

Nr. 2

SCHRIFTENREIHE

G. Veronik

H. Hofbauer

**Ökologischer Vergleich der
Brennstoffe Erdgas, Erdöl und
Holz**



ÖSTERREICHISCHER KACHELOFENVERBAND

Versuchs- und Forschungsanstalt der Hafner Österreichs

Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes

Herausgeber und Vertrieb	Österreichischer Kachelofenverband A-1220 WIEN, Dassanowskyweg 8
Redaktion	Dipl.-Ing. Dr. Thomas Schiffert
Copyright ©	1997, Österreichischer Kachelofenverband Nachdruck auch auszugsweise nur mit Genehmigung des Herausgebers. Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.
Ausgabe 2, Überarbeitet und erweitert	2/1997
ISBN	3-901680-07-1

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung:	6
1.1 Allgemeines:	6
1.2 Zielrichtung dieser Abhandlung:	6
1.3 Vorgangsweise:	6
1.3.1 ökologische Bewertung:.....	6
1.3.2 energietechnische Bewertung:	7
1.3.3 energiewirtschaftliche Bewertung:	7
1.3.4 volkswirtschaftliche Bewertung:.....	7
2 Einflußgrößen auf dieEnergieversorgung:	7
2.1 Einflußgrößen:	7
3 Allgemeine Betrachtungen zur Bereitstellung der Energieträger: .	8
3.1 Primärenergiegewinnung und Übertragung:	9
3.1.1 Energiegewinnung:	9
3.1.2 Energieübertragung:	9
3.2 Umsetzung der Primärenergie in Sekundärenergie:	10
3.3 Übertragung der Sekundärenergie:	10
3.4 Umsetzung der Sekundärenergie in Nutzenergie:.....	10
4 Volkswirtschaftliche Bedeutung der verschiedenen Energieträger:	10
4.1 Allgemeines:	10
4.2 Die Situation Österreichs:.....	11
4.3 Einige Energieverbrauchsdaten:.....	11
4.3.1 ENERGIEAUFKOMMEN: (PJ) (P = PETA = 10 ¹⁵).....	11
4.3.2 MENGENMÄSSIGE ENERGIEIMPORTE IM JAHR 1991 ; STRUKTUR NACH WIRTSCHAFTSBLÖCKEN:.....	12
4.3.3 Struktur des Endenergieverbrauches nach dem Verwendungszweck 1990; Gliederung nach Energieträgern:.....	13
4.3.4 Energieaufkommen, Energieverluste und Nutzenergie	14
4.4 Ein Szenario:	15
4.5 Einige Bemerkungen zum Energieträger Holz:.....	16
5 Umweltaspekte der Energieumsetzung:	17
5.1 Allgemeines:	17
5.2 Umwelteingriffe bei der Energieumsetzung:.....	17

5.3 Bewertungskriterien für verschiedene Energieträger aus der Sicht der Umweltbelastung:	19
5.4 Schadstoffarten und Mengen:	19
6 Die Ökobilanz:	20
6.1 Allgemeines	20
6.2 Fragen zum Thema Ökobilanz:	21
6.3 Möglichkeiten und Grenzen einer Umweltbilanz:	21
7 Erdgas:	22
7.1 Erdgasvorkommen:	22
7.2 Erdgasvorkommen und Verbrauch in Österreich:	23
7.3 ERDGASBEREITSTELLUNG	24
8 Erdöl	26
8.1 Erdölvorkommen:	26
8.2 Erdölvorkommen in Österreich:	27
8.3 Heizölbereitstellung	29
9 Energieholz:	30
9.1 Holzvorkommen, Gewinnung und Verbrauch:	30
9.2 Brennholzbereitstellung	34
9.3 Vergleich der Emissionen bei der Brennstoffbereitstellung:	35
9.4 Emissionen der Brennstoffnutzung:	35
9.5 Gesamtemissionen der Brennstoffbereitstellung und Nutzung	36
10 Schlußbemerkungen:	41
10.1 Die Bedeutung der Biomasse für die österreichische Energiewirtschaft: .	41
10.2 Möglichkeiten zur Verminderung von CO₂ und CH₄ Emissionen von Erdgas:	41
10.2.1 Einsparungsmöglichkeiten für CO ₂ :	42
10.2.2 Einsparungsmöglichkeiten für CH ₄ :	43
10.3 Organische Verbindungen - ein Produkt der unvollständigen Verbrennung:	44
10.4 Methanbilanz und Treibhauseffekt:	45
10.5 Preise und Preisentwicklung der Energieträger [29]:	46
11 Zusammenfassung:	46

12 Literaturverzeichnis: 49

1 Problemstellung:

1.1 Allgemeines:

Die gesicherte Energieversorgung unserer Haushalte ist für unsere Zivilisation von entscheidender Bedeutung. In Zeiten des Energieüberflusses wurde die Problematik der möglichst effizienten Energieversorgung vielerorts unterschätzt, in Zeiten eines Energiemangels aufgrund von schrumpfenden Reserven wird jedoch die Wichtigkeit der Bereitstellung ausreichender Mengen möglichst kostengünstiger Energie zunehmend spürbar. In den letzten Jahren wurde daher eine immer konkreter werdende Diskussion über die zweckmäßigste Energieversorgung zur Raumwärmeerzeugung aus globaler und regionaler Sicht in Gang gebracht.

Diese Abhandlung soll einige Aspekte dieses Themenkomplexes genauer beleuchten und eine Methode zur Bewertung von Energieversorgungssystemen zur Raumheizung aus ökologischer und energiewirtschaftlicher Sicht vorstellen. Es werden hier Ergebnisse präsentiert, die in Arbeiten, welche im Auftrag des **Österreichischen Kachelofenverbandes** an der TU- Wien durchgeführt wurden, erarbeitet wurden. Weiters fließen Ergebnisse aus mehreren ausländischen Studien, sowie aus Arbeiten der **Österreichischen Akademie für Umwelt und Energie** und einiger Arbeiten des **Institutes für Verfahrenstechnik** der TU- Wien in diese Abhandlung ein, die einen Überblick über verschiedenste Aspekte der Ökologisierung im Bereich der Raumwärmeerzeugung geben soll.

1.2 Zielrichtung dieser Abhandlung:

Ein Verfahren zur Bewertung von Energieträgern bzw. Energieversorgungssystemen soll anhand der Brennstoffe **Heizöl**, **Erdgas (Naturgas)** und **Brennholz** vorgestellt werden.

Das Verfahren beruht auf der Aufstellung von Versorgungsketten (Prozessketten) von der Gewinnung bis zur Endnutzung = Verbrennung und kann je nach gewünschter Tiefe der anzustellenden Betrachtungen bzw. je nach Verfügbarkeit der Ausgangsdaten ausgelegt und konzipiert werden.

Die Beurteilungsschwerpunkte sollen ökologische und energietechnische Aspekte sein; es wird jedoch auch auf energiewirtschaftliche Punkte, die mit diesem Thema in direktem Zusammenhang zu sehen sind, kurz eingegangen. Die praktische Anwendbarkeit des hier vorgestellten Bilanzierungsverfahrens soll anhand der Versorgung Österreichs mit den drei oben genannten Energieträgern demonstriert werden.

1.3 Vorgangsweise:

1.3.1 ökologische Bewertung:

Die Verluste, die in den einzelnen Gliedern der Versorgungskette entstehen, werden quantitativ auf Emissionen umgerechnet (CO₂, SO₂, NO_x, VOC, etc.). Somit können eventuell auftretende Schwachstellen in einer Kette lokalisiert und

quantifiziert werden. Voraussetzung dafür ist ein ausreichend genaues Basisdatenmaterial.

Anschließend werden alle Verluste addiert und mit den Emissionen, die sich aus der Endnutzung (Verbrennung) ergeben aufsummiert, sodaß die Gesamtemissionen der Nutzung des jeweiligen Energieträgers als Basis für eine ökologische Bewertung vorgelegt werden können.

1.3.2 energietechnische Bewertung:

Es werden Wirkungsgrade und Nutzungsgrade für die einzelnen Gewinnungs-, Transport-, und Umsetzungsschritte ermittelt Das Produkt der Einzelwirkungsgrade (-nutzungsgrade) ergibt schließlich den Gesamtwirkungsgrad (-nutzungsgrad) und bildet die Basis für eine energietechnische Beurteilung der einzelnen Brennstoffe.

1.3.3 energiewirtschaftliche Bewertung:

In Hinblick auf die Einbeziehung und Bewertung verschiedener Arten von Nutzenergie bei der Betrachtung einer vollständigen Umsatzkette wird ein Verfahren zur Gegenüberstellung von Energieversorgungssystemen vorgestellt und auf die in dieser Abhandlung angesprochenen Fragestellungen adaptiert.

Dabei werden Terminologien wie „Primärenergie, Sekundärenergie und Endenergie“ definiert; der Begriff der Nutzenergie wird unterteilt in Nutzenergie erster Art bis Nutzenergie n-ter Art , weil die direkt und indirekt anfallenden Nutzenergien aus der Primärenergie, je nach Tiefe der Betrachtungen, auf unterschiedliche Art und Weise berechnet werden können.

1.3.4 volkswirtschaftliche Bewertung:

Es wird im Rahmen dieser Abhandlung kurz auf die unterschiedlichen Auswirkungen auf den österreichischen Arbeitsmarkt und die Veränderung lokaler Infrastrukturen durch die verstärkte bzw. verminderte Verwendung der einzelnen Energieträger eingegangen. Außerdem werden die im Inland verfügbaren Energiereserven und Energiequellen quantifiziert.

2 Einflußgrößen auf dieEnergieversorgung:

Die folgende Auflistung der Parameter, welche die ökologische und wirtschaftliche Sinnhaftigkeit der Verwendung eines Energieträgers in einem bestimmten Einsatzgebiet entscheidend mitbestimmen, ist nicht vollständig. Es werden nur jene Punkte angeführt, auf die im Rahmen dieser Abhandlung direkt oder indirekt eingegangen wird.

2.1 Einflußgrößen:

- zentrale und dezentrale Versorgung
- Meßmethoden für die verteilte und abgenommene Energie

- Brennstoffangebot und Verwendungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Umweltaspekte
- Verfügbarkeit von Energievorkommen
- Personalbedarf (wo und wieviel?)
- Fördereinrichtungen und Übertragungseinrichtungen
- verfügbare Energiereserven (im In - und Ausland)
- verfügbare Energiequellen (im In - und Ausland)

Alle diese Größen (und noch andere mehr) stehen bei der Bilanzierung eines Energieträgers bzw. eines Energieversorgungssystems in einem engen Zusammenhang miteinander. Die ökologisch beste Lösung eines konkreten Problems ist meist auch die technisch beste Lösung, während die wirtschaftlich beste Lösung immer einen Kompromiß zwischen den optimalen wirtschaftlichen und technischen Lösungen darstellt.

Diese Arbeit beschäftigt sich vornehmlich mit der Brennstoffseite, wobei nochmals betont werden muß, daß hier mehr der ökologische Standpunkt und weniger die wirtschaftliche Seite herausgearbeitet werden soll.

Dabei ergibt sich jedoch eine sehr große Schwierigkeit, die darin besteht, daß es eine Vielzahl ökologischer Auswirkungen gibt, die bei der Nutzung eines Energieträgers auftreten können. Die wenigsten davon sind jedoch bilanzierbar (in Zahlen ausdrückbar), die anderen sind nur qualitativ beschreibbar.

3 Allgemeine Betrachtungen zur Bereitstellung der Energieträger:

Es würde den Rahmen dieses Beitrages bei weitem sprengen, wenn man auf alle technischen und physikalischen Einzelheiten, die in der Versorgungskette auftreten, detailliert eingehen würde. Daher werden hier nur, der Chronologie der Umsetzungskette folgend, die technische Einrichtungen für die

- Primärenergiegewinnung und Übertragung
- Umsetzung der Primärenergie in Sekundärenergie
- Übertragung und allfällige Umformung der Sekundärenergie
- Umwandlung der Sekundärenergie in die jeweilige Nutzenergie

kurz angerissen.

In den Arbeiten, die diesem Beitrag zu Grunde liegen [1,2,3,6,7,8,18,21,22], sind alle Umsetzungsschritte und die dazu nötigen Anlagen mit ihren Verlusten, Wirkungsgraden und sonstigen Kennzahlen, basierend auf aktuellem Basis-

datenmaterial, aufgeführt und durchgerechnet. Hier sollen lediglich die Ergebnisse zusammenfassend präsentiert werden.

3.1 Primärenergiegewinnung und Übertragung:

3.1.1 Energiegewinnung:

Energievorräte sind feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe (ausgenommen Holz und andere regenerierbare Energieträger), die unter den am Standort gegebenen Bedingungen wirtschaftlich nutzbar sind oder für eine Nutzung in absehbarer Zeit in Frage kommen.

Diese Arbeit behandelt: **Erdöl(Heizöl extraleicht); Erdgas**

3.1.1.1 Erdölförderung:

Durch Nutzung von sekundären und tertiären Fördertechniken (Einpressen von Wasser bzw. Heißdampf in die Bohrlöcher) kann die geförderte Ölmenge auf das 1,5-2 fache dessen erhöht werden, was mit primärer Förderung aus dem Boden zu holen war.Zur Erschließung der Kontinentalsockel dienen Bohrseln, die in Wassertiefen über 500m noch operieren können.

3.1.1.2 Erdgasförderung:

Analog zur Ölerschließung wurden in neuerer Zeit große Mengen an Erdgas durch Bohrseln aufgefunden. Lagerstätten bis in Tiefen von 7000m konnten erschlossen werden.

