



Umweltschutz und Arbeitsplätze, angestoßen durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks

M. Kleemann, R. Heckler, B. Krüger



Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 36

Forschungszentrum Jülich GmbH
Programmgruppe Systemforschung und
Technologische Entwicklung

Umweltschutz und Arbeitsplätze, angestoßen durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks

- Auswertung von Schornsteinfeger-Daten -

Manfred Kleemann, Rainer Heckler, Birgitta Krüger

Durchgeführt im Auftrag des
Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment

Band/Volume 36

ISSN 1433-5530 ISBN 3-89336-328-9

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte Bibliografische Daten sind im Internet
über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

Herausgeber Forschungszentrum Jülich GmbH
und Vertrieb: ZENTRALBIBLIOTHEK
 D-52425 Jülich
 Telefon: 02461 61-5368 · Telefax: 02461 61-6103
 e-mail: zb-publikation@fz-juelich.de
 Internet: <http://www.fz-juelich.de/zb>

Umschlaggestaltung: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Druck: Grafische Betriebe, Forschungszentrum Jülich GmbH

Copyright: Forschungszentrum Jülich 2003

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Umwelt/Environment Band/Volume 36

ISSN 1433-5530
ISBN 3-89336-328-9

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder
in einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert oder
unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhaltsverzeichnis

Seite

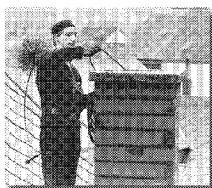
Zusammenfassung	i
TEIL 1 Angestoßene Energie- und CO₂-Einsparungen	1
1. Zielsetzung und Abgrenzung	1
2. Kurzbeschreibung der Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks	3
2.1 CO-Messung an Gasfeuerungen	3
2.2 Überwachung von Öl- und Gasfeuerungen nach der 1.BImSchV	4
2.2.1 Abgasverlust	4
2.2.2 Ruß und Ölderivate bei Ölfeuerungen	6
2.3 Anstoß von Anlagenerneuerungen	7
2.4 Beratung in energiesparenden Maßnahmen	7
3. Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der Energieeinsparungen	8
3.1 Aufbereitung der Daten aus den Kehrbezirken	8
3.2 Vorgehen bei der Auswertung der CO Messungen	9
3.3 Methodik zur Schätzung des Wasserstoffs im Abgas	10
3.4 Aufbereitung und Auswertung der Abgasverlust Messungen	10
3.5 Vorgehensweise bei der Durchführung der Rußzahlanalysen	11
3.6 Methodisches Vorgehen bei der Schätzung der Kesselerneuerungen	12
3.7 Vorgehen bei der Auswertung der Beratungstätigkeiten	12
4. Energie- und CO ₂ -Einsparungen	14
4.1 Einsparung durch Behebung unzulässiger CO-Werte an Gasfeuerungen	14
4.1.1 Häufigkeitsverteilung aller CO-Messwerte	14
4.1.2 Herausfiltern der zu beanstandenden Messwerte	17
4.1.3 Wirkung der Wartungen und Anteil der gewarteten Anlagen	18
4.1.4 Energieeinsparung durch Behebung der unzulässigen CO-Werte	20
4.1.5 Wachstum der CO-Emission bei unterlassener Wartung	22
4.1.6 Fiktive Energieverluste bei unterlassener Wartung	23
4.2 Energiegewinne durch Unterdrückung der Wasserstoff-Entstehung bei Gasfeuerungen	25
4.2.1 Entstehung und Menge des Wasserstoffs	25
4.2.2 Energieeinsparung durch Anlagenwartung	25
4.2.3 Anstieg der Energieverluste bei unterlassener Wartung	26
4.3 Verringerung der Energieverluste durch Beseitigung zu hoher Abgasverluste	27
4.3.1 Häufigkeitsverteilung der Abgasparameter	27
4.3.2 Häufigkeitsverteilung der Nennleistung von Öl- und Gasfeuerungen	30
4.3.3 Altersstruktur und durchgeführte Wartungen bei Ölfeuerungen	34
4.3.4 Energieeinsparungen bei Ölfeuerungen	38

4.3.5	Altersstruktur und durchgeführte Wartungen bei Gasfeuerungen	39
4.3.6	Energieeinsparungen bei Gasfeuerungen	41
4.4	Energieeinsparung durch Einstellung zulässiger Rußzahlen bei Ölfeuerungen	43
4.5	Einsparungen durch Anlagenerneuerung	46
4.5.1	Wem sind die Erneuerungen an zu rechnen?	46
4.5.2	Energieeinsparungen durch Anlagenerneuerungen	47
4.6	Einspareffekte durch Umsetzung der Beratungstätigkeit	50
4.7	Zusammenfassung und Bewertung der Energie- und CO ₂ -Einsparungen	52
TEIL 2	Angestoßene Arbeitsplatzeffekte	54
5.	Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der Arbeitsplatzeffekte	54
5.1	Schätzung durch Wartung der beanstandeten Anlagen	54
5.2	Input-Output Methode zur Ermittlung der Beschäftigung bei Anlagenerneuerung und umgesetzter Beratung	55
6.	Angestoßene Beschäftigungseffekte	58
6.1	Beschäftigung durch Wartung der Anlagen	58
6.1.1	Wartung bei zu hohen CO-Werten	58
6.1.2	Wartung bei zu hohen Abgasverlusten	58
6.2	Beschaffung durch Erneuerung der Anlagen	59
6.2.1	Anrechenbare jährliche Erneuerungen	59
6.2.2	Arbeitsplätze in der Wirtschaft durch Anlagenerneuerung	61
6.3	Beschäftigung durch umgesetzte Energiespar-Beratungen	61
6.4	Zusammenfassung und Bewertung der Beschäftigungseffekte	62
	Literatur	64

Danksagung

Die Arbeitsgruppe des Forschungszentrums Jülich dankt allen Bezirksschornsteinfegermeistern für die freundliche und prompte Bereitstellung der Daten. Herren Bezirksschornsteinfegermeister Alfred Wolf aus Niederzier gilt wegen seiner wertvollen Unterstützung ein ganz besonderer Dank.

Zusammenfassung



1. Ausgangslage und Zielsetzung

Der Schutz der Umwelt und die Bekämpfung der Arbeitslosigkeit haben höchste gesellschaftliche Bedeutung. Sie werden immer häufiger im Zusammenhang gesehen. So eröffnet die Überwachung und Minderung von Umweltbelastungen vielfältige Beschäftigungschancen in den verschiedensten Bereichen der Wirtschaft und des Handwerks. Besonders zu nennen ist in diesem Zusammenhang das Schornsteinfegerhandwerk, zu dessen umweltrelevanten Tätigkeiten die Überwachung der Betriebssicherheit, der Emission bestimmter Schadstoffe sowie der Effizienz von Feuerungsanlagen gehören. Entsprechen die überprüften Anlagen nicht den Anforderungen, dann geben die Schornsteinfeger den Anstoß zur Instandsetzung und liefern damit gleichzeitig einen Beitrag zur Erhaltung von Arbeitsplätzen in anderen Branchen.

Ziel dieser Untersuchung ist es, die vom Schornsteinfegerhandwerk angestoßenen Energie- und CO₂-Einsparungen sowie die verursachten Beschäftigungseffekte auf zu zeigen. Dabei werden folgende Tätigkeitsfelder berücksichtigt:

- CO-Messungen an Gasfeuerungsanlagen.
- Überprüfung der Abgasverluste an Öl- und Gasfeuerungen.
- Beratung in energiesparende Maßnahmen an der Heizung und am Gebäude.

2. Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks

CO-Messung an Gasfeuerungsanlagen

Rechtliche Grundlage für CO-Messungen sind die Kehr- und Überprüfungsordnungen der Bundesländer. Sie schreiben vor, dass Gasfeuerungsanlagen jährlich wiederkehrend auf ihre Sicherheit zu überprüfen sind. Dies erfolgt durch eine Abgaswegeüberprüfung und eine Messung des CO-Gehalts. Bei Konzentrationen von 500 bis 1.000 ppm wird eine Wartung empfohlen und bei über 1.000 ppm muss der Betreiber die Anlage innerhalb einer festgesetzten Frist durch einen Fachbetrieb warten lassen. In den meisten Bundesländern erfolgt eine Nachmessung durch das Schornsteinfegerhandwerk. Damit wird sicher gestellt, dass kein Gefährdungspotenzial durch zu hohe CO-

Konzentrationen auftritt und dass eine hohe Verbrennungsqualität sowie ein sparsamer Gasverbrauch im Betrieb erreicht werden.

Überprüfung der Abgasverluste an Öl- und Gasfeuerungen

Die "Erste Bundes-Immissionsschutz-Verordnung" (1.BImSchV), die auch als "Kleinfeuerungsanlagen-Verordnung" bezeichnet wird, regelt, ob Feuerungsanlagen einmalig oder jährlich wiederkehrend überwacht werden und welche Abgasverluste einzuhalten sind. Der Abgasverlust gibt an, wie viel Energie durch den Schornstein verloren geht. Je höher der Abgasverlust wird, um so geringer wird der Wirkungsgrad. Dies geht einher mit einer steigenden Energieverschwendung und unnötigen CO₂-Emissionen. Die Abgasverluste für Öl- und Gasfeuerungen dürfen deshalb bestimmte Grenzwerte, die von Alter und Größe der Anlage abhängen, nicht überschreiten. Sie liegen für neuere Anlagen je nach Leistungsklasse im Bereich von 9 bis 11 %. Werden die Grenzwerte überschritten, dann veranlasst der Schornsteinfeger den Betreiber, die Anlage durch einen Fachbetrieb warten oder eventuell erneuern zu lassen. Auch hier erfolgt eine Nachmessung durch den Schornsteinfeger.

Beratung in energiesparende Maßnahmen

Das Schornsteinfegerhandwerk versteht sich zunehmend als moderner Dienstleistungsträger mit Beraterfunktion. Im Vordergrund steht die Energiespar-Beratung bei heizungs- und dämmtechnischen Maßnahmen. Grundlage für die Durchführung von Energieberatungen sind Zusatzqualifikationen der Bezirks-Schornsteinfegermeister, die im Rahmen von Lehrgängen erworben wurden. Energieberatungen werden vom Schornsteinfegerhandwerk in zunehmendem Maße angeboten. Ziel dieser Beratungen ist es, Hauseigentümer und Mieter auf Schwachstellen der Heizungsanlage und der Gebäudehülle hin zu weisen und Energiesparmaßnahmen gezielt an zu stoßen.

3. Angestoßene Energie- und CO₂-Einsparungen

CO-Emission und Wasserstoffbildung

Von 12,7 Millionen Gasfeuerungen, deren CO-Emission im Jahr 2000 gemessen wurden, lagen 3,3 % im Bereich von 500 bis 1.000 ppm und 2,4 % überschritten 1.000 ppm. Eine Feinanalyse der Messdaten ausgewählter Kehrbezirke hat gezeigt, dass der überwiegende Teil der unzulässigen Werte im Bereich von 1.000 bis 10.000 ppm liegt und dass bei ca. einem Promille der Anlagen bis 30.000 ppm auftraten. Diese extrem hohen Werte zeigen eindringlich die Notwendigkeit

der CO-Überprüfung. Eine Wartung reduziert den CO-Gehalt auf ein zulässiges Niveau. Dadurch wurde im Abgas aller im Jahr 2000 gewarteten Anlagen eine CO-Menge von rund 40 Millionen m³ vermieden, was einer Gaseinsparung von ca. 0,5 PJ¹ entspricht. Die CO₂-Minderung beläuft sich auf 28.000 Tonnen.

Wird Kohlenmonoxid durch unvollständige Verbrennung gebildet, dann reagiert es mit dem Verbrennungsprodukt Wasserdampf und es entstehen Kohlendioxid und Wasserstoff. Letzterer tritt dann in größeren Mengen auf, wenn CO in größeren Mengen vorhanden ist, d.h. wenn sich die Anlage in mangelhaftem Zustand befindet. Dieser Wasserstoff kann nicht genutzt werden. Eine Wartung beseitigt zu hohe CO-Gehalte und vermeidet übermäßige Wasserstoffbildung. Da der Wasserstoffgehalt nicht gemessen wird, muss er in Abhängigkeit vom CO-Gehalt geschätzt werden. Dies geht nur für Gasfeuerungen, da deren CO-Werte vorliegen. Hochrechnungen zeigen, dass durch die Wartung aller Gasfeuerungen mit unzulässigen CO-Werten im Jahr 2000 fast 90 Millionen m³ Wasserstoff vermieden wurden. Die damit verbundenen Einsparungen betrugen etwa 0,8 PJ Gas und 45.000 Tonnen CO₂.

Beseitigung der unzulässigen Abgasverluste

Im Jahr 2000 wurden vom Schornsteinfegerhandwerk die Abgasverluste an 8,4 Millionen Gasfeuerungen und 6,3 Millionen Ölfeuerungen gemessen. Unter Berücksichtigung der von der 1.BImSchV zugelassenen Toleranz in den Messwerten hatten 4,8 % der Ölfeuerungen und 3,9 % der Gasfeuerungen unzulässig hohe Abgasverluste. Eine detaillierte Datenanalyse ausgewählter Kehrbezirke hat gezeigt, dass die mittleren unzulässigen Abgasverluste vor der Wartung rund 16 % betrugen. Dies bedeutet eine erhebliche Energieverschwendung. Nach der Wartung waren die Werte fast halbiert. Insgesamt betrugen die Einsparungen der gewarteten Ölfeuerungen 2,5 PJ und der Gasfeuerungen 1,5 PJ. Dadurch wurde die CO₂ Emission um 180.000 Tonnen bei Ölanlagen und um 86.000 Tonnen bei Gasanlagen verringert. Die erneuerten Anlagen sind nicht mit eingerechnet.

Einsparungen durch Anlagenerneuerung

Die Erneuerung eines Heizkessels kann sowohl durch den Schornsteinfeger als auch durch den Heizungsinstallateur ausgelöst werden. Beide Akteure wirken aus unterschiedlichen Interessen. Der Schornsteinfeger ist als unabhängiger Prüfer vornehmlich an Sicherheit und Effizienz der Anlagen interessiert. Jedes Jahr kommt er einmal ins

¹ PJ = Petajoule = 10¹⁵ Joule (1 PJ entspricht ca. 27,7 Millionen m³ Gas oder 29,2 Millionen Liter Heizöl)

Haus, kontrolliert die Anlage und dokumentiert ihren Zustand und ist damit ein kritischer Begleiter der Anlagen während ihrer ganzen Lebensdauer. Der Heizungsinstallateur hat u.a. auch ein starkes kommerzielles Interesse. Es ist schwierig, einem Akteur eine bestimmte Anzahl von Erneuerungen gut zu schreiben. Deshalb wird im Rahmen dieser Studie als unbewiesene aber plausible Arbeitshypothese unterstellt, dass sich die Verantwortlichkeiten für die Erneuerungen im Mittel gleichgewichtig auf die beiden Akteure verteilen.

Aus einer Feinanalyse der Altersstruktur von Feuerungsanlagen und aus hat sich ergeben, dass im deutschen Gebäudealtbestand in den letzten Jahren im Mittel rund 600.000 Anlagen erneuert wurden. Durch den Austausch dieser alten Kessel können in der Praxis Einsparungen von 20 bis 25 % erreicht werden und sogar noch höhere Werte. Wird z.B. ein alter Ölkessel durch einen neuen Gasbrennwertkessel ersetzt, dann können Einsparungen von bis zu 30 % erzielt werden. Mit 300.000 Erneuerungen, die dem Schornsteinfegerhandwerk angerechnet werden können, ergeben sich Gesamteinsparungen von 10,7 PJ an Öl und Gas sowie von 670.000 Tonnen CO₂.

Einsparung durch Beratungstätigkeit

Aus verschiedenen Erhebungen in den Bundesländern und aus Angaben des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks lässt sich ableiten, dass 2000 knapp 27.000 Beratungen durchgeführt wurden. Nicht alle Beratungen werden umgesetzt. So hat eine Befragung im Rahmen der Beratungsaktionen durch Schornsteinfeger in Hessen ergeben, dass 58 % der Teilnehmer den entscheidenden Anstoß zur Durchführung einer energiesparenden Maßnahme durch die Beratung erhalten haben. Die am häufigsten durchgeführten Maßnahmen waren in absteigender Reihenfolge: Kesselerneuerung, Fenstertausch, Dach- und Außenwanddämmung. Für die vorliegende Schätzung wird mit einer mittleren Umsetzungsrate von rund 50 % gerechnet.

Aus der Evaluierung der KfW-Kreditprogramme kann ein mittleres Einsparpotenzial für einzelne Sanierungsmaßnahmen von 40 bis 110 kWh/m² erreicht werden. Unterstellt man, dass auch Maßnahmenkombinationen durchgeführt werden, dann ist eine mittlere Einsparung pro umgesetzte Beratung von 90 kWh/m² nicht zu hoch angesetzt. Daraus lässt sich für 2000 eine Gesamteinsparung an Öl und Gas von knapp 1,1 PJ ermitteln, die 70.000 Tonnen CO₂ entspricht.

Zusammenfassung und Bewertung der Einsparungen

In Tabelle 1 sind alle Einzelwerte der Energieeinsparung zusammengestellt. In der Summe ergibt sich für das Jahr 2000 ein Wert von rund 17 PJ. Dieser Jahreswert hat einen leicht steigenden Trend. In Bezug zum Gesamtverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher für Raumwärme und Warmwasser von 2.640 PJ entspricht dies einem Anteil von 0,6 %. Dies scheint auf den ersten Blick wenig zu sein. Auf der anderen Seite darf man jedoch nicht übersehen, dass die äquivalente Energiemenge entweder 460 Millionen Kubikmetern Erdgas oder 485 Millionen Litern Heizöl entspricht. Die eingesparte Energie reicht aus, um die Wohnungen einer Großstadt mit 650.000 Einwohnern zu beheizen.

Die gesamte CO₂ Minderung beläuft sich auf gut eine Million Tonnen pro Jahr. Da dieser Betrag jährlich zu verbuchen ist, stellt er einen wichtigen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung dar.

Tabelle 1: Zusammenfassung der angestoßenen Energie- und CO₂-Einsparungen (2000)

Maßnahme	Energie- einsparung	CO ₂ -Minderung
	PJ	Mio. Tonnen
Beseitigung unzul. CO-Werte (Gasfeuerungen)	0,5	0,03
H ₂ Minderung (Gasfeuerungen)	0,8	0,05
Beseitigung der Abgasverluste (Ölfeuerungen)	2,5	0,18
Beseitigung der Abgasverluste (Gasfeuerungen)	1,5	0,09
Anrechenbare Erneuerungen (Gasfeuerungen) ¹⁾	6,5	0,35
Anrechenbare Erneuerungen (Ölfeuerungen) ¹⁾	4,2	0,32
Einsparung durch Beratung	1,1	0,07
Summe	45	109

¹⁾ Mittelwert über mehrere Jahre

Auswirkungen bei unterlassener Überprüfung und Wartung

Würde der Anlagenbestand nicht überprüft und infolgedessen auch nicht gewartet, dann würden sich die Energieverluste und die Emissionen der zu beanstandenden Anlagen stetig vergrößern und es würden von Jahr zu Jahr weitere Mängelanlagen dazu kommen. Datenanalysen und Rechnungen haben gezeigt, dass sich die Energieverluste in einem solchen Fall jährlich verdoppeln. In nur drei Jahren hintereinander unterlassener Wartung würden die Verluste so groß werden wie der Heizenergiebedarf von acht Großstädten. Dies demonstriert die Notwendigkeit einer regelmäßigen Überprüfung und Wartung.

4. Angestoßene Arbeitsplatzeffekte

Die Tätigkeit des Schornsteinfegerhandwerks und deren Auswirkungen sind in besonderer Weise geeignet, positive Arbeitsplatzeffekte in verschiedenen Bereichen auszulösen. Hier sind besonders folgende Impulse zu nennen:

- Durch den Anstoß des Schornsteinfegerhandwerks zur Behebung der beanstandeten Messwerte werden Arbeitsplatzeffekte im Heizungsinstallateur-Handwerk ausgelöst. Hier handelt es sich um Wartungsarbeiten.
- Der Schornsteinfeger kontrolliert und dokumentiert als unabhängiger Prüfer jedes Jahr die Anlagen. Auf diese Weise wird durch den intensiven Kontakt ein erheblicher Anteil von Anlagenerneuerungen angestoßen, wodurch Arbeitsplätze im Handwerk, bei den Herstellern und in den vorgelagerten Branchen erhalten bzw. geschaffen werden.
- Durch die Umsetzung der vom Schornsteinfegerhandwerk durchgeführten Energieberatungen in konkrete Gebäudesanierungen werden weitere Beschäftigungseffekte in der Heizungsbranche und in der Bauwirtschaft sowie in den vorgelagerten Branchen angestoßen.

Arbeitsplatzeffekte durch Wartung der Anlagen

Im Jahr 2000 wurden rund 12,7 Millionen Gasfeuerungen überprüft. Die Anzahl der wegen zu hoher CO-Werte gewarteten Anlagen belief sich auf ca. 500.000 Stück. Geht man von einem mittleren realistischen Wartungsaufwand von 1,5 Stunden aus, dann ergeben sich rund 500 Vollzeit-Arbeitsplätze.

Die Anzahl der im Jahr 2000 wegen zu hoher Abgasverluste gewarteten Anlagen betrug 465.000. Davon entfiel gut ein Drittel auf Ölfeuerungen und der Rest auf gasgefeuerte Anlagen. Bei einer durchschnittlichen Wartungsdauer von 3,5 Stunden ergeben sich 1.000 Vollzeit-Arbeitsplätze.

Beschäftigung durch Heizungserneuerung

Die Erneuerung von Heizkesseln hat weiter reichende Beschäftigungswirkungen als die bloße Wartung der Anlagen, da verschiedene Wirtschaftsbereiche beteiligt sind. Arbeitsplätze entstehen nicht nur im Installationsgewerbe, sondern auch bei den Heizungsherstellern sowie bei einer Vielzahl vorgelagerter Branchen. Dazu gehören Fertigteile-Zulieferer, die wiederum auf andere Lieferanten wie Stahl-, Leichtmetall- und Kunststoffproduzenten zurück greifen. Alle diese

Beschäftigungseffekte werden mit Hilfe der volkswirtschaftlichen Input-Output-Rechnung aufsummiert. Diese Rechnung basiert auf einer Input-Output-Tabelle, die vom Statistischen Bundesamt erstellt wird und die alle wirtschaftlichen Sektoren in ihrer Verflechtung berücksichtigt. Die Beschäftigung wird mit Hilfe der getätigten Investitionen bestimmt. Bei 300.000 Anlagen pro Jahr ergibt sich ein Investitionsvolumen von 1,7 Milliarden EUR. Daraus resultieren Arbeitsplätze in der Größenordnung von insgesamt 41.000 Personenjahren.

Beschäftigung durch umgesetzte Beratungen

Die Berechnung der Arbeitsplatzeffekte erfolgt hier nach der gleichen Methode wie im vorangehenden Abschnitt. Allerdings ist die Bandbreite der betroffenen Branchen noch größer, weil in die Beratung auch Maßnahmen zur Gebäudedämmung mit eingeschlossen sind. Dies betrifft das Bau- und Dämmgewerbe mit den zugehörigen Vorlieferanten. Nach den Erfahrungen aus den KfW-Förderprogrammen für energetische Gebäudesanierungen dürften die Investitionen pro Wohneinheit zwischen rund 6.000 EUR für eine Einzelmaßnahme und 12.000 EUR für eine Maßnahmenkombination liegen. Mit der Anzahl der Beratungen ergibt sich für das Jahr 2000 ein gemittelttes Investitionsvolumen von 132 Millionen EUR, wodurch 3.200 Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten werden.

Zusammenfassung und Bewertung der Beschäftigungseffekte

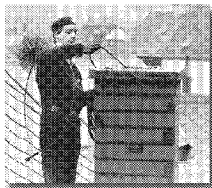
In der Summe ergibt sich ein vom Schornsteinfegerhandwerk angestoßener Beschäftigungseffekt von 45.700 Arbeitsplätzen (vgl. Tabelle 2). Das entspricht fast der dreifachen Menge der Beschäftigten im Schornsteinfegerhandwerk und zeigt die Bedeutung für den Arbeitsmarkt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der angestoßenen Arbeitsplatzeffekte (2000)

Maßnahme	Arbeitsplätze in Personenjahren
Beseitigung unzulässiger CO-Werte	500
Beseitigung der Abgasverluste (Öl- und Gasfeuerungen)	1.000
Anrechenbare Erneuerungen (Öl- und Gasfeuerungen)	41.000
Beschäftigung durch Energiespar-Beratung	3.200
Summe	545.2

TEIL 1

Angestoßene Energie- und CO₂-Einsparungen



Bedeutung des Klimaschutzes

1. Zielsetzung und Abgrenzung

Eine Reihe wichtiger internationaler Abkommen zeigt, dass Maßnahmen zum Klimaschutz weltweit als immer dringender angesehen werden. Vor dem Hintergrund der weltweiten Diskussion hat Deutschland schon sehr frühzeitig ein ehrgeiziges nationales Klimaschutzprogramm entwickelt. In dem Programm wird angestrebt, die CO₂-Emission bis 2005 gegenüber 1990 um 25 % zu reduzieren. Allerdings wurden bis 2000 erst 15,4 % erreicht und inzwischen ist klar, dass ein Reduktionsziel von 25 % bis 2005 nicht umzusetzen ist. Realistischer erscheint aus heutiger Sicht die mit der EU im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingegangene Minderungs-Verpflichtung, den CO₂-Ausstoß in Deutschland bis 2010 um 21 % zu verringern. Selbst um dieses abgeschwächte Ziel zu erreichen, bedarf es weiterhin großer Anstrengungen bei der Energieeinsparung in allen Bereichen.

