussage über den Klimaschutzbeitrag nicht möglich.

Art der Kosten	Jahr 2000	Jahr 2001	Jahr 2002	Jahr 2003
Heizkosten	249,78 €	239,13 €	298,32 €	283,85 €
Warmwasserkosten	155,99 €	156,93 €	100,42 €	120,72 €
Summe	405,77 €	396,06 €	398,74 €	404,57 €

**Tabelle 5: Mehrfamilienhaus - Heizkostenaufstellung für eine Wohneinheit
Stand: Jahre 2000 bis 2003**

Quelle: Kostenabrechnungen für Herrn Waschgler Elmar und Eigendarstellung

Zur „Stadtwärme Lienz“ argumentierte Herr Elmar Waschgler, Pensionist, am 13.12.2004: „Die Kosten für Heizung und Warmwasser sind praktisch gleich geblieben. Ersparnisse kommen durch den Wegfall der Heizungsbetreuung und den zahlreichen Reparaturen des Ölbrenners hinzu. Ein Vorteil der Fernwärme für uns ist, dass die Emissionen und die direkte Umweltbelastung der Ölheizung vor Ort wegfallen. Die Fensterbalken waren immer mit Ruß bedeckt, jetzt ist es nur mehr der normale Blütenstaub, der anfällt.“

5.4.3 Öffentliches Gebäude

Das Wohn- und Pflegeheim Lienz beherbergt über 200 Personen und beschäftigt an die 120 Angestellte. Herr Rupert Schieder, Chefhaustechniker der Bezirksaltenheime Osttirol, informierte über die Wärmearbeitung. Ursprünglich wurden neben den Heizungen die Küche und die Wäscherei sowie die Warmwasseraufbereitung über Wärmeenergie aus zwei Ölkessel mit je 750 kW Leistung versorgt. Sie verzeichneten das beachtliche Baujahr 1969. Durchschnittlich wurden pro Jahr 160.000 Liter Heizöl verbraucht, wobei immer nur ein Kessel in Betrieb stand und der zweite als Ausfallsreserve installiert war. Außer den Heizölkosten ergaben sich für verschiedene Servicegebühren und dem Stromverbrauch für Brenner und Pumpen finanziell weitere Ausgaben (*Tabelle 6*).

Art der Kosten	Summe (ca.)
Öl	63.000 €
Service	800 €
Rauchfangkehrer	350 €
Stromverbrauch Brenner und Pumpen	1.500 €
Ersatzteile (div.)	500 €
Gesamt	66.150 €

**Tabelle 6: Bezirksaltenheim Lienz – Kosten durch individuelle Heizanlage
Stand: Jahr 2001**

Quelle: Rupert Schieder, Bezirksaltenheim Lienz, 21.1.2005 und Eigendarstellung

Im Zuge der Umstellung auf Fernwärme im April 2002 wurde eine Wärmeabnahmestation mit 750 kW Leistung installiert, die Küche wie auch die Wäscherei wurde dabei nicht in die Fernwärmeversorgung integriert. Im Zeitraum 11.12.02 – 12.12.03, das entspricht etwa 367 Tagen, wurden rund 1.659 MWh Fernwärme verbraucht, die Kosten beliefen sich auf über 70.000 € (Tabelle 7).

Art der Kosten	Summe
Energiepreis	54.247,99 €
Leistungsbereitstellung	4.384,26 €
Netto	58.632,25 €
Brutto	70.358,70 €

**Tabelle 7: Bezirksaltenheim Lienz – Kosten durch die „Stadtwärme Lienz“
Stand: Jahr 2003**

Quelle: Rupert Schieder, Bezirksaltenheim Lienz, 21.1.2005 und Eigendarstellung

Über seine Erfahrungen mit der „Stadtwärme Lienz“ erzählte Herr Rupert Schieder am 21.1.2005:

„Die Energie der ‘Stadtwärme Lienz’ steht mit guter Qualität an. Die Vorlauftemperatur liegt jetzt höher als bei den Ölkesseln, wodurch die Fernwärme für das Bezirksaltenheim sehr effizient ist. Die Anlage läuft jetzt technisch einwandfrei und ich muss nicht mehr wie früher bei Tag und bei Nacht zum Heizkessel laufen. Außerdem war unsere Heizanlage schon veraltet und hätte in naher Zukunft ausgetauscht bzw. generalsaniert werden müssen, was hohe

Investitionskosten verursacht hätte. Sorgen macht mir nur die Abhängigkeit von der 'Stadtwärme Lienz', was ist wenn diese einmal ausfällt?'

Fazit des Verfassers:

- Der ursprünglich installierte Heizkessel stimmt in seiner Leistung mit jener der Fernwärmeabnahmestation überein. Ein direkter Vergleich des Wärmeverbrauchs ist leider nicht möglich, da im Zuge der Fernwärmeumstellung nicht mehr dieselben Räume beheizt wurden.
- Die angegebenen Kosten liegen im Vergleich zu Lasten der „Stadtwärme Lienz“, wobei eventuelle Preissteigerungen von Heizöl zwischen den angegebenen Jahren 2001-2003 wie auch ein Vergleich der Investitionskosten für ein neues Heizsystem nicht berücksichtigt sind.
- Durch den Anschluss an die Fernwärme konnte das Bezirksaltenheim mit einer jährlichen Einsparung von etwa 432 Tonnen Kohlendioxid zum weltweiten Klimaschutz beitragen.

5.4.4 Der Beitrag jedes einzelnen Stadtwärmekunden

Im Folgenden wird eine einfache Formel vorgeschlagen, mit der jeder einzelne Kunde der „Stadtwärme Lienz“ seinen Beitrag zum weltweiten Klimaschutz unter allen Stadtwärmekunden ermitteln kann. Zur Berechnung wird nur die Jahresabrechnung der „Stadtwärme Lienz“ aus dem Jahr 2003 benötigt.

Diese Werte werden aus den Verhältnissen aller Fernwärmekunden abgeleitet, wodurch die Einsparung von Einzelkunden nur im Gesamtbild Gültigkeit behält. Sie basieren auf den Berechnungen dieser Arbeit. Einsparungspotentiale hängen prinzipiell von der Art und Menge der eingesetzten Brennstoffe ab. Sie erlangen beim Ersatz von fossilen Energieträgern, wie zum Beispiel von Heizöl, beachtliche Zahlen.

In der Jahresabrechnung der „Stadtwärme Lienz“ ist der Energieverbrauch in MWh angegeben. Zu beachten ist, auf wie viele Wohnungen oder Gebäude er sich bezieht. Dieser Wert wird mit dem Faktor 0,26 multipliziert. Das Ergebnis ist der Klimaschutzbeitrag durch die Einsparung von Kohlendioxid in Tonnen im Jahr 2003.

$$\text{Verbrauch [MWh]} * 0,26 = \text{eingesparte Kohlendioxidemissionen [t]}$$

**Abbildung 43: Berechnung des Klimaschutzbeitrags von Stadtwärmekunden
Gültig für das Jahr 2003**

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Zur genaueren Erklärung dieses Rechenganges: Durch die Multiplikation mit dem Faktor 0,26 wird der Verbrauch in MWh mit der gesamten Kohlendioxideinsparung durch die „Stadtwärme Lienz“ von rund 11.515 Tonnen multipliziert und anschließend durch den Wärmeverkauf an sämtliche Stadtwärmekunden von rund 44.000 MWh dividiert. Als Anmerkung sei erwähnt, dass beispielsweise alleine bei der Verbrennung von einem Liter Heizöl Extra Leicht etwa 2,7 kg Kohlendioxid in die freie Atmosphäre emittiert werden.