Energiequellen sind nach derzeitigen Gegebenheiten nutzbare oder in absehbarer Zukunft für eine Nutzung in Frage kommende Energieangebote aus andauernd in der Natur auftretenden Energieumsetzungsprozessen.

Diese Arbeit Behandelt: **Energieholz**

Im Zuge schwindender Energievorräte und eines gesteigerten ökologischen Bewußtseins erlebt der Energieträger Holz im Bereich der Raumwärmeerzeugung eine Renaissance.

3.1.2 Energieübertragung:

Für die Beförderung von Erdgas und Erdöl wurden und werden transkontinentale Pipelines konzipiert und errichtet. Beim Erdöltransport spielen auch Tanker mit Kapazitäten bis zu 500 000 BRT (Brutto - Registertonnen) eine große Rolle.

Der Brennholztransport erfolgt meist nur über kürzere Strecken mittels Lkw.

Alle oben erwähnten technischen Einrichtungen wurden, soweit zuverlässiges Basismaterial vorhanden war in die Bilanzierung eingerechnet.

3.2 Umsetzung der Primärenergie in Sekundärenergie:

Beim Erdöl sind in den Raffinerien Technologien im Einsatz, die eine relativ hohe Ausbeute an „leichteren“ Erdölprodukten (z.B. Heizöl_{el}) ermöglichen. Eine detaillierte Bilanz für eine Raffinerie findet sich in [1,2]

Erdgas wird nach der Reinigung (Trocknung, Entschwefelung, usw.) über Reduzierstationen aus der Hochdruckübertragungsleitung ins Niederdruckgasnetz eingespeist und zum Verbraucher geführt. Auch hier sind die genauen Bilanzen [1,2] zu entnehmen

Bei Holz entfällt dieser Schritt, wenn man von einer gewissen notwendigen Trocknungszeit nach dem Hacken absieht.

3.3 Übertragung der Sekundärenergie:

Der Transport der gebrauchsfertigen Brennstoffe erfolgt durch Schiff, Bahn, Lkw und Produktpipelines bzw. das Niederdruckgasnetz.

3.4 Umsetzung der Sekundärenergie in Nutzenergie:

Bei Gas - und Ölkesseln werden durch bessere Feuerraumgestaltung und fallweise durch Verwendung von Abhitzekeesseln bzw. Brennwertkeesseln sehr gute Wirkungsgrade erreicht. Gute Regelungen bzw. Steuerungen verbessern die Jahreswirkungsgrade noch einmal stark.

Feststoffkessel, Allesbrenner und Kachelöfen wurden und werden ebenfalls in Richtung besserer Wirkungsgrade weiterentwickelt .

4 Volkswirtschaftliche Bedeutung der verschiedenen Energieträger:

4.1 Allgemeines:

Die drei Begriffe Energiewirtschaft, Betriebswirtschaft und Volkswirtschaft bilden auch aus der Sicht der Energieversorgung einen sehr engen Konnex.

Energiewirtschaftliche Betrachtungen beschränken sich im allgemeinen auf energietechnische Zusammenhänge und Energieflüsse verschiedener Versorgungssysteme [2], was bei größerer Tiefe der Betrachtung aber durchaus sehr komplex und aufwendig sein kann.

Betriebswirtschaftliche Bewertungen erfassen ausschließlich betriebliche Aspekte wie einzusetzendes Kapital, Kostenaufwand für Instandhaltungen, Verkaufserlöse u.s.w. ; diese Aspekte werden hier nicht näher behandelt. Während betriebswirtschaftliche Kalkulationen immer maximale Gewinne bzw. kurze Kapitalrückzahlungszeiten zum Ziel haben, sind bei **energiewirtschaftlichen Betrachtungen** meist der **minimale Primärenergieeinsatz** und möglichst geringe Ennergieverluste als oberste Ziele anzusehen.

Bei volkswirtschaftlichen Betrachtungen ist eine möglichst optimale Lösung im Zusammenhang mit anderen volkswirtschaftlichen Gegebenheiten zu suchen. Je nach vorhandenen inländischen Energiereserven und der jeweils herrschenden Arbeitsplatzsituation bzw. der vorhandenen Infrastruktur der Energieversorgungssysteme kann aus volkswirtschaftlicher Sicht ein bestimmter Energieträger als vorteilhaft angesehen werden.

4.2 Die Situation Österreichs:

Die österreichischen Energiereserven (Erdöl, Erdgas) nehmen ständig ab. Ein gleichzeitig stetig steigender Energieverbrauch führt daher zu wachsenden Importen und damit zu steigenden Devisenabflüssen. Energieholz könnte in Zukunft in vermehrtem Maße genützt werden, was aus volkswirtschaftlicher Sicht als positive Maßnahme zu sehen ist.

4.3 Einige Energieverbrauchsdaten:

Steigerung des Energiekonsums in Österreich von 1970 - 1991 : ca. **24 %**

Steigerung des Bruttoinlandsproduktes im selben Zeitraum : ca. **56 %**

4.3.1 ENERGIEAUFKOMMEN: (PJ) (P = PETA = 10¹⁵)

Tabelle 1 zeigt einige wichtige Daten zum Energieaufkommen in Österreich

	1990	1991	1992
Inlandserzeugung von Rohenergie [PJ]	268,1	272,2	283,2
Energieimporte [PJ]	772,6	791,9	789,5
Summe [PJ]	1040,7	1064,1	1072,7
energetischer Endverbrauch [PJ]	757,6	812,5	791,5

Tabelle1

Die obenstehende Tabelle macht deutlich:

---- Österreich importiert ca. 3/4 seiner Rohenergie (Primärenergie)

---- Etwa $\frac{3}{4}$ der gesamten Rohenergie kann für den energetischen Endverbrauch genutzt werden, mit anderen Worten heißt das, daß ungefähr so viel Rohenergie, wie im Inland gewonnen wird, gebraucht wird, um den Verbrauchern die benötigte Endenergie zur Verfügung zu stellen.

----Vom energetischen Endverbrauch werden ca. 40 % für die Raumheizung und Warmwasserbereitung, ca. 24 % für Prozeßwärme, 23 % für Mobilität, 10 % für mechanische Arbeit und ca. 3 % für Beleuchtung und EDV verwendet, d.h. die Raumheizung, mit der sich diese Arbeit hauptsächlich beschäftigt, ist bei weitem der größte Posten.

4.3.2 MENGENMÄSSIGE ENERGIEIMPORTE IM JAHR 1991 ; STRUKTUR NACH WIRTSCHAFTSBLÖCKEN:

Die untenstehende Tabelle 2 gibt eine mengenmäßige Übersicht über die Energieimporte Österreichs. Anteile in [%] bezogen auf den Energieinhalt [5,13,18,19,20, ,21,22,]

	KOHLE	ERDÖL	ERDGAS	ELEKTRISCHE ENERGIE	SONSTIGE ENERGIE	GESAMT
OPEC	---	50,3	---	---	---	27,7
OECD	16,1	15,9	3,3	59,3	46,9	15,0
OSTEUROPA	83,2	17,0	96,7	38,3	52,6	47,8
SONSTIGE	0,7	16,9	---	2,4	0,4	9,5
GESAMT	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabelle2

Daraus geht klar hervor:

--- das meiste Öl kommt aus den OPEC - Staaten

--- das meiste Gas kommt aus Osteuropa

---- Holz ist hier noch nicht gesondert angeführt, es macht aber einen großen Teil der Spalte „sonstige Energieträger“ aus.

Will man die einzelnen Energieträger bilanzieren, so kommt es stark darauf an, wie viel vom jeweiligen Energieträger im eigenen Land erzeugt bzw. gefördert wird und wie viel importiert werden muß, da der Transport, wie später noch detailliert gezeigt wird, in der Prozeßkette ein wichtiges Glied darstellt.

Inländische Gewinnung von:

--- Erdöl - ca. 13 %

--- Erdgas - ca. 21 %

--- Energieholz 100%

(Annahmen für diese Studie)

Bilanziert man auf einen Liter Heizöl_{el} oder auf einen m³ Erdgas, so ist der anteilmäßig geringere Transportverlust durch kürzere Distanzen bei der Inlandsförderung bzw. Gewinnung zu berücksichtigen.

Der Wert von 100 % bei Energieholz kommt dadurch zustande, da etwaige Importe am ehesten aus den Nachbarländern zu erwarten sind (wie später noch gezeigt wird) ,und der Transportweg sich damit nicht wesentlich ändert.

4.3.3 Struktur des Endenergieverbrauches nach dem Verwendungszweck 1990; Gliederung nach Energieträgern:

	Raumheizung und Warmwasser		Prozeß - wärme		mechanische Arbeit		Mobilität		Beleuchtung und EDV		Insgesamt	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Kohle	32,16	3,87	40,2	4,84	--	--	--	--	--	--	72,4	8,72
Erdöl	90,78	10,94	42,2	5,08	6,83	0,82	186	22,4	0,41	0,05	326	39,3
Erdgas	54,20	6,53	70,4	8,49	1,78	0,21	--	--	--	--	126	15,2
Biomasse	99,36	11,97	25,7	3,09	--	--	--	--	--	--	125	15,1
Fernwärm	24,62	2,97	--	--	--	--	--	--	--	--	24,6	2,97

e													
elektrische Energie	31,56	3,80	18,4	2,22	71,7	8,64	8,63	1,04	25,0	3,01	155	18,7	
Wasser- kraft	--	--	--	--	0,07	0,01	--	--	--	--	0,07	0,01	
Insgesamt	332,7	40,08	197	23,7	80,4	9,68	195	23,4	25,41	3,06	830	100	

Tabelle 3

4.3.4 Energieaufkommen, Energieverluste und Nutzenergie

Tabelle 4 zeigt einen Vergleich der Jahre 1986, 1988, 1990:

	1986		1988		1990	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Inland Lager Importe Gesamtaufkommen	353,6 11,6 725,2 1090,5		383,6 33,8 691,2 1108		405,7 19,3 774,7 1199	
Export, Lager und nichtenerget. Verbr.	(-) 157,9		(-)143,1		(-)168,2	
Nettoaufkommen	932,6	100	965,5	100	1031,6	100
Umwandlung und Eigenverbrauch	177,1	19,0	179,3	18,6	201,6	19,5
Energiebereit- stellung	755,5	81,0	786,2	81,4	830	80,5
Endenergie - verluste	(-)312,7	(-)33,5	(-)309,7	(-)32,1	(-)319,2	(-)31,0
Nutzenergie	442,7	47,5	476,5	49,4	510,8	49,5

Tabelle 4

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß, gemittelt über alle Arten von Energieerzeugung, rund 50 % des Nettoenergieaufkommens als Nutzenergie gebraucht werden können.

Dieser Aspekt wird für die in dieser Arbeit genauer behandelten Energieträger noch eingehender diskutiert werden.

(Die Werte für die Tabellen 1 - 4 wurden großteils [4] entnommen)

4.4 Ein Szenario:

Das nachfolgende Szenario soll kurz einige Aspekte einer **Substitution von 200 000 Tonnen Heizöl_{el} durch 1 Million m³ Energieholz** aufzeigen.

.) Der Holzzuwachs in heimischen Wäldern würde eine zusätzliche Nutzung von 1 Million m³ Energieholz sicher erlauben, ohne daß die Gefahr bestünde, die Wälder zu übernutzen. [4] Auf diese Weise ließen sich rund 200 000 Tonnen Heizöl_{el} einsparen. Dies wären zur Zeit ca. 2,6 % des jährlichen österreichischen Rohölverbrauchs.

.) Die österreichische Wald - und Holzwirtschaft sorgt zur Zeit für rund 100 000 Arbeitsplätze (inklusive Waldpflege und Holzverarbeitung) [6].

Welche Verschiebungen wären nun durch diese Substitution zu erwarten?

Eine wichtige Auswirkung einer verstärkten Nutzung von Energieholz wäre die Schaffung bzw. die Erhaltung von Arbeitsplätzen und Einkommensmöglichkeiten vor allem in strukturschwachen Gebieten (Berggebiete). Damit könnte auch einer Abwanderung der Bevölkerung in wirtschaftlich stärkere Regionen entgegengewirkt werden.

Durch die Mehrnutzung von Energieholz im oben erwähnten Ausmaß würden ca. 1800 Arbeitsplätze neu geschaffen und dafür ca. 950 Arbeitsplätze im Ölsektor verdrängt [4]. Von den 1800 Arbeitsplätzen liegen ca. 1100 direkt in den strukturschwachen Waldgebieten.

Die zusätzliche Nutzung von 1 Million m³ Energieholz bringt der Wald - und Holzwirtschaft Einnahmen von 800 - 900 Millionen Schilling. Für das durch diese Maßnahme ersetzte Erdöl wären ca. 500 Millionen Schilling zu bezahlen.

Der im Vergleich zu Heizöl_{el} höhere Kaufpreis für Holzbrennstoffe (bezogen auf den Energieinhalt) verursacht dem Kunden Mehrkosten. Hier könnte jedoch eine etwaige CO₂ - Abgabe auf fossile Brennstoffe eine gewisse Korrektur herbeiführen. Nicht zu vergessen ist auch der Investitionsaufwand für den Bau der Holzfeuerungen, der hier jedoch nicht bilanziert werden soll.

Ökologischer Gesichtspunkt (genaue Daten siehe später):

Einer Verringerung der CO₂ , SO₂ und Schwermetallemissionen steht ein Anstieg der Staub, CO und NO_x Emissionen gegenüber. Durch geeignete Maßnahmen wären diese Emissionen jedoch in den Griff zu kriegen (Staub, CO).

Holz belastet außerdem keine Gewässer.