Arbeitsplätze und Klimaschutz

Neben der Bekämpfung der Arbeitslosigkeit ist der Schutz der Umwelt von allerhöchster gesellschaftlicher Bedeutung. Umweltschutz und die Schaffung von Arbeitsplätzen werden immer häufiger im Zusammenhang gesehen. So wird heute in zunehmendem Maße bei industriellen, gewerblichen und handwerklichen Aktivitäten nicht nur gefragt, in welchem Umfang Arbeitsplätze erhalten oder geschaffen werden, sondern auch, wie die Auswirkungen solcher Aktivitäten auf die Umwelt sind.

Überwachungstätigkeit der Schornsteinfeger

In der Regel entstehen durch wirtschaftliche Tätigkeiten Umweltbelastungen. Die Überwachung, Minderung oder Beseitigung dieser Umweltbelastungen eröffnen wiederum vielfältige Beschäftigungschancen. Gerade in diesem Bereich ist eine Vielzahl von Branchen und Handwerkszweigen tätig. Besonders zu nennen ist in diesem Zusammenhang das Schornsteinfegerhandwerk, zu dessen umweltrelevanten Tätigkeiten die Überwachung der Betriebssicherheit, der Emission bestimmter Schadstoffe und der Effizienz der Feuerungsanlagen gehören. Entsprechen die überprüften Anlagen nicht den Anforderungen, dann geben die Schornsteinfeger den Anstoß zur Instandsetzung und liefern damit gleichzeitig einen Beitrag zum Um-

welt- und Klimaschutz und zur Erhaltung von Arbeitsplätzen in anderen Branchen.

**Zielsetzungen
der Unter-
suchung**

Gegenstand der vorliegenden Studie ist eine Untersuchung der Auswirkungen, die durch eine Wartung oder Erneuerung der vom Schornsteinfegerhandwerk beanstandeten Anlagen entstehen. Die Ziele lassen sich wie folgt zusammenfassen:

**Berechnete
Effekte**

1. Die Schätzung des wirksamen Beitrags zum Klimaschutz infolge der angestoßenen Energie- und CO₂-Einsparungen.
2. Die Ermittlung der direkten und indirekten angestoßenen Arbeitsplatzeffekte in den betroffenen Bereichen des Handwerks und der Wirtschaft.

**Anstoßwirkung des
Schornsteinfeger-
handwerks**

Die Schornsteinfeger warten oder erneuern die beanstandeten Anlagen nicht selbst, sondern veranlassen dies über den Anlagenbetreiber durch andere Handwerker, wie z.B. Heizungsbauer. Die vorliegende Untersuchung quantifiziert daher nicht die unmittelbare Tätigkeit des Schornsteinfegerhandwerks, sondern die angestoßenen bzw. ausgelösten Effekte.

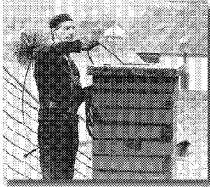
**Abgrenzung
der Studie**

Die Untersuchung umfasst die Aktivitäten des gesamten Schornsteinfegerhandwerks in Deutschland mit seinen rund 8.000 Kehrbezirken. Als Referenz dient das Jahr 2000. Folgende Tätigkeitsfelder werden bei der Analyse berücksichtigt, die in Kapitel 3 ausführlicher beschrieben sind:

- CO-Messungen an Gasfeuerungsanlagen.
- Überprüfung der Abgasverluste an Öl- und Gasfeuerungen.
- Beratung in energiesparende Maßnahmen an der Heizung und am Gebäude.

Sonstige betriebs- und brandsicherheitstechnische Mängel an Feuerstätten, Schornsteinen, Zusatzeinrichtungen und Lüftungsanlagen, die das Schornsteinfegerhandwerk auch erfasst, werden im Rahmen dieser Untersuchung nicht behandelt.

Ebenso werden die Emissionsmessungen an Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe nicht berücksichtigt, weil es sich um eine sehr kleine Anzahl handelt. So wurden im Jahr 2000 lediglich rund 7.000 handbeschickte und etwa 15.000 mechanisch beschickte Feuerungsanlagen nach der Kleinf Feuerungsanlagen-Verordnung (1.BImSchV) überwacht. Zum Vergleich: Im selben Jahr wurden dagegen über 6 Millionen Ölbrenner und über 8 Millionen Gasbrenner nach der 1.BImSchV überprüft.



**Überwachung von
Sicherheit und
Umweltschutz**

**Schornsteinfegen
ist nicht mehr die
Hauptaufgabe**

2. Kurzbeschreibung der Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks

Das Schornsteinfegerhandwerk führt in Deutschland jährlich Kehrarbeiten, Überprüfungen, Begutachtungen und Beratungen in folgenden Bereichen durch:

1. Betriebs- und brandtechnischer Zustand der Feuerungsanlagen.
2. Betriebstechnischer und baurechtlicher Zustand, der Lüftungen.
3. CO-Messung an Gasfeuerstätten und Abgaswegeüberprüfung.
4. Messungen nach der 1. BImSchV an Öl- und Gasfeuerungen.
5. Emissionsmessungen an Feuerungen für feste Brennstoffe.
6. Beratung in heiztechnischen und energiesparenden Maßnahmen.

Die eigentlichen Kehrarbeiten zum Reinigen von Schornsteinen und Kaminen umfassen nur noch 30 % der Gesamtaufgaben des Schornsteinfegers. Die übrigen Tätigkeiten sind Messungen, sicherheitstechnische Überprüfungen und zunehmend Beratungen.

Die vorliegende Studie behandelt die Tätigkeitsbereiche 3, 4 und 6.

2.1 CO-Messung an Gasfeuerungsanlagen

Forderungen der Kehr- und Überprüfungsordnung

Kehr- und Überprüfungsordnung

Rechtliche Grundlage für die Durchführung der CO-Messungen sind die Kehr- und Überprüfungsordnungen, die von den Bundesländern erlassen werden [2-1, 2-2, 2-3, 2-4]. Sie schreiben vor, dass jährlich wiederkehrend Gasfeuerungsanlagen auf ihre Sicherheit zu überprüfen sind. Dies erfolgt durch eine Abgaswegeüberprüfung, bei der festgestellt wird, ob die Abgase einwandfrei nach draußen abziehen und ob genügend Verbrennungsluft zur Feuerstätte strömen kann. Im Zuge der Abgaswegeüberprüfung wird der CO-Gehalt gemessen. Zur Messung der CO-Konzentration werden verschiedene am Markt befindliche elektronische Geräte eingesetzt.

**Minderung des
Gefährdungspotenzials**

Die regelmäßig wiederkehrende Messung des Kohlenmonoxid-Gehaltes sorgt dafür, dass keine Gefährdung durch zu hohe Konzentrationen auftritt. Besonders wenn mit Gasthermen oder Einzelöfen in der Wohnung geheizt wird, ist das Gefährdungspotenzial offensichtlich höher einzuschätzen [2-5].

Beurteilung der CO-Messungen

Die CO-Messung hilft mit, im Betrieb eine hohe Verbrennungsqualität sicher zu stellen. Dies trägt zu einem sparsamen Gasverbrauch bei

**Beanstandung
von zu hohen
CO-Emissionen**

und verringert die Umweltbelastung. Es besteht also ein Interesse daran, zu hohe CO-Werte durch eine Wartung der Anlage auf ein normales Niveau zu reduzieren.

Den Anstoß zur Durchführung der Wartung gibt der Schornsteinfeger mit einem Prüfprotokoll entsprechend dem Zustand der Anlage nach Tabelle 2.-1. Der Betreiber der Anlage muss dann innerhalb einer festgesetzten Frist das Gasgerät durch einen Fachbetrieb warten lassen. Anschließend werden in 10 Bundesländern Nachmessungen durchgeführt, die sicher stellen sollen, dass die Wartung ordnungsgemäß durchgeführt wurde [2-9].

Tabelle 2.1-1: Einordnung der CO-Messung in der Praxis

Gemessene Konzentration	Beurteilung der Anlage
< 500 ppm	Die Anlage ist in Ordnung
500 bis 1000 ppm	Es wird eine Wartung empfohlen
>1000 ppm	Die Anlage ist nicht betriebssicher und muss gewartet werden

Im Jahr 2000 wurde vom Schornsteinfegerhandwerk die CO-Messung an rund 12,7 Mio. Gasfeuerungsanlagen durchgeführt [2-6].

2.2 Überwachung von Öl- und Gasfeuerungsanlagen nach der 1.BImSchV

2.2.1 Abgasverlust

Begrenzung der Abgasverluste

Die „Erste Bundes-Immissionsschutz-Verordnung“ (1.BImSchV), die auch als Kleinfeuerungsanlagen-Verordnung bezeichnet wird, regelt, welche Feuerungsanlagen wie oft durch den Schornsteinfeger überwacht werden und welche Abgaswerte einzuhalten sind. Im folgenden werden einige Aspekte der Verordnung, die für diese Studie relevant sind, vereinfacht wieder gegeben.

**Abgasverlust
als Effizienz-
kennzahl**

Der Abgasverlust gibt an, wie viel Verlustenergie mit dem Abgas aus der Feuerungsanlage abgeführt wird. Je höher der Abgasverlust ist, um so geringer ist der Wirkungsgrad der Feuerungsanlage. In der Praxis ist deshalb anzustreben, den Abgasverlust so klein wie möglich zu halten, um die eingesetzte Energie bestmöglich zu nutzen. Die gemessenen Werte für Öl- und Gasfeuerungen dürfen deshalb die in Tabelle 2.2.1-1 genannten Grenzwerte bei jährlich wiederkehrender Messung nicht überschreiten.

**Einzuhaltende
Grenzwerte für
den Abgasverlust****Tabelle 2.2.1-1:** Begrenzung der Abgasverluste in Abhängigkeit von der thermischen Leistung und dem Baualter [2-7]

Nennwärme- leistung in kW	Grenzwert für die Abgasverluste in %			
	bis	ab	ab 1.10.88	ab
	31.12.82	1.1.83	bzw. 3.10.90	1.11. 98 ¹⁾
über 11 bis 25	15	14	12	11
über 25 bis 50	14	13	11	10
über 50	13	12	10	9

1) oder gemäß Einstufung

Die Grenzwerte gelten auch bei Erstmessungen, wobei dann auch Feuerungsanlagen von über 4 kW bis 11 kW berücksichtigt werden.

Bestimmung der Abgasverluste**Berechnung des
Abgasverlustes
aus Messwerten**

Zur Bestimmung der Abgasverluste q_A einer Öl- oder Gasfeuerung werden die Abgastemperatur t_A , die Temperatur der Verbrennungsluft t_L und der Sauerstoffgehalt O_2 oder der Gehalt an CO₂ im Abgas gemessen [2-7]. Die Berechnung des Abgasverlustes erfolgt mit einer der nachstehenden Gleichungen:

$$q_A = (t_A - t_L) * \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right)$$

oder

$$q_A = (t_A - t_L) * \left(\frac{A_1}{CO_2} + B \right)$$

Tabelle 2.2.1-2: Koeffizienten für Heizöl und Erdgas (Auszug)

	Heizöl	Erdgas
A ₁	0,50	0,37
A ₂	0,68	0,66
B	0,007	0,009

Toleranzen**Toleranzen je
nach Meß-
genauigkeit**

Bei den Abgasverlusten sind nach der 1.BImSchV wegen auftreten der Messungenauigkeiten Toleranzen zugelassen. Die Größe der Toleranzen richtet sich nach dem Feuerungstyp. Es wird unterschieden nach Feuerungsanlagen mit und ohne Gebläse. Letztere werden noch differenziert nach höherem und geringerem Luftüberschuss. Die Werte der Verordnung sind in der Tabelle 2.2.1-3 zusammengestellt.

Mit einem Gebläse arbeiten moderne Ölzerstäubungsbrenner und Gasgebläsebrenner. Bei Gasbrennern ohne Gebläse wird die Ver-

brennungsluft über den Gasdruck zugemischt (atmosphärische Gasbrenner). Ölbrenner ohne Gebläse werden als Ölverdampfungsbrenner bezeichnet. Da die Messgenauigkeit von der Art des Brenners bestimmt wird, werden unterschiedliche Toleranzen zugelassen.

Tabelle 2.2.1-3: Toleranzen für die Abgasverluste [2-7]

Feuerstätte	Prozentpunkte
Mit Gebläse	1
Ohne Gebläse bei O ₂ ≤ 11 %	2
Ohne Gebläse bei O ₂ > 11 %	3

Wiederkehrende Messung

Ob eine Feuerungsanlage nur einmal oder wiederkehrend gemessen wird, hängt im wesentlichen von der Leistungsgröße ab. Erstmessungen werden an allen Anlagen innerhalb von 4 Wochen nach Inbetriebnahme durchgeführt. Von jährlich wiederkehrenden Messungen sind die größeren Anlagen betroffen, allerdings mit Ausnahmen wie Tabelle 2.-5 zeigt.

Bestimmte Anlagen werden jedes Jahr überprüft

Tabelle 2.2.1-4: Einmalige und wiederkehrende Messung [2-7]

Nennleistung in kW	Erstmessung	Wiederkehrende Messung
>4 bis 11	ja	nein
>11	ja	ja ¹⁾

¹⁾Außer: Brauchwasseranlagen ≤28 kW, Brennwertgeräte, bivalente Anlagen

2.2.2 Ruß und Ölderivate bei Ölfeuerungen

Ruß und Rußmessung

Ruß ist fein verteilter, fast reiner Kohlenstoff, der bei unvollkommener Verbrennung entsteht. Je mehr Ruß auftritt, um so schlechter ist die Verbrennung und umso größer sind die Verluste.

Ruß wirft ein schlechtes Licht auf die Anlage

Die Rußmessung erfolgt nach der Filterpapiermethode. Eine bestimmte Abgasmenge wird durch ein weißes Filterpapier gesaugt, das sich dunkel verfärbt. Der Schwärzungsgrad wird mit einer geeichten zehnteiligen Farbskala verglichen. Die Rußzahl kann die Werte von 0 bis 9 annehmen. Es sind 3 Messungen durchzuführen und der Mittelwert zu bilden. Die Beurteilung der Messungen erfolgt nach Augenschein.

Die Rußzahl von Ölfeuerungen darf höchstens 1 betragen. Ausnahme: Für Anlagen, die in den alten Bundesländern vor 1988 und in den

neuen Bundesländern vor 1990 errichtet wurden, ist die zulässige Rußzahl 2.

Ölderivate

**Ölderivate dürfen
im Abgas nicht
geduldet werden**

Ölderivate sind schwerflüchtige, übelriechende Bestandteile des Heizöls. Sie entstehen durch unvollständige Verbrennung bei Fehlfunktionen. Solche Stoffe dürfen nicht im Abgas vorkommen. Werden sie gefunden, dann ist die unverzügliche Wartung der Anlage notwendig.

Die Prüfung auf Ölderivate ist anhand der bei der Rußzahlmessung beaufschlagten Filterpapiere vorzunehmen. Mit dem bloßen Auge wird zunächst geprüft, ob eine von Ölderivaten verursachte Verfärbung vorliegt. Ist keine eindeutige Entscheidung möglich, muss ein Fließmitteltest (Acetontest) an den 3 Filterproben durchgeführt werden. Die Ölderivate bewirken eine Gelb- oder Braunfärbung.

2.3 Anstoß von Anlagenerneuerungen

Durch die regelmäßige jährliche Überprüfung der CO-Werte und der Abgasverluste ist der Schornsteinfeger der Einzige, der über den Zustand aller Anlagen laufend informiert ist. Da nur ein Bruchteil der Anlageneigentümer regelmäßige Wartungen durchführen lässt, ist der Schornsteinfeger oft derjenige, der den ersten Anstoß zu einer Erneuerung gibt. Dies erfolgt im Rahmen der üblichen Überprüfungen. Unabhängig davon sind die zusätzlichen Energieberatungen, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

2.4 Beratung in energiesparenden Maßnahmen

Das Schornsteinfegerhandwerk versteht sich zunehmend als moderner Dienstleistungsträger mit Beraterfunktion. Im Vordergrund steht die Beratung in heizungstechnischen und energiesparenden Maßnahmen. Grundlage für die Durchführung von Energieberatungen waren bisher Zusatzqualifikationen der Bezirks-Schornsteinfegermeister die im Rahmen von Lehrgängen erworben wurden. Energieberatungen werden deshalb vom Schornsteinfegerhandwerk in zunehmendem Maße angeboten. Dies erfolgt z.T. in Eigeninitiative und im Rahmen von besonderen Programmen oder Landesinitiativen. Ziel dieser Beratungen ist es, Hauseigentümer und Bewohner auf Schwachstellen der Heizungsanlage und der Gebäudehülle hin zu weisen und Energiesparmaßnahmen gezielt an zu stoßen.



3. Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der Energieeinsparungen

3.1 Aufbereitung der Daten aus den Kehrbezirken

Im begrenzten Rahmen der Studie konnte nur eine relativ kleine Anzahl von sieben Kehrbezirken aus westdeutschen Klein- und Mittelstädten ausgewertet werden. Insgesamt sind von folgenden Anlagen Daten verfügbar:

- 4.555 Öffeuerungen, die für alle Analysen verwendet wurden,
- 19.767 Gasfeuerungen, von denen für bestimmte Analysen nur 11.192 Anlagen verwendet werden konnten.

**Nicht alle Daten
waren brauchbar**

Wegen Inkonsistenzen konnten nicht alle bereit gestellten Daten genutzt werden. Zwischen 10 und 25 % waren unbrauchbar. Trotzdem ist die Stichprobe von nur sechs Kehrbezirken aus der Gesamtanzahl von rund 8.000 Kehrbezirken in Deutschland aus zwei Gründen für diese Untersuchung ausreichend:

- Beim Vergleich der Analyseergebnisse zeigt sich, dass Häufigkeitsverteilungen und Durchschnittswerte für die einzelnen Kehrbezirke untereinander nicht so stark voneinander abweichen. Die Ursache hierfür dürfte sein, dass die Anlagenanzahl (Öl und Gas) mit brauchbaren Daten pro Kehrbezirk über 2.000 liegt, was alleine schon eine recht gute Stichprobengröße darstellt.
- Ein Vergleich einiger Einzelergebnisse auf der Basis der sechs ausgewählten Kehrbezirke mit den entsprechenden Werten für ganz Deutschland aus den Erhebungen des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks [3-1] ergibt meist nur geringe Abweichungen.

**Stichprobengröße
ist ausreichend**

Datenformate

Die von den Schornsteinfegermeistern gelieferten Daten stammen z.T. aus unterschiedlichen Softwarepaketen und sind teilweise auch noch auf unterschiedliche Weise erhoben und dokumentiert worden. Sie mussten zunächst aus den Tabellen der Schornsteinfegermeister extrahiert werden, in geeigneter Weise zusammengestellt und in ein EXCEL-kompatibles Format transformiert werden.

Zeitreihen

Da einige der Schornsteinfegermeister erst vor wenigen Jahren eine neue Software für ihre Datendokumentation eingesetzt haben, standen nicht für jeden Kehrbezirk ausreichend lange Zeitreihen zur Verfügung. Die Daten liegen deshalb teils für 3 Jahre (1999 bis 2001) und teils für 4 oder 5 Jahre (1997 bis 2001) vor.

Für die Auswertung der Daten werden folgende Tools eingesetzt:

**Eingesetzte
Tools**

- Das relationale Datenbanksystem ORACLE: Es wird zur Ermittlung eines Teils der Häufigkeitsverteilungen genutzt.
- Die Funktionen „Häufigkeit“ und „AUTO FILTER“ aus EXCEL. Sie wird zur Ermittlung von Häufigkeitsverteilungen und zum Herausfiltern bestimmter Werte verwendet.

3.2 Vorgehen bei der Auswertung der CO Messungen

Ziel dieser Analyse ist, die Energieeinsparungen zu ermitteln, die entstehen, wenn die vom Schornsteinfeger festgestellten Überschreitungen der CO-Emissionen behoben werden. Die hierzu notwendige Auswertung der CO-Messungen erfolgt in Kapitel 4.1 und umfasst folgende Schritte:

Auswertungsschritte für CO

- a. Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der gemessenen CO-Werte. Damit wird eine geordnete Übersicht erstellt, die zeigt, wie groß die Streubreite der CO-Werte ist und wie viele Werte jeweils innerhalb bestimmter Größenklassen liegen. Es werden die Messungen aus mehreren Jahren ausgewertet.
- b. Herausfiltern der zu beanstandenden Messwerte, die in den Intervallen 500 bis 1000 ppm und >1000 ppm liegen.
- c. Schätzung des Anteils der gewarteten Anlagen. Es wird unterstellt, dass die im Jahr n beanstandeten Anlagen gewartet oder erneuert wurden, wenn deren Messwerte im Jahr $n+1$ unter 500 ppm liegen.
- d. Bestimmung des mittl. CO-Gehaltes vor und nach der Wartung.
- e. Ermittlung des Trends der jährlichen Verschlechterung der beanstandeten CO-Emission im Zeitraum von 1997 bis 2001. Die Ergebnisse dienen dazu, die Frage zu beantworten, wie sich die CO Emissionen in den nächsten Jahren weiter verschlechtern würden, wenn keine Überwachung und keine Wartung vorgenommen würden.
- f. Schätzung der Energieeinsparung für das Jahr 2000: Bei der Berechnung wird die CO Differenzmenge der Zustände vor und nach der Wartung ermittelt. Diese Differenzmenge wird nach der Wartung verbrannt. Die dadurch frei werdende Wärme entspricht der eingesparten Energiemenge aus dem Erdgas. Bei der Berechnung der Gesamtmengen an Energie wird der Anteil der gewarteten und erneuerten Anlagen berücksichtigt.
- g. Berechnung der fiktiven kumulativen Energieverluste bei fehlender Anlagenwartung. Hier wird untersucht, wie sich die Energieverluste aufgrund der jährlichen Zunahme der CO-Werte, die in Schritt „e.“ ermittelt wurden, entwickeln. Die Effekte werden über vier Jahre kumuliert.

3.3 Methodik zur Schätzung des Wasserstoffs im Abgas

Wasserstoff entsteht bei unvollständiger Verbrennung in Gas- und Ölfeuerungen, also immer dann, wenn Luftmangel vorhanden ist und wenn auch CO gebildet wird. Der Wasserstoff wird nicht im Brennraum umgesetzt, so dass zusätzliche Energieverluste entstehen, deren Größenordnung geschätzt werden soll.

Schätzung des H₂ Gehalts

Der Wasserstoffgehalt des Abgases wird nicht vom Schornsteinfeigerhandwerk gemessen und muss deshalb aus dem gemessenen CO-Gehalt berechnet werden, wobei ein mittleres Verhältnis von H₂ zu CO zugrunde gelegt wird. Da aber CO-Messungen nur an gasgefeuerten Anlagen vorgenommen werden, kann diese Untersuchung nicht für Ölfeuerungen durchgeführt werden.

Auswertungsschritte für H₂

Die Schätzung der Wasserstoffgehalte setzt weitgehend auf die Ergebnisse der CO-Analyse auf, die im vorstehenden Abschnitt beschrieben ist. Folgende Rechenschritte werden in Kapitel 4.2 durchgeführt:

- a. Ermittlung der Energieeinsparung für das Jahr 2000: Die energetisch nicht genutzte Wasserstoffmenge wird proportional der CO-Menge geschätzt. Dies ist aufgrund des Wassergas-Gleichgewichts bei luftarmer Verbrennung möglich [3-4]. Die mit der Wartung der Anlagen erzielte Einsparung ergibt sich aus der Wasserstoffmenge und dem Heizwert.
- b. Schätzung der kumulativen Energieverluste bei fehlender Anlagenwartung: Die Entwicklung der Wasserstoffmengen wird analog zu dem in Kapitel 3.2 beschriebenen Vorgehen berechnet. Es wird ein linearer Zusammenhang zwischen der Zunahme der CO Emissionen und der Wasserstoffmenge zugrunde gelegt.

3.4 Aufbereitung und Auswertung der Abgasverlust Messungen

Auswertungsschritte für Abgasverluste

Zielsetzung der Abgasverlust-Analysen ist es, die Energieeinsparungen zu schätzen, die erreicht werden, wenn die vom Schornsteinfeigerhandwerk festgestellten Überschreitungen durch eine Wartung der Anlage behoben werden. Die hierzu notwendige Auswertung der Abgasverlustmessungen erfolgt getrennt nach Öl- und Gasfeuerungen in Kapitel 4.3 in den folgenden Schritten:

- a. Auswertung der Häufigkeitsverteilungen der Einflussparameter und der Abgasverluste. Zu den Einflussparametern gehören die Abgastemperatur und der CO₂-Gehalt, die beide direkt in die Formel zur

**Vermeidung von
Doppel-
berechnungen**

- Berechnung der Abgasverluste durch den Schornsteinfeger eingehen. Des Weiteren werden die Leistungsdaten (Thermische Nennleistung) und das Baualter analysiert. Diese Informationen werden benötigt, weil die zulässigen Abgasverluste sowohl von der Leistung als auch vom Baualter der Anlage abhängen.
- b. Herausfiltern der Anlagen mit unzulässig hohen Abgasverlusten. Hier werden in Abhängigkeit von der Leistungsgröße und dem Baualter der Feuerung diejenigen Anlagen identifiziert, die über dem jeweiligen Grenzwert liegen. Als Begrenzung der Abgasverluste in den Filterprozeduren wurden die in der 1.BImSchV 1997 festgelegten Grenzwerte plus einer mittleren Toleranz von 1% angenommen.
 - c. Analyse der Anlagenwartung d.h. Ermittlung des Anteils der gewarteten Anlagen und der mittleren Abgasverluste vor und nach der Wartung. Es wird unterstellt, dass die im Jahr 2000 beanstandeten Anlagen gewartet wurden, wenn deren Messwerte im Jahr 2001 deutlich unter dem zulässigen Niveau liegen. Mit dieser Methode ist es nicht möglich zwischen einer Wartung und einer Erneuerung zu unterscheiden. Nach [3-6] werden 10 bis 20 % der beanstandeten Kessel erneuert. Dieser Anteil kann in den Jahren, in denen Übergangsfristen ablaufen höher sein. Dies wird hier aber nicht berücksichtigt. Die berechneten Energieeinsparungen werden um den mittleren Faktor 0,85 verringert. Die Einsparungen durch Kesselerneuerung werden separat berechnet (vgl. Kapitel 3.6).
 - d. Berechnung der Energieeinsparung durch Wartung der Anlagen. Mit Hilfe der Differenz der Abgasverluste vor und nach der Wartung und mit Hilfe des relativen Anteils aller gewarteten Anlagen wird die erreichte Energieeinsparung geschätzt.
 - e. Ermittlung der Wachstumsrate der Abgasverluste mit der Zeit und Extrapolation der Wachstumsrate. Diese Informationen dienen zur Schätzung des fiktiven Anstiegs der Energieverluste durch unterlassene Überprüfung und unterlassene Wartung in den nächsten fünf Jahren.