Beispiel: Herr Norbert Hopfgartner hat im Jahr 2003 insgesamt etwa 15,22 MWh Fernwärmeenergie verbraucht. Dieser Wert wird mit 0,26 multipliziert und ergibt die genannte Einsparung von etwa 4 Tonnen Kohlendioxid im Jahr 2003.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Jahr 2003 wurden im Fernheizkraftwerk Lienz rund 94.800 srm (entsprechend 35.000 fm) Holzsortimente verfeuert und damit 92 Prozent der gesamten Wärmeenergie erzeugt. Im selben Zeitraum wurde im Forstbezirk Osttirol mit 164.800 fm viereinhalb Mal so viel Holz eingeschlagen. Im Jahr 2003 wurde die verfeuerte Biomasse nach den angestellten Berechnungen von ihrem Bezugsort in Österreich bis zum Fernheizkraftwerk in Lienz insgesamt rund 92.000 km oder im Vergleich dazu mehr als zwei Mal um die ganze Erde transportiert. Alle Transport-LKW aneinandergereiht würde im Jahr 2003 eine Länge von etwa 29 km ergeben. Unter der groben Annahme, dass ein durchschnittlicher Baum etwa 1,2 fm Holz darstellt, müssten für die verfeuerte Menge im Jahr 2003 theoretisch an die 29.200 Bäume gefällt werden. Unter der weiteren Berücksichtigung, dass pro Baum im groben Durchschnitt nur etwa 15 Prozent als Brennholzsortiment anfällt, würde sich diese Anzahl auf etwa 195.000 Bäume erhöhen. Dennoch verursachen die dadurch auftretenden Emissionen nur einen geringen Anteil an den Gesamtemissionen der „Stadtwärme Lienz“.

Im Vergleich zur Emissionsmenge, welche die ersetzten Heizanlagen früher verursachten, erreichte die „Stadtwärme Lienz“ im Jahr 2003 eine Einsparung von rund 11.515 t CO₂ (-89 Prozent), rund 249 t CO (-95 Prozent), rund 9 t SO₂ (-62 Prozent) und rund 7 t Staub (-85 Prozent) sowie eine Erhöhung von rund 6 t NO_x (+36 Prozent). Bei all diesen Berechnungen wurden die direkten Emissionen der Teilprozesse Holzernte, Holzaufbereitung, Transporte der Brennstoffe, Energiegewinnung sowie Transport und Entsorgung der Rückstandsprodukte mit berücksichtigt. Bis zum 31.12.2003 konnten über 80 Prozent der Gebäude im Versorgungsgebiet der Stadt Lienz in die Fernwärmeversorgung eingebunden werden. Im Zuge der Fernwärmeanschlüsse wurde die Stilllegung von über 500 Heizanlagen registriert. Im Mittel verzeichnen diese Anlagen ein Baujahr 1985. Ihre installierte Leistung war im Vergleich zum Verrechnungsanschlusswert der Fernwärme im Durchschnitt um un-ökonomische 92 Prozent zu hoch dimensioniert.

Literaturverzeichnis

- Amt der Tiroler Landesregierung (Hrsg.), *Aschen aus Biomassefeuerungsanlagen*, 34 S., 2004 (on-line unter: www.tirol.gv.at > Themen > Umwelt > Abfall > Publikationen)
- Amt der Tiroler Landesregierung (Hrsg.), *Bericht über die Luftgüte in Tirol im Jahr 2003*, 66 S., 2004 (on-line unter: www.tirol.gv.at > Themen > Umwelt > Luft > Jahresberichte)
- Amt der Tiroler Landesregierung (Hrsg.), *Jahresbericht 2001 über die Luftgüte in Tirol*, 48 S., Innsbruck, 2002 (on-line unter: www.tirol.gv.at > Themen > Umwelt > Luft > Jahresberichte)
- Amt der Tiroler Landesregierung (Hrsg.), *Jahresbericht 2002 über die Luftgüte in Tirol*, 66 S., Innsbruck, 2003 (on-line unter: www.tirol.gv.at > Themen > Umwelt > Luft > Jahresberichte)
- Anderl, M., Edelmann, A., Freudenschuß, A., Halper, D., Kurzweil, A., Poupa, S., Wappel, D., Weiss, P., Wieser, M., *Austria's annual national greenhouse gas inventory 1990 – 2003*, Umweltbundesamt GmbH, 58 S., ISBN 3-85457-762-1, Wien, 2005 (on-line unter: www.umweltbundesamt.at > Publikationen > Suche)
- Anderl, M., Lichtblau, G., Ortner, R., Poupa, S., Radunsky, K., Wieser, M., Wappel, D., Ritter, M., *Luftschadstoff-Trends in Österreich von 1980 bis 2002*, Umweltbundesamt GmbH, 20 S., ISBN 3-85457-736-2, Wien, 2004 (on-line unter: www.umweltbundesamt.at > Publikationen > Suche)
- Bios Bioenergiesysteme GmbH, *Fuzzy Logic controlled CHP plant for biomass fuels based on a highly efficient ORC process – EU demonstration project Lienz*, 39 S., Graz, 2003 (on-line unter: <http://www.bios-bioenergy.at> > downloads)
- Energie Tirol (Hrsg.), *Energiedatenerhebung von 2500 Lienzer Haushalten*, 41 S. plus CD-ROM, Innsbruck, 1995

- Graßl, H., Hupfer, P., Lozán, J., L., *Klima des 21. Jahrhunderts, Einführung in das globale Klimaproblem*, 20 S., Hamburg, 2002
- Gugele, B., Huttunen, H., Ritter, M., *Kyoto-Fortschrittsbericht Österreich 2004*, 42 S., Umweltbundesamt GmbH, ISBN 3-85457-727-3, Wien, 2004 (on-line unter: www.umweltbundesamt.at > Publikationen > Suche)
- Hantel, M., Haslinger, A., *Klima*, Kap. 3.1 in *Umweltwissenschaftliche Grundlagen für den Bereich Klima...*, Auftragsstud. f. das BM f. Umwelt, Österr. Akad. Wiss., Komm. zur Reinhaltung der Luft, Wien, 1993
- IPCC, 2001: *Climatic Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climatic Change* [J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- IPCC, 2001: *Climatic Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climatic Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.
- Jonas, A., Haneder, H., *Energie aus Holz*, 76 S., Niederösterreichische Landes-Landwirtschaftskammer, St. Pölten, 2001
- Lozán, J., L., Graßl, H., Hupfer, P., (Hrsg.), *Warnsignal Klima – Das Klima des 21. Jahrhunderts*, 464 S., ISBN 3-00-002925-7, Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 1998
- Meirer, K., *Forstwirtschaft*, in *Bezirkskunde Osttirol*, Edition Löwenzahn in der Studienverlag Ges.m.b.H, 415 S., ISBN 3-7066-2267-X, Innsbruck, 2001
- Nagl, C., Spangl, W., *Statuserhebung betreffend Überschreitungen des IG-L-Grenzwertes für PM10 und Schwebestaub an der Messstelle Lienz Amlacherkreuzung im Jahr 2001*, 152 S., Umweltbundesamt GmbH, Wien

- Schramek, E. (Hrsg.), *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, ISBN 3-486-26534-2, Oldenburg Industrieverlag, München, 2003
- Spitzer, J., Enzinger, P., Fankhauser, W. F., Golja, F., Stiglbrunner, R., *Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe*, 50 S., Joanneum Research Report, Graz, 1998
- Staller, M., *Das Klima*, in *Bezirkskunde Osttirol*, Edition Löwenzahn in der Studienverlag Ges.m.b.H, 415 S., ISBN 3-7066-2267-X, Innsbruck, 2001
- Stanzl, W., Jungmeier, G., Spitzer, J., *Emissionsfaktoren und energietechnische Parameter für die Erstellung von Energie- und Emissionsbilanzen im Bereich Raumwärmeversorgung*, 276 S., Joanneum Research Report, Graz, 1995
- Umweltbundesamt GmbH (Hrsg.), *Treibhausgasemissionen und Klimawandel*, in *Siebenter Umweltkontrollbericht des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft an den Nationalrat*, 472 S., ISBN-3-85457-737-0, Wien, 2004 (on-line unter: www.umweltbundesamt > Publikationen > Suche)
- Wieser, M., Kurzweil, A., *Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoff-Inventur*, 23 S., ISBN-3-85457-749-4, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2003 (on-line unter: www.umweltbundesamt.at > Publikationen > Suche)

Dokumentenverzeichnis (gemischte schriftliche Quellen)

Dokument: *Absichtserklärung abgeschlossen zwischen der Steirischen Fernwärme GmbH und der TIWAG-Tiroler Wasserkraftwerke AG*, in Fernwärme Ordner 3 der Umweltabteilung der Stadtgemeinde Lienz

Dokument: *Angebot gemäß der Ausschreibung ‚Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz‘*, 3 S., Steirische Fernwärme GmbH, Graz, 13.09.1999 in Ordner Fernheizwerk Lienz der Umweltabteilung der Stadt Lienz