Durch die oben skizzierte Maßnahme könnte eine Verringerung des jährlichen CO₂ - Ausstoßes in Österreich um ca. 1,5 % erreicht werden.

4.5 Einige Bemerkungen zum Energieträger Holz:

- Holz kann energetisch direkt genutzt werden (Verbrennung) oder zur Erzeugung von Sekundärenergie (Biogas, Methanol)
- Die Wirtschaftlichkeitsschwelle könnte durch vermehrte Nutzung sicherlich gesenkt werden.
- Holz ist als regenerativer Energieträger relativ umweltfreundlich (CO₂)
- Holz trägt als heimischer Energieträger zur Versorgungssicherheit bei und vermindert Devisenabflüsse.
- Holz ermöglicht eine dezentrale Energiegewinnung und damit eine lokale Wirtschaftsentwicklung.
- Holz macht derzeit ca. 80 % der erneuerbaren Energiequellen (ohne Wasserkraft) in Österreich aus. Das sind **rund 80 PJ/a**. Dieser Anteil könnte ohne ökologische Nachteile wesentlich vergrößert werden.
- Der Land - und Forstwirtschaft kommt als Lieferant des Holzes entscheidende Bedeutung zu. Ernte und Bringung sind vor allem über weit verteilte Flächen problematisch. In diesem Zusammenhang kommt einem wirtschaftlichen und energiesparenden Transportsystem große Bedeutung zu. Das Hauptproblem für eine wirtschaftliche Nutzung in zentralen Einheiten sind die Transportkosten aufgrund der im Vergleich zu den fossilen Energieträgern geringeren Energiedichte.
- Die für die Holzgewinnung erforderliche Energie ist entweder konvertierte oder raffinierte Energie. Das Verhältnis zwischen der Bruttoenergie, die im Holz steckt, und dem Energieaufwand der Nutzbarmachung (*Konversionsfaktor*) liegt bei intensiver Nutzung bei ca. **4 : 1** (bei der Verbrennung). [5]
- Scheitholz deckt zur Zeit rund 5 % des österreichischen Energieeinsatzes bei den Letztverbrauchern, und dient fast ausschließlich zur Raumheizung im Sektor Kleinverbraucher.
 - Die jährlich theoretisch nutzbare Waldbiomasse wird auf 27,5 Millionen Festmeter geschätzt [4]. Davon werden aber nur ca. 13 Millionen Festmeter jährlich genützt. Daraus ergibt sich eine Bruttoenergie von rund $19,6 \cdot 10^9$ kWh, was wiederum **ca. 80 PJ/a bzw. ca. 8 % der österreichischen Primärenergieversorgung** pro Jahr entspricht. Eine maximale Nutzung der Waldbiomasse könnte eine Deckung von rund 14% des derzeitigen österreichischen Energieverbrauches bewirken.

- Durch Pflanzung zusätzlicher „Energiewälder“ (z.B. Weiden) könnten bis zu 10 Millionen Festmeter Holz pro Jahr für energetische Zwecke zusätzlich bereitgestellt werden. [4].

5 Umweltaspekte der Energieumsetzung:

5.1 Allgemeines:

Grundsätzlich muß man festhalten, daß jede Art von Energienutzung einen Eingriff in die Natur darstellt. Es ist dabei aber sehr wohl zu unterscheiden, ob es sich um Eingriffe handelt, die in erster Linie visuell wahrnehmbare Änderungen der Umgebung hervorrufen, oder ob es sich um Eingriffe handelt, die direkt oder indirekt zu ökologischen Schäden für Mensch, Tier oder Pflanze führen.

Die üblichen, negativ zu bewertenden, Eingriffe des Menschen in die Natur bestehen vor allem in der Abgabe von Schadstoffen in die Luft, in das Wasser und in die Biosphäre allgemein. Spätestens bei gravierenden Eingriffen in die Umwelt und einer damit verbundenen Beeinträchtigung unseres Lebensraumes erhebt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit einer weiteren bzw. sogar noch erweiterten Nutzung bestimmter Energieträger und Energieversorgungssysteme.

5.2 Umwelteingriffe bei der Energieumsetzung:

Je nach gewünschter Nutzenergie und nach verfügbarer Primärenergie sind verschiedene, zum Teil recht unterschiedliche Eingriffe in die Umwelt notwendig; die meisten davon sind jedoch einer Bilanz sehr schwer zugänglich.

Grundsätzlich kann man diese Eingriffe folgendermaßen unterteilen:

1. Veränderungen der Landschaft (nicht bilanzierbar)
2. Abgabe von gasförmigen, flüssigen und festen (Schad-) stoffen an die Umwelt (bilanzierbar)
3. Freisetzung von Wärme (bilanzierbar)
4. Veränderungen des Mikroklimas (nicht bilanzierbar)
5. Veränderungen der Wasserqualität fließender und stehender Gewässer (nicht bilanzierbar)
6. Umweltbeeinträchtigungen durch Unfälle und Leckagen (nicht bilanzierbar)

ad1.) Prinzipiell kann man feststellen, daß die Veränderung der Landschaft um so geringer sein wird, je größer die Energiedichte des jeweiligen Energieträgers ist. Dieser Gesichtspunkt ist bei der regenerativen Energiequelle Holz zu beachten, da eine vermehrte Nutzung unserer Wälder einen schweren Eingriff in unser Landschaftsbild bedeuten kann.

Beim Abbau fossiler Energieträger sind Eingriffe in die Landschaft, die zum Teil auch deren bleibende Veränderung hervorrufen, unvermeidbar und meist gravierender als bei der Nutzung erneuerbarer Energieträger.

ad2.) Allgemein kann gesagt werden, daß bei jeder Energiegewinnung (Abbau) und bei jeder Energieumwandlung gewisse Schadstoffe an die Umgebung abgegeben werden. Die wichtigsten Schadstoffe, die freigesetzt werden, sind:

Kohlendioxid	(CO₂)
Kohlenmonoxid	(CO)
Schwefeldioxid	(SO₂)
Stickoxide	(NO_x)
Kohlenwasserstoffe	(C_nH_m)
Staub	
Schwermetalle	

CO ist ökologisch kaum relevant, da es in sehr kurzer Zeit in der Atmosphäre zu **CO₂** aufoxidiert wird. Weiters ist CO toxiologisch nur in sehr hohen Konzentrationen wirksam, wobei die den verschiedenen Energieträgern zurechenbaren Immissionen wegen der raschen Umwandlung zu **CO₂** üblicherweise weit außerhalb dieses Konzentrationsbereiches liegen und gesundheitlich relevante Konzentrationen nur bei unsachgemäßem Betrieb von Heizanlagen und extrem schlechter Verbrennungsqualität erreicht werden können.

Unter der Sammelbezeichnung **C_nH_m** werden sehr unterschiedlich wirkende Substanzen und Komponenten geführt, z.B.

- Methan (toxisch nur in großen Mengen relevant; wichtiges Treibhausgas)
- Aldehyde (z.B. Formaldehyd; als Reizgase bekannt)
- aromatische Kohlenwasserstoffe mit oft kanzerogener und mutagener Wirkung

Für Öl-, Gas- und Holzfeuerungen ist bekannt, daß Kohlenwasserstoffemissionen einerseits stark vom Betriebszustand abhängen, und daß andererseits auch große Schwankungen im Spektrum der emittierten Verbindungen auftreten. Diese Problematik wird noch verstärkt durch die Emission polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAH), da hier die Spektren noch weiter streuen als bei **C_nH_m**.

Die folgende Tabelle 5 gibt ungefähre globale Emissionen aus der Natur (A) und der menschlichen Tätigkeit (B) an: [8]

Emittierter	A	B	Anteil menschl. Tätigkeit
-------------	---	---	---------------------------

Stoff	10 ⁶ t/a	10 ⁶ t/a	an der Gesamtemission B als % von A+B
Kohlendioxid	600 000	22 000	3,5
Kohlenmonoxid	3800	550	13
Kohlenwasserstoffe	2600	90	3
Aerosole (Feinstäube)	3700	246	6
Stickoxide	770	53	6,5
Distickstoffoxid	145	4	3
Ammoniak	1200	7	0,6
Schwefelverbindungen als SO ₄	400	150	27

Tabelle5

5.3 Bewertungskriterien für verschiedene Energieträger aus der Sicht der Umweltbelastung:

Die Veränderungen der Landschaft, der Wasserqualität bzw. des Mikroklimas durch die Gewinnung von Energie können vor Ort von Fall zu Fall relativ verschieden sein, daher sind die folgenden Betrachtungen vor allem auf die Abgabe von Luftschadstoffen gerichtet. Dabei kann man nach verschiedenen Kriterien vorgehen:

- 1.) Art und Menge der freigesetzten Schadstoffe
(toxische Wirkung auf Mensch, Tier und Pflanze)
- 2.) Ort der Freisetzung
(Ballungsgebiete, Kessellagen usw.)
- 3.) verfügbare Techniken zur Schadstoffrückhaltung
- 4.) Kombination der Punkte 1-3 in einer Schadstoffbilanz mit Hilfe einer Prozeßkette von der Gewinnung bis zum Verbrauch einer bestimmten Menge eines Energieträgers

5.4 Schadstoffarten und Mengen:

Bei der Umwandlung chemisch gebundener Energie in Wärme entstehen relativ große Schadstoffmengen, die größtenteils auch freigesetzt werden. Wandelt man die Primärenergie (z.B. Erdgas) über eine Sekundärenergie (z.B. Strom) in Nutzenergie (z.B. Wärme) um, so läßt sich der Ort der Nutzenergieanwendung weitestgehend von

Schadstoffemissionen freihalten. Durch eine geeignete Wahl der Standorte für solche Umwandlungsanlagen können z.B. Ballungsgebiete von umwandlungsbedingten Emissionen freigehalten werden.

Es ist ganz selbstverständlich, daß die Schadstofffreisetzung von der Art des Brennstoffes abhängt, jedoch kann hier eine gewisse Wertverschiebung durch die ökologische bzw. toxische Gefährlichkeit der einzelnen Schadstoffe oder durch die Möglichkeit zu deren Verminderung erfolgen. Besonders in stark belasteten Regionen scheint es aus umweltpolitischer Sicht sinnvoll zu sein, Einzelheizungen durch leitungsgebundene Energieformen zu ersetzen. Damit gewinnt man einen relativ frei wählbaren Ort für die Energieumwandlung und die Möglichkeit für den Einsatz effizienter Technologien bei der Abgasreinigung. Leitungsverluste an Endenergie stehen dem Energieaufwand bei der Anlieferung der Einzelhaushalte per Lkw entgegen, und sind eher kleiner anzusetzen als dieser.

Da es recht unwahrscheinlich ist, daß für eine bestimmte Region ein Brennstoff in allen Belangen als der Geeignetste befunden wird, ist ein Quervergleich, sowie eine mehrdimensionale Betrachtung notwendig und sinnvoll; dabei und auch bei der unmittelbaren Freisetzung von Schadstoffen vor Ort, wie es z.B. beim Hausbrand der Fall ist, sind die sogenannten Emissionsfaktoren wertvolle Hilfsmittel für die Betrachtungen.

Waren es in der Anfangsphase der gezielten Umweltmaßnahmen vor allem Schwefeloxide, die man als umweltschädigend erkannte, und daher zu vermindern versuchte, so sind es heute unter anderem auch Stickoxide, Stäube und unverbrannte Kohlenwasserstoffe, die in zu hohen Konzentrationen freigesetzt werden.

6 Die Ökobilanz:

6.1 Allgemeines

Eine Bilanz über einen bestimmten Themenkomplex verfolgt immer das Ziel, Sachverhalte und deren kausale Zusammenhänge in Zahlen und Fakten auszudrücken, um sie damit anschaulich und mit ähnlichen Themenkomplexen vergleichbar zu machen. Das Ziel einer Ökobilanz muß naturgemäß eine ökologische Sichtweise sein, die alle Vorgänge preferenziert, die möglichst wenig die Umwelt beeinträchtigen und verschmutzen.

Diese Vorgabe alleine ist jedoch für eine Bilanz, die auf einer realen Basis stehen soll, zu eng angesetzt, da eine vernünftige Betrachtung eines Themenkomplexes wie der Wärmeenergieversorgung der Einzelhaushalte, wie sie hier erfolgen soll, sowohl eine wirtschaftliche, eine technologische, eine medizinische und eine ökologische Komponente enthält, die alle zu einer vernünftigen Lösung zusammengeführt werden müssen. Das heißt mit anderen Worten, daß nur **über eine kumulierte Energie- und Stoffbilanz eine sinnvolle Ökobilanz möglich ist.**

Sehr wohl kann man jedoch eine Gewichtung der einzelnen Einflußfaktoren vornehmen, und das Hauptgewicht dieser Arbeit liegt auf der ökologischen Betrachtungsweise, unter deren Tenor technische, wirtschaftliche u.a. Betrachtungen angestellt werden.

In dieser Vielfalt der möglichen Betrachtungsweisen liegen gleichzeitig die Stärken und die Schwächen solcher Bilanzen, denn so viel man mit ihnen aussagen kann, wenn man vorher genau definiert auf welche Basis man sich bezieht, und wenn man gutes Datenmaterial zur Verfügung hat, so irreführend können manche Aussagen sein, deren Herkunft nicht nachvollziehbar oder nachweislich nicht angegeben ist. In dieser Abhandlung werden daher nur Angaben, die aus verlässlichen Quellen stammen, verwendet.