**3.5 Vorgehensweise bei der Durchführung der Rußzahl-
analysen****Die Wirkung der
Rußzahl lässt sich
nur grob schätzen**

Ziel der Rußzahl-Analysen ist es, einen groben Zusammenhang zwischen Rußzahl und Partikelemission zu ermitteln, die Häufigkeitsverteilung der Rußzahl zu untersuchen und die Energieeinsparung zu schätzen, die sich ergibt, wenn Anlagen mit zu hoher Rußzahl gewartet werden.

Das Vorgehen in Kapitel 4.4 gliedert sich in folgende Schritte:

- Ermittlung eines linearisierten Zusammenhangs zwischen Partikelemission und Rußzahl mit Hilfe von plausiblen Einzeldaten aus verschiedenen Literaturquellen.
- Häufigkeitsanalyse der gemessenen Rußzahlen.
- Schätzung der Energieeinsparung. Hierzu werden die gesamten jährlichen Partikelemissionen aufgrund der unzulässigen Rußzahlen ermittelt und mit dem Heizwert von Kohlenstoff multipliziert.

3.6 Methodisches Vorgehen bei der Schätzung der Kessel-erneuerungen

**Schornsteinfeger
und Heizungs-
installateure
konkurrieren**

Die Erneuerung eines alten Kessels durch einen modernen Nieder-temperatur- oder Brennwertkessel führt zu erheblichen Einsparungen. Ziel ist es, diese Einsparungen zu schätzen. Für die Gesamtzahl der ausgetauschten Kessel lässt sich dies relativ leicht durchführen. Da aber sowohl die Schornsteinfeger als auch die Heizungsinstallateure Erneuerungen anstoßen und da hierüber keine Daten vorliegen, ist eine eindeutige Zuordnung problematisch.

**Schätzung nur
grob möglich**

Die Durchführung der Schätzung, die in Kapitel 4.5 durch geführt wird, gliedert sich in folgende Einzelschritte:

- a. Entwicklung einer Arbeitshypothese mit dem eine grobe aber plausible Zuordnung der Kesselenerneuerungen zu den beiden Gruppen Schornsteinfeger und Heizungsinstallateure durchgeführt werden kann.
- b. Zusammenstellung mittlerer Nutzungsgrade alter und neuer Öl- und Gaskessel.
- c. Berechnung der Energieeinsparung mit Hilfe der Anzahl der geschätzten Kesselenerneuerungen und der Nutzungsgradverbesserungen. Ein Teil dieser Einsparung wird dann nach dem ermittelten Schlüssel dem Schornsteinfegerhandwerk zugeordnet.

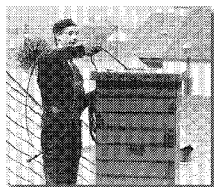
3.7 Vorgehen bei der Auswertung der Beratungstätigkeiten

Schornsteinfeger führen in zunehmenden Maße Kundenberatung in heiztechnischen und energiesparenden Fragen durch. Ziel dieser Auswertung ist es, den Energiespareffekt dieser Tätigkeit zu schätzen. Der Auswertungsvorgang in Kapitel 4.6 gliedert sich in die folgenden Schritte:

- Zunächst ist die Anzahl der durchgeführten Beratungen zu erheben. Neben schriftlichen Quellen wurden mündliche Mitteilungen

des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks mit verarbeitet.

- Da nicht alle Beratungen umgesetzt werden, ist eine Umsetzungsrate zu schätzen. Hier kann auf die Ergebnisse der Anstoßberatung in Hessen zurück gegriffen werden [3-5], [4.6-3].
- Für die umgesetzten Beratungen sind dann mittlere Einsparungen pro Beratung bzw. pro Gebäude zu schätzen. Hierzu werden die Ergebnisse aus der Evaluierung der KfW-Kreditprogramme mit heran gezogen [4.6-1].
- Im letzten Schritt wird dann die gesamte Energieeinsparung geschätzt. Wegen der erheblichen Unsicherheiten in den vorangehenden Arbeitsschritten, kann es sich hier nur um einen Näherungswert handeln.



**CO-Messwerte
schwanken
erheblich**

4. Energie- und CO₂-Einsparungen

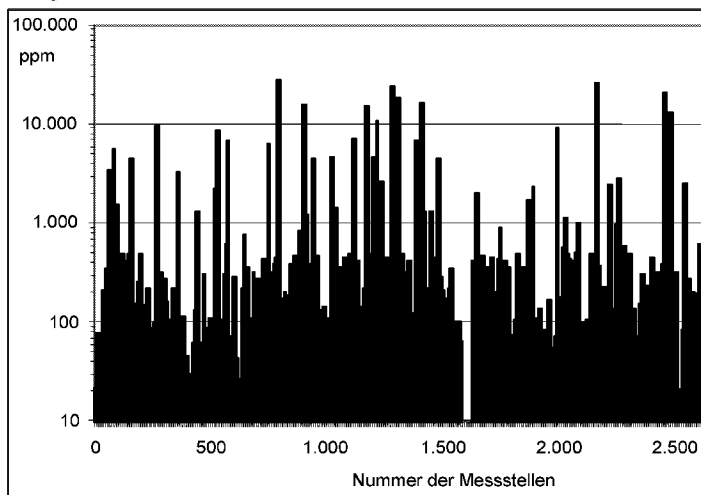
4.1 Einsparung durch Behebung unzulässiger CO-Werte an Gasfeuerungen

4.1.1 Häufigkeitsverteilung aller CO-Messwerte

Ungeordnete Verteilung der Messwerte

Die CO-Messungen schwanken in einem Bereich, der von wenigen ppm bis fast 50.000 ppm reicht. Die sehr hohen Werte treten allerdings selten auf. Die folgende Abbildung 4.1.1-1 zeigt die ungeordnete Verteilung der CO-Emissionen von ca. 2.500 Gasfeuerungen eines ausgewählten Kehrbezirks. Da eine solche Darstellung nur einen ersten Überblick geben kann, ist für eine systematische Auswertung die Ermittlung der Häufigkeitsverteilungen notwendig.

Abbildung 4.1.1-1: Ungeordnete Verteilung der CO-Messwerte eines ausgesuchten Kehrbezirks im Jahr 2000



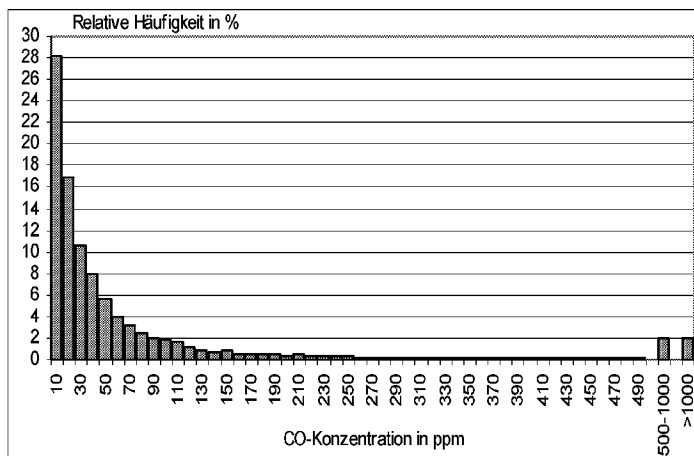
Relative Häufigkeit und Summenhäufigkeit

Für die Bestimmung der Häufigkeitsverteilungen werden 42.472 Messwerte aus den Datenbasen von 7 Kehrbezirken aus Westdeutschland extrahiert. Die damit ermittelten Verläufe der relativen Häufigkeit und der Summenhäufigkeit sind in den beiden folgenden Abbildungen 4.1.1-2 und 4.1.1-3 dargestellt. Auf der Abszisse wird eine Intervallbreite von 10 ppm zugrunde gelegt. Die Zahlen an den x-Achsen geben jeweils die Obergrenze des betreffenden Intervalls an.

**Die meisten Anlagen
emittieren
wenig CO**

Die relative Häufigkeit gibt an, welcher prozentuale Anteil der Messwerte in einem bestimmten Intervall liegt. Beispiel: Nach Abbildung 4.1.1-2 befinden sich 28,2 % aller Werte im Intervall von 0 bis 10 ppm. Mit steigendem CO-Gehalt nimmt die relative Häufigkeit sehr schnell ab, so liegen z. B. im Intervall von 90 bis 100 ppm nur noch 1,8 % der Messwerte. Oft ist auch die Darstellung der Messwerte als Summenhäufigkeit zweckmäßig.

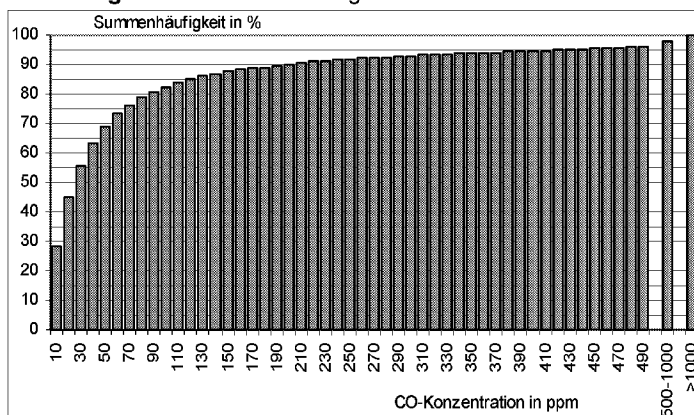
Abbildung 4.1.1-2: Relative Häufigkeit der CO-Messwerte



**96 % der Anlagen
werden nicht
beanstandet**

Die Summenhäufigkeit in Abbildung 4.1.1-3, die aus der Addition der relativen Häufigkeiten in Abbildung 4.1.1-2 resultiert, gibt an, welcher Anteil der CO-Werte unterhalb einer bestimmten Obergrenze liegt. So sind z.B. 82 % aller Messwerte kleiner als 100 ppm und 96 % kleiner als 500 ppm.

Abbildung 4.1.1-3: Summenhäufigkeit der CO-Messwerte



CO-Emissionen von Neuanlagen

Kesselhersteller nennen in ihren Katalogen z.B. für neue Nieder-temperatur-Gaskessel Werte für die CO-Konzentration, die unter 8 ppm (10 mg/kWh) liegen [4.1-1]. In [4.1-2] wird angegeben, dass nach den Anforderungen des Umweltzeichens „Blauer Engel“ Gas-Raumheizer 77 ppm (100 mg/kWh), Gaskessel 46 ppm (60 mg/kWh) und Gas-Brennwertkessel 38 ppm (50 mg/kWh) einhalten müssen. Neue Geräte, die eine Auszeichnung „Blauer Engel“ erhalten wollen, dürfen diese Werte nicht überschreiten. Ein Vergleich mit den im Betrieb gemessenen Konzentrationen an Kesseln jeden Baualters zeigt, dass diese Werte in der Praxis von einem großen Teil der existierenden Feuerungsanlagen nicht überschritten werden.

Durchschnittswerte

Die Durchschnittswerte für verschiedene Intervalle sind in Tabelle 4.1.1-1 zusammengestellt.

Tabelle 4.1.1-1: Durchschnittswerte

Betrachtetes Intervall	Anzahl der Messwerte	Relativer Anteil	Durchschnitts- wert
ppm		%	ppm
>0	42.472	100	144
< 500	40.814	96,1	55
500 bis 1.000	808	1,9	741
>1.000	850	2,0	3.917

Durchschnitt der nicht beanstandeten Anlagen ist niedrig

Betrachtet man nur die Messwerte, die nicht zu beanstanden sind (<500 ppm), dann ergibt sich ein Durchschnitt von nur 55 ppm. Werden alle Messungen bei der Mittelwertbildung berücksichtigt, dann steigt der Durchschnitt auf 144 ppm. Die relativ wenigen aber sehr hohen Werte ziehen den Durchschnitt nach oben. Mit 741 ppm befindet sich der dritte Durchschnittswert in Tabelle 4.1.1-1 ziemlich genau in der Mitte des Intervalls von 500 bis 1.000 ppm. Die Messwerte über 1.000 ppm ranken sich um ein Mittel von fast 4.000 ppm.

4.1.2 Die beanstandeten Messwerte

Nicht betriebs- sicher sind 2 % der Anlagen

Für die kritischen CO-Belastungen ergeben sich nach Tabelle 4.1.1-1 folgende Häufigkeiten:

- 500 bis 1.000 ppm: 1,9 %
- >1.000 ppm: 2,0 %.

Demnach sind knapp 4 % der CO-Messwerte zu beanstanden. Die Häufigkeit für unzulässige Messwerte >1.000 ppm ist mit 2 % in ausreichender Übereinstimmung mit den deutschlandweiten Erhebungen des Schonsteinfegerhandwerks für die Jahre 2001 und 2000 [4.1-3]. Für das Intervall 500 bis 1.000 ppm ist die hier ermittelte Häufigkeit

um ca. 1/3 niedriger als in den Erhebungen des Schonsteinfegerhandwerks. Die Ursachen für die Abweichung dürften in der relativ kleinen hier verwendeten Stichprobe zu suchen sein.

Fast Gleichverteilung zwischen 500 und 1000 ppm

Ermittelt man die Häufigkeitsverteilung für die Messwerte im Intervall 500 bis 1000 ppm, dann fällt auf, dass die Verteilung relativ gleichmäßig ist (Abbildung 4.1.2-1). Ein nur leicht abfallender Trend ist mit steigender Konzentration erkennbar. Einen eindeutigeren Trend zeigen die Werte der Kategorie >1000 ppm, wie Abbildung 4.1.2-2 zeigt.

Abbildung 4.1.2-1: Relative Häufigkeit der CO-Messwerte im Intervall 500 bis 1.000 ppm (Intervallbreite 25 ppm)

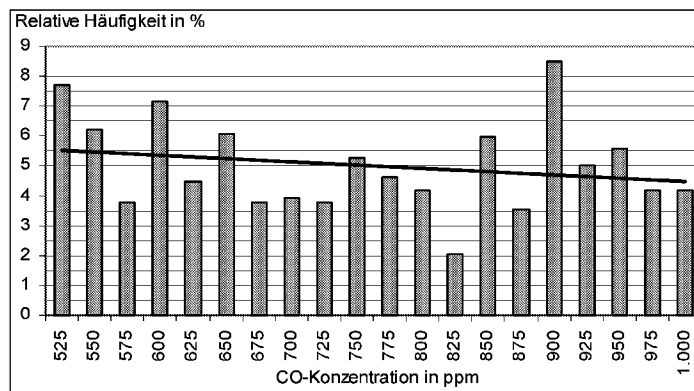
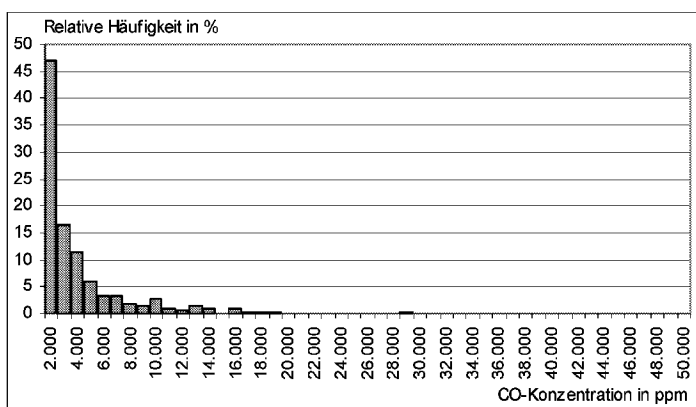


Abbildung 4.1.2-2: Relative Häufigkeit der CO-Messwerte über 1.000 ppm (Intervallbreite 1.000 ppm)



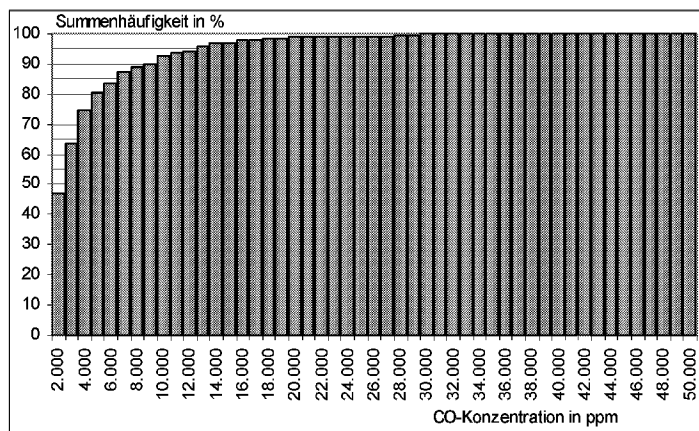
Extrem hohe CO-Werte sind selten

Obwohl in der Klasse der unzulässigen Werte über 1000 ppm einzelne Messwerte fast 50.000 ppm erreichen, liegt etwa die Hälfte der

Werte (47 %) im Intervall von 1.000 bis 2.000 ppm (Abb. 4.1.2-2). Die relative Häufigkeit der höheren CO-Werte nimmt sehr schnell ab.

Bei Betrachtung der Summenhäufigkeit in der folgenden Abbildung 4.1.2-3 zeigt sich, dass rund 95 % der Messwerte kleiner als 12.000 ppm sind und dass 99 % aller Messungen unter 22.000 ppm liegen. Dies zeigt noch einmal klar, wie gering die Anzahl der extrem hohen Messwerte ist. Trotzdem geht gerade von diesen sehr hohen Werten eine starke Gefährdung aus.

Abbildung 4.1.2-3: Summenhäufigkeit der CO-Messwerte über 1.000 ppm (Intervallbreite 1.000 ppm)



4.1.3 Wirkung der Wartungen und Anteil der gewarteten Anlagen

CO Werte vor und nach der Wartung

Die folgende Tabelle 4.1.3-1 zeigt die Ergebnisse der Wartungsanalyse für die beiden Intervalle 500 bis 1000 ppm und >1000ppm sowie für beide zusammen. Die mittleren CO-Gehalte der gewarteten Anlagen für die Zeiträume vor und nach der Wartung sind in der dritten und vierten Spalten zusammengestellt.

Tabelle 4.1.3-1: Ergebnisse der Wartungsanalyse

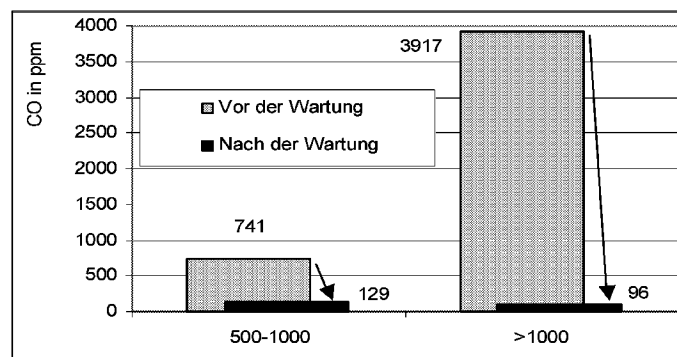
**Wartung mindert
CO-Gehalte
erheblich**

	Mängel- intervall ppm	CO-Gehalt vor Wartung ppm	CO-Gehalt nach Wartung* ppm	Anteil der Wartungen* %
Intervall 1	500 – 1000	741	129	70
Intervall 2	>1000	3.917	96	80

* Enthält gewartete und erneuerte Anlagen

Der Durchschnitt der ungewarteten Anlagen für das Intervall 500 bis 1.000 ppm liegt mit 741 ppm etwa in der Mitte. Für die Messwerte über 1.000 ppm ist der Durchschnittswert vor der Wartung mit fast 4.000 ppm recht hoch. Durch die Wartung und die teilweise Erneuerung werden im Mittel wieder recht niedrige Werte erreicht, die um 100 ppm liegen, wie Abbildung 4.1.3-1 zeigt.

Abbildung 4.1.3-1: Verringerung der durchschnittlichen CO-Emission durch Wartung und teilweise Erneuerung



Anteil der gewarteten und erneuerten Anlagen

Die letzte Spalte der Tabelle 4.1.3-1 zeigt den Anteil der durchgeführten Wartungen, bezogen auf die Gesamtzahl der Beanstandungen. Die Zahlen, die für sieben Kehrbezirke ermittelt wurden, liegen nicht bei 100 %, so wie es der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks als Mittelwert für ganz Deutschland erwartet. Deshalb soll dieser Punkt hier etwas ausführlicher diskutiert werden.

Auswertungskriterium für die Einordnung in die Kategorie „gewartete Anlage“ ist bei der Datenanalyse, dass der im Jahr n beanstandete Messwert im Folgejahr $n+1$ unter 500 ppm liegt. Für Anlagen, die im Intervall 500 bis 1.000 ppm liegen, erfüllen 70 % diese Bedingung (vgl. Tabelle 4.1.3-1). Bei über 1.000 ppm stuft der Schornsteinfeger die Anlage als nicht betriebssicher ein. Damit wird der Druck größer, eine Wartung durch zu führen, woraus offensichtlich der höhere Wert von 80 % resultiert. Mit dieser Methode kann aber nicht zwischen gewarteten und erneuerten Anlagen unterschieden werden. Für die Berechnung der Energieeinsparung durch Beseitigung der unzulässigen CO-Werte ist das jedoch unerheblich.

In der Praxis ist die beanstandete Anlage innerhalb einer festgesetzten Frist durch einen Fachbetrieb zu warten. Allerdings lässt sich aus

den vorliegenden Daten der genaue Zeitpunkt der Wartung nicht ermitteln. Entsprechend der Datenlage und dem Auswertungsmodus, steht nur ein Messwert pro Jahr zur Verfügung. Man kann deshalb nur sagen, ob die Wartungen im Zeitraum des ersten Jahres nach der Beanstandung durchgeführt wurden oder nicht.

Die Ursache für die Abweichung vom 100 % Erwartungswert kann daher sowohl in der Auswertungsmethodik liegen als auch in der Tatsache, dass ein Teil der Anlagenbesitzer die Wartung nicht innerhalb eines Jahres durchführt, sondern später. So zeigen die Daten, dass im zweiten Jahr nach dem Überschreiten des Grenzwertes praktisch alle Anlagen gewartet sind, die im ersten Jahr nicht gewartet wurden.

Die Analyse der nicht gewarteten Anlagen zeigt, dass für die Entwicklung der unzulässigen Werte im Folgejahr nach dem ersten Auftreten zwei Trends erkennbar werden:

- a. Die CO-Werte sind im Folgejahr erheblich niedriger als bei der Beanstandung, aber immer noch deutlich größer als 500 ppm. Dies lässt den Schluss zu, dass die Anlagen gewartet wurden, allerdings unzureichend. Dieser Effekt war insbesondere bei den Anlagen mit sehr hohen beanstandeten Ausgangswerten zu beobachten. Möglicherweise handelt es sich hier um alte oder sehr schlechte Anlagen.

In diese Kategorie können auch Anlagen fallen, die zwar ordnungsgemäß gewartet wurden, deren Emissionswert sich aber innerhalb eines Jahres wieder bis über die Beanstandungsgrenzen verschlechtert hat.

- b. Die CO-Werte sind im Folgejahr weiter angestiegen. Diese Anlagen wurden gar nicht gewartet. Die Datenanalyse zeigt, dass sich der Mittelwert für die betroffenen Anlagen bis zum darauf folgenden Jahr etwa verdoppelt. Hier sind besonders Anlagen mit einem im Mittel deutlich niedrigeren beanstandeten Ausgangswert als in „a“ betroffen. Diese Anlagen sind sehr wahrscheinlich nicht innerhalb eines Jahres gewartet worden.

Nicht oder unzureichend gewartete Anlagen

Anteil der gewarteten Anlagen im Bundesdurchschnitt höher

Die Anlagen entsprechend „a“ und „b“ werden aufgrund des Auswertungsmodus als „nicht gewartete Anlagen“ bezeichnet, da sie über der Beanstandungsgrenze von 500 ppm liegen. Damit wird klar, dass die in Tabelle 4.1.3-1 ausgewiesenen Anteile der gewarteten Anlagen etwas zu pessimistisch sind. In der Praxis dürfte der bundesweite Durchschnittswert höher liegen.

4.1.4 Energieeinsparung durch Behebung der unzulässigen CO-Werte

Hohe CO-Werte im Abgas sind ein Zeichen für eine schlechte Verbrennungsqualität. Durch Verschmutzungen und eine unzureichende Wartung der Anlage kommt es zu einer unvollständigen Verbrennung. Als Folge davon steigt der CO-Anteil im Abgas an.

Durch unverbranntes CO entstehen Energieverluste

Werden die beanstandeten Anlagen gewartet, dann funktioniert die Verbrennung wieder besser und der CO-Ausstoß ist anschließend geringer (vgl. Abbildung 4.1.3-1). Die CO Differenzmengen vor und nach der Wartung wird in den gewarteten Anlagen verbrannt und die eingesparte Energiemenge entspricht genau dem Energieinhalt der verbrannten CO-Menge. Aufgrund dieser Überlegungen werden die Einsparungen geschätzt. Die notwendigen Rechenschritte mit den jeweiligen Ergebnissen sind in der Tabelle 4.1.4-1 zusammengestellt. Die Zahlen gelten für alle deutschen Kehrbezirke.