Dokument: *Bericht zu den vorgelegten Projekten*, 3 S., Energie Tirol, Innsbruck, 1999 in Stadtwärme Ordner 1 der Umweltabteilung der Stadt Lienz

Dokument: *Bestandsdaten der substituierten Heizanlagen*, Stadtwärme Lienz GmbH, Gebrüder Eder GmbH, 2004 in Ordner Bestandsdaten 1 bis 3 der Umweltabteilung der Stadtgemeinde Lienz

Dokument: *Einladung zur Eröffnung*, 2 S., Stadtwärme Lienz, in Fernwärme Ordner 3 der Umweltabteilung der Stadtgemeinde Lienz

Dokument: *Einladung zur Firmenpräsentation – Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz*, 2 S., 2.02.1999, Lienz in Ordner Fernheizwerk Lienz der Umweltabteilung der Stadt Lienz

Dokument: *Fernwärme aus Energieholz für die Stadt Lienz – Informationsphase*, 9 S., Energie Tirol, Innsbruck, 1998 in Ordner Fernheizwerk Lienz der Umweltabteilung der Stadt Lienz

Dokument: *Fernwärme Lienz – Projektierung*, 2 S., Lienz, 30.09.1998 in Ordner Fernheizwerk Lienz der Umweltabteilung der Stadt Lienz

Dokument: *Fernwärme Lienz – Verhandlungsgespräche am 27. und 28. Juli 1999*, Energie Tirol, Innsbruck, 5.7.1999 in Fernwärme Ordner 3 der Umweltabteilung der Stadt Lienz

- Dokument: *Gebäude- und Wohnungszählung vom 15. Mai 2001 – Gemeinde: Lienz*, Statistik Austria (on-line unter: www.statistik.at > Blick auf ihre Gemeinde > Tirol > Lienz > Wohnbevölkerung und demographische Daten)
- Dokument: *Lienz setzt voll auf Biomasse*, 3 S., Janusche, O., Lienz, 2001 in Fernwärme Ordner 3 der Umweltabteilung der Stadt Lienz
- Dokument: *Niederschrift über die Gemeinderatssitzung am 30.03.2000*, Az. 714/1, in Stadtwärme Ordner 1 der Umweltabteilung der Stadt Lienz
- Dokument: *Niederschrift über die Gemeinderatssitzung am 30.03.2000*, in Ordner Stadtwärme Protokolle der Umweltabteilung der Stadt Lienz
- Dokument: *Vergleichende Projektdarstellung – Angebote per 15.9.1999*, 8 S., Energie Tirol, in Stadtwärme Ordner 1 der Umweltabteilung der Stadt Lienz
- Dokument: *Wärme und Strom für die Stadt Lienz*, 44 S., Stadtwärme Lienz
- Dokument: Presseartikel, *Nr. 1263 Stadtgemeinde Lienz – Bekanntmachung*, in Bote für Tirol, Amtsblatt der Behörden, Ämter und Gerichte Tirols auf S. 406, 23.09.1998
- Dokument: Presseartikel, *Das Fernheizwerk von Lienz ziert die schönste Solaranlage*, in Kleine Zeitung, 4.11.2003
- Dokument: Presseartikel, *Fahrverbote gegen Feinstaubbelastung?*, in Osttiroler Bote, 17.02.2005
- Dokument: Presseartikel, *Liezburg Info, Amtliche Mitteilung der Stadtgemeinde Lienz*, S. 1 ff, Stadtgemeinde Lienz, Lienz, März 2001
- Dokument: Presseartikel, *Stadtgemeinde Lienz – Bekanntmachung*, in Amtsblatt der Wiener Zeitung auf S. 26, 16.09.1998

Internetquellen

Amt der Tiroler Landesregierung, www.tirol.gv.at
Asamer-Becker Recycling GmbH, www.abrg.at
Bios Bioenergiesysteme GmbH, www.bios-bioenergy.at
Energie Tirol, www.energie-tirol.at
Energieverwertungsagentur Österreich, www.eva.ac.at
Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch
Klimabündnis Österreich, www.klimabuendnis.at
Statistik Austria, www.statistik.at
Umweltbundesamt Wien, www.umweltbundesamt.at

Elektronische Anwendungen

Elektronische Anwendung: *Globales Emissions Modell Integrierter Systeme (GEMIS 4.2 Österreich)*, 2004
Elektronische Anwendung: *Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2.1)*, 2004
Elektronische Anwendung: *Integriertes Statistisches Informationssystem ISIS*, Statistik Austria, on-line unter: www.statistik.at > ISIS Datenbank
Elektronische Anwendung: *Kalkulationsblatt zur Ermittlung von Kenndaten und Preisen für Energieholzsortimente*, Nemestothy, K., E.V.A. – the Austrian Energy Agency
Elektronische Anwendung: *Microsoft Autoroute V11*
Elektronische Anwendung: *Microsoft Encarta Enzyklopädie 2004*

Persönliche Mitteilungen

- Benkö Alexander, ELCO Klöckner Heiztechnik GmbH, 2004
- Bergerweiß Siegfried, Stadtwärme Lienz Produktions- und Vertriebs-GmbH,
Lienz, 2004
- Blaßnig Andreas, Regionalenergie Osttirol, Lienz, 2004
- Ebner Herbert, Amt der Tiroler Landeregierung, Innsbruck, 2004
- Fischer Karl-Heinz, Landessanitätsdirektion Tirol, Lienz, 2004
- Gollmitzer Erich, Bezirksforstinspektion Osttirol, Lienz, 2004
- Gomig Peter, Holzbringung Gomig, Lienz, 2004
- Granegger Josef, Brennholz Granegger, Lienz, 2004
- Gumpitsch Hans, Transporte Gumpitsch, Dölsach, 2004
- Hopfgartner Norbert, Gemeindebeamter der Stadt Lienz, Lienz, 2004
- Jungmeier Gerfried, Institut für Energieforschung, Graz, 2004
- Kasimir Nemestothy, Energieverwertungsagentur Österreich, Wien, 2004
- König Martin, Forst- und Gartenamt der Stadt Lienz, Lienz, 2004
- Lantscher Norbert, Amt für Luft und Lärm, Autonome Provinz Bozen, Lienz,
2005
- Moser Josef, ÖBB Lienz, Lienz, 2004
- Mühlmann Thomas, Gebrüder Eder GmbH, Leisach, 2004
- Nagl Christian, Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2004
- Obermoser Hannes, Zuegg KG, Nußdorf-Debant, 2004
- Ploner Wilhelm, Stadtwärme Lienz Produktions- und Vertriebs-GmbH, Lienz,
2004
- Pölz Werner, Umweltbundesamt, Wien, 2004
- Reisenhofer Erwin, Bios Bioenergiesysteme GmbH, Graz, 2004

Schieder Rupert, Bezirksaltenheime Osttirol, Lienz, 2005

Schleicher Stefan, Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Graz, 2005

Stockinger Franz, ZAMG Klagenfurt, 2004

Theurl Hannes, Säge- und Hobelwerk Theurl, Assling, 2004

Tiefenbacher Reinhard, Gemeinderat der Stadt Lienz, Lienz, 2004

Waschglor Elmar, Pensionist, Lienz, 2004

Weber Andreas, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck, 2004, 2005

Wilhelmer Reinhard, Stadtwärme Lienz Produktions- und Vertriebs-GmbH,
Lienz, 2004