Ursache für die Erstellung solcher Bilanzen:

Wirtschaftlich: größtmögliche Gewinne bzw. Vermeidung unnötiger Verluste

Technisch: Erkennen von Schwachstellen und deren Beseitigung

Ökologisch: kleinstmögliche Beeinträchtigung der Biosphäre

6.2 Fragen zum Thema Ökobilanz:

- * Was belastet die Umwelt mehr: Energie aus Heizöl, Erdgas oder Holz ?
- * Wieviel Energie muß zur Bereitstellung dieser Energieträger aufgewendet werden ?
- * An welcher Stelle der Prozeßkette müssen diese Energien aufgewendet werden ?
- * In welchem Umfang belasten Produktionsprozesse, Transporte und Reinigungsprozesse Luft, Boden und Wasser ?
- * Welche Vor- und Nachteile würde eine erweiterte Nutzung eines dieser Energieträger mit sich bringen ?
- * Wo liegen Energieeinsparungsmöglichkeiten und Möglichkeiten verminderter Umweltbelastung ohne die Basis der Wirtschaftlichkeit zu verlassen ?
- * Wo (ab welcher Energiemenge und in welchen Regionen) würde sich eine Gewichtsverlagerung unter den Energieträgern aus ökologischer und wirtschaftlicher Sicht rentieren ?

6.3 Möglichkeiten und Grenzen einer Umweltbilanz:

Die Beurteilung eines Produktes (eines Brennstoffes) kann nicht nur nach rein wirtschaftlichen Gesichtspunkten erfolgen; auch die Auswirkungen auf die Umwelt müssen mit einbezogen werden.

Diese Ökobilanz hat also die Aufgabe, möglichst viele Auswirkungen der Verwendung der Produkte (hier: Heizöl extraleicht, Erdgas und Energieholz) auf Umwelt und Gesellschaft durch möglichst objektiv ermittelte Zahlen auszudrücken und wenn möglich miteinander in Beziehung zu setzen.

Es sind daher nicht nur die Emissionen, die bei der Verbrennung entstehen zu berücksichtigen, sondern eine Gesamtenergie- und Schadstoffbilanz von der Gewinnung bis zur Entsorgung der Energieträger mußte erstellt werden. Dabei mußten alle Arbeits- und Produktionsprozesse mengenmäßig erfaßt und vergleichbar gemacht werden.

Einschränkung:Die Ergebnisse dieser Bilanzen sind in großem Maße von den gewählten Rahmenbedingungen und Basisdaten abhängig; sie geben somit nie den konkreten Einzelfall wider, (der für eine solche Bilanz oft viel zu komplex ist) ,sondern müssen auf konkrete Fallbeispiele erst adaptiert werden; der große Rahmen jedoch ist vorgegeben.

7 Erdgas:

7.1 Erdgasvorkommen:

Tabelle 6 zeigt das Erdgasvorkommen weltweit: [16]; Stand Jänner 1993

	mrd m ³	Anteil in %
GUS	52,184	39,7
Iran	18,786	14,3
Katar	6,099	4,6
Abu Dhabi	5,062	3,9
Saudi Arabien	4,906	3,7
USA	4,489	3,4
Algerien	3,439	2,6
Venezuela	3,398	2,6
Nigeria	3,224	2,5
Irak	2,942	2,2
Kanada	2,572	2,0
Norwegen	2,250	1,7

Mexiko	1,905	1,4
Malaysien	1,822	1,4
Niederlande	1,760	1,3
Indonesien	1,730	1,3
Kuwait	1,408	1,1
Libyen	1,241	0,9
Übrige Welt	13,503	10,3
Welt gesamt	131,479	100

Tabelle 6

7.2 Erdgasvorkommen und Verbrauch in Österreich:

Das Erdgasvorkommen Österreichs wurde aus [17] entnommen. Zur Berechnung des Energieinhaltes wurde hier wie auch in der Folge ein Heizwert von **36600 kJ/m³** angenommen.

Tabelle 7: Erdgasvorkommen Österreichs: (Stand 1992)

Gebiete	Menge		Energieinhalt
	[x1000 m ³]	[%]	[PJ]

Inländische Förderung:	1440715	21,96	53
Importe: Summe	5121047	78,04	187
davon			
GUS	4893113	74,57	179
BRD	227934	3,47	8

Summe:	6561762	100,00	240
---------------	----------------	---------------	------------

Tabelle7

Aus der letzten Tabelle ist ersichtlich, daß Österreich zur Zeit noch in der Lage ist, rund ein Viertel seines Erdgasbedarfes aus heimischen Erdgasquellen zu decken. Einer stetig steigenden Ausbeutungsteht jedoch eine relativ stark

wachsende Nachfrage, vor allem im Kleinverbrauchersektor entgegen, sodaß der Importanteil in den nächsten Jahren noch zunehmen könnte.

Tabelle 8: Erdgasverbrauch in Österreich 1992: (in mio m³)

E-Werke	1244
Fernheizwerke	158
Industrie	1790
Petrochemie	503
Kleinverbraucher	2182
Raffinerien	420
Gesamt	6297

Tabelle 9: Erdgasreserven in Österreich:

	Reserven per 1.1.1991	Reserven per 1.1.1992	Reserven per 1.1.1993
Erdgas	17,5 mrd m ³	17,5 mrd m ³	19,6 mrd m ³

Tabelle 9

Die technisch und wirtschaftlich gewinnbaren Reserven wurden zum 31.12. 1992 zum letzten mal neu bewertet.

7.3 ERDGASBEREITSTELLUNG

Erschließung von Erdgasfeldern

Förderung von Erdgas

Erdgastransport		
Inland	GUS-Österreich	BRD-Österreich



Abbildung 1: Versorgungskette Erdgas

Die auf den geförderten Brennstoff bezogenen Emissionsfaktoren für die einzelnen Transport- und Umwandlungsschritte berechnen sich wie folgt:

$$EF = (F/N * K) / NA$$

EF ... E- Faktor bezogen auf den geförderten Brennstoff [kg/TJ_{gef.Brnst.}]

F ... E- Faktor bezogen auf den Brennstoff der Kraftanbindung [kg/TJ_{Brnst.}]

N ... Nutzungsgrad der Kraftanbindung [-]

K ... Kraftbedarf der Anlage
[TJ_{Brnst.}/TJ_{gef.Brnst.}]

NA ... Nutzungsgrad der Anlage [-]

Die Daten für alle folgenden Berechnungen befinden sich in [1,2], ebenso die genauen Berechnungen aller Einzelschritte.

Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse der Emissionsfaktoren der Erdgasbereitstellung:

Emissionsfaktoren	[kg/TJ]
SO₂	0,33
NO_x	19,75
Staub	0,07
CO₂	4392,1
CO	19,0
CH₄	735
VOC (ohne CH₄)	19,5

Verluste [%]	3,18
Verbrauch [%]	7,9
Nutzungsgrad [%]	88,87

Tabelle 10

8 Erdöl

8.1 Erdölvorkommen:

Tabelle 11 zeigt das Erdölvorkommen weltweit [16] ; Stand Jänner 1993

	mio. Tonnen	Anteil in %
Saudi - Arabien	35210	26,0
Irak	13417	9,9
Kuwait	13024	9,6
VA Emirate	12892	9,5
Iran	12695	9,4
Venezuela	8764	6,5
GUS	7755	5,7
Mexiko	6979	5,2
USA	3327	2,5
China	3288	2,4
Libyen	3005	2,2
Nigeria	2429	1,8
Indonesien	774	0,6
Algerien	1172	0,9
Indien	813	0,6
Norwegen	1183	0,9
Kanada	712	0,5
Ägypten	856	0,6
Oman	607	0,4

Jemen	548	0,4
Großbritannien	553	0,4
übrige Welt	5456	4,1
Welt gesamt	135459	100

Tabelle 1

8.2 Erdölvorkommen in Österreich:

Das Rohölaufkommen Österreichs wurde aus der Literatur des statistischen Zentralamtes [17] entnommen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die jährlichen Importmengen aus den verschiedenen Ländern etwas verschieben und sich damit die gemittelten Transportkilometerzahlen ein wenig ändern können, was bei einer Übertragung dieser Bilanz auf ein anderes Jahr zu berücksichtigen wäre.

Vereinfachenderweise werden die verschiedenen Förderländer in 4 Gruppen zusammengefaßt und jeweils eine mittlere Transportstreckenlänge errechnet:

Gruppe 1: OPEC - Länder: Nigeria, Algerien, Saudi - Arabien, Libyen, Iran, Mexiko, Jemen, Syrien und VA- Emirate

Gruppe 2: GUS - Länder: Rußland, Kasachstan und Tschechien

Gruppe 3: Nordseeländer; Großbritannien

Gruppe 4: Inlandsförderung

Natürlich werden nicht nur Rohöl sondern auch andere Erdölprodukte nach Österreich importiert (und auch wieder exportiert) [15]. In weiterer Folge ist für diese Bilanz jedoch nur mehr Heizöl extraleicht für den innerösterreichischen Bedarf von Bedeutung, und dieses wird zur Gänze in Österreich aus Rohöl gewonnen [17;19;20] Das ist auch der Grund, warum in dieser Bilanz in späterer Folge bei der Erdölaufbereitung eine europäische Standardraffinerie zu Grunde gelegt werden kann. Exporte an Heizöl extraleicht sind mengenmäßig so marginal, daß sie für die Bilanz keine Rolle spielen und deshalb vernachlässigt werden.[19]

Aus der nächsten Tabelle ist ersichtlich, daß Österreich zur Zeit noch in der Lage ist, ca. 13 % seines Erdölbedarfs aus heimischen Quellen zu decken. Im Gegensatz zu Erdgas ist eine Erschöpfung der österreichischen Erdölquellen jedoch in den nächsten Jahren absehbar, sodaß eine zunehmende Abhängigkeit von Auslandsimporten zu erwarten ist, zumal die Nachfrage nach wie vor leicht im Steigen begriffen ist.

Dazu ist noch zu bemerken, daß Erdölvorkommen natürlich nicht bis zum letzten Tropfen ausgebeutet werden können, sondern daß ihre Ergiebigkeit mit der Zeit immer mehr nachläßt und das geförderte Gut immer aufwendiger und teurer in der Aufbereitung ist, da es einen immer größeren Salzwasseranteil enthält. Somit wird bei nahezu erschöpften Quellen relativ schnell die Wirtschaftlichkeitsschwelle der Ausbeutung unterschritten.

Nach Angaben des österreichischen statistischen Zentralamtes [12] wurden in der Heizperiode 1992/93 von ca. drei Millionen Wohneinheiten in Österreich **751000 Wohnungen oder ca. 25 % mittels Heizöl oder Ofenheizöl beheizt. Mit 688000 Wohnungen oder 23 % lagen Gasheizungen an zweiter Stelle.** Mehr als die Hälfte dieser Wohnungen lag in Wien; Das entspricht einem Gasheizungsanteil in Wien von 48 %.

Holzheizungen erreichten in Österreich **mit 564000 beheizten Einheiten einen Anteil von 19 %.**

In den letzten fünf Jahren zeigte sich ein stetiger Rückgang bei der Verwendung fester Brennstoffe. Der Anteil von Holzheizungen ist in diesem Zeitraum von 21 auf 19 % gesunken, während Gasheizungen in etwa gleich viel zulegen konnten und Ölheizungen ihren Anteil von 25 % in etwa beibehielten. Noch deutlicher war der Rückgang bei Kohle, Koks und Briketts: ca. 12 % im selben Zeitraum.

Tabelle 12: Erdölaufkommen Österreichs (1992):

	Tonnen [t]	[%]
Inländische Förderung	1179933,00	13,52
Importe	7549704,00	86,48
Nigeria	1772437,00	20,30
Algerien	1381466,00	15,83
Saudi- Arabien	1059795,00	12,14
Libyen	917806,00	10,51
Iran	526473,00	6,03
Mexiko	502454,00	5,76
Jemen	472350,00	5,41
Syrien	308158,00	3,53
VA- Emirate	139827,00	1,60
Rußland	297315,00	3,41
Kasachstan	33084,00	0,38
Tschechien	8950,00	0,10
Großbritannien	129589,00	1,48