Tabelle 4.1.4-1: Berechnung der Energieeinsparung durch Beseitigung der unzulässigen CO-Werte (2000)

		Voraussetzungen, Umrechnungsfaktoren	Dimension	Ergebnis
1	Gasverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher für Raumwärme und Warmwasser	CO-Messung an allen Anlagen	PJ	1.437
2	Anteil der beanstandeten Anlagen (500-1000 ppm)		%	3,3
3	Anteil der beanstandeten Anlagen (>1000 ppm)		%	2,4
4	Gasverbrauch der beanst. Anl. (500-1000 ppm)		PJ	47,4
5	Gasverbrauch der beanst. Anl. (>1000 ppm)		PJ	34,5
6	Gasanteil der beanst. Anlagen (500-1000 ppm)	36 MJ/m ³	Mio. m ³	1.317
7	Gasanteil der beanst. Anlagen (>1000 ppm)	36 MJ/m ³	Mio. m ³	958
8	Abgasmengen der beanst. Anl. (500-1000 ppm)	10,4 m ³ /m ³	Mio. m ³	13.699
9	Abgasmengen der beanst. Anl. (>1000 ppm)	10,4 m ³ /m ³	Mio. m ³	9.963
10	CO-Differenzmenge im Abgas (500-1000 ppm)	vorher 740 ppm nachher 129 ppm	Mio. m ³	8,4
11	CO-Differenzmenge im Abgas (>1000 ppm)	vorher 4000 ppm nachher 96 ppm	Mio. m ³	38,9
12	CO-Differenzmenge im Abgas (gesamt)		Mio. m ³	47,3
13	Wärmeinhalt der CO-Differenzmenge	12,6 MJ/m ³	PJ	0,60
14	Abzug aufgrund nicht gewarteter Anlagen (-20%)		PJ	-0,12
15	Energieeinsparung (netto) durch Beseitigung der unzulässigen CO-Werte		PJ	0,48

Die Rechenschritte in Tabelle 4.14-1 lassen sich im Einzelnen wie folgt darstellen:

**Nettoenergie-
einsparung
rund 0,5 PJ**

- Der Gasverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 2000 für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung in der Zeile 1 wurde mit Hilfe der Literatur [4.1-3, 4.1-4, 4.1-5] bestimmt.
- Der Anteil der Mängelanlagen wurde durch Auswertung der Daten aus den Kehrbezirken mit 1,9 % (500 bis 1.000 ppm) und 2,0 % (>1.000 ppm) ermittelt. Die entsprechenden Werte, die der Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks für Deutschland ermittelt hat, liegen für 2000 mit 3,3 % (500 bis 1.000 ppm) und 2,4 % (>1.000 ppm) etwas höher [3-3]. Für die Einsparrechnungen werden diese Zahlen in den Zeilen 2 und 3 der Tabelle 4.14-1 verwendet.
- Die nächsten vier Zeilen zeigen dann den Gasverbrauch der beanstandeten Anlagen in PJ und Mio. m³.
- Im nächsten Schritt (Zeilen 8 und 9) werden die bei Verbrennung dieser Gasmengen entstehenden Abgasmengen berechnet.
- Mit den CO-Gehalten vor und nach der Wartung entsprechend Tabelle 4.1.3-1 kann dann die Differenzmenge an CO ermittelt werden, die in den Zeilen 10, 11 und 12 aufgeführt ist.
- Mit der spezifischen Wärme von Kohlenmonoxid wird der Wärmeinhalt der gesamten CO-Differenzmenge in Zeile 13 bestimmt.
- Wegen nicht gewarteter Anlagen werden 20 % abgezogen. Damit ergibt sich ein Nettoeinsparung von rund 0,5 PJ.

4.1.5 Wachstum der CO-Emission bei unterlassener Wartung

**Beanstandete
CO-Werte haben
eine Vorgeschichte**

Die Datenanalyse hat gezeigt, dass sich die in einem bestimmten Jahr beanstandeten mittleren CO-Werte in den Vorjahren meist stetig verschlechtert haben. Dieser Trend ist in Abbildung 4.1.5-1 in Form von Mittelwerten dargestellt. Dabei ist n das Jahr der Beanstandung, in dem alle Werte >500 ppm erfasst werden. Die CO-Werte steigen von im Mittel 40 ppm innerhalb von vier Jahren auf einen Mittelwert von 2.600 ppm an. Die Streuung der Einzelwerte ist allerdings ganz erheblich, wie die Abbildungen 4.1.2-1 und 4.1.2-2 zeigen.

Ein großer Teil der Anlagen verschlechtert sich nicht linear von $n-4$ bis n , sondern macht von $n-1$ nach n einen starken Sprung. Dies zeigt auch die stärkere Steigung des rechten Teilstücks der Mittelwertkurve in Abbildung 4.1.5-1 an.

Die Trendextrapolation in Abbildung 4.1.5-1 zeigt, wie sich die CO-Werte im Mittel wahrscheinlich weiter entwickeln würden, wenn die vom Schornsteinfeger angestoßene Wartung nicht erfolgen würde.

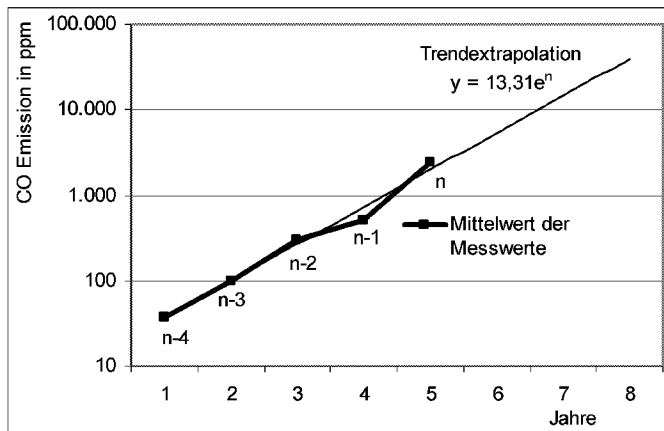
**CO-Emission un-
gewarteter Anlagen
steigt stark an**

Aufgrund der Exponentialfunktion verdreifachen sich die Werte etwa jedes Jahr. Bereits vier Jahre nach Überschreitung der Grenzwerte

haben sich die mittleren Emissionen der Anlagen so sehr verschlechtert, dass - zumindest rechnerisch - ein katastrophaler CO-Wert von rund 35.000 ppm erreicht wird. Dies entspricht einem CO-Volumenanteil im Abgas von rund 3,5 %, was in der Praxis eine extrem schlechte Verbrennung bedeutet.

Die Trendextrapolation wird in Kapitel 4.1.6 eingesetzt, um die kumulativen Effekte für den Fall zu rechnen, dass keine Überwachung und keine Wartung durchgeführt werden.

Abbildung 4.1.5-1: Anstieg der beanstandeten CO-Werte in den vorangegangenen Jahren und Trendextrapolation (logarithmisch)



4.1.6 Fiktive Energieverluste bei unterlassener Wartung

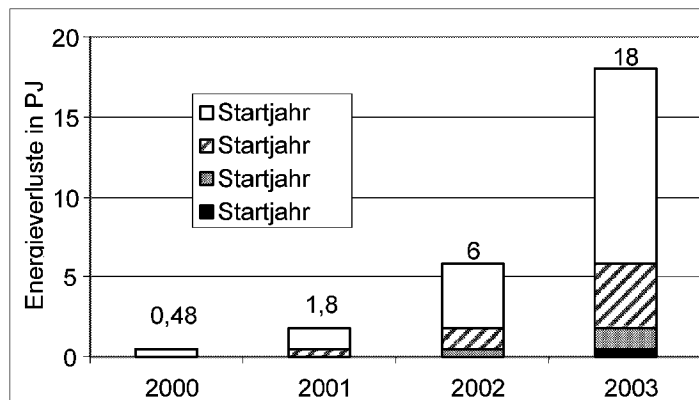
Ziel der folgenden Ausführungen ist es, darzustellen, wie sich die Energieverluste entwickeln würden, wenn der Schornsteinfeger keine Überwachung durchführen würde und der Heizungsinstallateur die Anlagen nicht warten würde. Die Rechnungen hierzu basieren auf den in Kapitel 4.1.5 ermittelten Trends zur Verschlechterung der CO-Emissionen.

Die Emissionen der Anlagen, die im Startjahr 2000 die zulässigen Werte überschreiten, verdreifachen sich voraussichtlich in jedem Folgejahr, sofern die Anlagen nicht zum Stillstand kommen. Proportional zur rasanten Zunahme der CO-Emissionen vergrößern sich die Energieverluste. Dies ist in der folgenden Abbildung 4.1.6-1 dargestellt. Die Energieverluste der Anlagen mit dem Startjahr 2000 steigen von 0,48 PJ auf rund 12,5 PJ im Jahr 2003. Es wird unterstellt, dass in je-

**Starker kumulativer
Anstieg der
Verluste bei fehlen-
der Wartung**

dem der Folgejahre nach 2000 etwa die gleiche Anzahl von weiteren, betriebsbedingten Mängelanlagen dazu kommt, deren CO-Emission in dem betreffenden Jahr die zulässigen Werte überschritten hat und die dann in den folgenden Jahren nach dem gleichen Muster weiter ansteigt. Die daraus resultierenden kumulierten Energieverluste sind in Abbildung 4.1.6-1 gezeigt.

Abbildung 4.1.6-1: Entwicklung der kumulativen Energieverluste infolge von unzulässigen CO-Emissionen bei unterlassener Wartung



Die fiktiven Verluste steigen bis 2004 um das Vierzigfache auf 18 PJ.

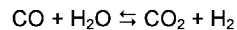
Weder die riesigen Schadstoffmengen noch die hohen Energieverluste, die bei dieser ungewarteten Betriebsweise auftreten würden, sind zu akzeptieren.

4.2 Energiegewinne durch Unterdrückung der Wasserstoff-Entstehung bei Gasfeuerungen

4.2.1 Entstehung und Menge des Wasserstoffs

Entstehungs- ursache von Wasserstoff

Wasserstoff tritt bei einer Verbrennung mit Luftmangel auf. Ursache hierfür ist folgende Gleichgewichtsformel:



Wird durch unvollständige Verbrennung Kohlenmonoxid (CO) gebildet, dann reagiert es mit dem Verbrennungsprodukt Wasserdampf (H₂O). Dabei entstehen Kohlendioxid (CO₂) und Wasserstoff (H₂). Das Gleichgewicht ist endotherm, deshalb entsteht um so mehr Wasserstoff, je heißer die Flamme ist.

Entstehende Wasserstoff- menge

Die relativen Verhältnisse von H₂ und CO im Abgas sind in Tabelle 4.2.1-1 nach [4.2-1] dargestellt. Bei Ölfeuerungen entspricht die H₂ Menge der CO Menge, bei Gasfeuerung ist sie doppelt so groß. Die Zahlen können allerdings nur Mittelwerte sein, weil das Verhältnis je nach den Bedingungen im Verbrennungsraum schwanken kann.

Tabelle 4.2.1-1: Anhaltswerte für das Verhältnis von H₂ zu CO

Brennstoff	Verhältnis H ₂ / CO
ÖL	1 : 1
Gas	2 : 1

Der im Verbrennungsraum entstehende Wasserstoff wird im Kessel nicht energetisch genutzt und ist als Energieverlust zu verbuchen.

Die Wasserstoff- entstehung trägt zu den Verlusten bei

Da vom Schornsteinfeger nur der CO-Gehalt bei Gasfeuerungen gemessen wird, muss der Wasserstoffgehalt mit Hilfe der Angaben in Tabelle 4.2.1-1 geschätzt werden.

4.2.2 Energieeinsparung durch Anlagenwartung

Gasfeuerungen

Wasserstoff tritt in größeren Mengen auf, wenn gleichzeitig CO in größeren Mengen vorhanden ist, d.h. wenn sich die Anlage in mangelhaftem Zustand befindet. Durch eine Wartung wird dieser Zustand behoben und die Verluste werden verhindert.

Die Berechnung der Energieverluste setzt auf die Berechnung der CO-Verluste in Tabelle 4.1.4-1 auf. Ausgangspunkt ist die CO-Menge im Abgas aller Gasfeuerungen in Deutschland von 47,3 Mio. m³, die durch eine Wartung beseitigt wird (Tabelle 4.2.2-1). Diese Menge

Die Energieeinsparung ist nicht vernachlässigbar

wird entsprechend Tabelle 4.2.1-1 verdoppelt und mit dem Heizwert von Wasserstoff multipliziert. Ein pauschaler Abschlag von 20 % für nicht gewartete Anlagen führt auf eine Nettoeinsparung von 0,8 PJ für Deutschland.

Tabelle 4.2.2-1: Berechnung der Energieeinsparung durch Vermeidung der Wasserstoffbildung (2000)

		Dimension	Ergebnis
1	CO-Differenzmenge im Abgas nach Tabelle 4.1.4-1	Mio. m ³	47,3
2	H ₂ -Differenzmenge	Mio. m ³	94,6
3	Wärmeinhalt von Wasserstoff (Hu)	MJ/m ³	10,8
4	Energieeinsparung aufgrund der Wartung	PJ	0,80

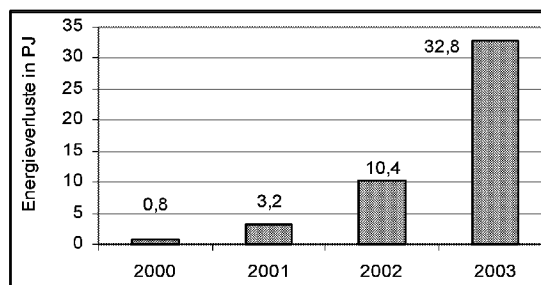
Ölfeuerungen

Bei Ölfeuerungen ist die Datenlage unklar, weil die CO-Emissionen bei Ölfeuerungen nicht gemessen werden. Damit kann kein Bezug zu dem auftretenden Wasserstoff hergestellt werden. Außerdem werden die Wartungen bei Ölfeuerungen aufgrund des schlechten Abgasverlustes durchgeführt, wobei nicht klar ist, ob eine Korrelation zwischen Abgasverlust und H₂ Bildung besteht. Es kann also nicht ermittelt werden, wie viel Wasserstoff durch die Wartung verhindert wird.

4.2.3 Anstieg der Energieverluste bei unterlassener Wartung

Die Berechnung des Anstiegs der Energieverluste bei unterlassener Überprüfung und bei unterlassener Wartung setzt auf das in Kapitel 4.1.6 für CO beschriebene Verfahren auf. Die dort ermittelten jährlichen Steigerungsraten für die CO-Emission werden auf die Wasserstoffmenge übertragen. Dies ist für eine Grobabschätzung zulässig, da nach dem im vorstehenden Kapitel 4.2.1 beschriebenen Modell der Wasserstoffentstehung die H₂ Menge mit der CO Menge ansteigt. Abbildung 4.2.3-1 zeigt die resultierende Entwicklung der Energieverluste, die in 3 Jahren etwa um das Vierzigfache ansteigen.

Abbildung 4.2.3-1: Energieverluste bei unterlassener Wartung



4.3 Verringerung der Energieverluste durch Beseitigung zu hoher Abgasverluste

4.3.1 Häufigkeitsverteilung der Abgasparameter

Das berechnete Abgasverlust-Diagramm

Die Abgasverluste werden nach der 1.BImSchV mit den in Kapitel 2.2.1 beschriebenen Formeln berechnet und in Abbildung 4.3.1-1 dargestellt. Das Diagramm zeigt den Bereich der Werte, die auch in der Praxis auftreten können.

Berechnete Abgasverluste für Heizöl

Abbildung 4.3.1-1: Berechnete Abgasverluste q_A in % für Heizöl

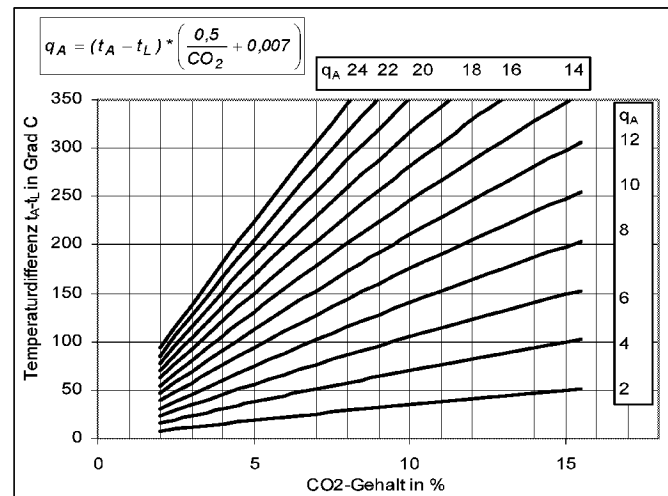


Abbildung 4.3.1-1 zeigt den Bereich der berechneten Abgasverluste für Heizöl. In dem entsprechenden Diagramm für Erdgas, das hier nicht gezeigt wird, liegen die Kurven für gleiches q_A über den ganzen CO₂-Bereich bei rund 25 % höheren Temperaturdifferenzen. Nach Abbildung 4.3.1-1 sind die Abgasverluste umso kleiner, je niedriger die Abgastemperatur und je höher der CO₂-Gehalt ist.

Häufigkeitsverteilung der gemessenen Abgastemperaturen

Der Streubereich der Abgasverluste wird durch die Variationsbreite der Abgastemperatur und des CO₂-Gehaltes bestimmt. Für die Abgastemperatur gelten folgende Anhaltswerte [4.3-1]:

- Moderne Brennwertkessel können bis unter 40 °C kommen
- Neue Niedertemperaturkessel liegen je nach Bauweise im Bereich von <80 bis 200 °C.

Abgastemperatur bei üblichen Kesseln

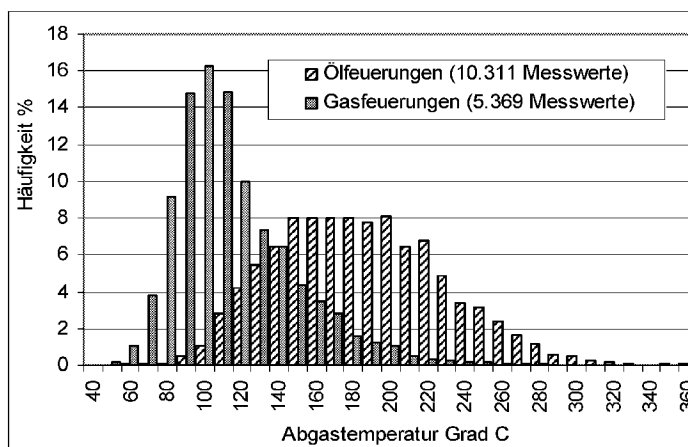
- Ältere Kessel können im Normalbetrieb im Mittel eine bis zu 100 °C höhere Abgastemperatur haben als neue Kessel.
- Bei gestörtem Betrieb können die Werte durchaus noch höher werden.

Gemessene Abgas- temperaturen

Abbildung 4.3.1-2 zeigt die Häufigkeitsverteilung gemessener Abgastemperaturen für Gas- und Ölanlagen. Gasfeuerungen liegen im Bereich von 40 bis 300 °C, mit einem Durchschnitt von 94 °C. Rund 90 % der Abgastemperaturen liegen im Bereich von 70 bis 173 °C.

Die Abgastemperaturen von Ölfeuerungen liegen deutlich höher. Der Bereich überdeckt die Spanne von 60 bis 410 °C, mit einem Durchschnitt von 179 °C. Hier liegen 90 % der Abgastemperaturen im Intervall von 127 bis 258 °C.

Abbildung 4.3.1-2: Häufigkeitsverteilungen von Abgastemperaturen für Gas- und Ölfeuerungen (1997 – 2001)



Ölfeuerungen mit höheren Abgas- temperaturen

Häufigkeitsverteilung der CO₂-Gehalte

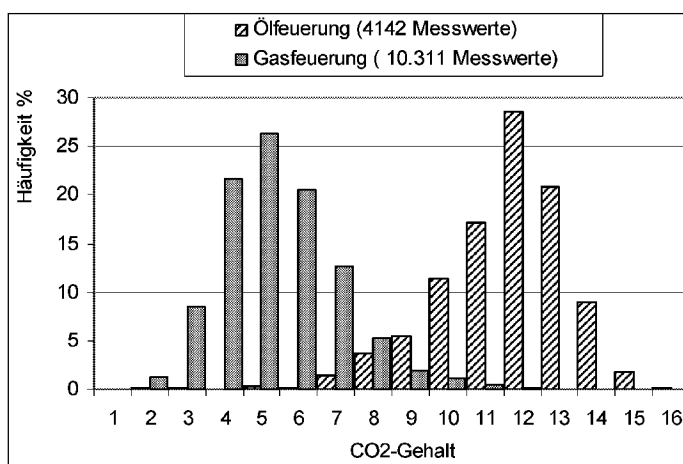
Bei vollkommener Verbrennung tritt der maximale Kohlendioxidgehalt (CO₂)_{max} dann im Verbrennungsgas auf, wenn die zugeführte Verbrennungsluft der stöchiometrischen Menge entspricht. Für Heizöl beträgt der Wert (CO₂)_{max}=15,5 % und für Erdgas (CO₂)_{max}=11,8 % [4.3-2]. Wird die vollkommene Verbrennung mit einem zunehmenden Luftüberschuss durchgeführt, dann sinkt der CO₂-Gehalt. Deshalb sind die meisten gemessenen Werte deutlich kleiner.

Abbildung 4.3.1-3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der CO₂-Gehalte im Abgas von Öl- und Gasfeuerungen. Auffallend sind die niedrigen

CO₂-Gehalte von Öl- und Gasfeuerungen unterschiedlich

Werte der gasgefeuerten Anlagen. Das Intervall reicht hier von 2 bis 11 %, wobei der Durchschnittswert 4,9 % beträgt. Bei ölgefeuerten Anlagen ist der Durchschnitt rund 11,2 % mit einer Intervallbreite von 7 bis 15 %.

Abbildung 4.3.1-3: Häufigkeitsverteilungen der CO₂-Gehalte für Gas- und Ölfeuerungen (1997 – 2001)



Häufigkeitsverteilung der Abgasverluste

Gaskessel mit niedrigeren Abgasverlusten

Die Streubreite der gemessenen Abgasverluste liegt für Öl- und Gasfeuerungen im Bereich von 2 bis 30 %. Allerdings sind die relativen Anteile der sehr niedrigen und der sehr hohen Werte gering. So treten Abgasverluste über 18 % lediglich an 2 von 1.000 Anlagen auf.

Abbildung 4.3.1-4: Häufigkeitsverteilung der Abgasverluste (Intervallbreite 1 %)

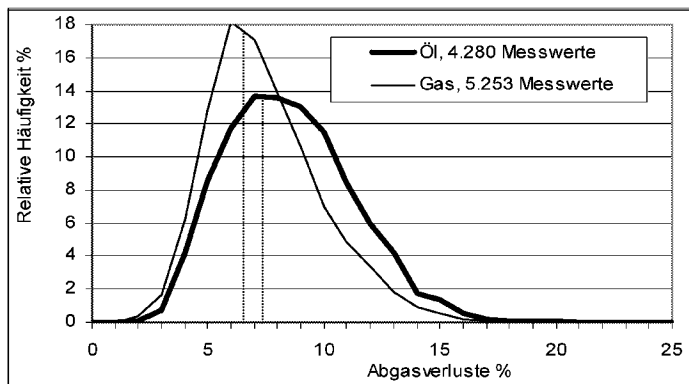
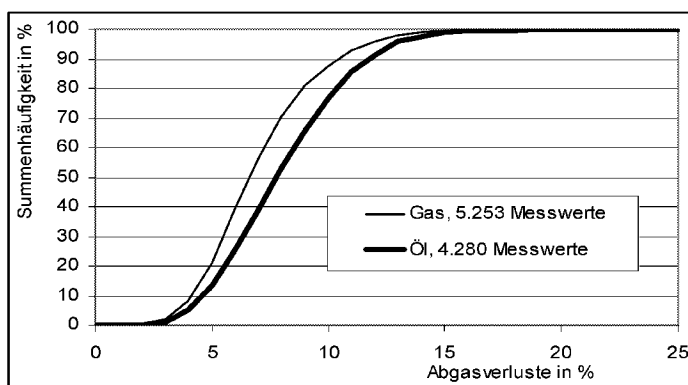


Abbildung 4.3.1-5: Summenhäufigkeit der Abgasverluste (Intervallbreite 1 %)



Die Gasfeuerungen liegen mit den Abgasverlusten insgesamt etwas niedriger als die Ölfeuerungen. Ihre Kurven sind deshalb in den Abbildungen 4.3.1-4 und 4.3.1-5 nach links verschoben. Dies zeigt sich auch an den Durchschnittswerten, die in Abbildung 4.3.1-4 gestrichelt eingezeichnet sind. Der Mittelwert von Gasfeuerungen beträgt 7,5 % und der von Ölfeuerungen 8,5 %.