Winkler Hubert, Hackguterzeugung und Transporte Winkler, Nikolsdorf, 2004

Anhang

Länder	CO ₂ [t]	CH ₄ [kg]	N ₂ O [kg]	SO ₂ [kg]	NO _x [kg]	NMVOC [kg]	NH ₃ [kg]	CO [kg]
Belgien	12,3	47,7	3,7	17,6	29,6	24,2	8,4	100,1
Dänemark	10,1	49,8	5,3	4,7	37,7	23,0	19,1	109,5
Deutschland	10,6	29,1	2,4	7,9	19,3	19,5	7,4	58,3
Finnland	13,0	49,3	4,4	16,4	42,8	30,3	6,4	116,6
Frankreich	6,9	50,4	4,1	10,3	23,8	28,3	13,2	107,4
Griechenland	10,0	49,9	3,3	45,9	31,3	25,4	7,0	129,7
Großbritannien	9,3	36,8	2,3	18,8	28,1	22,4	4,9	62,6
Irland	12,0	154,9	8,7	32,6	34,1	22,5	31,8	72,4
Italien	8,0	30,1	2,5	12,3	22,8	25,4	7,7	90,3
Luxemburg	12,4	51,0	0,5	7,3	38,7	25,8	16,4	110,7
Niederlande	11,2	60,6	3,2	5,5	25,6	16,9	9,2	41,1
Österreich	8,6	53,8	2,4	4,6	24,8	28,9	6,7	107,1
Portugal	6,3	49,9	2,5	29,3	38,6	47,8	10,5	103,0
Schweden	6,2	31,3	3,1	6,8	28,2	34,1	6,0	90,8
Spanien	7,6	47,7	2,4	34,6	32,4	36,7	11,8	71,0
EU15	8,9	41,2	2,9	15,6	25,8	25,8	8,9	80,0
Bulgarien	6,1	61,1	7,7	106,9	20,7	36,5	6,9	65,9
Estland	12,5	68,7	0,9	67,2	27,6	24,4	6,6	129,8
Lettland	3,3	49,2	1,6	5,7	17,8	34,4	5,3	162,2
Litauen	3,8	50,8	3,2	14,0	15,8	20,3	14,4	65,8
Polen	8,2	47,8	2,0	40,4	20,8	22,6	8,0	91,4
Rumänien	5,0	61,4	1,1	41,2	14,4	28,8	10,0	105,1
Slowakei	7,8	40,1	2,0	24,0	19,7	16,7	5,3	53,4
Slowenien	8,1	56,6	2,7	48,2	29,1	20,1	9,5	34,1
Tschechien	12,5	48,5	2,6	24,5	32,4	21,5	7,5	63,4
Ungarn	5,8	54,3	4,0	39,3	18,2	16,3	6,5	58,1
Beitrittsländer	7,3	52,6	2,5	41,9	20,3	24,1	8,2	84,5

Tabelle 8: Pro-Kopf-Emissionen Österreichs und weiterer Länder¹¹⁷

Stand 2001

Quelle: Anderl et al. (2004) und Eigendarstellung

¹¹⁷ In Anlehnung an den Europäischen Trendbericht werden die neuen 10 EU Mitgliedsländer und die Beitrittskandidatenländer als eigene Gruppe betrachtet. Sie werden hier zusammenfassend als Beitrittsländer bezeichnet, da dies dem Status des Jahres 2001 entspricht.

Messung von	Messgerät-Type	Nachweisgrenze
Schwefeldioxid (SO ₂)	APSA 360	2,9 µg/m ³ Luft
Kohlenmonoxid (CO)	APMA 350	0,13 mg/m ³ Luft
Stickoxid (NO _x)	APNA 360	NO 0,5 µg/m ³ Luft NO ₂ 1,6 µg/m ³ Luft
Staub	FH 62 IR	3,6 µg/m ³ Luft
Ozon (O ₃)	APOA 360	0,6 µg/m ³ Luft

Tabelle 9: Verwendete Immissionsmessgeräte in Lienz¹¹⁸

Stand: Jahr 2001, 2002, 2003

Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung (2002,2003,2004) und Eigendarstellung

Jahr	Jahresmittelwerte in [mg/m ³] Luft							
	O ₃	CO	NO	NO ₂	NO _x	PM10	SO ₂	TSP
2003	0,049	0,789	0,057	0,036	0,093	0,029	0,005	0,035
2002	0,041	0,88	0,063	0,034	0,098	0,029	0,005	0,035
2001	0,047	0,919	0,065	0,034	0,099	0,032	0,006	0,04
2000	0,045	1,065	0,061	0,034	-	-	0,008	0,032
1999	0,041	1,401	0,065	0,04	-	-	0,011	0,03
1998	0,045	1,388	0,057	0,036	-	-	0,011	0,051
1997	0,041	-	-	-	-	-	-	-
1996	0,045	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 10: Konzentrationen von Luftschadstoffen in Lienz

*Quelle: Abteilung Waldschutz/Luftgüte, Amt der Tiroler Landesregierung,
07.09.04 und Eigendarstellung*

¹¹⁸ Schwefeldioxid wird nach dem physikalischen Verfahren der UV-Fluoreszenz gemessen. Stickstoffmonoxidmessungen erfolgen nach dem sog. Chemilumineszenzprinzip, wobei Stickstoffmonoxid als Differenz von NO_x und NO bestimmt wird. Die Messung von Kohlenmonoxid beruht auf dem Infrarot-Absorptionsverfahren. Ozon wird über die UV-Absorption gemessen. Schweb- und Feinstaub werden über die β-Strahlenabsorption gemessen. Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung (2004).

Luft-Schadstoff	Grenz- bzw. Zielwert	Anzahl der Überschreitungen			Maximal erreichte Überschreitung		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003
TSP	TMW>150 µg/m ³	2	1	-	31%	13%	-
PM10	TMW>50 µg/m ³	45	37	41	226%	182%	122%
O ₃	MW8>110 µg/m ³	51	28	56	37%	31%	55%
NO ₂	TMW>80 µg/m ³	-	-	1	-	-	9%

Tabelle 11: Grenz- und Zielwertüberschreitungen in Lienz

Jahre: 2001, 2002, 2003

Quelle: Amt der Tiroler Landesregierung (2002,2003 und 2004),

Eigenberechnung und Eigendarstellung

Energieträger	Eingesetzte Menge	Erzeugte Energie	Verteilung
Heizöl Extra Leicht	452.000 l	3.825 MWh	7,42%
Hackgut	36.638 srm	19.020 MWh	36,91%
Rinde	26.110 srm	14.895 MWh	28,90%
Sägespäne	32.086 srm	13.749 MWh	26,68%
Solaranlage	-	44 MWh	0,09%
Summe	-	51.533 MWh	100,00%

Tabelle 12: Mix der Energieträger im Biomasseheizkraftwerk¹¹⁹

1.1.-31.12.03

Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 14.08.04, Eigenberechnung und

Eigendarstellung

¹¹⁹ Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 14.08.04.

Im Jahr 2003 wurde 47,728 GWh thermische Energie durch Biomasse erzeugt. Da keine Werte für die einzelnen Biomassesegmente vorlagen, wurde die gewonnene Wärmemenge für Rinde, Sägespäne und Hackschnitzel über Heizwertangaben (Rinde 690 kWh/srm, Sägespäne 490 kWh/srm, Hackschnitzel 800 kWh/srm) vom Verfasser anteilmäßig ausgerechnet und an das Gesamtergebnis der gewonnenen Energie durch Biomasse angeglichen.

Wärmebezieher	Anzahl der Wärmeübergabestationen	Anzahl der Wärmebezieher	Verrechnungsanschlusswert [MW]
Öffentliche Gebäude	31	31	6,876
Gewerbebetriebe	77	77	7,950
Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern	138	2.222	11,632
Wohneinheiten in Ein- und Zweifamilienhäusern	340	722	6,460
Summe	586	3.052	32,918

Tabelle 13: Wärmebezieher der „Stadtwärme Lienz“

[Stand 31.12.03]

Quelle: Wilhelm Ploner, Stadtwärme Lienz, 16.08.04 und Eigendarstellung

Parameter	Analysenwerte Grob- und Zyklonflugasche Lienz [mg/kg TS]	Grenzwerte [mg/kg TS]	Prozentuelle Erreichung der Grenzwerte [%]
Zn	871	1.500	58
Cu	72	250	29
Cr	58	250	23
Pb	15	100	15
V	46	100	46
Co	23	100	23
Ni	62	100	62
Mo	2	20	10
As	5	20	25
Cd	4	8	50

Tabelle 14: Schwermetallgehalte von Asche aus dem Heizkraftwerk Lienz

Quelle: Bios Bioenergiesysteme GmbH (2003) und Eigendarstellung

Dimensionierung im Vergleich zum VAW	Anzahl der Heizkessel
unter dem VAW	33
>100 bis 150%	89
>150 bis 200%	66
>200 bis 250%	54
>250 bis 300%	32
>300 bis 350%	20
>350 bis 400%	11
>400 bis 450%	2
>450 bis 500%	3
>500 bis 550%	1
>550 bis 600%	1
>600 bis 650%	2
Summe	314

Tabelle 15: Leistung der Heizanlagen im Vergleich zum VAW
[Stand 13.08.04]