Gesamt	8729637,00	100
davon zu Heizöl ei verarbeitet:	1411960	16,17

Tabelle 12

8.3 Heizölbereitstellung

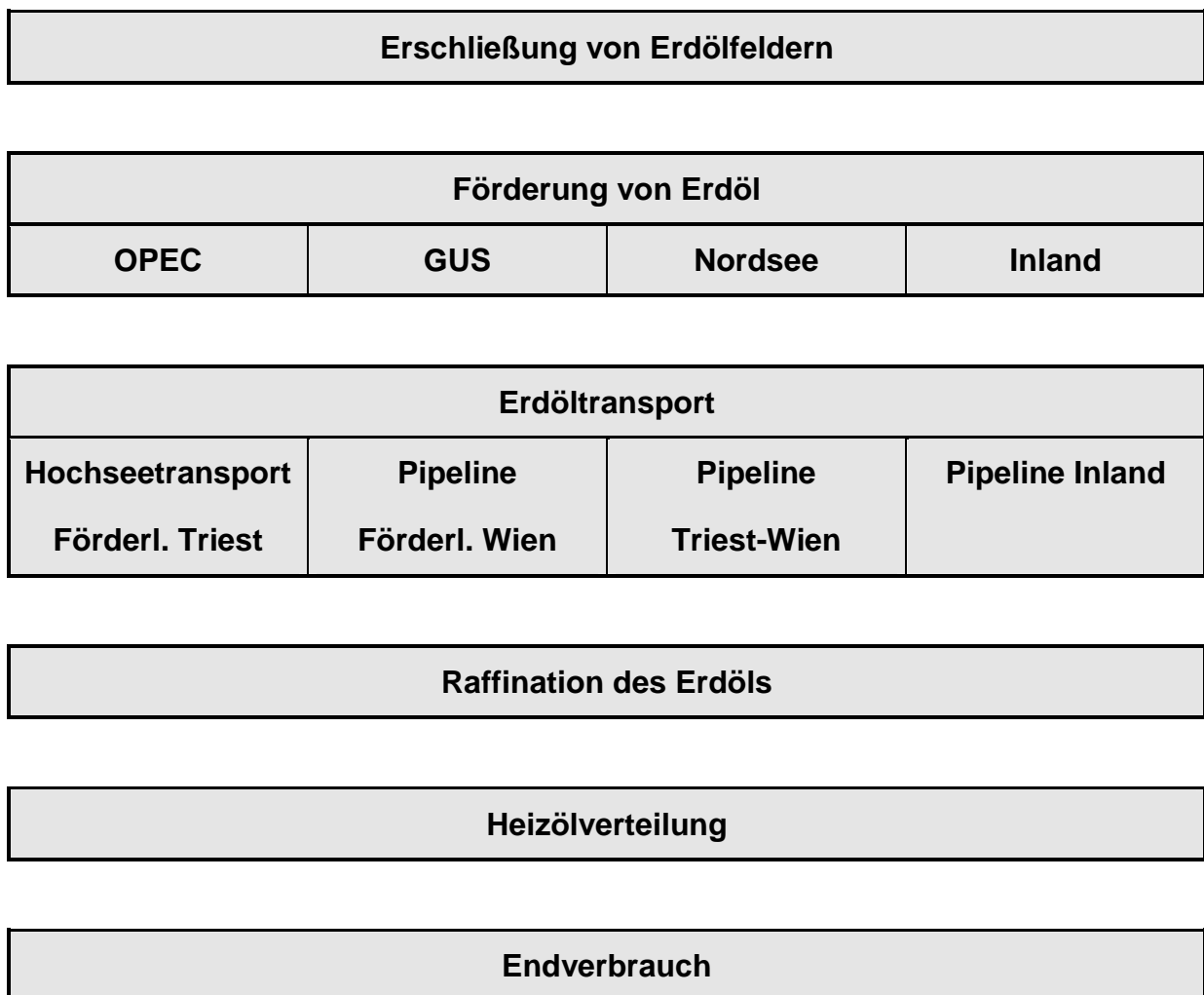


Abbildung 2: Versorgungskette Heizöl extraleicht

Da die gesamte in Österreich verbrauchte Menge an Heizöl extraleicht von der Raffinerie Schwechat zur Verfügung gestellt wird, konnte zur Bilanzierung zur Gänze [2] herangezogen werden, wodurch eine sehr genaue Bilanzierung möglich war.

Genauere Daten über die zur Bereitstellung des Heizöls notwendigen Schritte und Apparate, sowie deren Verluste und Wirkungsgrade sind [1] zu entnehmen.

Die Emissionsfaktoren der Verteilungskette kommen abermals durch die oben schon angewandte Methode zustande und ergeben folgende Werte:

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse der Emissionsfaktoren der Heizölbereitstellung

Emissionsfaktoren	[kg/TJ]
SO₂	19,5
NO_x	40,2
Staub	1,4
CO₂	7588,7
CO	11,0
CH₄	7
VOC	80,0

Verluste [%]	0,77
Verbrauch [%]	12
Nutzungsgrad [%]	87,2

Tabelle 13

9 Energieholz:

9.1 Holzvorkommen, Gewinnung und Verbrauch:

In diesem Abschnitt wird ein regenerativer, d.h. ein in absehbarer Zeit nachwachsender Energieträger behandelt, was vom ökologischen Standpunkt aus generell einmal positiv zu bewerten ist, bevor man sich mehr ins Detail begibt. Eine Quantifizierung von Herkunft und Verwendung von Energieholz ist aus vielen Blickwinkeln von besonderer Bedeutung, da man damit die Nutzung mit der Regenerationsgeschwindigkeit (Wachstum) in Relation setzen kann.

Ein großes Problem bei der kontenmäßigen Zusammenführung von Holzmengenangaben verschiedener Herkunft stellen die unterschiedlichen Einheiten dar. Manche Statistiken weisen Raummeter oder Festmeter, andere Kubikmeter, wieder andere Tonnen bzw. Kilogramm aus. Es wird daher ein Umrechnungsschlüssel verwendet [21], und als einheitliches Maß für die Darstellung des Zahlenmaterials werden Festmeter gewählt, was auch der üblichen Gepflogenheit entspricht [22].

Der größte Teil des heimischen Energieholzbedarfes wird durch den Holzeinschlag in den heimischen Wäldern gedeckt, über den es eine Statistik des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, den Holzeinschlagsnachweis (HEN) [23], gibt. Dieser Nachweis erfaßt jedoch nur Holz von Waldböden und Derbholz (Durchmesser über 7 cm), sodaß man bei Bilanzierungen dieser Art immer mit Nichterfassungen bzw. Untererfassungen rechnen muß.

Während die jährlichen Einschlagsziffern bei Nutzholz mit Werten zwischen 9 und 13 mio. Festmetern sich schon über Jahrzehnte im selben Rahmen bewegen, expandierte die Menge des sonstigen Holzes stark, und macht heute in etwa die doppelte Menge aus wie in den 70-er Jahren.

Der Brennholzanteil vom Waldboden blieb über die letzten Jahre sehr konstant, dazu kommen aber noch nicht unbeträchtliche sonstige Brennholzmengen. Holz vom Nichtwaldboden (Flurholz, Randholz) wird größtenteils als Brennholz verwendet [22]; sein Anteil an der jährlichen Brennholzmenge steigt kontinuierlich.

Rinde, Restholz und Waldhackgut werden in älteren Statistiken und Bilanzen (bis 1983) überhaupt nicht berücksichtigt, da diese Holzbestandteile meist im Wald zurückblieben.

Positionen wie: Restholzmengen aus der Sägingustrie und aus Zellstoffwerken, Waldhackgut aus der Forstwirtschaft oder Rindenmengen aus der Sägeverarbeitung werden in heutigen Aufkommensrechnungen noch immer grob geschätzt, und die angegebenen Zahlenwerte sind eher unzuverlässig.

Bei Einzelheizungen, die in dieser Arbeit vor allem betrachtet werden, spielt jedoch nur Scheitholz eine Rolle, das man mengenmäßig recht gut erfassen kann.

Zum heimischen Holzaufkommen sind noch die Rohholzimporte zu addieren, die sowohl Nutzholz als auch Brennholz und Sägenebenprodukte umfassen. Diese Importmengen wurden der österreichischen Außenhandelsstatistik [18] entnommen.

Die energetische Nutzung von Holz umfaßt jene Holzmengen, die keinen Rohstoffinput darstellen, sondern von Einzelhaushalten und Betrieben zu Heizzwecken verwendet werden. Gerade das aber ist der kritische Punkt bei einer Energieholzbilanz, da zu energetischen Zwecken nicht nur Brennholz aus heimischem Einschlag und importiertes Brennholz (bilanzierbar), verwendet wird, sondern auch Holz von Nichtwaldböden, Hackgut (Dünnholz, Astholz) sowie verschiedene Sägenebenprodukte und Altholz.

Eine wesentliche Quelle zur Quantifizierung dieser Mengen stellen die Mikrozensuserhebungen über den Brennstoffverbrauch (ab 1983) dar. Eine parallel durchgeführte Zählung für landwirtschaftliche Betriebe führte allerdings immer wieder zu Doppelzählungen, die später bereinigt werden mußten. Die österreichische Exportquote an Energieholz ist eher gering [18]

Tabelle 14 zeigt eine Holzbilanz für Österreich (in 1000 fm):

Holzaufkommen	1978	1983	1988	1989	1990	1991

Einschlag						
Nutzholz	8848	9289	10042	11146	12939	9055
Brennholz	1700	2391	2734	2676	2772	2437
Zusammen	10548	11680	12776	13822	15711	11492
Sonstiges Holz vom Waldboden						
Nutzholz	3254	1932	2029	2259	2046	2074
Brennholz	- 1523	1265	1690	1550	1689	1646
Zusammen	1731	4197	3719	3809	3735	3720
Sonstiges Inlandsaufk						
Holz vom Nicht-waldboden	500	850	886	875	875	933
Rinde	---	252	138 3	143 7	149 1	144 8
Waldhackgut	---	---	250	350	400	425
Wiederverwert. Holz	1435	1139	1115	1183	1111	1330

Gesamtaufkommen	1935	2241	3634	3845	3877	4136
	1978	1983	1988	1989	1990	1991
Import						
Nutzholz	2363	3036	4040	3582	3873	5470
Brennholz	84	113	209	212	177	245
Sägerestholz	288	562	753	532	491	708
Zusammen	2735	3711	5002	4326	4541	6423
Aufkommen insgesamt	16949	21829	25131	25802	27864	25771

davon						
Nutzholz	14465	14257	16111	16987	18858	16599
Brennholz	761	5619	5519	5313	5513	5261
Restholz. Rinde	288	814	2386	2319	2382	2581
Altholz	1435	1139	1115	1183	1111	1330

Tabelle 14

Eine recht fundierte quantitative Schätzung der energetischen Nutzungsmöglichkeiten von Waldbiomasse gibt auch [3].

In [4] wird das Potential an zusätzlich zur bisher genutzten Menge an Energie aus Biomasse auf etwa 200 PJ/a geschätzt. Dieser Wert stellt jedoch einen oberen Grenzwert dar, der trotz intensivem Anbau von Energiepflanzen (Energiewäldern) aufgrund verschiedener technischer, wirtschaftlicher und sozialer Komponenten in der Praxis nicht erreichbar sein wird. [3]

Die Energieversorgung mit Waldbiomasse erfolgt bis heute in den meisten Fällen dezentral und dient in erster Linie zur Deckung des lokalen Energiebedarfes. Daher kommt der Land- und Forstwirtschaft sowohl als Rohstofflieferant als auch als Anlagenbetreiber große Bedeutung zu.

Ernte und Bringung von Waldbiomasse, die über räumlich weit verteilte Flächen anfällt, ist sowohl wirtschaftlich als auch ökologisch ein problematischer, bisher auch noch nicht ausreichend untersuchter Punkt der Energieversorgung mit Holz. In diesem Zusammenhang wird wirtschaftlichen und energiesparenden Transportsystemen in Zukunft eine entscheidende Bedeutung zukommen.

Wie bei anderen Energieträgern auch ist bei der energetischen Bewertung der Waldbiomasse die in dem Energieträger steckende Bruttoenergie um die zu deren Nutzbarmachung aufzuwendende Energie zu reduzieren. Dabei muß abermals bedacht werden, daß diese Hilfsenergie bereits konvertierte bzw. raffinierte Energie ist, zu deren Bereitstellung schon mit Verlusten und Emissionen behaftete Umwandlungsschritte notwendig waren. (Konversionsfaktor).

Laut [4] ist Scheitholz zur Zeit mit etwa 4,5 % Anteil an Endenergie bei den Letztverbrauchern beteiligt und dient fast ausschließlich zur Raumheizung im Sektor Kleinverbraucher.

Die jährlich höchstens nutzbare Menge an Waldbiomasse wird auf ca. 27,5 mio fm geschätzt (19 mio. fm Derbholz; 2,8 mio. fm Stock- und Wurzelholz; 5,7 mio. fm Schlägerungsrückstände); tatsächlich werden zur Zeit etwa 13 - 15 mio. fm jährlich genutzt. In guter Übereinstimmung mit anderen Quellen kommt auch [4] auf eine jährliche Produktion von ca. 13 mio. fm Waldbiomasse, was einer Bruttoenergie von ca. $19,6 \cdot 10^9$ kWh oder einem Anteil an der österreichischen Rohenergieversorgung von 8,1 % entspricht.

9.2 Brennholzbereitstellung

Abbildung 3 zeigt die Versorgungskette der Brennholzbereitstellung

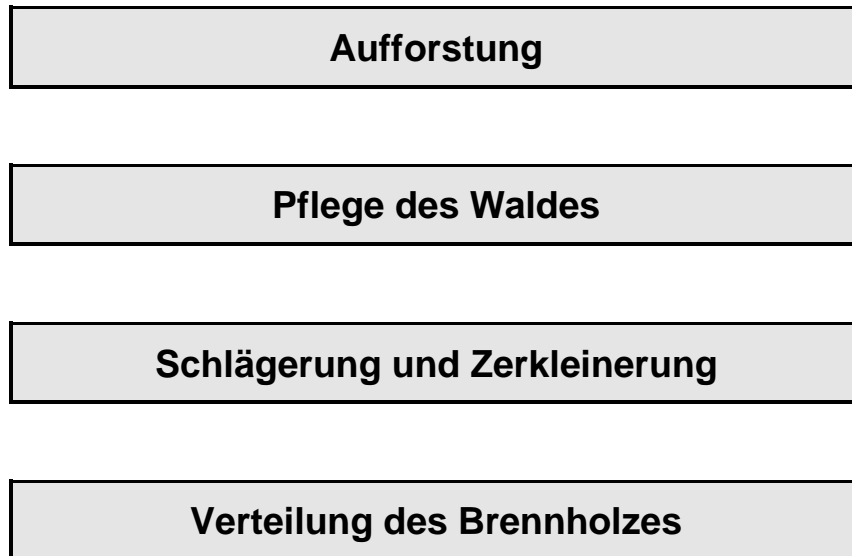


Abbildung 3

Wie bereits an dieser Stelle ersichtlich ist die Versorgungskette für Brennholz die kürzeste und einfachste aller verglichenen Brennstoffe. Dieser Umstand spiegelt sich auch im Nutzungsgrad wider (siehe unten).

Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der Emissionsfaktoren der Brennholzbereitstellung

Emissionsfaktoren	[kg/TJ]
SO₂	0,8
NO_x	11,97
Staub	0,7
CO₂	645,4
CO	8,0
CH₄	2,0
VOC	3,1

Verluste [%]	0,00
Verbrauch [%]	0,9

Nutzungsgrad [%]	99,12
-------------------------	--------------

Tabelle 15

9.3 Vergleich der Emissionen bei der Brennstoffbereitstellung:

Tabelle 16 zeigt die Emissionsfaktoren der Brennstoffbereitstellung im Vergleich

	Erdgas	Heizöl el	Energieholz
	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie
SO ₂	0,33	19,46	0,82
NO _x	19,75	40,22	11,97
Staub	0,07	1,35	0,71
CO ₂	4392,10	7588,80	645,37
CO	19,00	11,00	8,00
CH ₄	735,00	7,00	2,00
VOC	19,50	80,00	3,10
Verluste [%]	3,18	0,77	0,00
Verbrauch [%]	7,90	12,00	0,90
Nutzungsgrad [%]	88,87	87,23	99,12

9.4 Emissionen der Brennstoffnutzung:

	Erdgas	Heizöl el	Energieholz
	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie
SO ₂	0,3	75,0	10,0
NO _x	40,0	40,0	75,0
Staub	0,1	1,0	40,0
CO ₂	69000,0	95000,0	0,0
CO	35,0	45,0	800,0

CH ₄	5,0	1,0	40,0
VOC	6,0	15,0	30,0
Wirkungsgrad [%]	87,0	87,0	80,0

9.5 Gesamtemissionen der Brennstoffbereitstellung und Nutzung

	Erdgas	Heizöl el	Energieholz
	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie	[kg/TJ] Endenergie
SO ₂	0,63	94,5	10,8
NO _x	59,8	80,2	87,0
Staub	0,2	2,4	40,7
CO ₂	73392	102589	645
CO	54,0	55,0	808,0
CH ₄	740	8	42
VOC	25,5	95,0	33,1
Verluste [%] (Bst.)	3,2	0,8	0,0
Verluste [%] (Bst.)	3,2	0,8	0,0
Verlust [%] (Feuerg.)	13,0	13,0	20,0
Nutzungsgrad [%]	77,3	75,9	79,3