4.3.2 Häufigkeitsverteilung der Nennleistung von Öl- und Gasfeuerungen

Die Leistungsgröße bestimmt u.a. den zulässigen Abgasverlust

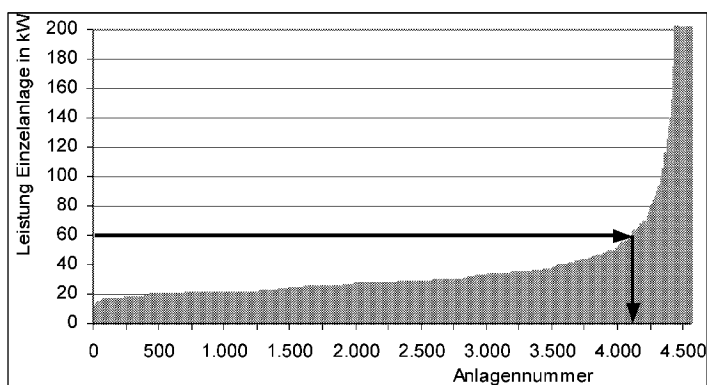
Ziel der folgenden Analysen ist es, Häufigkeitsverteilungen für die thermische Leistung der Einzelanlagen zu ermitteln, Durchschnittswerte zu bestimmen sowie Öl- und Gasfeuerungen miteinander zu vergleichen. Diese Informationen werden z.T. in den folgenden Untersuchungen eingesetzt.

Ölfeuerungen

Während Gasfeuerungsanlagen auch im Leistungsbereich unter 10 kW vorkommen, beginnen Ölfeuerungen erst bei über 11 kW. Abbildung 4.3.2-1 zeigt den nach der Größe der Einzelanlage geordneten Verlauf der Leistungen für die 4.555 ölgefeuerten Anlagen, deren Daten für diese Untersuchung zur Verfügung standen.

Die meisten Ölfeuerungen liegen im Bereich 11 bis 60 kW

Der Anstieg der Kurve verläuft flach, weil der weitaus überwiegende Teil der Feuerungen kleine bis mittlere Leistungen hat. Rund 4.100 Feuerungen (90 %) besitzen eine Leistung, die kleiner als 60 kW ist. Lediglich 100 Anlagen (2,2 %) haben mehr als 200 kW, die in Abbildung 4.3.2-1 aus Darstellungsgründen abgeschnitten sind. Davon liegen die 10 größten Einzelanlagen im Bereich von 740 bis 1.352 kW.

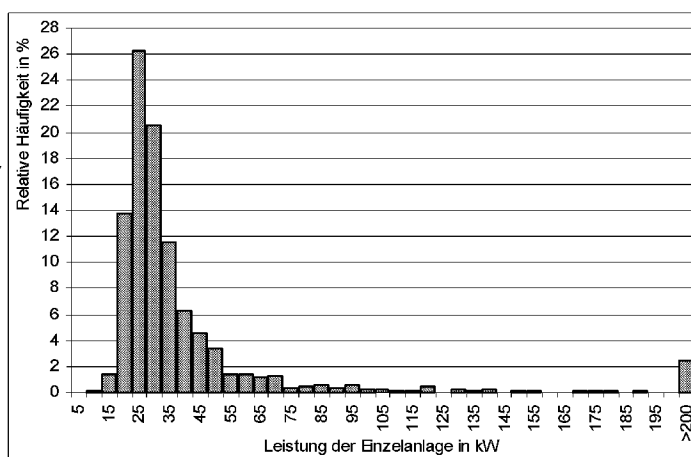
Abbildung 4.3.2-1: Ölfeuerungen nach der Leistungsgröße geordnet

Die kleinen und mittleren Anlagen werden überwiegend in Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Mehrfamilienhäuser, die einen vergleichsweise niedrigen Wärmebedarf haben. Die wenigen großen Einheiten dürften im wesentlichen für sehr große Mehrfamilienhäuser und große Nichtwohngebäude eingesetzt werden.

Abbildung 4.3.2-2 zeigt die Streubreite der Leistungsgrößen in Form einer relativen Häufigkeitsverteilung mit den gleichen Daten wie in Abbildung 4.3.2-1. Die Meisten Anlagen (26,3 %) liegen im Bereich von über 20 kW bis einschließlich 25 kW.

Abbildung 4.3.2-2: Relative Häufigkeit der Leistung von Ölfeuerungen (Intervall 5 kW)

**Anlagen unter 15 kW
und über 50 kW
sind nicht häufig**



Der Mittelwert der Leistung aller Anlagen beläuft sich auf 41,5 kW. Dieser Wert wird stark von den relativ wenigen großen Anlagen mit bestimmt. Bildet man den Durchschnittswert für alle Anlagen, die kleiner als 60 kW sind, so ergibt sich eine Zahl von 28,4 kW.

Gasfeuerungen

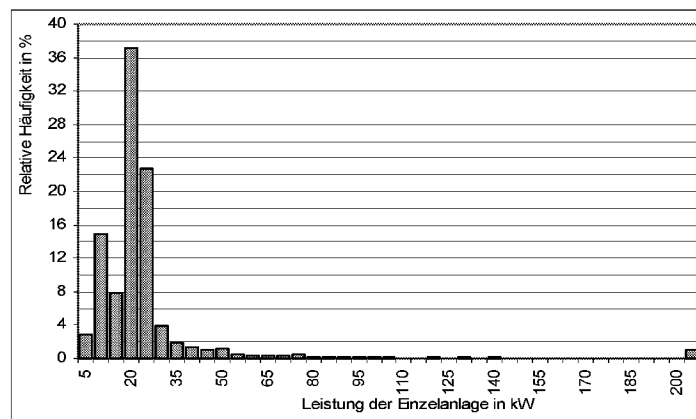
Abbildung 4.3.2-3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Leistungsgröße für 19.767 Gasfeuerungen. Sie unterscheidet sich von der Verteilung für Ölfeuerungen nach Abbildung 4.3.2-2 in mehreren Punkten.

Der Modalwert (Wert höchster Häufigkeit) liegt mit 37,2 % im Intervall von >15 bis 20 kW. Bei einer detaillierteren Analyse der Daten zeigt sich, dass insbesondere die Leistungsgröße von 18 kW in diesem Intervall besonders häufig vorkommt (vgl. Abbildung 4.3.2-4). Im Vergleich zu Ölfeuerungen ist bei Gasfeuerungen der Anteil der kleineren Anlagen größer. Dies zeigt sich auch an den Durchschnittswerten. Ölfeuerungen werden eher für Zentralheizungen eingesetzt, was größere Einheiten erfordert, während Gasfeuerungen mehr für eine dezentrale Versorgung mit kleinen Einheiten genutzt werden.

Abbildung 4.3.2-3: Häufigkeitsverteilung der Leistung von Gasfeuerungen (Intervall 5 kW)

Großer Anteil der kleinen Anlagen

Häufigkeitsverteilung mit zwei Maxima

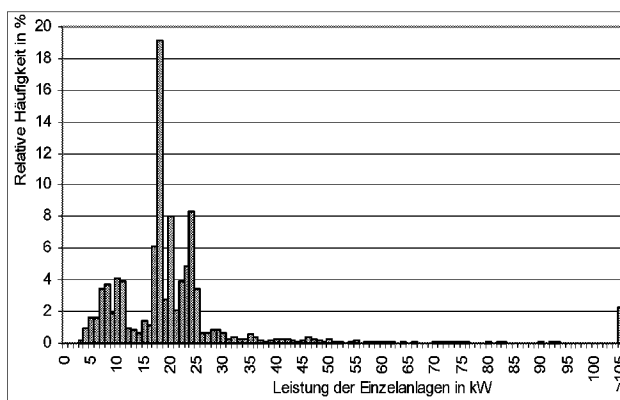


Im Bereich kleiner Leistungen von >5 bis 10 kW findet sich ein Submaximum. Hier handelt es sich um dezentral arbeitende Wandgeräte. Bei einer genaueren Analyse der Daten zeigt sich, dass die größten Häufigkeiten bei den Kleinanlagen im Bereich von über 6 bis 11 kW auftreten. Die Obergrenze für dieses Intervall von 11 kW ergibt sich aus der 1.BImSchV: Nur Anlagen >11 kW sind wiederkehrend prüfpflichtig.

Abbildung 4.3.2-4 zeigt den gleichen Sachverhalt wie Abbildung 4.3.2-3, jedoch in einer feineren Auflösung. Die Intervallbreite beträgt hier 1 kW. Man erkennt die beiden Schwerpunktsbereiche deutlich:

- Kleinanlagen: >6 bis 11 kW mit einem Anteil von 17,2 % am Bestand und einem Durchschnittswert von 9,1 kW.
- Mittlere Anlagen: >16 bis 25 kW mit einem Anteil von 58,8 % und einer durchschnittlichen Leistung von 20,3 kW.

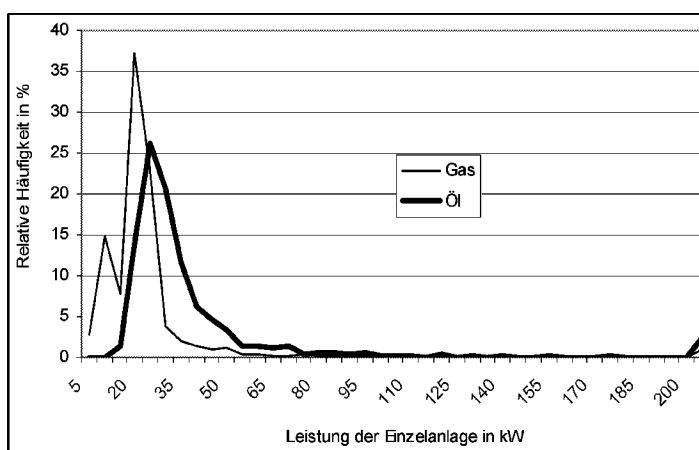
Abbildung 4.3.2-4: Häufigkeitsverteilung der Leistung von Gasfeuerungen (Intervallbreite 1 kW)



Vergleich von Öl und Gasfeuerungen

Die Häufigkeitsverteilungen der Leistungen für Öl- und Gasfeuerungen sind in Abbildung 4.3.2-5 als Liniendiagramme gezeigt.

Abbildung 4.3.2-5: Häufigkeitsverteilung der Leistung



**Gasfeuerungen
haben kleinere
Leistungen als
Ölfeuerungen**

Die Ölkurve ist stärker gespreizt und zu größeren Leistungen hin verschoben. Das zeigt sich auch in der folgenden Kurve der Summenhäufigkeit.

Abbildung 4.3.2-6: Summenhäufigkeit der Leistung (Intervall 5 kW)

**90 % Gasanlagen
kleiner 25 kW,
90 % der Ölanlagen
kleiner 45 kW**

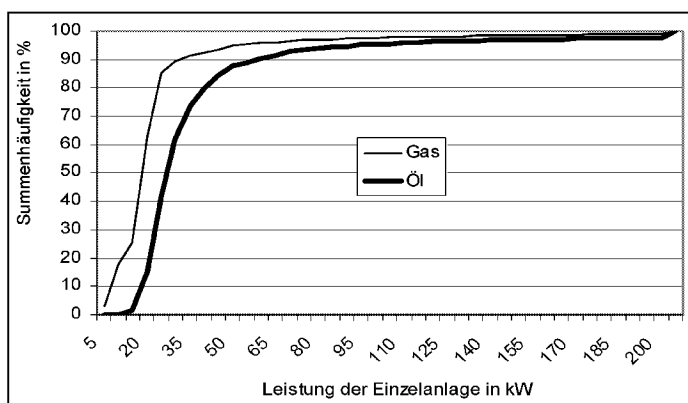


Tabelle 4.3.2-1 zeigt eine Gegenüberstellung der wichtigsten Kennzahlen für die ausgewerteten Öl- und Gasfeuerungen.

Tabelle 4.3.2-1: Gegenüberstellung der Kennzahlen

		Öl	Gas
Anzahl der Feuerungen		4.555	19.767
Gesamtleistung	kW	188.965	526.743
Typische Leistungszahlen			
Leistung der kleinsten Anlage	kW	11	2
Anteil der Leistungen über 11 kW	%	100	78
Leistungsbereich der 10 größten Anlagen	kW	740-1.400	1.700-3.500
Durchschnittliche Leistung (gemittelt über alle)	kW	42	27
Durchschnittliche Leistung (gemittelt für >11kW)	kW	42	32
Häufigkeiten			
Modalwert (für 5 kW Intervall)	%/kW	26/25	37/20
Anteil der Anlagen im Intervall >4 bis 25 kW	%	41,5	85,5
Anteil der Anlagen im Intervall >25 bis 50 kW	%	46,2	9,3
Anteil der Anlagen im Intervall >50 kW	%	12,4	5,2

4.3.3 Altersstruktur und durchgeführte Wartungen bei Ölfeuerungen

Filterkriterium für unzulässige Abgasverluste

Der Anteil der unzulässigen Abgasverluste wird aus der Menge der bereit gestellten Messwerte herausgefiltert. Als Filterkriterium dienen die 1997 in der 1.BImSchV festgelegten Grenzwerte plus einer mittlere

ren Toleranz von 1% (Tabellen 2.2.1-1 und 2.2.1-3). Tabelle 4.3.3-1 zeigt die Filterkriterien in Abhängigkeit vom Tag der Errichtung, d.h. vom Baualter.

Zulässige Abgasverluste

Tabelle 4.3.3-1: Filterkriterien zur Ermittlung der unzulässigen Abgasverluste (incl. 1% Toleranz)

Nennwärmeleistung in kW	bis 31.12.82	ab 1.1.83	ab 1.10.88 bzw. 3.10.90	ab 1.11. 98
	%	%	%	%
>4 bis 25	≤16	≤15	≤13	≤12
>25 bis 50	≤15	≤14	≤12	≤11
>50	≤14	≤13	≤11	≤10

Altersstruktur der Ölfeuerungen

Da die Auswertung in Abhängigkeit vom Alter der Anlagen erfolgt, wird zunächst die Altersstruktur der untersuchten Anlagen dargestellt. Abbildung 4.3.3-1 zeigt die Altersstrukturen in den Zeitintervallen, so wie sie für die Auswertung relevant sind.

Der Anteil der alten Anlagen, die vor 1982 errichtet wurden, ist mit 30% relativ hoch. Von dieser Menge wurden rund 2/3 vor 1978 errichtet. Die gute Übereinstimmung der Altersstruktur der hier untersuchten Stichprobe mit den bundesweiten Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks /4.3-3/ zeigt, dass die zugrunde gelegte Stichprobe von 4.555 Ölfeuerungen für diesen Auswertungsaspekt repräsentativ ist.

Viele alte Anlagen sind noch in Betrieb

Abbildung 4.3.3-1: Altersstruktur Ölfeuerungen

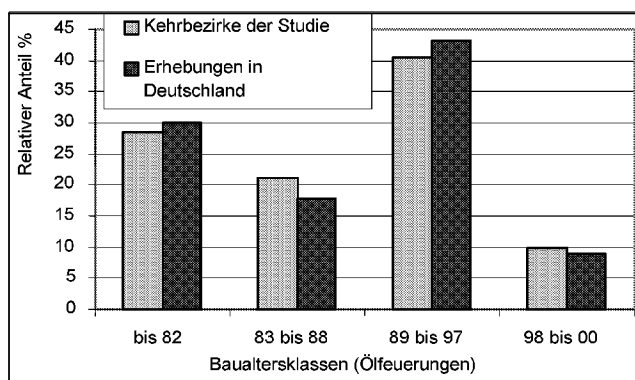


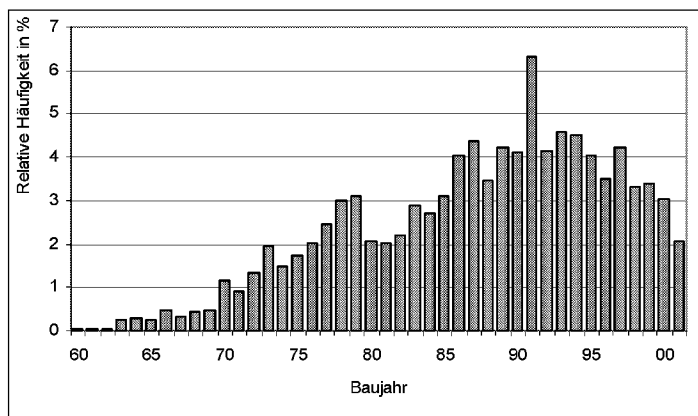
Abbildung 4.3.3-2 zeigt die Altersstruktur der untersuchten Ölfeuerungen der Kehrbezirke als Häufigkeitsverteilung in äquidistanten

Zeitintervallen von einem Jahr. Damit wird erkennbar, dass die Anlagenanzahl mit zunehmendem Alter deutlich abnimmt.

**Auslaufende
Förderung heizt
Investition an**

Die Spitze im Jahr 1991 ist darauf zurück zu führen, dass 1992 die Förderung der Heizungsmodernisierung nach §82a EStDV eingestellt wurde. Ein erheblicher Teil der Gebäudebesitzer wollte diese steuerliche Absetzungsmöglichkeit noch mitnehmen.

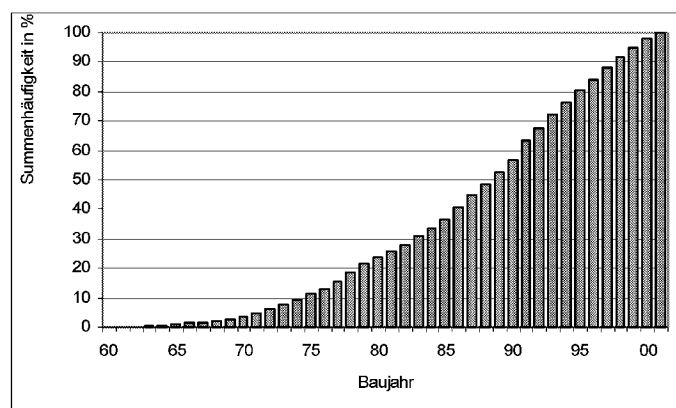
Abbildung 4.3.3-2: Altersstruktur der untersuchten Ölfeuerungen in äquidistanten Intervallen (Bezugsjahr 2001)



**Abnahme der
Erneuerungen seit
1993**

Die zugehörige Summenhäufigkeit ist im nächsten Bild dargestellt. Hier lässt sich leicht ablesen, wie viele Kessel ein bestimmtes Alter überschritten haben. Das Durchschnittsalter der Ölfeuerungen liegt bei 14,6 Jahren.

Abbildung 4.3.3-3: Summenhäufigkeit der Altersstruktur der untersuchten Ölfeuerungen



Aus Abbildung 4.3.3-2 lässt sich leicht erkennen, dass die Anzahl der Kesselerneuerungen seit 1993 stetig abnimmt.

Analyse der Wartungen

Die Wartungsanalyse wurde entsprechend Tabelle 4.3.1-1 jeweils für 4 Altersklassen mit je 3 Leistungsklassen, d.h. für 12 Datenmengen getrennt durchgeführt. Die Ergebnisse der Wartungsanalysen für das Jahr 2000 sind in Tabelle 4.3.3-2 zusammengefasst.

Der Anteil der Anlagen mit unzulässig hohen Abgasverlusten beläuft sich auf 4,6 % des untersuchten Bestandes (vgl. Tabelle 4.3.3-2). Dieser Wert ist in recht guter Übereinstimmung mit der bundesweiten Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks für 2000 /4.3-3/.

Um die Differenz der Abgasverluste vor und nach der Wartung zu ermitteln wurden die Werte der beanstandeten Anlagen im Folgejahr 2001 abgefragt. Dabei zeigte sich, dass nur bei rund 75 % der beanstandeten Anlagen der Folgewert deutlich niedriger war (vgl. Tabelle 4.3.3-2). Hier muss also eine Wartung oder eine Erneuerung vorgenommen worden sein.

Auswertungsver- fahren beeinflusst Anzahl der Wartungen

Bei den verbleibenden 25 % der beanstandeten Anlagen war der Abgasverlust im Jahr 2001 noch genau so groß oder meist sogar noch größer. Dafür gibt es zwei Erklärungen² :

- a. Die Anlagen sind nicht gewartet worden. Dies sollte aber bei korrekter Durchführung der Vorschriften nicht vorkommen, da der Schornsteinfeger Nachmessungen durchführt und dem Anlagenbetreiber Sanktionen drohen.
- b. Die Anlagen sind im Jahr 2000 gewartet worden, ihr Zustand hat sich aber bis 2001 wieder verschlechtert. Dies ist ein Effekt, der durch die Schornsteinfegerpraxis belegt ist.

An Hand der vorliegenden Daten kann nicht entschieden werden, welcher der beiden Fälle vorliegt. Für die Einsparrechnung ist diese Unterscheidung auch belanglos, denn in jedem Fall wird keine Energieeinsparung erzielt.

Die 25 % werden in Tabelle 4.3.3-2 als nicht gewartete Anlagen gezählt. Dabei ist klar, dass dies eine Obergrenze ist, denn der Anteil der tatsächlich ungewarteten Anlagen ist in der Praxis wegen der beiden Möglichkeiten a. und b. durchaus niedriger.

² vgl. die Kommentare in Kapitel 4.1.3, Abschnitt: Anteil der gewarteten Anlagen

Die Differenz des Abgasverlustes für die Zustände vor und nach der Wartung beträgt für die untersuchten Ölfeuerungen 6,3 %. Das ist der Wert mit dem die Einsparungen berechnet werden.

Tabelle 4.3.3-2: Analyse der Wartung von Ölfeuerungen mit unzulässigen Abgasverlusten (2000)

**Wartung mindert
Abgasverlust
um 40 %**

	%
Insgesamt untersuchte Ölfeuerungen	100
Anteil der Feuerungen mit unzulässigen Abgasverlusten	4,6
Anteil der gewarteten und erneuerten Anlagen (75% der Beanstandungen)	3,5
Mittlerer Abgasverlust vor der Wartung	15,6
Mittlerer Abgasverlust nach der Wartung*	9,3
Mittlere Differenz der Abgasverluste vor und nach der Wartung	6,3

* Incl. eines Anteils von erneuerten Anlagen

4.3.4 Energieeinsparungen bei Ölfeuerungen

Einsparung im Jahr 2000

**Wartung spart
erhebliche Energie-
mengen**

Die Berechnung der Energieeinsparung in Tabelle 4.3.4-1 geht vom Bruttoölverbrauch für Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung im Haushaltssektor und im Kleinverbrauchssektor aus, der für 2000 bei rund 1.350 PJ lag. Davon werden 96 % BImSch-pflichtigen Anlagen zugeschrieben. Die 3,5 % der Ölfeuerungen, die gewartet und erneuert werden, verbrauchen im ungewarteten Zustand 47 PJ. Der Verbrauch ist nicht proportional dem Prozentanteil, weil diese Anlagen einen höheren Abgasverlust haben als der Durchschnitt und damit einen relativ höheren Verbrauch. Nach Abzug der erneuerten Anlagen bleiben noch 40 PJ übrig. Von diesem Verbrauch werden 6,3 % durch die Wartung eingespart, was einer Energiemenge von 2,5 PJ entspricht.

Tabelle 4.3.4-1: Schätzung der Energieeinsparung durch Behebung der zu hohen Abgasverluste (2000)

Rechenschritte	PJ
1 Brutto Ölverbrauch Summe Haushalte und Kleinverbraucher	1.350
2 Netto Ölverbrauch (Anteil BImSch-pflichtiger Anlagen 96 %)	1.300
3 Ölverbrauch der gewarteten und erneuerten Ölfeuerungen (3,5%)	47
4 Ölverbrauch der gewarteten Ölfeuerungen (Abzug 15 %)*	40
5 Öleinsparung (netto) durch Wartung (6,3 % weniger Abgasverlust)	2,5

* Nach Kapitel 3.4.c werden 10 bis 20 % der beanstandeten Anlagen erneuert

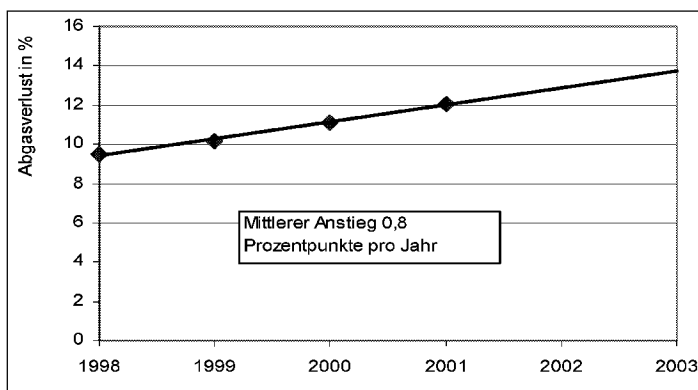
Energieverluste bei unterlassener Überprüfung und Wartung

Aus den vorliegenden Daten wurde ein Wachstum des Abgasverlustes von 0,8 Prozentpunkten pro Jahr geschätzt (Abbildung 4.3.4-1). Hierzu wurden die Anlagen ermittelt, die 2001 einen zu hohen Ab-

**Vorgeschichte
unzulässiger
Abgasverluste**

gasverlust zwischen 10 und 23 % hatten (Mittelwert 12 %). Drei Jahre vorher lagen die Werte im Bereich von 5 bis 15 % (Mittel 9,6 %).

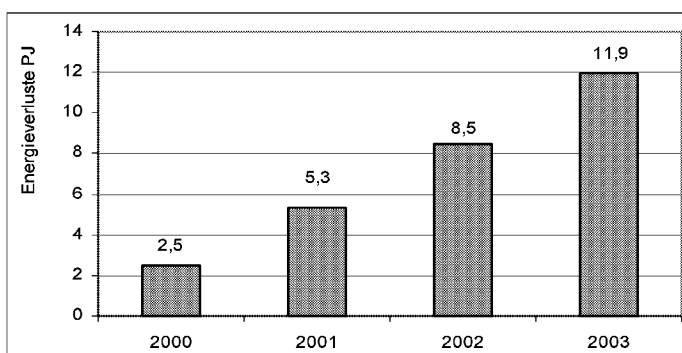
Abbildung 4.3.4-1: Mittlere Wachstumsrate des Abgasverlustes



**Bei fehlender
Wartung wachsen
Verluste rapide**

Unterstellt man, dass jedes Jahr 3,5 % der Anlagen zusätzlich in den unzulässigen Bereich der Abgasverluste kommen und dass diese dann entsprechend Abbildung 4.3.4-1 anwachsen, dann ergibt sich ein kumulativer fiktiver Energieverlust, wie er in der folgenden Abbildung 4.3.4-2 gezeigt ist. In drei Jahren erfolgt eine Verfünffachung.