*Quelle: Stadtwärme Lienz GmbH, Gebrüder Eder GmbH, 16.08.04,
Eigendarstellung und Eigenauswertung*

Baujahr	Anzahl der Heizkessel	Baujahr	Anzahl der Heizkessel	Baujahr	Anzahl der Heizkessel
vor 1959	0	1973	10	1988	9
1959	1	1974	5	1989	12
1960	2	1975	9	1990	9
1961	0	1976	10	1991	19
1962	0	1977	9	1992	13
1963	0	1978	10	1993	17
1964	3	1979	6	1994	11
1965	0	1980	10	1995	14
1966	2	1981	10	1996	14
1967	4	1982	17	1997	11
1968	2	1983	15	1998	8
1969	2	1984	6	1999	10
1970	11	1985	12	2000	3
1971	10	1986	20	nach 2000	0
1972	5	1987	16	Summe	357

Tabelle 16: Anzahl und Baujahr substituierter Heizkessel
[Stand 13.08.04]

Quelle: Stadtwärme Lienz GmbH, Gebrüder Eder GmbH und Eigendarstellung

Biomassebezug 1.1.-31.12.03	Biomasse geliefert [fm]	Biomasse verfeuert [fm]
Theurl Sägewerk	10.514	9.225
Hasslacher Holzindustrie	6.786	6.134
Goller Sägewerk	4.217	3.395
Liebenberger Sägewerk	3.217	2.531
Waldgenossenschaft Iseltal	3.078	2.563
Kohlmaier	2.225	1.792
Paholz Handelsges.m.b.H	951	688
Winkler Hackguterzeugung	642	465
Sägewerk Baumgartner	548	396
Summe Bezug aus Betrieben	32.178	27.189
Bäuerliches Hackgut	4.022	2.910
Hackgut aus der Region	6.802	4.922
Summe	43.002	35.021

**Tabelle 17: „Stadtwärme Lienz“ - Angelieferte und verfeuerte Biomasse
1.1.-31.12.03**

*Quelle: Reinhard Wilhelmer, Stadtwärme Lienz, 10.08.04, Eigenberechnung und
Eigendarstellung*

Geräte/Maschinen und deren Anteil an der Holzbringung in Osttirol	Holzbringrate [fm/h]	Energieverbrauch [l/gebrachten fm]
Motorsäge in Verbindung mit Gebirgsarvester und Ä.	3,6	0,1 l Benzingemisch
	8,8	1,5 l Diesel
Motorsäge in Verbindung mit Bodenzug	2,6	0,2 l Benzingemisch
	8,8	0,7 l Diesel
Motorsäge in Verbindung mit Seilbahn	2,9	1,0 l Benzingemisch
	7,0	1,0 l Diesel

Tabelle 18: Holzbringung in Osttirol

Quelle: Peter Gomig, Holzbringung Gomig, 08.09.04 und Eigendarstellung

Kontingent	Holzmenge [fm]	Betriebsstunden [h]	Kraftstoff- Verbrauch [l]
Bäuerliches Hackgut	2.910	1.319	4.166
Hackgut aus der Region	4.922	2.231	7.046
Summe	7.832	3.550	11.212

Tabelle 19: Betriebsstunden und Kraftstoffverbrauch der Holzbringung

*Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 17 und Tabelle 18,
Eigendarstellung*

Holzbetrieb	Holzmenge [fm]	Transport- Distanz [km]	Anzahl der Fahrten	Transport- Kilometer [km]
Theurl Sägewerk	9.225	29	327	9.483
Hasslacher Holzindustrie	6.134	114	223	25.422
Goller Sägewerk	3.395	96	114	10.944
Liebenberger Sägewerk	2.531	8	85	680
Waldgenossenschaft Iseltal	2.563	24	86	2.064
Kohlmaier	1.792	176	61	10.736
Paholz Handelsges.m.b.H	688	127	22	2.794
Winkler Hackguterzeugung	465	23	15	345
Sägewerk Baumgartner	396	104	13	1.352
Summe Betriebe	27.189	-	946	63.820

Tabelle 20: Bezug von Biomasse aus „Holzbetrieben“

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Gemeinde	Angelieferte Menge 1.1.-31.7.2003 [srm]	Hochgerechnete Jahres-Anlieferung 2003 [fm]	Transport-Distanz Lavant [km]	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer [km]
Abfaltersbach	228	66	67	3	201
Ainet	361	105	40	4	160
Amlach	91	26	27	1	27
Außervillgraten	70	20	88	1	88
Dölsach	467	136	14	6	84
Gaimberg	427	124	33	5	165
Hopfgarten	100	29	74	2	148
Huben	73	21	63	1	63
Innervillgraten	867	252	101	10	1.010
Kartitsch	108	31	88	2	176
Lavant	350	102	9	4	36
Leisach	28	8	29	1	29
Lienz	1.551	452	24	17	408
Matrei i.O.	625	182	80	7	560
Michlbach	125	36	62	2	124
Nikolsdorf	1.397	407	8	16	128
Nußdorf/Debant	376	109	20	5	100
Oberleibnig	102	30	55	2	110
Oberlienz	175	51	33	2	66
Obertilliach	130	38	107	2	214
Sillian	250	73	84	3	252
St. Jakob i. Def.	76	22	105	1	105
St. Johann im Walde	375	109	51	5	255
Strassen	174	51	73	2	146
Thal-Assling	775	226	49	9	441
Thurn	340	99	28	4	112
Tristach	358	104	19	4	76
Summe	9.997	2.910	-	121	5.284

Tabelle 21: Bezug „Bäuerlichen Hackguts“

Quelle: DI Blaßnig Andreas, Regionalenergie Osttirol, 01.09.2004,

Eigenberechnung und Eigendarstellung

Gemeinde	Hochgerechnete Jahresanlieferung 2003 [fm]	Transportdistanz von Lavant [km]	Anzahl der Fahrten	Transport- Kilometer [km]
Abfaltersbach	112	67	5	335
Ainet	178	40	7	280
Amlach	45	27	2	54
Außervillgraten	34	88	2	176
Dölsach	230	14	9	126
Gaimberg	210	33	8	264
Hopfgarten	49	74	2	148
Huben	36	63	2	126
Innervillgraten	427	101	16	1.616
Kartitsch	53	88	2	176
Lavant	172	9	7	63
Leisach	14	29	1	29
Lienz	764	24	29	696
Matrei i.O.	308	80	12	960
Michlbach	62	62	3	186
Nikolsdorf	688	8	26	208
Nußdorf/Debant	185	20	7	140
Oberleibnig	50	55	2	110
Oberlienz	86	33	4	132
Obertilliach	64	107	3	321
Sillian	123	84	5	420
St. Jakob i. Def.	37	105	2	210
St. Johann im Walde	185	51	7	357
Strassen	86	73	4	292
Thal-Assling	381	49	15	735
Thurn	167	28	7	196
Tristach	176	19	7	133
Summe	4.922	-	196	8.489

Tabelle 22: Bezug „Hackgut aus der Region“

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 17 und Tabelle 21,

Eigendarstellung

Traktor Typ	Anhänger Type	Fassungs-Vermögen [srm]	Holz-Menge [fm]	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer [km]
John Deere 6820	Brantner Tridem	43	2.551	149	3.278
John Deere 6810	Brantner TA 18053 MU	34	2.017	149	3.278
John Deere 6420	Brantner ST TD 130 DL	30	1.780	149	3.278
Steyr 6190	Brantner Tandem	25	1.483	149	3.278
Summe	-	132	7.832	596	13.112

Tabelle 23: Holztransport aus der Sammelstelle in Lavant

Quelle: Hubert Winkler, Hackguterzeugung und Transporte Winkler, 13.08.2004, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Transportbereich	Transportierte Menge	Transport-mittel	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer
Bäuerliches Hackgut	2.910 fm	LKW-Zug	121	5.284 km
Hackgut aus der Region	4.922 fm	LKW-Zug	196	8.489 km
Holzbetriebe	27.189 fm	LKW-Zug	946	63.820 km
Hackgut aus Lager in Lavant	7.832 fm	Traktor	596	13.112 km
Summe	-	-	1.859	90.705 km