Abbildung 4: Emissionsfaktoren SO₂

Emissionsfaktoren SO₂

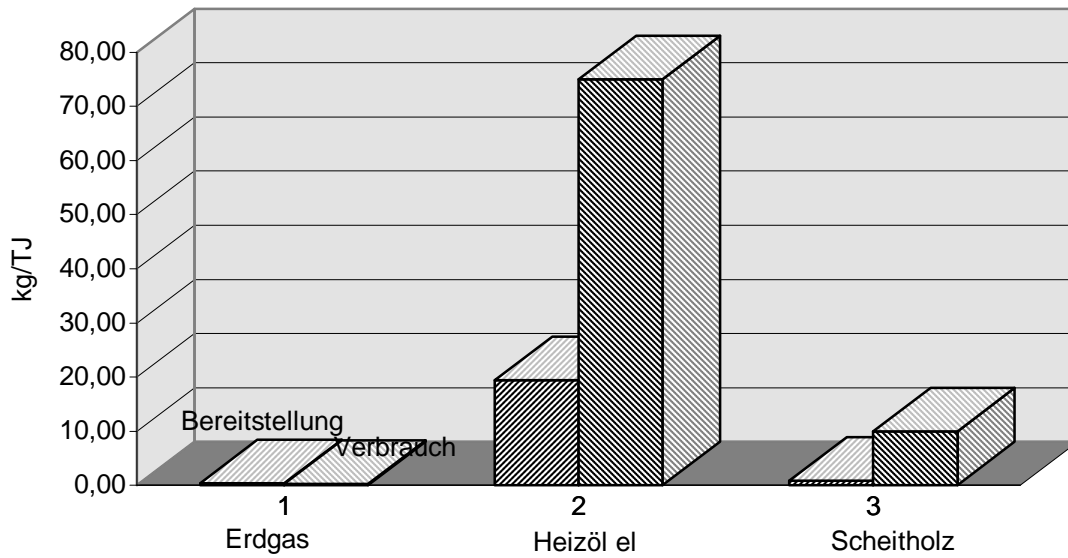


Abbildung 5: Emissionsfaktoren No_x

Emissionsfaktoren NO_x

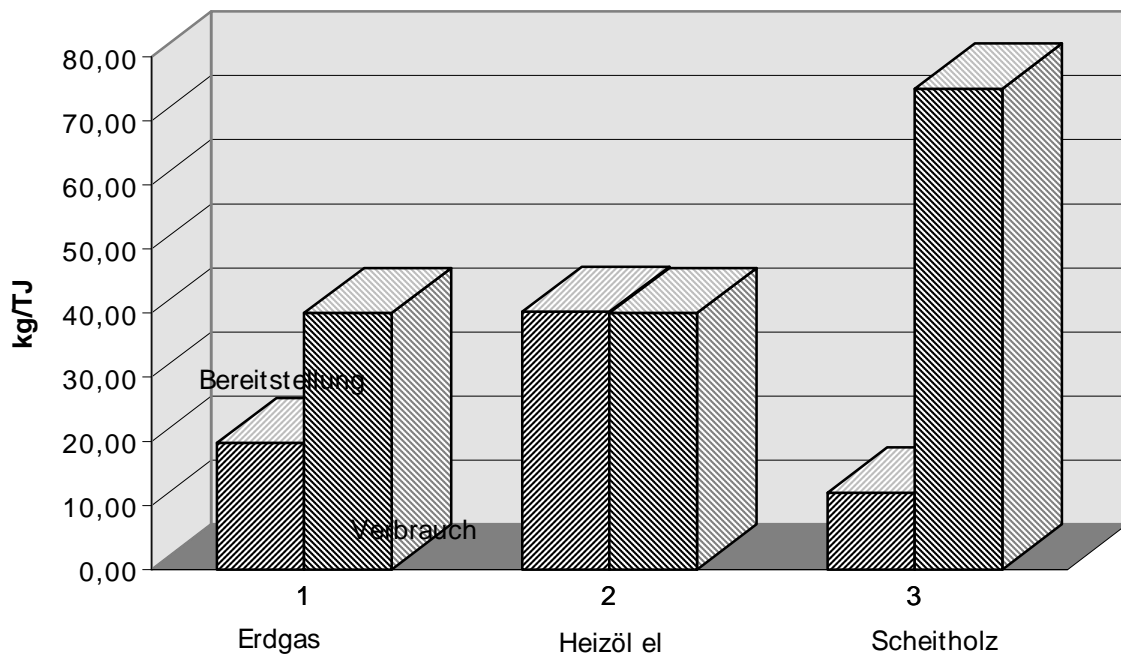


Abbildung 6: Emissionsfaktoren CO

Emissionsfaktoren CO

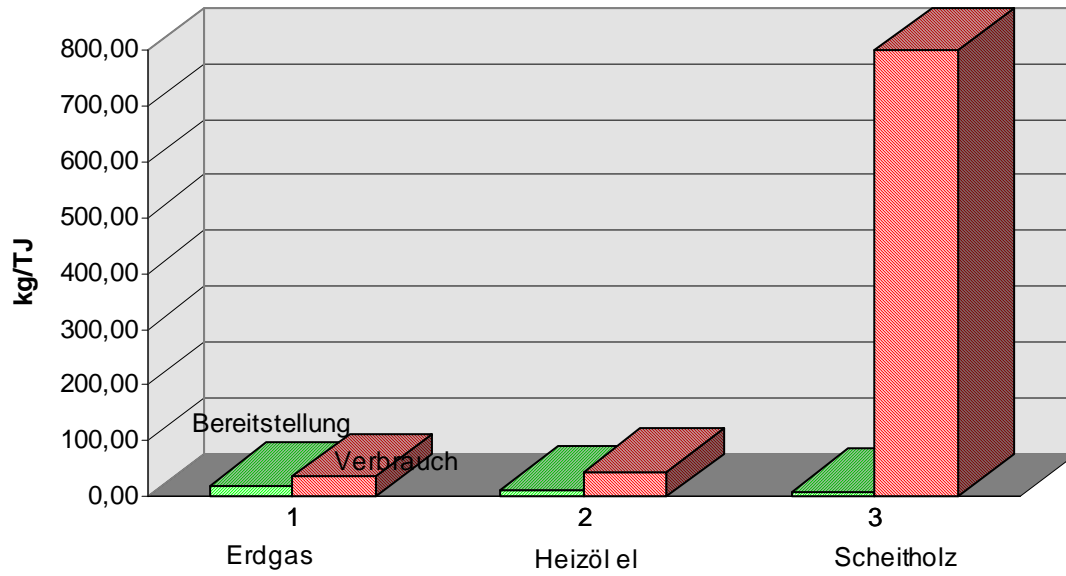


Abbildung 7: Emissionsfaktoren VOC

Emissionsfaktoren VOC

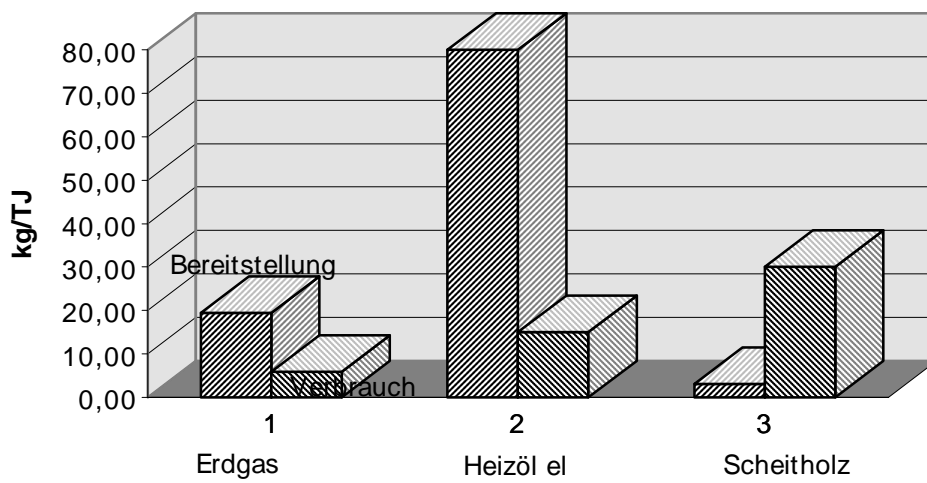


Abbildung 8: Emissionsfaktoren Staub

Emissionsfaktoren Staub

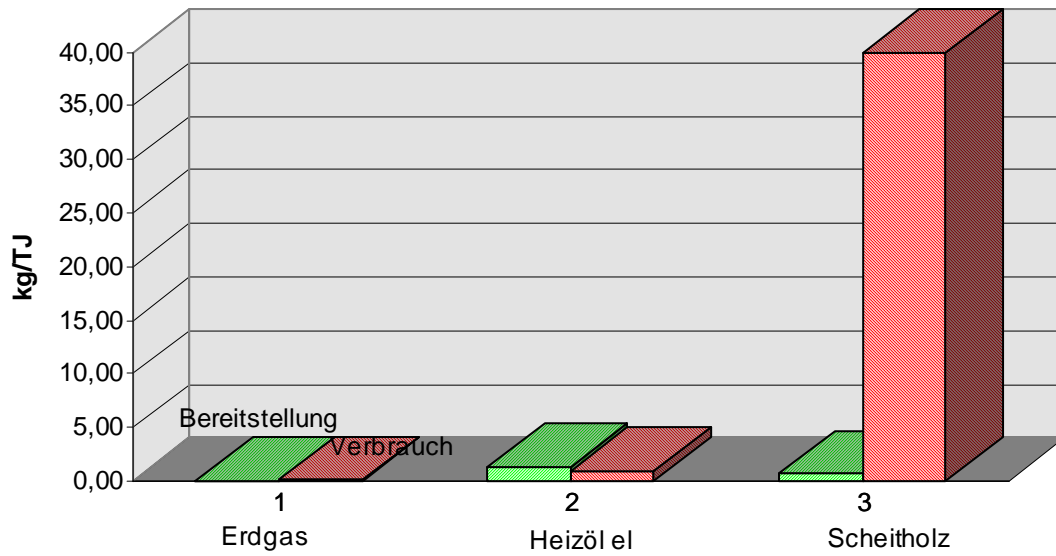


Abbildung 9: Emissionsfaktoren CO₂

Emissionsfaktoren CO₂

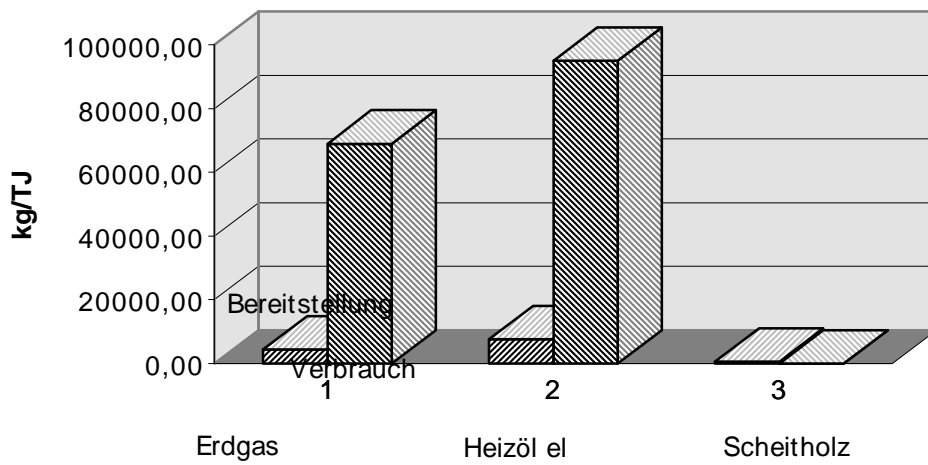


Abbildung 10: Emissionsfaktoren CH₄

Emissionsfaktoren CH₄

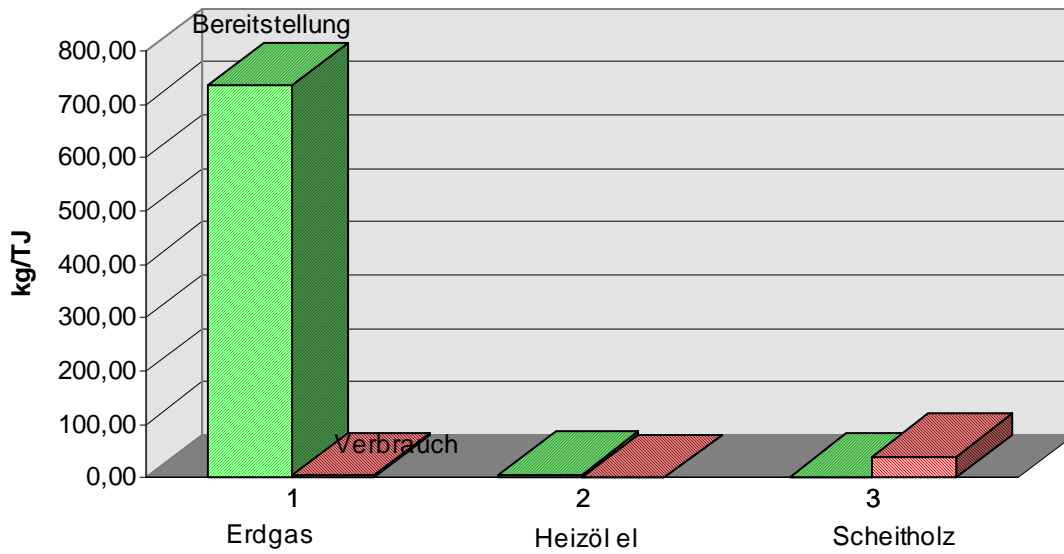
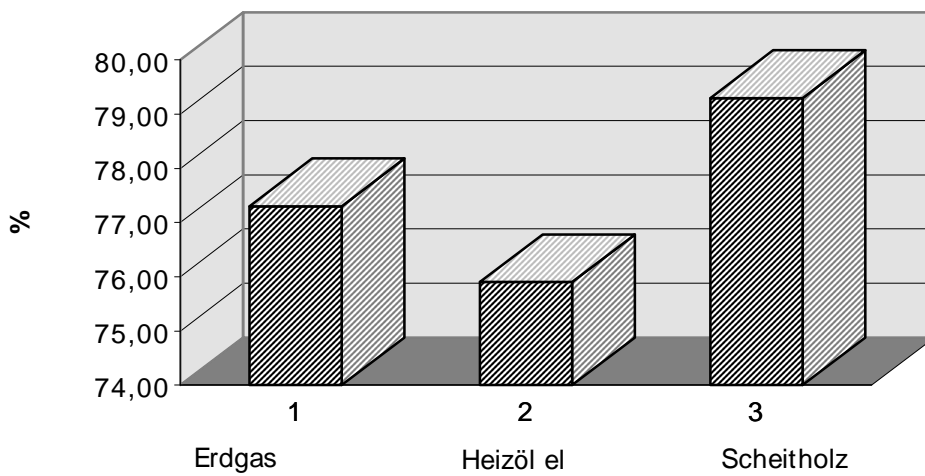


Abbildung 11: Gesamtnutzungsgrad

Gesamtnutzungsgrad



10 Schlußbemerkungen:

10.1 Die Bedeutung der Biomasse für die österreichische Energiewirtschaft:

Biomasse hält einen Anteil von 14,5% am energetischen Endverbrauch in Österreich, welches damit bereits heute eine Spitzenposition unter den EU- Staaten einnimmt. Dies erbrachte die „Endgültige Energiebilanz des ÖSTAT für 1989“. Die energetisch verwendete Biomasse besteht hauptsächlich aus Brennholz einschließlich Hackschnitzel, Sägenebenprodukte, Rinde und Waldhackgut. Der Anteil der Biomasse am Gesamtenergieverbrauch liegt bei 12,1% [15]; die geringe Differenz zu den 14,5 % Anteil am Endenergieverbrauch resultiert daraus, das Holz weniger umwandlungsintensiv ist als andere Energieträger.

Im Jahr 1989 wurden ca. 120.817 Terajoule Biomasse im energetischen Endverbrauch eingesetzt; knapp $\frac{3}{4}$ davon entfallen auf Brennholz. Quantitativ nennenswert sind weiters brennbare Abfälle (12,5%), Hackschnitzel, Sägenebenprodukte und Waldhackgut (6,5%) und Rinde (4,8%). Alle anderen Biomasseenergieträger bleiben unter der 1 %- Grenze.

Auf internationaler Basis wird derzeit an einem Projekt gearbeitet, Aufkommen und Einsatz erneuerbarer Energieträger in laufende Energieberichterstattungen einzubauen. Derzeit sind noch nicht alle Daten verfügbar [15], sodaß sich Werte für Biomassen noch erhöhen könnten. An der Spitzenposition Österreichs wird das aber voraussichtlich nichts ändern.

10.2 Möglichkeiten zur Verminderung von CO₂ und CH₄ Emissionen von Erdgas:

Kohlendioxid ist eines der wichtigsten sogenannten Treibhausgase, seine Konzentration in der Atmosphäre wird unter anderem durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe erhöht. Neben dem Kohlendioxid tragen die Fluorkohlenwasserstoffe und Methan am meisten zum Treibhauseffekt bei. Die Anteile der einzelnen Gase ergeben sich wie folgt:

CO ₂	55 %
FCKW	24 %
Methan	15 %
N ₂ O	6 %
und Sonstige	

Je nach Kohlenstoffgehalt der fossilen Brennstoffe ergeben sich, bezogen auf den Heizwert, unterschiedliche CO₂ Emissionen, die als brennstoffspezifische Richtwerte gesehen werden können [11].

Erdöl: 0,27 kg CO₂/kWh

Erdgas: 0,19 kg CO₂/kWh

Methan wird bei Exploration, Förderung, Aufbereitung und Transport bis hin zum Endverbrauch freigesetzt. Zur Ermittlungen von Methanemissionen gibt es eine Reihe fundierter Untersuchungen aus der BRD [26, 27, 28], die für inländisches Gas Gesamtverluste von ca. 0,6 % angeben.

Eine Kennzahl für die Klimawirksamkeit von Treibhausgasen ist das „global warming potential“ (GWP), welches angibt, um wieviel stärker ein Molekül eines Treibhausgases auf den Wärmehaushalt der Erde einwirkt als ein gleichzeitig emittiertes Kohlendioxidmolekül. Hierbei wird die Klimawirksamkeit von CO₂ gleich 1 gesetzt.

Da die verschiedenen Gase mit unterschiedlicher Geschwindigkeit in der Atmosphäre abgebaut werden, hat bei der Ermittlung des GWP der Betrachtungszeitraum eine entscheidende Bedeutung.

Methan weist eine mittlere Verweilzeit in der Atmosphäre von ca. 10 Jahren auf, während für CO₂ eine Verweilzeit von ca. 120 Jahren angegeben wird. Somit nimmt das GWP von Methan mit zunehmendem Betrachtungszeitraum gegenüber CO₂ ab.

Tabelle 17 zeigt einige Werte von Treibhausgasen:

Gas	CO ₂	CH ₄
Konzentration vorindustriell	280	0,8
[ppm] heute	360	1,7
Lebensdauer [a]	50 - 200	10
Erwärmungspotential 20 a	1,0	63
im Verhältnis zu 100 a	1,0	21
CO ₂ 500 a	1,0	9,0
Anteil am Absorptions-effekt [%]	55	15

Tabelle 17

10.2.1 Einsparungsmöglichkeiten für CO₂:

primäre Maßnahmen: - Vermeidung von unnötigem Verbrauch

- Verminderung des spezifischen Energieverbrauchs
- Verbesserung der spezifischen Energieausnutzung
- Energierückführung
- Vermehrte Nutzung regenerativer Energiequellen

sekundäre Maßnahmen: - Ersatz von Gasmotoren/ turbinen durch Elektroantriebe (lokale Entlastung)

- Entfernung von CO₂ aus Erdgasen und/ oder Rauchgasen mit Deponierung von CO₂ im Meer bzw. in Öl/ Gaslagerstätten
- Nutzung von CO₂ für Tertiärmaßnahmen in Erdöllagerstätten

10.2.2 Einsparungsmöglichkeiten für CH₄:

Laut [26, 27, 28] tritt der größte Teil der Methanemissionen in der Ortsgasverteilung und beim Endverbrauch auf, daher sind auch dort die Reduktionsmaßnahmen am wirkungsvollsten. Für alle Bereiche der Erdgaswirtschaft lassen sich folgende Maßnahmen nennen [11] :

- Ersatz von Steuergas durch Steuerluft an Anlagen der Gasproduktion und Aufbereitung
- Nutzung von Entlösegasen in eigenen Wärmeerzeugern
- Rekompensation von Entlösegasen und Rückführung in den Prozeß
- Gaspendelung (bei Be- und Entladevorgängen von Flüssigkeiten wird das verdrängte Gas in Behältern zwischengelagert.)
- Einsatz von druckluftbetriebenen Startvorrichtungen für Gasturbinen
- Optimierung der Abdichtsysteme bei Gasverdichtern, die eine Entlastung überflüssig machen
- Ersatz von alten Stahl- und Dukttilgußleitungen

Laut einer deutschen Studie könnten bei konsequenter Durchführung dieser Maßnahmen die (ohnehin geringen ?) Methanemissionen bis zum Jahr 2005 um weitere 25 % gesenkt werden [15].

10.3 Organische Verbindungen - ein Produkt der unvollständigen Verbrennung:

Neben Methan treten bei Verbrennungsprozessen noch eine Vielzahl anderer organischer Verbindungen auf, deren Entstehung von vielen Parametern abhängig ist und deren Konzentrationen derart weit streuen, daß sie einer quantitativen Bilanz kaum zugänglich sind. Außerdem sind die Konzentrationen der einzelnen Komponenten oftmals sehr gering (in der Nähe der Nachweisgrenze), sodaß die Konzentrationsangaben sicherlich fehlerbehaftet und damit für eine quantitative Betrachtung eher ungeeignet sind.

In der Theorie sind Emissionen organischer Verbindungen bei der Verbrennung eines beliebigen Brennstoffes einzig und allein das Resultat einer unvollständigen Verbrennung. Wenn andererseits der gesamte Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlendioxid und Wasserdampf oxidiert würde, dürften kein Kohlenmonoxid und keine unverbrannten Kohlenwasserstoffe gebildet werden. Daher sind sowohl Kohlenmonoxid (CO) als auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) Indikatoren für eine unvollständige Verbrennung.

10.4 Methanbilanz und Treibhauseffekt:

Da aufgrund mangelnder Basisdaten eine lückenlose globale Methanbilanz kaum möglich ist, soll hier nur ein kurzer Vergleich zweier Daten, die man aus anderen Ergebnissen dieser Arbeit herausrechnen kann, vorgenommen werden. Aufgrund der Unsicherheit des Datenmaterials wird auf eine genaue Rechnung verzichtet und stark gerundet, das Ergebnis ist aufgrund stark divergierender Größenordnungen jedoch trotzdem bemerkenswert.

In dieser Bilanz werden für die Erdgasbereitstellung zur Versorgung Österreichs gemittelte Verluste von ca. 3. % errechnet

Der Gesamtverbrauch Österreichs an Erdgas betrug 1992 : 6297 mio m³ , d.h. es gehen im Laufe der Bereitstellung ca. 200 mio. m³ Methan in die Atmosphäre verloren.

Die jährlich in Österreich verbrauchte Brennholzmenge beträgt zur Zeit ca. 8,5 mio Fm . Dies entspricht einem mittleren Heizwert von $7,7 \cdot 10^{10}$ MJ (77PJ)

Messungen des Institutes für Brennstofftechnologie und Verfahrenstechnik der TU-Wien ergaben für Stückholzfeuerungen Emissionswerte für Methan von ca. 76 kg/TJ. Rechnet man sich dies entsprechend um, so ergeben sich in Österreich jährliche Methanemissionen durch die Holzverbrennung von ca. 5.8 mio m³.

Daraus ist ersichtlich, daß die Methanemissionen der Holzverbrennung bei den derzeitigen Mengenverhältnissen nur ca. 2-3 % der Methanemissionen bei der Erdgasbereitstellung ausmachen, was der Realität recht nahe kommen dürfte, da die Methanemissionen bei der Holzbereitstellung als eher vernachlässigbar anzusehen sind.