Abbildung 4.3.4-2: Fiktives Anwachsen der Energieverluste



4.3.5 Altersstruktur und durchgeführte Wartungen bei Gasfeuerungen

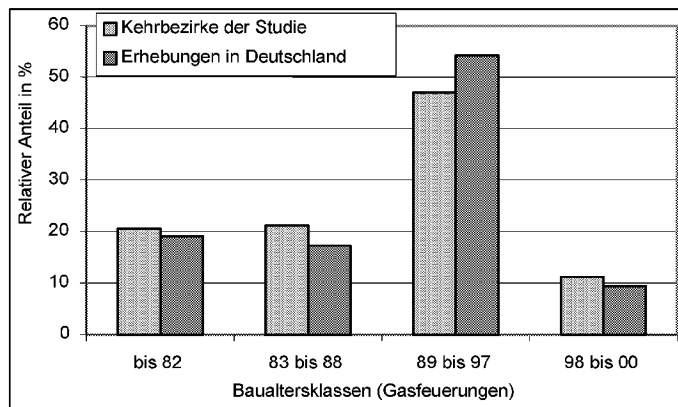
Altersstruktur der Gasfeuerungen

Die Altersstruktur der ausgewerteten Stichprobe BImSch-pflichtiger Anlagen in Abbildung 4.3.5-1 stimmt recht gut mit der bundesweiten Erhebung des Schornsteinfegerhandwerks überein [4.3-3]. Der Anteil

der sehr alten Kessel, die vor 1982 errichtet wurden, liegt nur bei etwa 20 %, während es beim Öl rund 30 % sind.

**Anteil der alten
Gasfeuerungen
geringer**

Abbildung 4.3.5-1: Altersstruktur der Gasfeuerungen



Die relative Häufigkeit und die Summenhäufigkeit sind in den folgenden beiden Diagrammen gezeigt. Im Vergleich zu den Ölfeuerungen in den beiden Abbildungen 4.3.3-2 und 4.3.3-3 sind die Kurven der Gasfeuerungen deutlich nach rechts, hin zu den jüngeren Jahrgängen verschoben.

Das Durchschnittsalter der Gasfeuerungen liegt mit 12,9 Jahren fast um zwei Jahre niedriger als das mittlere Alter der Ölfeuerungen, das 14,6 Jahre beträgt.

**Rückgang der
Erneuerungen
seit 1993**

Abbildung 4.3.5-2: Häufigkeitsverteilung des Alters der Gasfeuerungen (Bezugsjahr 2001, Intervallbreite 1 Jahr)

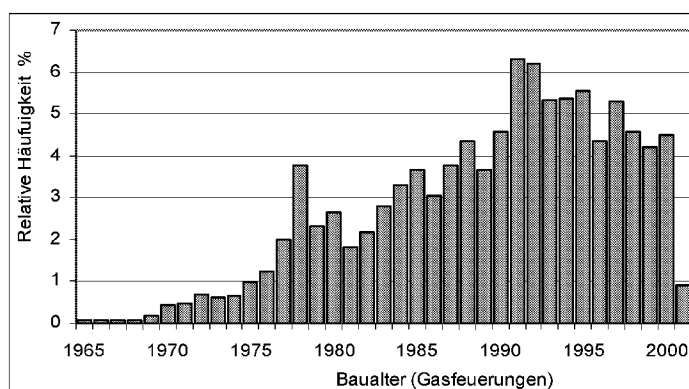
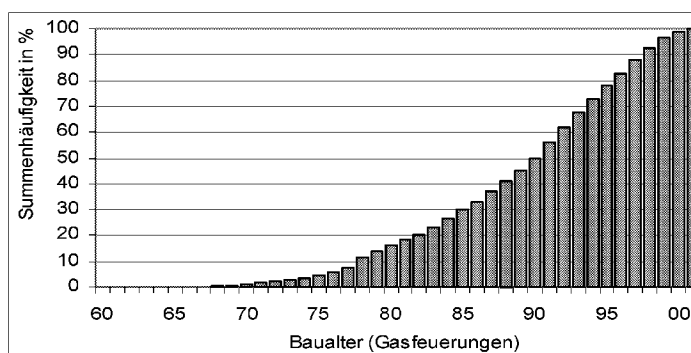


Abbildung 4.3.5-3: Summenhäufigkeit des Alters der Gasfeuerungen (Intervallbreite 1 Jahr)



Analyse der Wartungen

**Rechnerischer Anteil
der Wartungen
niedriger als
bei Öl**

Die Auswertung erfolgt wie für Ölfeuerungen in Kapitel 4.3.3, Absatz „Analyse der Wartungen“ beschrieben. Deshalb wird sofort die Ergebnistabelle 4.3.5-1 präsentiert. Die Größenordnung der Werte ist in etwa vergleichbar mit den entsprechenden Zahlen für Öl. Auffallend ist, dass der Anteil der gewarteten Anlagen mit 65 % kleiner ist als bei den Ölfeuerungen, wo er 75 % beträgt. Der relativ niedrige Anteil der gewarteten Anlagen ist zum Teil durch das Auswertungsverfahren bedingt (vgl. Erläuterungen in Kapitel 4.1.3 und 4.3.3)

Tabelle 4.3.5-1: Analyse der Wartung (Gasfeuerungen, 2000)

	%
Insgesamt untersuchte Gasfeuerungen	100
Anteil der Feuerungen mit unzulässigen Abgasverlusten	3,8
Anteil der gewarteten Anlagen (65% der Beanstandungen)	2,5
Mittlerer Abgasverlust vor der Wartung	16,4
Mittlerer Abgasverlust nach der Wartung*	9,9
Mittlere Differenz der Abgasverluste vor und nach der Wartung	6,5

* Incl. eines Anteils erneuerter Anlagen

4.3.6 Energieeinsparung bei Gasfeuerungen

Einsparung im Jahr 2000

**Wartung spart
1,5 PJ jährlich**

Die Schätzung der Energieeinsparung, die Tabelle 4.3.6-1 zeigt, geht für 2000 von 1.437 PJ Bruttogasverbrauch im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor aus (Raumwärme und Warmwasser). Davon werden 71 % den BImSch-pflichtigen Anlagen zugeordnet. Die 2,5 % der gewarteten und erneuerten Gasfeuerungen verbrauchen davon vor der Wartung 26 PJ. Nach Abzug der erneuerten Anlagen bleiben davon 23 PJ übrig. Von diesem Verbrauch werden 6,5 % oder 1,5 PJ durch die Wartung eingespart.

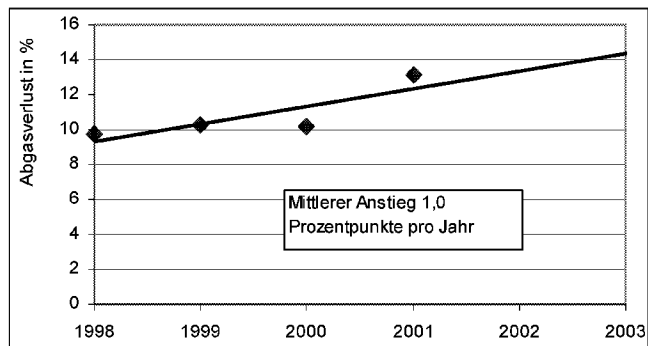
Tabelle 4.3.6-1: Schätzung der Energieeinsparung durch Behebung der zu hohen Abgasverluste bei Gasfeuerungen (2000)

Rechenschritte	PJ
1 Brutto Gasverbrauch Summe Haushalte und Kleinverbraucher	1.437
2 Netto Gasverbrauch (Anteil BImSch-pflichtiger Anlagen 72 %)	1.035
3 Gasverbrauch der gewarteten und erneuerten Gasfeuerungen 2,5%	27
4 Gasverbrauch der gewarteten Gasfeuerungen (Abzug 15 %)	23
5 Gaseinsparung (netto) durch Wartung, 6,5 % weniger Abgasverlust	1,5

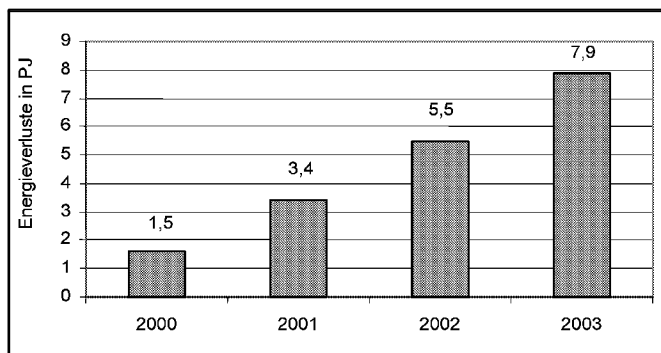
Fiktive Energieverluste wenn Überprüfung und Wartung fehlen

Für die mittlere Anstiegsrate der Abgasverluste bei fehlender Überprüfung und bei fehlender Wartung wurde mit rund 1,0 Prozentpunkte pro Jahr ermittelt. Die Trendextrapolation ist in Abbildung 4.3.6-1 dargestellt.

**Auch Gasanlagen
verschlechtern
sich ohne
Wartung**

Abbildung 4.3.6-1: Mittlere Wachstumsrate des Abgasverlustes

Kommen jedes Jahr 2,5 % der Anlagen mit unzulässigen Abgasverlusten dazu, dann steigt der Energieverlust nach Abbildung 4.3.6-2 von 1,5 PJ in 2000 auf den fünffachen Wert von 7,9 PJ bis 2003.

Abbildung 4.3.6-2: Fiktives Anwachsen der Energieverluste

4.4 Energieeinsparung durch Einstellung zulässiger Rußzahlen bei Ölfeuerungen

Zusammenhang zwischen Rußzahl und Partikelemission

Möglicher Bereich der Rußzahlen

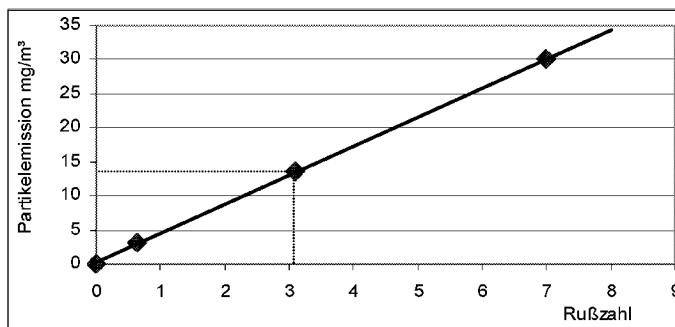
Die Einschätzung der Rußzahl erfolgt vom Schornsteinfeger nach Augenschein mit Hilfe einer Graustufenskala, auch Rußvergleichsskala genannt. Der Bereich umfasst 10 Stufen der Graufärbung, denen die Rußzahlen 0 bis 9 zugeordnet sind. Die Schätzung der Rußzahl ist damit gegenüber der gerätebasierten CO- und Abgasverlustmessung ein sehr grobes Verfahren.

Zusammenhang Rußzahl und Partikelemission

Für die Schätzung der Energieeinsparung ist es notwendig, einen Zusammenhang zwischen Rußzahl und Partikelemission zu haben. Da eine Zuordnung von Rußzahlen zu bestimmten Partikelemissionswerten nicht existiert, wird hier ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, das einen linearisierbaren Zusammenhang³ zwischen Rußzahl und Partikelkonzentration unterstellt.

Bei Ölzerstäubungsbrennern, der häufigsten Bauart, ist eine Rußzahl von 1 einzuhalten. Bei extrem ungünstigen Verbrennungsbedingungen können Rußzahlen >7 auftreten. Die dabei vorliegenden Partikelkonzentrationen liegen bei max. 30 mg/m³ [4.4-1]. Mit diesen Informationen liegt der rechte Stützpunkt (7;30) in Abbildung 4.4-1 fest.

Abbildung 4.4-1: Linearisierung von Partikelemission und Rußzahl



Nach [4.4-2] wurden von den Ölfeuerungen der Haushalte im Jahr 1995 rund 1.514 Tonnen Partikel emittiert. Es wird unterstellt, dass hiervon 80 % Ruß sind. Im gleichen Zeitraum wurde nach [4.4-3] eine Heizölmenge von 930 PJ für Raumwärme und Warmwasser ver-

³ Eine Linearisierung des Zusammenhangs zwischen Rußzahl und Partikelkonzentration lässt sich aus DIN 51042 und VDI 2060 Blatt 8 ableiten (IWO).

braucht. Rechnet man diese Angaben um, so ergibt sich 1995 eine mittlere Partikelemission im Bestand von 3,2 mg/m³ Abgas.

Aus den Messungen der in dieser Studie betrachteten Kehrbezirke ergibt sich eine mittlere Rußzahl für 4.555 Ölfeuerungen von 0,63. Diese Zahl dürfte auf den Gesamtbestand der Ölfeuerungen übertragbar sein. Damit ist der Punkt (0,63;3,2) in Abbildung 4.4-1 festgelegt. Den dritten Punkt der Geraden bildet der Ursprungspunkt.

Mittlere Rußzahl nicht beanstandeter Anlagen

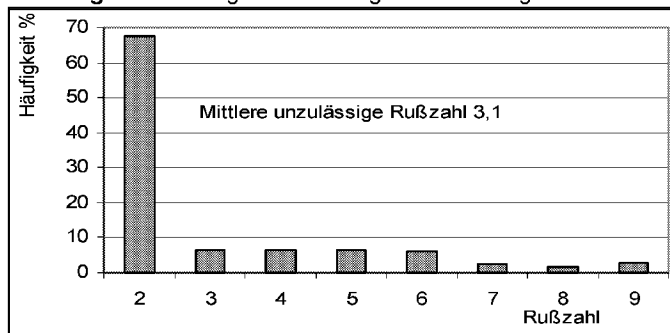
Häufigkeitsverteilung

Der Anteil der nicht beanstandeten Anlagen mit einer Rußzahl ≤ 1 , belief sich 1995 auf rund 96 % des gesamten Bestandes (vgl. Abbildung 4.4-3). Die Datenauswertung für die nicht beanstandeten Anlagen aus den untersuchten Kehrbezirken hat eine mittlere Rußzahl von 0,52 ergeben. Diese mittlere Rußzahl bedeutet, dass rund die Hälfte der nicht beanstandeten Anlagen mit der Rußzahl 0 eingestuft wurde und die andere Hälfte mit der Rußzahl 1.

Häufigkeits- verteilung der unzulässigen Rußzahlen

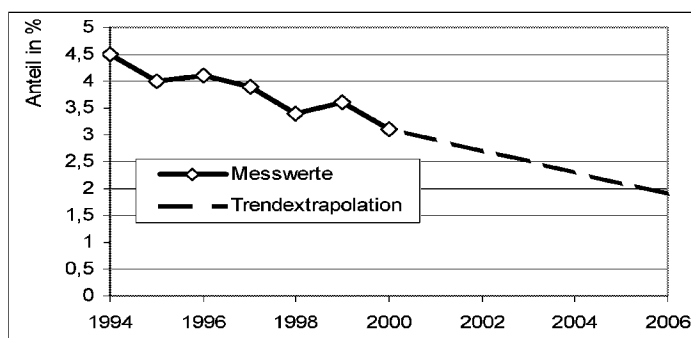
Die beanstandeten Rußzahlen bewegen sich im Bereich von 2 bis 9. Abbildung 4.4-2 zeigt die Häufigkeitsverteilung für eine Stichprobe von 665 Werten aus mehreren Jahren. Der Durchschnitt der Rußzahl beträgt 3,1. Durch lineare Interpolation lässt sich diesem Wert, entsprechend Abbildung 4.4-1, eine mittlere Partikelemission von rund 13,6 mg/m³ zuordnen. Es wird für die Berechnung der Energieeinsparung unterstellt, dass dieser Wert durch die vom Schornsteinfeger angestoßene Wartung auf Null reduziert. Aus der verminderten Partikelmenge lässt sich dann die eingesparte Energiemenge berechnen.

Abbildung 4.4-2: Häufigkeitsverteilung der unzulässigen Rußzahlen



Rückgang der hohen Rußzahlen

Wie Abbildung 4.4-3 zeigt, hat sich nach [4.4-4] der Anteil der beanstandeten Anlagen von 1994 bis 2000 von 4,5 % auf 3 % verringert. Dieser Trend, der sich auch in Zukunft weiter fort setzen wird, ist auf die Verbesserung der Brenner und Kesseltechnik zurück zu führen.

Abbildung 4.4-3: Entwicklung des Anteils der beanstandeten Ölfeue-rungsanlagen am Bestand**Energieeinsparung**

Die Berechnung der Energieeinsparung in Tabelle 4.4.-2 basiert auf den Gesamtemissionen der Haushalte und Kleinverbraucher im Jahr 1995 von 3.641 Tonnen [4.4-2]. Es wird unterstellt, dass es sich bei den emittierten Partikeln zu 80 % um Ruß, also Kohlenstoff, handelt. Die 96 % der nicht beanstandeten Anlagen emittieren davon 2.418 Tonnen und die 4 % der beanstandeten Anlagen 495 Tonnen. Dieser Betrag wird aufgrund des sinkenden Anteils der beanstandeten Anlagen von 1995 auf 2000 im Verhältnis runter gerechnet. Für 2000 ergeben sich dann 371 Tonnen, die mit dem Heizwert von Kohlenstoff in die Energiemenge von 0,013 PJ überführt werden

Tabelle 4.4-2: Berechnung der Energieeinsparung

		Wichtungs-faktoren	Dim.	Ergebnis
1	Gesamtemission 1995, Haushalte und Kleinverbr. [4.3-2]		t	3.641
2	Rußanteil		t	2.913
3	Spezifische Partikelemission im Bestand		mg/m³	3,2
4	Spez. Partikelemission der nicht beanstandeten Anlagen	Anteil 96 %	mg/m³	2,8
5	Spezifische Partikelemission der beanstandeten Anlagen	Anteil 4 %	mg/m³	13,6
6	Gesamtemission der nicht beanstandeten Anlagen	83%	t	2.418
7	Gesamtemission der beanstandeten Anlagen (1995)	17%	t	495
8	Gesamtemission der beanstandeten Anlagen (2000)	3/4	t	371
9	Energieeinsparung durch Wartung (Hu Kohlenstoff)	34,8 MJ/kg	PJ	0,013

Wichtung in Zeilen 6 und 7 mit rel. Anteil (96 und 4%) und Partikelemission (2,8 und 13,6 mg/m³)

Geringer Einspar-effekt, aber hoher gesundheitlicher Wert

Damit können 340 Neubauten oder 200 Altbauten geheizt werden, was eine sehr kleine Menge darstellt. Die Bedeutung der Wartung zur Verringerung unzulässiger Rußzahlen liegt nicht so sehr im Energieeinspareffekt, sondern in der Reduzierung der gesundheitlichen Gefahren durch die Rußpartikel.

4.5 Einsparungen durch Anlagenerneuerung

4.5.1 Wem sind die Erneuerungen an zu rechnen?

**Schornsteinfeger
und Heizungs-
installateure stoßen
Erneuerung an**

Die Erneuerung einer Feuerungsanlage kann sowohl durch den Schornsteinfeger ausgelöst werden, als auch durch den Heizungsinstallateur. Beide Akteure wirken aus unterschiedlichen Interessen auf den Heizungsbesitzer ein. Der Schornsteinfeger als unabhängiger Prüfer, der vornehmlich an der Sicherheit und Effizienz der Anlagen interessiert ist. Der Heizungsinstallateur hat ein kommerzielles Interesse, weil er dem Heizungsbesitzer Wartungsleistungen oder eine neue Anlage verkaufen will..

Die folgende Abbildung 4.5.1 zeigt eine Übersicht der prinzipiellen Entscheidungswege bei Heizungsanlagenerneuerungen.

Grundsätzlich werden die Betriebsmängel an der Anlage auf drei verschiedenen Wegen fest gestellt:

- a. Überwachung durch den Schornsteinfeger. Dies führt über den Heizungsinstallateur zur Wartung oder zur Erneuerung der Anlage. Ist der Schornsteinfeger der einzige, der den Anlagenbesitzer auf die Mängel hin gewiesen hat, dann ist die Erneuerung seiner Initiative anzurechnen. Es ist aber denkbar, dass auch der Heizungsinstallateur im Rahmen einer vorangehenden Störung oder einer routinemäßigen Wartung die Erneuerung mit angestoßen hat. Die letzte Entscheidung zur Durchführung liegt ohnehin beim Eigentümer, der die Entscheidung unter Umständen hinaus zögern kann.
- b. Wartungsvertrag. In diesem Fall ergreift der Heizungsinstallateur die Initiative und rät dem Anlagenbesitzer zu einer Erneuerung, wenn der Kessel in einem schlechten Zustand ist. Rund 18 % der Anlagenbetreiber haben einen Wartungsvertrag. Auch in diesem Fall ist nicht auszuschließen, dass insbesondere bei älteren Anlagen der Schornsteinfeger, wenn er vor dem Heizungsinstallateur da war, die Mängel schon entdeckt hatte.
- c. Der Heizungsbesitzer beauftragt den Installateur, eine Wartung durch zu führen Dies kann zwei Ursachen haben:
 - Spontane Betriebsstörung. Im ungünstigen Fall kommt es hier zu einer Erneuerung der Anlage. Da es sich meist um alte Anlagen handelt mit einer zunehmenden Verschlechterung, kann man nicht ausschließen, dass auch hier der Schornsteinfeger bei einer vorangehenden Überprüfung schon auf die Mängel hin gewiesen hatte.

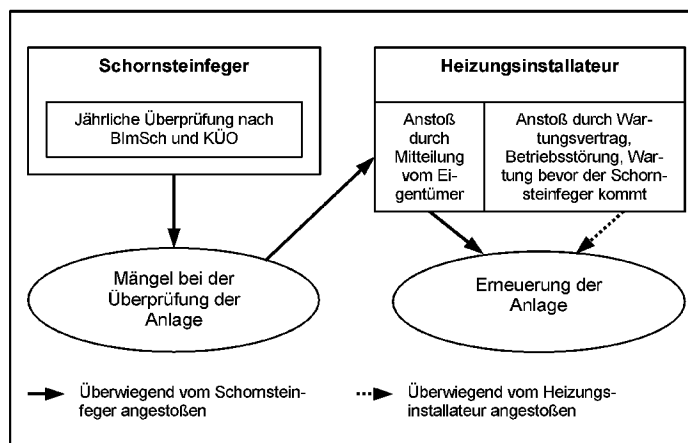
**Eine eindeutige
Zuordnung der
Akteure ist
kaum möglich**

- Der Eigentümer lässt eine Wartung durchführen kurz bevor der Schornsteinfeger kommt, um nach der BImSch zu prüfen. Vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks wird geschätzt, dass 30 bis 40 % der Anlagenbetreiber eine solche vorsorgliche Wartung veranlassen.

Arbeitshypothese:
Schornsteinfeger
stoßen 50 % an

Diese Überlegungen zeigen, dass es wegen der Verflechtungen der einzelnen Entscheidungspfade schwierig ist, einem Akteur eine bestimmte Anzahl von Erneuerungen gut zu schreiben. Außerdem fehlen für eine Quantifizierung belastbare Daten. Für die weiteren Berechnungen wird deshalb im Rahmen dieser Studie als unbewiesene aber plausible Arbeitshypothese unterstellt, dass sich die Verantwortlichkeiten für die Erneuerungen zu je 50 % auf die Schornsteinfeger und die Heizungsinstallateure verteilen.

Abbildung 4.5-1: Schema möglicher Entscheidungswege zur Heizungserneuerung



Der Schornsteinfeger als neutrale Kontrollinstanz

Darüber hinaus wird die Erneuerung von Kesseln auch von den Verordnungen gefordert, z.B. in der Energieeinsparverordnung die Nachrüstung von alten Kesseln, die vor 1978 installiert wurden, bis Ende 2006. In der Regel wird der Vollzug solcher Verordnungen von den Behörden nicht überprüft, was in der Praxis zu einem unzureichenden Vollzug führt. Hier kommt dem Schornsteinfeger als neutraler Kontrollinstanz eine wichtige Rolle zu, weil er den Vollzug unterstützt. Der Schornsteinfeger kommt jedes Jahr einmal ins Haus, kontrolliert die Anlage und dokumentiert ihren Zustand und ist damit ein kritischer Begleiter der Anlagen während ihrer ganzen Lebensdauer.

4.5.2 Energieeinsparungen durch Anlagenerneuerungen

Nutzungsgrade alter und neuer Anlagen

Eine neue Anlage hat einen wesentlich besseren Nutzungsgrad als eine alte. Tabelle 4.5.2-1 zeigt hierzu eine Übersicht nach [4.5-1, 4.5-2]. Durch den Austausch einer alten Feuerungsanlage gegen eine Neue können Einsparungen von 20 bis 30 % erreicht werden. Wird von Öl auf Gas umgestellt und ein alter Ölkessel durch einen neuen Gasbrennwertkessel ersetzt, dann können Einsparungen von bis zu 33 % erzielt werden, vorausgesetzt, die Vorteile des Brennwertgerätes können mit der vorhandenen Heizung voll genutzt werden.

Tabelle 4.5.2-1: Mittlere Nutzungsgrade alter und neuer Anlagen

	Öl (alt)%	Gas (alt) %	Öl (neu) NTK ³⁾	Gas (neu) NTK ³⁾	Gas (neu) BWK ⁴⁾
Abgasverluste	-16 ¹⁾	-16 ¹⁾	-6	-6	-6
Strahlungsverluste	-3	-3	-1	-1	-1
Bereitschaftsverluste ²⁾	-16	-14	-6	-5	-5
Brennwert					+10
Nutzungsgrad	65	67	87	88	98
Differenz neu minus alt			22	21	31

20 bis 30 % Einsparung durch Kesselerneuerung

1) vor Wartung, 2) nach [4.5-1], 3) NTK = Niedertemperaturkessel, 4) BWK = Brennwertkessel

Erreichbare Energieeinsparungen

Die Berechnung der Energieeinsparung in Tabelle 4.5.2-2 geht von den Bruttoverbräuchen für Raumwärme und Warmwasser im Haushalts- und Kleinverbrauchssektor aus (Zeilen 1 und 2). Diese Mengen werden vom Anlagenbestand verbraucht.