**Tabelle 24: Zusammenfassung der Biomassetransporte
Verfeuerte Biomasse im Jahr 2003**

Quelle: Tabelle 20 bis Tabelle 23 und Eigendarstellung

Aufbereitungsrate	Kraftstoffverbrauch Diesel
60 srm/h	0,41 l/srm

Tabelle 25: Hackgerät - Aufbereitungsrate und Kraftstoffverbrauch

Quelle: Hubert Winkler, Hackguterzeugung und Transport Winkler, 13.08.2004 und Eigendarstellung

Kontingent	Erhackte Menge [srm]	Erhackte Menge [fm]	Zeit-Aufwand [h]	Kraftstoff-Verbrauch [l]
Bäuerliches Hackgut	7.275	2.910	121	2.983
Hackgut aus der Region	12.304	4.922	205	5.045
Summe	19.579	7.832	326	8.027

Tabelle 26: Zeitaufwand und Kraftstoffverbrauch der Holzaufbereitung

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 17 und Tabelle 25,

Eigendarstellung

Transportmittel	Heizölmenge [l]	Transportdistanz [km]	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer
Bahn	452.000	974	1	974
LKW-Zug	452.000	4	26	100

Tabelle 27: Heizöltransporte für die „Stadtwärme Lienz“

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Auskunft durch Hannes Obermoser,

Zuegg KG, 12.08.2004 und Eigendarstellung

Ort der Entsorgung/Verwertung	Menge [t]	Transport-Distanz [km]	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer [km]
Bauschuttdeponie Pfister	131,6	6	26	156
Abfallwirtschaftsverband Lavant	9,4	22	2	44
Kompostieranlage der Stadt Lienz	22,6	1	5	5
Landwirtschaftliche Flächen	69,3	6	16	96
Summe	233,0	-	49	301

Tabelle 28: Transporte von Grob- und Zyklonflugasche

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Auskunft durch Reinhard Wilhelmer,

Stadtwärme Lienz, 12.08.04 und Eigendarstellung

Menge	Transportdistanz	Anzahl der Fahrten	Transportkilometer
32,34 t	194 km	4	776 km

Tabelle 29: Transport von Kondensatschlamm

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Auskunft durch Reinhard Wilhelmer,

Stadtwärme Lienz, 12.08.04 und Eigendarstellung

Fraktion	Menge	Anzahl der Fahrten	Transportkilometer
Grob- und Zyklonflugasche	233 t	49	301 km
Kondensatschlamm	32 t	4	776 km
Summe	265 t	53	1.077 km

Tabelle 30: Zusammenfassung der Transporte von Rückstandsprodukten

Quelle: Tabelle 28, Tabelle 29 und Eigendarstellung

Emittent und Faktoreinheit	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	Staub
mittlerer LKW [g/km]	709,40	1,47	7,61	0,1884	0,20
LKW 28-32t entspricht Sattelzug (Euro 2) [g/km]	945,20	1,59	11,60	0,2500	0,18
Traktor [g/h]	12.885,30	124,38	183,47	3,4081	33,98
Radlader "Liebherr L544" [g/h]	46.997,41	203,33	652,20	12,4305	59,66
Hackgerät "Eschelböck Biber 80" [g/h]	51.579,49	235,90	733,33	13,6425	71,79
Motorsäge 2,25 kW [g/h]	1.293,63	503,84	0,80	0,3422	0,00
„Flötzersteig“ - Wien Sondermüllverbrennungsanlage [g/kg Brennstoff]	480,00	0,13	0,16	0,0647	0,06
ÖBB-Elektroantrieb [g/km]	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00

Tabelle 31: Emissionsfaktoren für Transportmittel und Prozessbereiche¹²⁰

Quelle: Werner Pölz, Umweltbundesamt Wien, 07.12.2004 und 28.02.2005,

Wieser (2004), Eigenberechnung und Eigendarstellung

¹²⁰ Der CO-Emissionsfaktor der Müllverbrennung wurde aus Wieser et al. (2003) für Abfallverbrennungsanlagen mit 0,132 g/kg Brennstoff entnommen. Die Emissionsfaktoren von Schwefeldioxid wurden für den Traktor, den Radlader, das Hackgerät und die Motorsäge selbst berechnet.

Sektor	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Staub [kg]
Holzernte	29.470	1.468	373	8	46
Brennstofftransport	79.196	179	983	21	29
Fernheizkraftwerk	1.243.777	12.536	20.399	5.151	1.029
Aufbereitung & Beschickung	42.915	190	601	11	57
Entsorgung Rückstandsprodukte	16.287	6	13	2	2
Summe	1.411.644	14.379	22.370	5.193	1.163

Tabelle 32: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen nach Sektoren

*Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 56 und Tabelle 31,
Eigendarstellung*

Sektor	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	Staub
Holzernte	2,09%	10,21%	1,67%	0,15%	3,94%
Brennstofftransport	5,61%	1,25%	4,39%	0,40%	2,52%
Fernheizkraftwerk	88,11%	87,18%	91,19%	99,18%	88,48%
Aufbereitung & Beschickung	3,04%	1,32%	2,69%	0,22%	4,86%
Entsorgung Rückstandsprodukte	1,15%	0,04%	0,06%	0,04%	0,20%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 33: „Stadtwärme Lienz“ - Verteilung der Sektoren

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 32 und Eigendarstellung

Heizanlage	Verteilung
Zentralheizungen	69,63%
Etagenheizungen	11,20%
Einzelöfen	19,18%
Summe	100,00%

Tabelle 34: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung

*Quelle: Stadtwärme Lienz GmbH, Gebrüder Eder GmbH, Statistik Austria,
Eigenberechnung und Eigendarstellung*

Energieträger	Zentralheizung	Etagenheizung	Einzelöfen
Heizöl	93,45%	24,59%	17,64%
Holz	3,27%	10,71%	59,81%
Koks/Kohle	2,08%	4,12%	8,02%
Elektrischer Strom	1,19%	60,59%	14,52%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 35: Ersetzte Heizanlagen - Verteilung der Hauptenergieträger

*Quelle: Stadtwärme Lienz GmbH, Gebrüder Eder GmbH, Statistik Austria,
Eigenberechnung und Eigendarstellung*

Energieträger	Hauszentralheizung	Etagenheizung	Einzelöfen	Summe
Heizöl	28.629	1.211	1.488	31.329
Holz	1.003	527	5.046	6.577
Koks/Kohle	638	203	677	1.518
Elektrischer Strom	365	2.985	1.225	4.575
Summe	30.635	4.926	8.437	43.998

Tabelle 36: Ersetzte Heizanlagen - Erzeugte Wärmemengen [MWh]

*Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 35 und Auskunft durch Wilhelm
Ploner, Stadtwärme Lienz, 01.02.2005, Eigendarstellung*

Hauptenergieträger	Verteilung nach der Anzahl von Einzelöfen	Verteilung nach der mit Einzelöfen beheizten Flächen
Öl	24,59%	24,32%
Holz	10,71%	10,60%
Kohle/Koks	4,12%	3,62%
Elektrisch	60,59%	61,47%
Summe	100,00%	100,00%

**Tabelle 37: Anzahl der Heizanlagen und beheizte Flächen im Vergleich
Beispiel Einzelöfen**

Quelle: Statistik Austria, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Heizungsart	Zentralheizung	Etagenheizung	Einzelofen
Ölheizung	71%	72%	60%
Holzheizung	52%	54%	51%
Koks-/Kohleheizung	49%	53%	49%
Widerstandsheizung	96%	96%	96%

Tabelle 38: Jahresnutzungsgrade von Heizanlagen

Bestand 1994

Quelle: Stanzl et al. (1995) und Eigendarstellung

Energieträger	Hauszentralheizung	Etagenheizung	Einzelofen	Summe
Heizöl	40.323	1.682	2.480	44.485
Holz	1.929	977	9.895	12.800
Koks/Kohle	1.303	383	1.382	3.067
Strom	380	3.109	1.276	4.765
Summe	43.934	6.151	15.033	65.118

Tabelle 39: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energiemengen [MWh]