Obiges Verhältnis ergibt sich daraus, daß in Österreich zur Zeit rund drei mal so viel Gas wie Holz, bezogen auf den unteren Heizwert, zur Raumwärmeerzeugung verbraucht wird. Damit ergibt sich , berechnet auf die selbe Basis, ein Emissionsverhältnis für Methan :

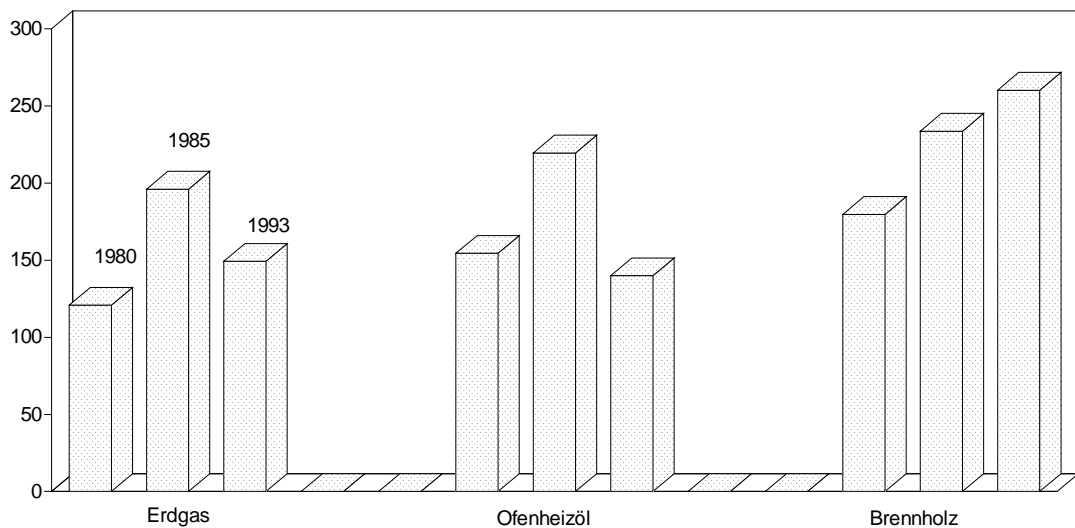
$$\text{Gas : Holz} \approx 100 : 6 - 9$$

d.h. die Nutzung von Brennholz hat nur ca. 6 - 9 % der Methanemissionen der Erdgasnutzung zur Folge.

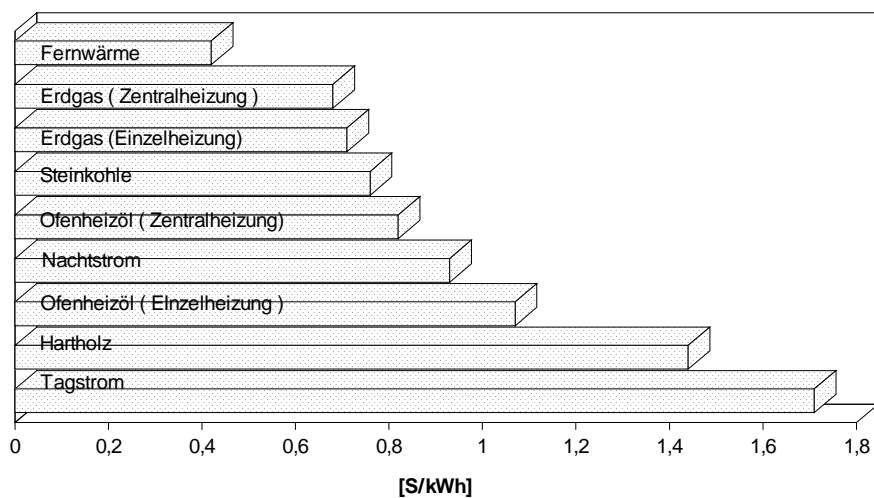
Die Bedeutung für denn globalen Treibhauseffekt ist evident, vor allem, wenn man die CO₂ - Neutralität von Brennholz bedenkt. Die hier angestellten Relationen gelten für Österreich. Eine globale Betrachtung ist im Rahmen dieser Abhandlung nicht möglich, da man die Gas- und Holzversorgungsketten völlig neu berechnen müßte, falls dies global überhaupt möglich ist.

10.5 Preise und Preisentwicklung der Energieträger [29]:

Energie-Preisentwicklung (Index 1976=100):



Energiepreise [S/kWh] Wien 1993



11 Zusammenfassung:

Eine effiziente Nutzung von Energie ist heute sowohl aus ökologischer als auch aus wirtschaftlicher Sicht als eines der vorrangigsten Ziele der Energiewirtschaft und der mit ihr verwandten Sparten zu betrachten, sie ist aber ebenso im Interesse des Letztverbrauchers.

Voraussetzung für einen geringen Primärenergieeinsatz bzw. einen maximalen Nutzen ist eine möglichst genaue Kenntnis der Materie, das heißt in diesem Fall eine

Analyse der Stoff- und Energieströme, sowie eine Quantifizierung von Wirkungsgraden und Verlusten. Dabei darf man sich nicht auf den Endverbrauch der bereits raffinierten Energie beschränken, sondern der ganze Weg der Energiebereitstellung von der Gewinnung bis zum Verbrauch ist mit Hilfe von energietechnischen, wirtschaftlichen und nicht zuletzt ökologischen Gesichtspunkten zu bewerten.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem brennstoffseitigen Energieaufwand der Raumwärmeerzeugung am Beispiel der energieträger Erdgas, Heizöl extraleicht und Scheitholz, wobei der ökologische Gesichtspunkt im Vordergrund steht.

Um eine Bilanzierung möglich zu machen, wurden für die einzelnen Energieträger Prozeß- und Versorgungsketten mit möglichst feiner Gliederung aufgestellt. Diese wurden am Beispiel Österreich mit möglichst objektiv zu bewertenden Daten versehen, soweit diese ermittelt werden konnten. Um eine vergleichbare Basis für alle untersuchten Brennstoffe zu bekommen, wurden jeweils die für den Brennstoff eher günstigen Werte in die konkrete Rechnung einbezogen. Anschließend wurden den einzelnen Gliedern der Kette emissionsseitig quantitativ und qualitativ Verluste zugeordnet und Wirkungsgrade ermittelt, die im zweiten Teil der Arbeit schließlich zu Gesamtverlusten bzw. Gesamtwirkungsgraden der Versorgungsketten der einzelnen Energieträger führten. Schließlich wurden die Daten der Energiebereitstellung mit denen des Endverbrauchs (= Verbrennung) kombiniert, um auf Werte für die Gesamtemissionen der jeweiligen Energieträger zu kommen und Gesamtverluste bzw. Wirkungsgrade zu erhalten.

Weiters wurden einige kurze Betrachtungen , die mit dem Kernthema im Zusammen-hang zu sehen sind angestellt. (z.B. Brennstoffpreise, Einsparungsmöglichkeiten, Treibhauseffekt etc.)

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind somit die Ergebnisse einer kumulierten Energie- und (Brenn)- stoffbilanz, auf deren Basis man erst eine sinnvolle ökologische Bewertung vornehmen kann..

Die Ergebnisse zeigen, daß eine vermehrte Nutzung von Energieholz einige positive Momente mit sich bringen kann. Für CO₂ ergeben sich aufgrund der Regenerierbarkeit von Holz selbstverständlich die niedrigsten Werte, auch die SO₂ Emissionen liegen weit unter jenen von Ofenheizöl.

Es gibt praktisch keine Transport- und Umwandlungsverluste; überhaupt ist die Umwandlungsintensität sehr klein, was durch einen Nutzungsgrad bei der Bereitstellung von ca. 99 % zum Ausdruck kommt. Weiters ist zu bedenken, daß Holz praktisch keine Gewässer verschmutzt, und daß die Risiken eines Unfalles mit bleibenden ökologischen Schäden auszuschließen sind; diese Aspekte sind jedoch nicht quantitativ bilanzierbar.

Ein weiterer großer Vorteil der Nutzung von Energieholz ist der volkswirtschaftliche Aspekt, da die Gewinnung größtenteils im Inland erfolgt.

Holz als Brennstoff weist jedoch nicht nur Vorteile auf. Problembereiche, die einer weiteren Verbesserung bedürfen, liegen bei den Emissionen von NO_x (mit ca. 86 kg/TJ knapp über dem Wert von Ofenheizöl), Staub (ca. 40 kg/TJ) und bei den verschiedenen Kohlenwasserstoffen. Generell kann gesagt werden, daß bei Holz die

Nutzung (Verbrennung) und nicht die Bereitstellung den größten Teil der Emissionen verursacht, was bei fossilen Brennstoffen nicht immer der Fall ist. Bei den Problemstoffen NO_x und Staub wird man auch in Zukunft ein Augenmerk auf verbesserte Lösungen haben müssen.

Ein grober Vergleich der Methanemissionen bei der Nutzung von Holz und Erdgas, ebenfalls im dritten Teil der Arbeit ausgeführt, zeigt wiederum, daß Energieholz mit ca. 5-10 % der Methanemissionen von Erdgas klar im Vorteil ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß aufgrund des hier erarbeiteten Zahlenmaterials eine vermehrte Nutzung von Energieholz zur Raumwärmeerzeugung in Österreich durchaus zu begrüßen wäre, unter der Einschränkung, daß trotz der Regenerierbarkeit keine Übernützung der heimischen Wälder eintritt.

12 Literaturverzeichnis:

- [1] G. Veronik
Versorgungsketten für verschiedene Brennstoffe zur
Raumwärmeerzeugung
Inst. f. Verfahrenstechnik; TU Wien 1995
- [2] W. Vitovec
Kohlenwasserstoffemissionen in Österreich
Inst. f. Verfahrenstechnik; TU Wien 1991
- [3] Energiebericht der österreichischen Bundesregierung für das
Jahr 1992
(Bm. f. wirtschaftl. Angelegenheiten)
- [4] Erneuerbare Energiequellen
(Institut für Forstökologie; Universität für Bodenkultur) Wien 1988
- [5] Österreich in Zahlen und Daten
(Österreichisches statistisches Zentralamt) 1992
- [6] Energie aus Heizöl oder aus Holz
(Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) Bern 1990
- [7] Reichl A.
Verfahren zum Vergleich von Energieversorgungssystemen
Schriftenreihe der TU Wien (Sonderband) Wien 1984
- [8] Häberle M.
Stoffkreisläufe der Natur und Einfluß des Menschen
Umwelt 13 ; Düsseldorf 1982
- [9] Vergleichende Untersuchung der Umweltbelastung beim Einsatz
verdichteter Biomasse zur Raumheizung
Institut für angewandte Ökologie; Darmstadt 1989
- [10] Gas/ Erdgas 134 (1993) Nr. 7; Seite 321- 331

- [11] Möglichkeiten zur Verminderung von CO₂ und CH₄ Emissionen
von Erdgas
Erdöl/Erdgas/Kohle; Heft 3 / 1994 ; Seite 94 - 100
- [12] Erdöl 1/ 1994 Seite 5
- [13] Ostimporte Österreichs
Erdöl 1/ 1993 Seite 7 ff
- [14] Erdölreserven weltweit
Erdöl 2/ 1994 Seite 12 ff
- [15] Entwicklung von Luftschadstoffen in Österreich von 1980 - 1991
Erdöl 2/ 1993 Seite 9 - 11
- [16] Erdöl 4/ 1993 Seite 2 - 15
- [17] Energieversorgung Österreichs
Jahresheft 1992
Österreichisches statistisches Zentralamt
- [18] Österreichische Außenhandelsstatistik 1993
Österreichisches statistisches Zentralamt
- [19] Energieversorgung Österreichs
September 1993
Österreichisches statistisches Zentralamt
- [20] Energieversorgung Österreichs
Endgültige Energiebilanz 1989
Österreichisches statistisches Zentralamt
- [21] Beiträge zur Österreichischen Statistik
Naturvorratsrechnung Wald
Österreichisches statistisches Zentralamt; Herbst 1992
- [22] Statistische Nachrichten 47. Jahrgang, 1992
Heft 8; Seite 651 ff
- [23] Holzeinschlagsnachweis 1991

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft 1991

- [24] Schriever E.
Zur Bestimmung von Chlor und Schwefel in Holz und Holzwerkstoffen
Holz als Roh- und Werkstoff vol 42 (1984); Seite 261 ff
- [25] König et al.
Wood smoke - health effects and legislation
The Northwest Environmental Journal vol 4 (1988); p 41 - 54
- [26] Schlemm F. ; Müssig S.
Kap. 2 im DGMK Bericht 448 1-2. 1992 ; S.II, 1 ff
- [27] DVGW Informationsbroschüre
„Methanfreisetzung in der öffentlichen Gasversorgung“ 1994
- [28] Kadner B. (DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH) Leipzig 1992
- [29] ENERGIE - GEWINN 1994 ; S 7 ff

Bisher sind im Rahmen der Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes folgende Werke erschienen:

- Nr. 1 Bemessung von Kachelöfen
- Nr. 2 Ökologischer Vergleich der Brennstoffe Erdgas, Erdöl und Holz
- Nr. 3 KACHELOFEN 2000 - Raumklima und Gesundheit
- Nr. 4 KACHELOFEN 2000 - Die Zukunft des Kachelofens
- Nr. 5 KACHELOFEN 2000 - Technische Entwicklungen der Holzverbrennung im Kachelofen
- Nr. 6 Typenprüfung Kachelofen
- Nr. 7 Der Einfluß des Kachelofens auf raumklimatische Parameter und Gesundheit - Projektbericht
- Nr. 8 Auslegung keramischer Speicher
- Nr. 9 Kachelherdentwicklung - Projektbericht
- Nr. 10 Geschichte des Österreichischen Kachelofenverbandes
- Nr. 11 Projekt Neuhaus - Ganzhausheizung, Jahresnutzungsgrad, Raumklimamessungen
- Nr. 12 Ganzhausheizung aus Hafnerhand - Grundlagen
- Nr. 13 Der Kachelofen in der Praxis – Vorortmessungen bei Kachelöfen