Die Anzahl der jährlich erneuerten Anlagen, die im Teil 2 dieser Studie ermittelt wird, beträgt in den letzten Jahren im Mittel 620.000 (vgl. Kapitel 6.2.1). Davon entfallen 30 % auf Ölanlagen und 70 % auf Gasanlagen (Zeilen 3 und 4). In den Zeilen 5 und 6 sind die derzeitigen Anlagenbestände dargestellt.

Die Zeilen 7 bis 10 zeigen die Nutzungsgradzahlen entsprechend Tabelle 4.5.2-1. Dabei ist zu beachten, dass für die Gasanlagen Mittelwerte aus Niedertemperaturkesseln und Brennwertkesseln gebildet werden.

Die gesamten Einsparungen in den Zeilen 11 und 12 ergeben sich durch eine prozentuale Wichtung der jeweiligen Bruttoverbräuche mit den Nutzungsgradänderungen und den Erneuerungsraten. Von diesen Einsparungen werden dem Schornsteinfegerhandwerk 50 % an-

gerechnet (vgl. Kapitel 4.5.1). Als anrechenbare Einsparung ergibt sich schließlich in der Summe ein Wert von insgesamt 10,7 PJ.

Gesamte Einsparung durch Erneuerungen 10,7 PJ

Tabelle 4.5.2-2: Energieeinsparung durch Erneuerungen (2000)

Nr.	Parameter	Zahlenwert	Dimension
1	Ölverbrauch Haushalte und Kleinverbraucher	1.300	PJ
2	Gasverbrauch Haushalte und Kleinverbraucher	1.437	PJ
3	Erneuerte Ölfeuerungen (gemittelt)	186.000	
4	Erneuerte Gasfeuerungen (gemittelt)	434.000	
5	Bestand Ölfeuerungen 2000	6.380.000	
6	Bestand Gasfeuerungen 2000	12.500.000	
7	Mittl. Nutzungsgrad der neuen Ölfeuerungen	87	%
8	Mittl. Nutzungsgrad der neuen Gasfeuerungen	93	%
9	Verbesserung Nutzungsgrad Ölfeuerungen	22	%
10	Verbesserung Nutzungsgrad Gasfeuerungen	26	%
11	Gesamte Einsparung Ölfeuerungen	8,3	PJ
12	Gesamte Einsparung Gasfeuerungen	13,0	PJ
13	Anrechenbare Einsparung, 50 % (Öl)	4,2	PJ
14	Anrechenbare Einsparung, 50 % (Gas)	6,5	PJ
15	Anrechenbare Einsparung (Summe)	10,7	PJ

4.6 Einspareffekte durch Umsetzung der Beratungstätigkeit

Tabelle 4.6-1 zeigt eine Übersicht der in den einzelnen Bundesländern bis 2000/20001 durchgeführten Beratungen des Schornsteinfegerhandwerks. Danach ergibt sich für 1999 im Mittel eine Anzahl von knapp 20.000 Beratungen.

Tabelle 4.6-1: Übersicht der Beratungen durch das Schornsteinfegerhandwerk bis 2000/2001

**Unterschiedliche
Beratungsintensität
in den Bundes-
ländern**

Bundesland	Zeitraum	Anzahl Beratungen	Anmerkungen
Baden Württemberg	1997-1999	1000	
	1999-2001	Max. 17.000	Versch. Gewerke
Bayern	1999	2.000	
Bremen	1999-2001	100	geplant 2.600
Hamburg	1999-2000	525	geplant 1.000
Hessen	1988-1999	105.000	
	1998-1999	455	
Niedersachsen	1999-2000	500	Auf ganz Niedersachsen ausgedehnt
Nordrhein-Westfalen	1997-2000	5.800	
Rheinland-Pfalz	1998	225	
Schleswig Holstein	1998-1999	400	

Quelle: Bremer Energie Institut

**bis 80 Beratungen
pro Kehrbezirk sind
möglich**

Nach [4.6-3] lassen sich pro Schornsteinfegerbezirk kurzfristig 10 und nach einer Anlaufzeit bis 80 Beratungen pro Jahr durchführen. Diese im Jahr 2000 veröffentlichten Zahlen sind als eine Potenzialangabe zu verstehen.

Nach Angaben des Bundesverbandes des Schornsteinfegerhandwerks wird im Jahr 2002 die Anzahl der Beratungen auf im Mittel 15 Stück pro Kehrbezirk und Jahr in Niedersachsen geschätzt [4.6-4]. Das bedeutet bei 762 Kehrbezirken eine geschätzte Gesamtzahl von rund 11.430 Beratungen. Die Verhältnisse in Niedersachsen lassen sich noch nicht proportional auf die Bundesrepublik hoch rechnen. Deshalb wird für die ca. 8.000 Kehrbezirke in Deutschland für 2002 eine Gesamtzahl von 42.000 Beratungen geschätzt. Das sind im Bundesdurchschnitt 5 Beratungen pro Jahr.

**Nur gut die Hälfte
wird umgesetzt**

Nicht alle Beratungen werden umgesetzt. So hat eine Befragung von Beratern im Rahmen der Beratungsaktionen durch Schornsteinfeger in Hessen ergeben, dass 58 % der Teilnehmer den entscheidenden Anstoß zur Durchführung einer energiesparenden Maßnahme durch die Beratung erhalten haben [4.6-3]. Die am häufigsten durch-

geführten Maßnahmen waren in absteigender Reihenfolge: Kesselerneuerung, Fensteraustausch und Dachdämmung. Eine Außenwanddämmung wurde nur von einem kleinen Teil durchgeführt.

Für die folgende Schätzung der vom Schornsteinfegerhandwerk angestoßenen Energieeinsparung wird eine etwas geringere mittlere Umsetzungsrate von 55 % verwendet (vgl. Zeile 2 in Tabelle 4.6-1).

**Einsparungen bei
der Umsetzung von
75 kWh/m²**

Aus der Evaluierung der KfW-Kreditprogramme kann nach [4.6-1] bei der überwiegenden Durchführung von Einzelmaßnahmen ein mittleres Einsparpotenzial von 90 kWh/m² unterstellt werden. Eine Auswertung der Initialberatungen durch das Schornsteinfegerhandwerk in Hessen [4.6-5] hat gezeigt, dass die durchschnittlichen Investitionen pro Wohneinheit dort ca. 20 % niedriger sind als im KfW Programm. Die mittlere Einsparung, mit der hier gerechnet wird, wird deshalb von 90 kWh/m² auf 75 kWh/m² herunter gesetzt.

Als mittlere Gebäude-Nutzfläche wird unter Berücksichtigung der Anteile von Ein- und Mehrfamilienhäusern ein gewichteter Wert von 240 m² verwendet. Durch Multiplikation der umgesetzten Beratungen mit der mittleren Einsparung und der mittleren Nutzfläche ergibt sich die in der letzten Zeile von Tabelle 4.6.-1 dargestellte Energieeinsparung. Daraus lässt sich für das Jahr 2000 ein Wert von knapp 1,1 PJ interpolieren.

Tabelle 4.6-1: Energieeinsparung durch die Umsetzung von Beratungen

**Gesamteinsparung
erreicht 2000
ein Petajoule**

		1999	2002
Beratungen bundesweit (Tabelle 4.6-1)		20.000	42.000
Umsetzungsrate	%	55	55
Umgesetzte Beratungen (1999)		11.000	23.000
Mittlere Einsparung	kWh/m ²	75	75
Mittlere Nutzfläche	m ²	240	240
Gesamte Einsparung	Mrd. kWh	0,2	0,4
Gesamte Einsparung	PJ	0,8	1,6

4.7 Zusammenfassung und Bewertung der Energie- und CO₂-Einsparungen

Einspareffekte für das Jahr 2000

**Gesamteinsparung
entspricht dem
Verbrauch einer
Großstadt**

In Tabelle 4.7-1 sind alle Einzelwerte der Energieeinsparung zusammengestellt. In der Summe ergibt sich für das Jahr 2000 ein Wert von rund 17 PJ. Dieser Jahreswert hat einen leicht steigenden Trend. In Bezug zum Gesamtverbrauch der Haushalte und Kleinverbraucher für Raumwärme und Warmwasser von 2.790 PJ entspricht dies einem Anteil von 0,6 %. Dies scheint auf den ersten Blick wenig zu sein. Auf der anderen Seite darf man jedoch nicht übersehen, dass die äquivalente Energiemenge entweder 460 Millionen Kubikmetern Erdgas entspricht oder 485 Millionen Litern Heizöl. Die eingesparte Energie reicht aus, um die Wohnungen einer Großstadt mit 650.000 Einwohnern zu beheizen.

**Eine Mio. t CO₂ als
Beitrag zu einer
nachhaltigen
Energieversorgung**

Die gesamte CO₂ Minderung beläuft sich auf gut eine Million Tonnen pro Jahr. Bezogen auf die Gesamtemission der Haushalte und Kleinverbraucher beträgt der Anteil rund 0,6 %. Da dieser Betrag jährlich zu verbuchen ist, stellt er einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigen Energieversorgung dar.

Tabelle 4.7-1: Zusammenfassung der gesamten Energie- und CO₂-Einsparungen (2000)

Maßnahme	Energie- einsparung	CO ₂ -Minderung
	PJ	Mio. Tonnen
Beseitigung unzulässiger CO-Werte (Gasfeuerungen)	0,5	0,03
H ₂ Minderung (Gasfeuerungen)	0,8	0,05
Beseitigung der Abgasverluste (Ölfeuerungen)	2,5	0,18
Beseitigung der Abgasverluste (Gasfeuerungen)	1,5	0,09
Anrechenbare Erneuerungen (Gasfeuerungen) ¹⁾	6,5	0,35
Anrechenbare Erneuerungen (Ölfeuerungen) ¹⁾	4,2	0,32
Einsparung durch Beratung	1,1	0,07
Summe	45	109

¹⁾ Mittelwert 1995-2001

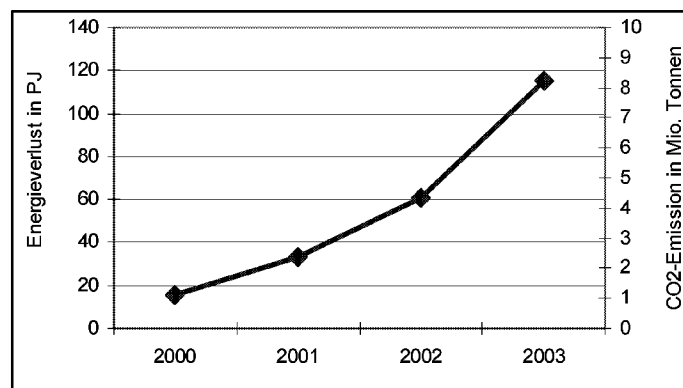
**Extrem hohe
fiktive Verluste
in drei Jahren**

Auswirkungen bei unterlassener Überprüfung und Wartung

Würde der Anlagenbestand nicht überprüft und infolgedessen auch nicht gewartet, dann würden sich die Energieverluste und die Emissionen der beanstandeten Anlagen stetig vergrößern und es würden von Jahr zu Jahr weitere Mängelanlagen dazu kommen. Datenanalysen und Rechnungen haben gezeigt, dass sich die Energieverluste in einem solchen Fall jährlich verdoppeln (vgl. Abbildung 4.7.1). In nur drei Jahren hintereinander unterlassener Wartung würden die Verlus-

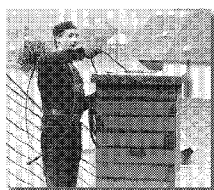
te so groß werden wie der Heizenergiebedarf von acht Großstädten. Dies demonstriert die Notwendigkeit einer regelmäßigen Überprüfung und Wartung.

Abbildung 4.7-1: Entwicklung der gesamten fiktiven Energieverluste und CO₂-Emissionen



TEIL 2

Angestoßene Arbeitsplatzeffekte



5. Methodisches Vorgehen bei der Ermittlung der Arbeitsplatzeffekte

5.1 Schätzung der Arbeitsplätze durch Wartung der beanstandeten Anlagen

Bearbeitungs- schritte

Das methodische Vorgehen der Arbeitsplatzschätzung ist für die Wartung der Anlagen mit zu hohen CO-Werten und zu hohen Abgasverlusten identisch. Die Schätzung erfolgt auf Basis der geleisteten Arbeitsstunden und gliedert sich in die folgenden Arbeitsschritte:

- a. Ermittlung der Anzahl der beanstandeten Anlagen. Hier werden die Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks genutzt [5-1].
- b. Festlegung der Anzahl der gewarteten Anlagen. Es wird der optimistische Fall unterstellt, dass alle beanstandeten Anlagen, die nicht erneuert werden, auch gewartet werden. Dies stimmt nicht ganz mit den Ergebnissen aus den untersuchten Kehrbezirken überein. Hier liegt der Anteil der gewarteten Anlagen unter 100 %, wie in den Kapiteln 4.1.3, 4.3.3 und 4.3.5 dargestellt wird. Allerdings sind diese Werte aus Gründen der Auswertungsmethodik zu niedrig.
- c. Festlegung der Erneuerungsrate. Für den Anteil der erneuerten Anlagen werden Erfahrungen des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks verwendet [5-2]. Demnach werden 10 bis 20 % (Mittel 15 %) der beanstandeten Anlagen erneuert. Diese Anlagen werden nicht gewartet.
- d. Berechnung der Netto-Wartungszahlen. Aus der Anzahl der beanstandeten Anlagen ergibt sich nach Abzug der Erneuerungen die Netto-Anzahl der Wartungen.
- e. Schätzung der zeitlichen Dauer einer Wartung in Stunden.
- f. Ermittlung der Arbeitsplatzzahlen. Aus der Dauer einer Wartung, multipliziert mit der Anzahl der Netto-Wartungen ergibt sich der gesamte Jahresstundenaufwand. Wird dieser durch die Jahresarbeitsstunden eines Beschäftigten dividiert. So erhält man die Anzahl der Arbeitsplätze in Personenjahren.

Beschäftigung in Personenjahren

Der Ablauf der Rechnungen ist in den Tabellen 6.1.1-1 und 6.1.1-2 dargestellt.

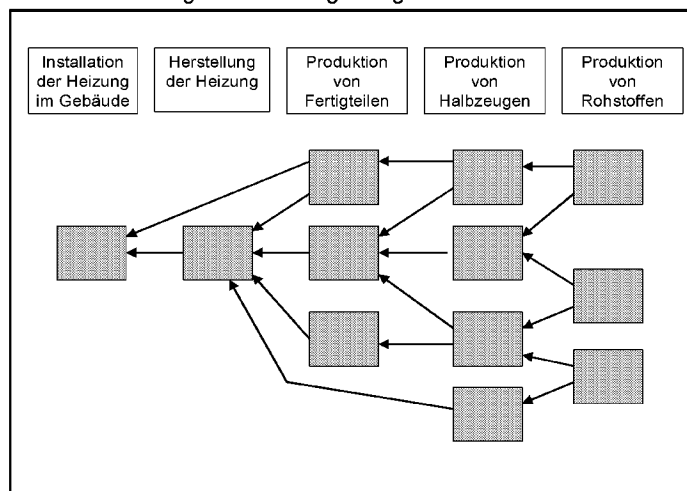
5.2 Input-Output Methode zur Ermittlung der Beschäftigung bei Anlagenerneuerung und umgesetzter Beratung

Input/Output erfasst wirtschaftliche Verflechtungen

Die Input/Output Berechnung gehört zu den traditionellen Verfahren der empirischen Wirtschaftsforschung. Sie findet seit langem und in zunehmendem Umfang Anwendung bei beschäftigungs- und umweltpolitischen Fragestellungen. Die Methodik erlaubt es, nicht nur die unmittelbaren Beschäftigungseffekte in den direkt betroffenen Branchen zu bestimmen, sondern auch die Arbeitsplatzwirkungen in den dieser Branche vorgelagerten Sektoren mit zu erfassen [5-3, 5-4].

Abbildung 5.2-1 zeigt das Schema einer solchen Produktionsvernetzung von der Gewinnung der Rohstoffe bis hin zum fertigen Produkt, der Heizungsanlage. Jede dieser Produktionsstufen braucht noch Hilfsstoffe, Energie usw. Die Vernetzung ist in der Realität noch viel verzweigter als in dem Schema gezeigt. Es sind also eine Vielzahl von Wirtschaftsbereichen beteiligt und in jedem sind Arbeitsplätze vorhanden, deren Anteile an der Erstellung des Endproduktes mit der Input/Output Methode aufsummiert werden.

Abbildung 5.2-1: Schema der Produktions- und Lieferverflechtungen für die Erneuerung einer Heizungsanlage



I/O Tabelle als Datenbasis

Die zur Schätzung der Arbeitsplatzeffekte notwendige Datenbasis liefert die Input/Output Tabelle, die vom Statistischen Bundesamt erstellt und regelmäßig aktualisiert wird. Eine solche Tabelle zeigt alle Liefer- und Nachfragebeziehungen der Volkswirtschaft in einem geschlossenen Matrix-Rechenschema für ein bestimmtes Jahr auf. Die Verknüpfungen werden in Form von Zahlen (Koeffizienten) darge-

stellt, die die Dimension von Geldflüssen haben. Allerdings erfolgt dies nicht für jede Branche einzeln, sondern für größere Sektoren, in denen mehrere ähnliche Branchen zusammen geschlossen sind. Die Verknüpfung entsteht durch den Austausch von Gütern und Dienstleistungen zwischen den Sektoren. Dabei werden die Inputs in den Sektoren in Outputs umgewandelt und sind dann wiederum ein Teil des Inputs in einem anderen Sektor (vgl. Abbildung 5.2-1). Man spricht hier von Input/Output Verknüpfung.

**Bruttoproduktion
bestimmt Arbeits-
platzeffekte**

Auslöser für die Beschäftigungseffekte durch Heizungserneuerungen und umgesetzte Energiespar-Beratungen sind die von den Gebäudebesitzern getätigten Investitionen. Steigt die Nachfrage z.B. nach Heizungsanlagen, dann müssen die Hersteller Vorleistungen von anderen Industriebranchen einkaufen. Diese anderen Industrien benötigen aber auch wieder Vorleistungen, die wiederum zu einer Erhöhung der gegenseitigen Lieferungen führen. Die dabei angestoßene Gesamtproduktion in allen Wirtschaftssektoren, die auch als Bruttoproduktion bezeichnet wird, übersteigt die von den Gebäudebesitzern getätigten Investitionen. Diese Investitionen werden im I/O-Sprachgebrauch auch als Endnachfrage bezeichnet.

**Rechenschritte für
die Gesamtbeschäftigung**

Mit Hilfe der Bruttoproduktion werden die Arbeitsplatzeffekte berechnet. Die notwendigen Schritte hierzu sind:

- Berechnung der Investitionssumme (Endnachfrage). Dies erfolgt außerhalb des Input/Output Rechenmodells durch Multiplikation der dem Schornsteinfegerhandwerk anrechenbaren Erneuerungen mit dem durchschnittlichen Anlagenpreis.
- Berechnung der Bruttoproduktion, die durch die Investitionssumme verursacht wird. Hierzu ist der Einsatz des Input/Output Modells notwendig.
- Ermittlung der Beschäftigtenzahlen mit Hilfe von Beschäftigungskoeffizienten für die verschiedenen Wirtschaftssektoren, die sich aus der Input/Output Tabelle ableiten lassen. Auch dieser Rechenschritt erfolgt im Input Output Modell.

Die folgende Tabelle zeigt beispielhaft für einige ausgewählte Sektoren Bruttoproduktion, Beschäftigte und Beschäftigungskoeffizienten aus der Input/Output Tabelle von 1993. Die Rechnungen wurden mit einer aktuelleren Tabelle ausgeführt.

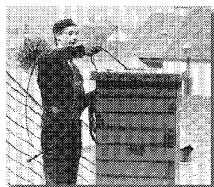
**Beispiele für
Beschäftigungs-
koeffizienten**

Die Beschäftigungskoeffizienten in der letzten Spalte geben an, wie viele Beschäftigte der betreffende Sektor für die Erwirtschaftung von einer Million EUR Bruttoproduktion benötigt. Die Zahlenwerte in der Tabelle zeigen, dass die Energie- und Grundstoffsektoren eher un-

terdurchschnittliche Beschäftigungskoeffizienten aufweisen. Dagegen haben verarbeitende Sektoren und Dienstleistungssektoren überdurchschnittliche Beschäftigungswirkungen, d.h. sie sind arbeitsplatzintensiv. Gerade an Heizungserneuerungen und energetischen Gebäudesanierungen sind arbeitsplatzintensive Sektoren stark beteiligt. Investitionen in diesen Bereich haben also sehr positive Wirkungen auf den Arbeitsmarkt.

Tabelle 5.2-1: Ausgewählte sektorale Beschäftigungskoeffizienten

Nr.	Sektor	Brutto-Produktion	Beschäftigte	Beschäft.-Koeffizient
		Mrd. EUR	1.000	Beschäftigte pro Mio. EUR
3	Elektrizität, Dampf, Warmwasser	51,3	261	5,1
10	Mineralölzeugnisse	40,3	32	0,8
13	Steine und Erden, Baustoffe	32,0	226	7,1
16	Eisen und Stahl	34,5	157	4,6
21	Maschinenbauerzeugnisse	100	1.250	12,5
41	Hoch- und Tiefbauleistungen	128	1.709	13,4
42	Ausbauleistungen	78,8	959	10,9
44	Dienstleistungen des Großhandels	117	1.728	14,8
44	Dienstleistungen des Einzelhandels	106	2.498	23,5
	Summe (gesamte Volkswirtschaft)	2.950	31.680	10,7



6. Angestoßene Beschäftigungseffekte

6.1 Beschäftigung durch Wartung der Anlagen

6.1.1 Wartung bei zu hohen CO-Werten

Im Jahr 2000 wurden rund 12,7 Millionen Gasfeuerungen überprüft (vgl. Tabelle 6.1.1-1). Davon wurden 716.000 Anlagen wegen zu hoher CO-Emission beanstandet. Rechnet man davon noch 15 % der beanstandeten Anlagen für die Erneuerung ab, dann beläuft sich die Netto-Anzahl der gewarteten Feuerungen auf 609.000.

*Schätzung auf
Basis von
Stundensätzen*

Geht man von einem mittleren realistischen Wartungsaufwand von 1,5 Stunden aus, dann ergeben sich bei einer unterstellten Wochenarbeitszeit von 38 Stunden gut 500 Vollzeit-Arbeitsplätze, die in Tabelle 6.1.1-1 als Personenjahre ausgewiesen sind.

Tabelle 6.1.1-1: Schätzung der Arbeitsplätze durch Wartung von Anlagen mit zu hohem CO-Wert

Gesamtzahl der geprüften Anlagen	12.692.000
Beanstandete Anlagen mit 500-1000 ppm	415.000
Beanstandete Anlagen mit >1000 ppm	301.000
Gewartete und erneuerte Anlagen (Summe)	716.000
Anrechenbare Erneuerungen (15 % der Beanstandungen)	-107.000
Gewartete Anlagen (netto)	609.000
Wartungsdauer pro Anlage in Stunden	1,5
Wartungsdauer für alle Anlagen in Stunden	913.500
Arbeitsplätze in Personenjahren	520

*500 Arbeitsplätze
durch Behebung
der unzulässigen
CO-Werte*

6.1.2 Wartung bei zu hohen Abgasverlusten

Im Jahr 2000 wurden fast 15 Millionen Öl- und Gasfeuerungen nach der 1.BImSchV überprüft (Tabelle 6.1.1-2). Die Anzahl der wegen zu hoher Abgasverluste beanstandeten Anlagen belief sich in diesem Jahr auf fast 655.000. Davon entfiel etwa je die Hälfte auf Öl- und Gasfeuerungen.

*1000 Arbeitsplätze
durch Behebung
der zu hohen Ab-
gasverluste*

Nach Abzug von insgesamt 98.000 Erneuerungen betrug die Netto-Anzahl der durchgeführten Wartungen 556.000. Bei einer durchschnittlichen Wartungsdauer von 3 Stunden ergeben sich insgesamt 1.000 Arbeitsplätze.

Tabelle 6.1.1-2: Schätzung der Arbeitsplätze durch Wartung von Anlagen mit zu hohem Abgasverlust

	Gas	Öl	Gesamt
Gesamtzahl der geprüften Feuerungen (1.BImSchV)	8.408.200	6.361.900	14.770.100
Beanstandete Anlagen	336.328	318.095	654.423
Erneuerung (15 % der Beanstandungen)	-50.449	-47.714	-98.163
Gewartete Anlagen netto	285.879	270.381	556.260
Wartungsdauer pro Anlage in Stunden	3	3	
Wartungsdauer für Anlagen in Stunden	857.600	812.200	1.669.800
Arbeitsplätze in Personenjahren	514	486	1000

6.2 Beschäftigung durch Erneuerung der Anlagen

6.2.1 Anrechenbare jährliche Erneuerungen

Die Anzahl der Erneuerungen nimmt stetig ab

Die Zahl der Heizungsanlagen-Erneuerungen ist in den letzten Jahren stetig gesunken. Dies kann man deutlich an der Altersstruktur der Anlagen erkennen. So hat nach Abbildung 4.3.3-2 der Anlagenjahrgang 1993 der Ölfeuerungen einen Anteil von 4,5 % am Bestand von 2001. Dieser Anteil fällt von Jahr zu Jahr, so dass die 2000 installierten Anlagen nur noch einen Anteil von 3% haben. Dies bedeutet für die Anlagenhersteller einen Rückgang auf dem heimischen Markt von 30 % in sieben Jahren. Bei den Gasfeuerungen ist die Entwicklung ähnlich. Die Erneuerungsrate fällt nach Abbildung 4.3.5-2 von 6 % im Jahr 1992 auf 4,5 % bis 2000. Hier beträgt die Umsatzeinbuße 25 %.