Bestandsdaten der Stadtwärme Lienz GmbH und Gebrüder Eder GmbH, Statistik

Austria, Eigenberechnung und Eigendarstellung

Emissionsprodukt	Brennstoff	Zentralheizung	Etagenheizung	Einzelofen
CO ₂ [kg/TJ]	Heizöl	74.000*	74.000*	74.000*
	Holz	0**	0*	0**
	Koks/Kohle	93.964***	93.964***	93.964***
CO [kg/TJ]	Heizöl	45*	45*	50*
	Holz	4.303**	6.000*	4.463**
	Koks/Kohle	4.206**	5.082*	3.705**
NO _x [kg/TJ]	Heizöl	65*	55*	40*
	Holz	107**	40*	106**
	Koks/Kohle	78**	124*	132**
SO ₂ [kg/TJ]	Heizöl	50*	50*	50*
	Holz	11**	11*	11**
	Koks/Kohle	543**	658*	340**
Staub [kg/TJ]	Heizöl	3*	3*	3*
	Holz	90**	30*	148**
	Koks/Kohle	94**	90*	153**

Tabelle 40: Emissionsfaktoren für individuelle Heizanlagen

*Quelle: *Stanzl et al. (1995), **Spitzer et al. (1998), ***Eigenberechnung nach*

Stanzl et al. (1995) und Eigendarstellung

Brennstoff	CO ₂ [t]	CO [t]	NO _x [t]	SO ₂ [t]	Staub [t]
Heizöl	11.851	7	10	8	>1
Holz	0	210	5	1	6
Koks/Kohle	1.037	45	1	5	1
Summe	12.888	262	16	14	8

Tabelle 41: Emissionen individuell eingesetzter Heizanlagen

*Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 39 und Tabelle 40,
Eigendarstellung*

Kohleart	Menge [kg]	kWh	Prozent der kWh
Braunkohle	12.799	49.916	3,30%
Braunkohlebriketts	66.850	374.360	24,73%
Koks	104.950	787.125	52,00%
Steinkohle	470	3.290	0,22%
Steinkohlebriketts	36.040	299.132	19,76%
Summe	221.109	1.513.823	100,00%

**Tabelle 42: Verteilung von Koks- und Kohlesortimenten in Lienz
Stadt 1995**

*Quelle: Energietechnische Datenerhebung, Eigenberechnung und
Eigendarstellung*

Energieträger	Heizwert	Menge
Heizöl	10,08 kWh/l	4.413.241 l
Holz	1.891 kWh/fm	6.769 fm
Koks/Kohle	6.847 kWh/t	448 t
Strom	1 MWh	4.765 MWh

Tabelle 43: Ersetzte Heizanlagen - Eingesetzte Energieträgermengen

*Quelle: Stanzl et al. (1995) und Energietechnische Datenerhebung,
Eigenberechnung und Eigendarstellung*

Brennstoff	Menge	Anzahl der Waggons	Anzahl der Züge	Transport-Distanz [km]	Transport-Kilometer [km]
Heizöle	4.413.241 l	68	6	974	5.844
Koks/Kohle	448 t	17	1	959	959
Summe	-	-	7	-	6.803

Tabelle 44: Brennstofftransporte per Bahn

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Brennstoff	Menge	Anzahl der Fahrten	Transport-Distanz [km]	Transport-Kilometer [km]
Heizöl	4.413.241 Liter	245	5	1.226
Holz	6.769 Festmeter	289	-	11.814
Koks/Kohle	448 Tonnen	17	5	83
Summe	-	551	-	13.123

Tabelle 45: Brennstofftransporte per LKW

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Ersetzte Heizanlagen	Holzmenge	Betriebsstunden	Kraftstoffverbrauch
Brennstoff Holz	6.769 fm	3.069 h	9.691 l

Tabelle 46: Aufwand der Holzbringung

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Tabelle 43 und Tabelle 18,

Eigendarstellung

Holzmenge [fm]	Holzmenge [rm]	Energieeinsatz [kWh/rm]	Energieaufwand [kWh]
6.769	9.670	1,1	10.637

Tabelle 47: Holzaufbereitung

Quelle: Eigenberechnung auf Basis von Auskunft durch Josef Granegger,

Brennholz Granegger, 23.12.04 und Eigendarstellung

Produkt	Menge [t]	Anzahl der Fahrten	Transport-Distanz [km]	Transport-Kilometer [km]
Holzasche	28	6	30	180
Koks-/Kohleasche	30	6	30	180
Summe	58	12	-	360

Tabelle 48: Transport von Asche

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Verteilung der Sektoren	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Staub [kg]
Aufbereitung der Brennstoffe	25.471	1.269	323	7	40
Transport der Brennstoffe	12.115	21	147	3	2
Energiegewinnung	12.888.327	262.355	15.978	13.658	7.808
Entsorgung der Rückstandsprodukte	255	1	3	>1	>1
Summe	12.926.168	263.645	16.451	13.668	7.851

Tabelle 49: Ersetzte Heizanlagen – Emissionen nach Sektoren

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Verteilung der Sektoren	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	Staub
Aufbereitung der Brennstoffe	0,20%	0,48%	1,96%	0,05%	0,50%
Transport der Brennstoffe	0,09%	0,01%	0,90%	0,02%	0,03%
Energiegewinnung	99,71%	99,51%	97,13%	99,93%	99,46%
Entsorgung der Rückstandsprodukte	>0,01%	>0,01%	0,02%	>0,01%	>0,01%
Summe	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabelle 50: Ersetzte Heizanlagen – Verteilung der Sektoren

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Emissionen	CO ₂	CO	NO _x	SO ₂	Staub
Fernwärme	1.411,6 t	14,4 t	22,4 t	5,2 t	1,2 t
Ersetzte Heizanlagen	12.926,2 t	263,7 t	16,5 t	13,7 t	7,9 t
Differenz	-11.514,5 t	-249,3 t	+6,0 t	-8,5 t	-6,7 t
Differenz	-89,1 %	-94,6 %	+36,0 %	-62,0 %	-85,2 %

Tabelle 51: Gesamtemissionen im Vergleich

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Gesamte Brennstoffeinsätze	Individuelle Heizanlagen	„Stadtwärme Lienz“	Veränderung [%]
Fossile Flüssigbrennstoffe	4.413.241 l	505.284 l	-89 %
Fossile Festbrennstoffe	448 t	0 t	-100 %
Biogene Festbrennstoffe	6.769 fm	35.021 fm	+417 %

Tabelle 52: Einsatz von Brenn- und Kraftstoffen

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Baumart	Anteil in Osttirol (%)
Fichte	74,5%
Lärche	17,6%
Latsche	2,2%
Erle	1,7%
Tanne	1,6%
Kiefer	1,1%
Zirbe	1,0%
Buche	0,3%
Summe	100,0%

Tabelle 53: Anteil der Baumarten in Osttirol

Quelle: Meirer (2001) und Eigendarstellung

Jahr	Hausbrand [kg]	Raumwärme Arbeitsstätten [kg]	Fernheizwerk [kg]	Summe [kg]	Reduktion zu 1995
1995	3.890	2.907	-	6.797	0%
2001	3.200	2.900	100	6.200	9%
2002	1.860	1.380	1.390	4.630	32%
2003	1.170	870	1.850	3.890	43%

Tabelle 54: PM10-Emissionen zur Erzeugung von Raumwärme

Quelle: Nagel et al., Umweltbundesamt Wien und Eigendarstellung

Ort	Stadtwärme-Kunde seit	Leistung der Station [kW]	VAW [kW]	Ersetzte Kessel-Type	Kessel [kW]	Kessel Baujahr	Kessel Wirkungsgrad [%]	Rauchgas-Temperatur [°C]	% CO ₂	Brennstoff-Art
Lienz	17.10.2001	30	30	Hoval TKV60	70	1977	90,1	200	12	Öl
Lienz	12.08.2002	15	14	Hoval Minilyt	26	1983	86	262	10	Öl
Lienz	10.12.2001	150	104	Hoval Variolyt	87	1982	90	233	12,5	Öl
				Hoval Variolyt	87	1982	-	-	-	
Lienz	07.09.2001	15	14	Viessmann Vitola Biferral	17	1993	92,5	164	12,5	Öl
Lienz	04.10.2001	30	16	Hoval TKO 33	39	1974	89,5	193	11,5	Öl
Lienz	16.11.2001	30	17	Schäfer Interdomo KT20	20	1988	-	-	-	-
Lienz	20.09.2001	75	53	ID Econom B	30	1986	90,1	200	12	Öl
Lienz	11.06.2003	30	20	Viessmann Vitocell-Uniferral	21	1989	92,1	182	12	Öl
Lienz	28.06.2004	30	10	Windhager OK 28	33	1987	89	196	10	Öl
Lienz	05.09.2003	75	50	Strebel Camino	70	1981	88,7	219,9	9,8	Öl
Lienz	14.08.2003	75	75	Schäfer KTUx 28	28	1995	92,4	160,4	12,4	Öl
Lienz	10.09.2003	30	20	Windhager OK 33-40	40	1996	92	180	12,1	Öl
Lienz	11.09.2003	50	35	Viessmann Vitola-S-e	70	1971	91,4	197	12	Öl
Lienz	25.06.2003	75	60	Hoval TKU80	93	1974	92,1	190	12,1	Öl

Tabelle 55: Anonymisierter Auszug aus den erhobenen Bestandsdaten

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Bereich	Emittent	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer [km]	Betriebs-Stunden [h]	Menge	flüssiger Kraftstoff-Verbrauch [l]
Energiegewinnung	Biomasse	-	-	-	35.021 fm	-
Energiegewinnung	Heizöl Extra Leicht	-	-	-	452.000 l	452.000
Entsorgung	Kondensatschlamm	-	-	-	32 t	-
Bäuerliches Hackgut	LKW-Zug	121	5.284	-	2.910 fm	1.585
Hackgut aus der Region	LKW-Zug	196	8.489	-	4.922 fm	2.547
Holzbetriebe	LKW-Zug	946	63.820	-	27.189 fm	19.146
Hackgut aus Lager in Lavant	Traktor	596	13.112	447	7.832 fm	1.967
Heizöl	LKW-Zug	26	100	-	452.000 l	30
Heizöl	Bahn	1	974	-	452.000 l	-
Asche	LKW	49	301	-	233 t	90
Kondensatschlamm	LKW	4	776	-	32 t	233
Aufbereitung	Hackgerät "Eschelböck Biber 80"	-	-	326	7.832 fm	8.027
Beschickung	Radlader "Liebherr L544"	-	-	555	35.021 fm	8.446
Holzernte	Motorsäge	-	-	2.600	7.832 fm	2.728
Holzernte	Gebirgsharvester u.Ä.	-	-	358	3.133 fm	4.699
Holzernte	Bodenzug	-	-	313	2.741 fm	1.827
Holzernte	Seilbahn	-	-	280	1.958 fm	1.958
Betriebsintern	Strom	-	-	-	2.300 MWh	-
Summe	-	1.939	92.856	4.879	-	505.284

Tabelle 56: „Stadtwärme Lienz“ - Zusammenfassung der Prozesse

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Bereich	Emittent	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Staub [kg]
Energiegewinnung	Biomasse	0	12.500	19.700	4.380	980
Energiegewinnung	Heizöl Extra Leicht	1.243.777	36	699	771	49
Entsorgung	Kondensatschlamm	15.523	4	5	2	2
Bäuerliches Hackgut	LKW-Zug	4.994	8	61	1	1
Hackgut aus der Region	LKW-Zug	8.024	13	98	2	2
Holzbetriebe	LKW-Zug	60.323	101	740	16	12
Hackgut aus Lager in Lavant	Traktor	5.760	56	82	2	15
Heizöltransport	LKW-Zug	95	>1	1	>1	>1
Heizöltransport	Bahn	0	0	0	0	0
Aschetransport	LKW	214	>1	2	>1	>1
Kondensatschlammtransport	LKW	550	1	6	>1	>1
Aufbereitung	Hackgerät "Eschelböck Biber 80"	16.831	77	239	5	23
Beschickung	Radlader "Liebherr L544"	26.084	113	362	7	33
Holzernte	Motorsäge	3.363	1.310	2	1	0
Holzernte	Gebirgsharvester u.Ä.	18.466	84	263	5	26
Holzernte	Bodenzug	4.037	39	57	1	11
Holzernte	Seilbahn	3.604	35	51	1	10
Betriebsintern	Strom	0	0	0	0	0
Summe	-	1.411.644	14.379	22.370	5.193	1.163

Tabelle 57: „Stadtwärme Lienz“ - Emissionen einzelner Prozesse

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Bereich	Emittent	Anzahl der Fahrten	Transport-Kilometer [km]	Betriebs-Stunden [h]	Menge	Kraftstoff-Verbrauch [l]
Heizöl	Heisanlagen	-	-	-	4.413.241 l	4.413.241
Holz	Heisanlagen	-	-	-	6.769 fm	-
Koks/Kohle	Heisanlagen	-	-	-	448 t	-
Elektrischer Strom	Heisanlagen	-	-	-	4.765 MWh	-
Heizöl	Bahn	6	5.844	-	4.413.241 l	-
Heizöl	LKW-Zug	245	1.226	-	4.413.241 l	368
Holz	LKW-Zug	289	11.814	-	6.769 fm	3.544
Koks/Kohle	Bahn	1	959	-	448 t	-
Koks/Kohle	LKW-Zug	17	83	-	448 t	25
Holzaufbereitung	Klieber	-	-	-	11 MWh	-
Holzernte	Motorsäge	-	-	2.247	6.769 fm	2.358
Holzernte	Gebirgsharvester u.Ä.	-	-	309	2.708 fm	4.061
Holzernte	Bodenzug	-	-	271	2.369 fm	1.579
Holzernte	Seilbahn	-	-	242	1.692 fm	1.692
Entsorgung	LKW	12	360	-	58 t	108
Summe	-	570	20.286	3.069	-	4.426.977

Tabelle 58: Ersetzte Heizanlagen - Zusammenfassung der Prozesse

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Bereich	Emittent	CO ₂ [kg]	CO [kg]	NO _x [kg]	SO ₂ [kg]	Staub [kg]
Heisanlagen	Heizöl	11.850.929	7.251	10.126	8.007	480
Heisanlagen	Holz	>1	209.953	4.659	507	6.002
Heisanlagen	Koks/Kohle	1.037.397	45.151	1.192	5.143	1.326
Heizöl	Bahn	0	0	0	0	0
Heizöltransport	LKW-Zug	870	2	9	>1	>1
Holztransport	LKW-Zug	11.167	19	137	3	2
Koks-/Kohletransport	Bahn	0	0	0	0	0
Koks-/Kohletransport	LKW-Zug	78	>1	1	>1	>1
Holzaufbereitung	Klieber	0	0	0	0	0
Holzernte	Motorsäge	2.907	1.132	2	>1	>1
Holzernte	Gebirgsharvester u.Ä.	15.961	73	227	4	22
Holzernte	Bodenzug	3.489	34	50	>1	9
Holzernte	Seilbahn	3.115	30	44	>1	8
Aschetransport	LKW	255	1	3	>1	>1
Summe	-	12.926.168	263.645	16.451	13.668	7.851

Tabelle 59: Ersetzte Heizanlagen - Emissionen einzelner Prozesse

Quelle: Eigenberechnung und Eigendarstellung

Zum Inhalt:

Eine wachsende Zahl von Beobachtungen ergibt das Bild einer sich erwärmenden Welt. Die mittleren Temperaturen auf der Erde werden unter anderem durch den Treibhauseffekt beeinflusst, an dem vom Menschen verursachte Treibhausgase beteiligt sind. Im Klimaschutz und im Kioto Protokoll ist die Reduktion dieser Treibhausgasemissionen eines der vorrangigsten Ziele. Gleichzeitig ist lokal städtische Luftgüte immer ein Sorgenkind.

Durch den Einsatz von erneuerbaren Energieträgern erreicht die Fernwärme der Stadt Lienz im Vergleich zur Emissionsmenge, welche die ersetzten Heizanlagen früher verursachten, im Jahr 2003 eine Einsparung von rund 11.515 Tonnen Kohlendioxid (–89 Prozent), rund 249 Tonnen Kohlenmonoxid (–95 Prozent), rund 9 Tonnen Schwefeldioxid (–62 Prozent) und rund 7 Tonnen Staub (–85 Prozent) sowie eine Erhöhung von rund 6 Tonnen Stickoxide (+36 Prozent). Sie gibt damit insgesamt also einen vorbildlichen Beitrag zur Verbesserung der globalen und lokalen Umweltsituation.

Der vorliegende Bericht beschreibt die zugrunde liegenden Analysen im Detail und trotzdem in übersichtlicher, gut verständlicher Form. Er zeigt gleichzeitig ein hervorragendes Beispiel auf, wie Klima- und Umweltschutz und wirtschaftliche Vorteile für eine Region Hand in Hand gehen können.