Gefahr eines Erneuerungsstaus

Die Ursachen für den Rückgang der Erneuerungen sind die geringere Bereitschaft der Eigentümer zu sanieren und das abnehmende Neubauvolumen. So ist die Anzahl der fertiggestellten Wohnungen im Zeitraum 1995 bis 2000 von 603.000 auf 423.000 gesunken [6-1]. Die Zurückhaltung bei der Altbausanierung dürfte zu einem Erneuerungsstau führen, der sich auch darin zeigt, dass die Altersstrukturen der Kessel einen erheblichen Anteil überalterter Kessel aufweisen (vgl. Abbildungen 4.3.3-1 und 4.3.5-1).

Aus der Verteilung der Altersstrukturen in den oben genannten Abbildungen, die auf ganz Deutschland übertragen werden, kann man ableiten, dass die jährlichen Erneuerungen zwischen 1991 und 2000 von über einer Million Anlagen auf unter 800.000 Anlagen gesunken sind. Der Durchschnittswert beträgt 930.000 Anlagen pro Jahr (vgl. Tabelle 6.2.1-1). Diese Durchschnittszahl wird auch in einer Studie genannt, die der VdZ (Vereinigung der deutschen Zentralheizungswirtschaft) hat durchführen lassen [5-3]. Eine andere Quelle kommt

**Durchschnittlich
930.000 Erneue-
rungen pro Jahr**

zu ähnlichen Ergebnissen. Nach [6-1] betrug im Jahr 2000 die Zahl der produzierten Öl- und Gaskessel rund 664.000 Stück, von denen ein Teil exportiert wird. Dazu kommen 260.000 installierte Gasbrennwertgeräte als Wandgeräte. Dies führt nach Abzug einer Exportrate in der Summe zu ähnlichen Größenordnungen wie in Tabelle 6.2.1-1.

Tabelle 6.2.1-1: Erneuerungen aufgrund der Altersstruktur

	Öl	Öl	Gas	Gas	Öl+Gas
Baujahr	Anteil am Bestand von 2001	Erneuerungen (Alt- und Neubau)	Anteil am Bestand von 2001	Erneuerungen (Alt- und Neubau)	Erneuerungen (Alt- und Neubau)
	%		%		
1991	4,1	264.132	6,3	805.180	1.069.312
1992	6,3	401.940	6,2	792.480	1.194.420
1993	4,2	269.746	5,3	678.180	947.926
1994	4,6	293.480	5,4	689.521	983.001
1995	4,5	289.014	5,5	698.500	987.514
1996	4,0	257.752	4,4	562.610	820.362
1997	3,5	225.852	5,3	673.100	898.952
1998	4,2	270.512	4,6	584.200	854.712
1999	3,3	211.816	4,2	538.480	750.296
2000	3,4	216.920	4,5	576.580	793.500
Durchschnitt	4,2	270.116	5,2	659.883	930.000

Bestände im Jahr 2001: Ölfeuerungen 6,4 Mio. und Gasfeuerungen 12,7 Mio.

Aus den Bestandszahlen und der Altersstruktur ergibt sich, dass im Mittel rund 30 % der Erneuerungen auf Ölfeuerungen entfallen und 70 % auf Gasfeuerungen. Dieses Verhältnis lässt sich in etwa auch aus den Informationen in [6-1] ableiten.

**310.000 anrechen-
bare Erneuerun-
gen**

Für die Bestimmung der dem Schornsteinfegerhandwerk anrechenbaren Erneuerungen ist eine Aufteilung der jährlichen Kesselinstallationen auf den Alt- und Neubaubereich erforderlich. Nur Anlagenerneuerungen aus dem Altbaubereich sind dem Schornsteinfegerhandwerk anrechenbar. Hierzu werden die Informationen in der Studie des VdZ verwendet, die durchschnittlich ein Drittel der neuen Installationen dem Neubaubereich zuordnet [5-3]. Damit entfallen auf den Neubaubereich im Mittel rund 310.000 Anlagen pro Jahr und auf den Altbaubereich die restlichen 620.000 Anlagen pro Jahr. Von den Erneuerungen im Altbaubereich wird nach den Überlegungen in Kapitel 4.5.1 die Hälfte, also 310.000 Anlagen pro Jahr, dem Schornsteinfegerhandwerk angerechnet.

6.2.2 Arbeitsplätze in der Wirtschaft durch Anlagenerneuerung

Die Erneuerung von Heizkesseln hat weiter reichende Beschäftigungswirkungen als die bloße Wartung der Anlagen, da weitere Wirtschaftsbereiche beteiligt sind. Arbeitsplätze entstehen nicht nur im Installationsgewerbe, sondern auch bei den Heizungsherstellern sowie bei einer Vielzahl vorgelagerter Branchen. Dazu gehören Fertigteil-Zulieferer, die wiederum auf andere Lieferanten wie Stahl-, Leichtmetall- und Kunststoffproduzenten zurück greifen (vgl. Kapitel 5.2).

Die Beschäftigung wird mit Hilfe der getätigten Investitionen bestimmt. Bei 310.000 anrechenbaren Anlagen pro Jahr ergibt sich ein Investitionsvolumen von 1,7 Milliarden EUR (vgl. Tabelle 6.2.2-1). Damit wird eine Bruttoproduktion von fast 3,2 Milliarden EUR angestoßen, woraus Arbeitsplätze in der Größenordnung von insgesamt 41.000 Personenjahren resultieren.

**Erneuerung
bringt größten
Beitrag**

Tabelle 6.2.2-1: Beschäftigung durch Anlagenerneuerungen

Erneuerte Anlagen im Altbaubereich	620.000
Anrechenbare Erneuerungen im Altbaubereich	310.000
Investition pro Anlage (incl. Montage)	5.500 EUR
Gesamtinvestition	1.705 Mio. EUR
Bruttoproduktion	3.154 Mio. EUR
Arbeitsplätze in Personenjahren	41.000 Pers. Jahre

6.3 Beschäftigung durch umgesetzte Energiespar-Beratungen

Die Berechnung der Arbeitsplatzeffekte erfolgt hier nach der gleichen Methode wie im vorangehenden Abschnitt (vgl. Tabelle 6.3-1). Allerdings ist die Bandbreite der betroffenen Branchen noch größer, weil in die Beratung auch Maßnahmen zur Gebäudedämmung mit eingeschlossen sind. Dadurch sind neben dem Heizungsgewerbe noch das Bau- und Dämmgewerbe mit den zugehörigen Vorlieferanten betroffen.

Für die Anzahl der Beratungen im Jahr 2000 lässt sich aus Tabelle 4.6-1 ein Wert von 26.700 Stück interpolieren. Davon wird gut die Hälfte umgesetzt. Nach den Erfahrungen aus den KfW-Förderprogrammen für energetische Gebäudesanierungen dürften die Investitionen pro Wohneinheit zwischen rund 6.000 EUR für eine Einzelmaßnahme und 12.000 EUR für eine Maßnahmenkombination liegen (Mittel 9.000). Mit der Anzahl der umgesetzten Beratungen er-

gibt sich für das Jahr 2000 ein gemittelttes Investitionsvolumen von 132 Millionen EUR und eine Bruttoproduktion von 250 Millionen EUR, wodurch insgesamt 3.200 Arbeitsplätze geschaffen bzw. erhalten werden.

Tabelle 6.3-1: Beschäftigung durch umgesetzte Energiespar-Beratungen

Geförderte Beratungen bundesweit		26.600
Umsetzungsrate	%	55
Umgesetzte Beratungen (1999)	Anzahl	14.630
Mittlere Investition pro Fall	EUR	9.000
Umgesetzte Investition	Mio. EUR	132
Bruttoproduktion	Mio. EUR	250
Angestoßene Arbeitsplätze	PJ	3.200

6.4 Zusammenfassung und Bewertung der Beschäftigungseffekte

Die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks und deren Auswirkungen sind in besonderer Weise geeignet, positive Arbeitsplatzeffekte in verschiedenen Bereichen der Wirtschaft auszulösen. Hier sind besonders folgende Impulse zu nennen:

- Durch den Anstoß des Schornsteinfegerhandwerks zur Behebung der beanstandeten Messwerte werden Arbeitsplatzeffekte im Heizungsinstallateur-Handwerk ausgelöst. Hier handelt es sich um Wartungsarbeiten.
- Der Schornsteinfeger kontrolliert und dokumentiert als unabhängiger Prüfer jedes Jahr die Anlagen und ist damit ein kritischer Begleiter der Anlagen während ihrer ganzen Lebensdauer. Auf diese Weise wird durch den intensiven Kontakt ein erheblicher Anteil von Anlagenerneuerungen angestoßen, wodurch Arbeitsplätze im Handwerk, bei den Herstellern und in den vorgelagerten Branchen erhalten bzw. geschaffen werden.
- Durch die Umsetzung der vom Schornsteinfegerhandwerk durchgeführten Energieberatungen in konkrete Gebäudesanierungen werden weitere Beschäftigungseffekte in der Heizungsbranche und in der Bauwirtschaft sowie in den vorgelagerten Branchen angestoßen.

**Arbeitsplätze
durch Wartung,
Erneuerung und
Beratung**

**45.700 Arbeits-
plätze**

In der Summe ergibt sich für diese Tätigkeitsfelder ein vom Schornsteinfegerhandwerk angestoßener Beschäftigungseffekt von 45.700 Arbeitsplätzen (vgl. Tabelle 6.4-1).

**Jeder Schornstein-
feger schafft drei
Arbeitsplätze**

Das entspricht fast der dreifachen Menge der Beschäftigten im Schornsteinfegerhandwerk und zeigt die Bedeutung für den Arbeitsmarkt.

Tabelle 6.4-1: Zusammenfassung der angestoßenen Arbeitsplatzeffekte in Personenjahren

Beseitigung unzulässiger CO-Werte (Gasfeuerungen)	520
Beseitigung der Abgasverluste (Öl- und Gasfeuerungen)	1.000
Anrechenbare Erneuerungen (Öl- und Gasfeuerungen) ¹⁾	41.000
Umgesetzte Energiespar-Beratung	3.200
Summe	565.2

¹⁾ Mittelwert

Literatur

- [2-1] Verordnung über die Ausführung von Schornsteinfegerarbeiten (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO) vom 01.04.1999. Der Minister für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf den 29. März 1999.
- [2-2] Verordnung des Wirtschaftsministeriums über die Kehrung und Überprüfung von Feuerungsanlagen, Lüftungsanlagen und ähnlichen Einrichtungen (KÜO), Stuttgart den 30. September 1999.
- [2-3] Verordnung über das Kehren und Überprüfen von Feuerungs- und Lüftungsanlagen (Kehr- und Überprüfungsordnung – KÜO), Bayerisches Staatsministerium des Inneren, 18. Dezember 1997.
- [2-4] Verordnung über die Ausführung von Schornsteinfegerarbeiten., Kehr- und Überprüfungsordnung Niedersachsen vom 14. 08. 2000.
- [2-5] Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 1977 R. Oldenburg Verlag.
- [2-6] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1995 bis 2000, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- [2-7] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Kleinf Feuerungsanlagen, 1.BImSchV.
- [2-8] www.Schornsteinfegermeister.de
- [2-9] Persönliche Mitteilungen des Bundesverbands des Schornsteinfegerhandwerks.
- [3-1] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1995 bis 2000, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- [3-2] Erste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes, Arbeitsblatt Nr. 601, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (Hrsg.), 1997, Sankt Augustin.
- [3-3] Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 1977 R. Oldenburg Verlag.
- [3-4] Pettinger K.-H., Emissionsmessung mit elektrochemischen Gassensoren, Zeitschrift: Schornsteinfegerhandwerk 9/2001.
- [3-5] Clausnitzer K.-D., Erfolgskontrolle der Aktion „Anstoßberatung/Energiepass“ in Hessen. Zeitschrift: Schornsteinfegerhandwerk 4/2000.
- [3-6] Mündliche Mitteilung von Herrn D. Stehmeier, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin 2003.

- [4.1-1] Viessmann, VITOTEC Preisliste 2002, Viessmann Werke Al-lendorf.
- [4.1-2] Cerbe G., Grundlagen der Gastechnik, Carl Hanser Verlag München Wien, 1999.
- [4.1-3] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1990 bis 2001, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (Hrsg.) Sankt Augustin.
- [4.1-3] PROGNOSE, Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Basel 1999.
- [4.1-4] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 -1999, <http://www.loy-energie.de/>
- [4.1-5] Kleemann M. et al., Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Band 23, 2000.
- [4.2-1] Pettinger K.-H., Emissionsmessung mit elektrochemischen Gassensoren, Zeitschrift: Schornsteinfegerhandwerk 9/2001.
- [4.3-1] BDH 1995, Abgasanlagen für moderne Wärmeerzeuger-Hinweise für Planung und Ausführung, Informationsblatt Nr. 5, Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie.
- [4.3-2] Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, 1997 R. Oldenburg Verlag.
- [4.3-3] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1990 bis 2001, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks (Hrsg.) Sankt Augustin.
- [4.3-4] PROGNOSE, Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, Basel 1999.
- [4.3-5] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 -1999, <http://www.loy-energie.de/>
- [4.3-6] Kleemann M. et al., Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050, Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt Band 23, 2000.
- [4.4-1] IWO, Chr. Küchen, persönliche Mitteilungen, Institut für wirtschaftliche Oelheizung e.V.
- [4.4-2] Baumbach G. et al., Neue Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher, Schornsteinfegerhandwerk 12/2000.
- [4.4-3] PROGNOSE, ewi, Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt, für BMWi, Basel 1999.
- [4.4-4] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1995 bis 2000, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- [4.5-1] Böhm G. (2001), Drei Millionen Altkessel vor dem Aus? HLH BD. 52 (2001) Nr. 6-Juni.

- [4.5-2] Recknagel, Sprenger, Schramek (1997), Taschenbuch für Heizung+ Klima Technik, R. Oldenburg Verlag München Wien.
- [4.6-1] Kleemann M. et al. (2002), Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Evaluierung der Programme im Auftrag der KfW, Forschungszentrum Jülich.
- [4.6-2] Clausnitzer K.-D., Erfolgskontrolle der Aktion „Anstoßberatung/Energiepass“ in Hessen. Zeitschrift: Schornsteinfegerhandwerk 4/2000.
- [4.6-3] Clausnitzer K.-D., Erfolgskontrolle und Effizienz von Beratungsofferten. Schornsteinfegerhandwerk, Heft 1/2001.
- [4.6-4] Persönliche Mitteilungen von Herrn Dr. Stehmeier vom Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks.
- [4.6-5] Initialberatung zur Energieeinsparung durch das Schornsteinfegerhandwerk erfolgreich, Zeitschrift: Schornsteinfegerhandwerk, 1/2002.
- [5-1] Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks von 1995 bis 2000, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin.
- [5-2] Mündliche Mitteilung von Herrn D. Stehmeier, Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks, Sankt Augustin, 2003.
- [5-3] Kleemann M. et al. (2002), Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm, Evaluierung der Programme im Auftrag der KfW, Forschungszentrum Jülich, Februar 2003.
- [5-4] Beschäftigung und Klimaschutz durch Heizungsmodernisierung, Studie der ETH Zürich im Auftrag des VdZ Köln, Zürich, Juni 2000.
- [6-1] RAS, Analyse zur Situation an Deutschlands Heizungsmärkten, Das Wirtschaftsjournal für die Haustechnik, 03/2003, 58. Jahrgang, Krammer Verlag Düsseldorf.

- 1. Energiemodelle in der Bundesrepublik Deutschland. Stand der Entwicklung**
IKARUS-Workshop vom 24. bis 25. Januar 1996
herausgegeben von S. Molt, U. Fahl (1997), 292 Seiten
ISBN 3-89336-205-3
- 2. Ausbau erneuerbarer Energiequellen in der Stromwirtschaft**
Ein Beitrag zum Klimaschutz
Workshop am 19. Februar 1997, veranstaltet von der Forschungszentrum Jülich GmbH und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. Schultze (1997), 138 Seiten
ISBN 3-89336-206-1
- 3. Modellinstrumente für CO₂-Minderungsstrategien**
IKARUS-Workshop vom 14. bis 15. April 1997
herausgegeben von J.-Fr. Hake, P. Markewitz (1997), 284 Seiten
ISBN 3-89336-207-X
- 4. IKARUS-Datenbank - Ein Informationssystem zur technischen, wirtschaftlichen und umweltrelevanten Bewertung von Energietechniken**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 2 „Datenbank“
H.-J. Laue, K.-H. Weber, J. W. Tepel (1997), 90 Seiten
ISBN 3-89336-214-2
- 5. Politikszenerarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 1. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis zum Jahre 2005
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 410 Seiten
ISBN 3-89336-215-0
- 6. Politikszenerarien für den Klimaschutz**
Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 2. Emissionsminderungsmaßnahmen für Treibhausgase, ausgenommen energiebedingtes CO₂
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1997), 110 Seiten
ISBN 3-89336-216-9
- 7. Modelle für die Analyse energiebedingter Klimagasreduktionsstrategien**
IKARUS. Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien
Abschlußbericht Teilprojekt 1 „Modelle“
P. Markewitz, R. Heckler, Ch. Holzapfel, W. Kuckshinrichs, D. Martinsen, M. Walbeck, J.-Fr. Hake (1998), VI, 276 Seiten
ISBN 3-89336-220-7

8. Politiksszenarien für den Klimaschutz

Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 3. Methodik-Leitfaden für die Wirkungsabschätzung von Maßnahmen zur Emissionsminderung
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1998), VIII, 95 Seiten
ISBN 3-89336-222-3

9. Horizonte 2000

6. Wolfgang-Ostwald-Kolloquium der Kolloid-Gesellschaft
3. Nachwuchstage der Kolloid- und Grenzflächenforschung
Kurzfassungen der Vorträge und Poster
zusammengestellt von F.-H. Haegel, H. Lewandowski, B. Krah-Urban (1998), 150 S.
ISBN 3-89336-223-1

10. Windenergieanlagen - Nutzung, Akzeptanz und Entsorgung

von M. Kleemann, F. van Erp, R. Kehrbaum (1998), 59 Seiten
ISBN 3-89336-224-X

11. Policy Scenarios for Climate Protection

Study on Behalf of the Federal Environmental Agency
Volume 4. Methodological Guideline for Assessing the Impact of Measures for Emission Mitigation
edited by G. Stein, B. Strobel (1998), 103 pages
ISBN 3-89336-232-0

12. Der Landschaftswasserhaushalt im Flußeinzugsgebiet der Elbe

Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen
Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 1.
von R. Kunkel, F. Wendland (1998), 110 Seiten
ISBN 3-89336-233-9

13. Das Nitratabbauvermögen im Grundwasser des Elbeeinzugsgebietes

Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 2.
von F. Wendland, R. Kunkel (1999), 166 Seiten
ISBN 3-89336-236-3

14. Treibhausgasminderung in Deutschland zwischen nationalen Zielen und internationalen Verpflichtungen

IKARUS-Workshop am 27.05.1998, Wissenschaftszentrum Bonn-Bad Godesberg.
Proceedings
herausgegeben von E. Läge, P. Schaumann, U. Fahl (1999), ii, VI, 146 Seiten
ISBN 3-89336-237-1

15. Satellitenbildauswertung mit künstlichen Neuronalen Netzen zur Umweltüberwachung

Vergleichende Bewertung konventioneller und Neuronaler Netzwerkalgorithmen und Entwicklung eines integrierten Verfahrens
von D. Klaus, M. J. Canty, A. Poth, M. Voß, I. Niemeyer und G. Stein (1999), VI, 160 Seiten
ISBN 3-89336-242-8

16. Volatile Organic Compounds in the Troposphere

Proceedings of the Workshop on Volatile Organic Compounds in the Troposphere held in Jülich (Germany) from 27 - 31 October 1997
edited by R. Koppmann, D. H. Ehhalt (1999), 208 pages
ISBN 3-89336-243-6

17. CO₂-Reduktion und Beschäftigungseffekte im Wohnungssektor durch das CO₂-Minderungsprogramm der KfW

Eine modellgestützte Wirkungsanalyse
von M. Kleemann, W. Kuckshinrichs, R. Heckler (1999), 29 Seiten
ISBN 3-89336-244-4

18. Symposium über die Nutzung der erneuerbaren Energiequellen Sonne und Wind auf Fischereischiffen und in Aquakulturbetrieben

Symposium und Podiumsdiskussion, Izmir, Türkiye, 28.-30.05.1998.
Konferenzbericht
herausgegeben von A. Özdamar, H.-G. Groehn, K. Ülgen (1999), IX, 245 Seiten
ISBN 3-89336-247-9

19. Das Weg-, Zeitverhalten des grundwasserbürtigen Abflusses im Elbeeinzugsgebiet

Analyse von Wasserhaushalt, Verweilzeiten und Grundwassermilieu im Flußeinzugsgebiet der Elbe (Deutscher Teil). Abschlußbericht Teil 3.
von R. Kunkel, F. Wendland (1999), 122 Seiten
ISBN 3-89336-249-5

20. Politiksznarien für den Klimaschutz

Untersuchungen im Auftrag des Umweltbundesamtes
Band 5. Szenarien und Maßnahmen zur Minderung von CO₂-Emissionen in Deutschland bis 2020
herausgegeben von G. Stein, B. Strobel (1999), XII, 201 Seiten
ISBN 3-89336-251-7

21. Klimaschutz durch energetische Sanierung von Gebäuden. Band 1

von J.-F. Hake, M. Kleemann, G. Kolb (1999), 216 Seiten
ISBN 3-89336-252-2

22. Electroanalysis

Abstracts of the 8th International Conference held from 11 to 15 June 2000 at the University of Bonn, Germany
edited by H. Emons, P. Ostapczuk (2000), ca. 300 pages
ISBN 3-89336-261-4

23. Die Entwicklung des Wärmemarktes für den Gebäudesektor bis 2050

von M. Kleemann, R. Heckler, G. Kolb, M. Hille (2000), II, 94 Seiten
ISBN 3-89336-262-2

24. Grundlegende Entwicklungstendenzen im weltweiten Stoffstrom des Primäraluminiums

von H.-G. Schwarz (2000), XIV, 127 Seiten
ISBN 3-89336-264-9

25. Klimawirkungsforschung auf dem Prüfstand

Beiträge zur Formulierung eines Förderprogramms des BMBF
Tagungsband des Workshop „Klimaforschung“, Jülich, vom 02. bis 03.12.1999
von J.-Fr. Hake, W. Fischer (2000), 150 Seiten
ISBN 3-89336-270-3

26. Energiezukunft 2030

Schlüsseltechnologien und Techniklinien
Beiträge zum IKARUS-Workshop 2000 am 2./3. Mai 2000
herausgegeben von U. Wagner, G. Stein (2000), 201 Seiten
ISBN 3-89336-271-1

27. Der globale Wasserkreislauf und seine Beeinflussung durch den Menschen

Möglichkeiten zur Fernerkundungs-Detektion und -Verifikation
von D. Klaus und G. Stein (2000), 183 Seiten
ISBN 3-89336-274-6

28. Satelliten und nukleare Kontrolle

Änderungsdetektion und objektorientierte, wissensbasierte Klassifikation von Multispektralaufnahmen zur Unterstützung der nuklearen Verifikation
von I. Niemeyer (2001), XIV, 206 Seiten
ISBN 3-89336-281-9

29. Das hydrologische Modellsystem J2000

Beschreibung und Anwendung in großen Flußgebieten
von P. Krause (2001), XIV, 247 Seiten
ISBN 3-89336-283-5

- 30. Aufwands- und ergebnisrelevante Probleme der Sachbilanzierung**
von G. Fleischer, J.-Fr. Hake (2002), IV, 64 Blatt
ISBN 3-89336-293-2
- 31. Nachhaltiges Management metallischer Stoffströme**
Indikatoren und deren Anwendung
Workshop, 27.-28.06.2001 im Congresscentrum Rolduc, Kerkrade (NL)
herausgegeben von W. Kuckshinrichs, K.-L. Hüttner (2001), 216 Seiten
ISBN 3-89336-296-7
- 32. Ansätze zur Kopplung von Energie- und Wirtschaftsmodellen zur Bewertung zukünftiger Strategien**
IKARUS-Workshop am 28. Februar 2002, BMWi, Bonn. Proceedings
herausgegeben von S. Briem, U. Fahl (2003), IV, 184 Seiten
ISBN 3-89336-321-1
- 33. TRACE. Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**
Volume 1: Proceedings of the Dendrosymposium 2002,
April 11th - 13th 2002, Bonn/Jülich, Germany
edited by G. Schleser, M. Winiger, A. Bräuning et al., (2003), 135 pages, many partly coloured illustrations
ISBN: 3-89336-323-8
- 34. Klimaschutz und Beschäftigung durch das KfW-Programm zur CO₂-Minderung und das KfW-CO₂-Gebäudesanierungsprogramm**
von M. Kleemann, R. Heckler, A. Kraft u. a., (2003), 53 Seiten
ISBN: 3-89336-326-2
- 35. Klimaschutz und Klimapolitik: Chancen und Herausforderungen**
Beiträge aus der Forschung
herausgegeben von J.-Fr. Hake, K. L. Hüttner (2003), III, 231 Seiten
ISBN: 3-89336-327-0
- 36. Umweltschutz und Arbeitsplätze, angestoßen durch die Tätigkeiten des Schornsteinfegerhandwerks**
Auswertung von Schornsteinfeger-Daten
von M. Kleemann, R. Heckler, B. Krüger (2003), VII, 66 Seiten
ISBN: 3-89336-328-9