

Forcierung von Holzheizungen im Inntal

Emissionsszenarien für Feinstaub – PM10 mit einer Abschätzung der Immissions- veränderung und der gesundheitlichen Auswirkungen

Endbericht

**AUF INITIATIVE VON
ÄRZTINNEN FÜR EINE GESUNDE UMWELT**

Projektleitung: Andreas Windsperger (IIÖ)
Manfred Neuberger (Meduniwien)

Bearbeitung: Hermann Schmidt-Stejskal (IIÖ)
Hanns Moshammer (Meduniwien)



St. Pölten und Wien, im Dezember 2006

Kurzfassung

Zum Schutz des globalen Klimas und zur Erhöhung der Versorgungssicherheit wird im Land Tirol der Ausbau der Biomasseheizungen gefördert, wobei Biomasseheizungen etwa ein Viertel der Anlagen ausmachen. Etwa die Hälfte aller Heizungsanlagen im Sektor Kleinverbraucher in Tirol stellen derzeit Ölkessel dar. In vier Szenarien wird der Ersatz dieser Ölkessel abgeschätzt und die Emissionsveränderungen von Feinstaub (PM₁₀), Kohlendioxid (CO₂) und Stickoxiden (NO_x) für das Jahr 2015 berechnet. In den Szenarien „Gas“ bzw. „Holz“ wird jeweils die Hälfte der derzeitigen Ölkessel im Inntal durch Gaskessel bzw. Holzkessel ersetzt. Weiters wird in den Szenarien „Mix+“ bzw. „Holz+“ der Ersatz aller Ölkessel durch Gas- und Holzkessel bzw. nur durch Holzkessel angenommen.

Da im Szenario „Gas“ alle Emissionen (CO₂, NO_x und Staub) zurückgehen, weist dieses Szenario insgesamt betrachtet die größten emissionsrelevanten Erfolge auf. Bei den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ stehen dem Kyoto-relevanten Rückgang der CO₂-Emissionen die immissionsrelevanten Steigerungen von NO_x und Staub gegenüber, wobei diese Effekte beim Szenario „Holz+“ noch verstärkt sind.

Die Immissionskonzentration von PM₁₀ liegt im Inntal derzeit bei einem Jahresmittelwert von durchschnittlich 30 µg/m³. Nach einfachen Abschätzungen steigt diese in den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ auf etwa 32,2 µg/m³ und im Szenario „Holz+“ auf 34,3 µg/m³ an. Aus Korrelationen der Jahresmittelwerte mit der Anzahl der Überschreitung der Tagesmittelwerte von 50 µg/m³ zeigt sich bei PM₁₀ in den Szenarien ein Anstieg der Überschreitungen von derzeit etwa 43 auf 50 bis 60 Tage.

Umweltmedizinisch wird das Szenario „Holz+“ trotz seiner hohen CO₂-Reduktion am ungünstigsten beurteilt, weil die damit verbundene Feinstaub- und NO_x-Belastung schon bald zu beträchtlichen Anstiegen der Morbidität und Mortalität führen würden. Auch unter Abwägung langfristiger Vorteile der prognostizierten CO₂-Einsparung kann das Szenario „Holz“ medizinisch nicht befürwortet werden, weil dadurch ab dem Jahr 2015 etwa 30 vorzeitige Sterbefälle jährlich und eine vielfach größere Zahl von Erkrankungen auftreten würden.

Im Hausbrand gilt es daher primär den Energiebedarf durch umfassende thermische Gebäudesanierungen sowie durch Steigerung der Energieeffizienz zu senken. Die Wohnbauförderung wäre in dieser Hinsicht zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Als zweiter Schritt wäre die Energiebereitstellung zu betrachten. Hier weisen speziell Biomasse-Kleinfeuerungen durch den großen Einfluss der Betriebsweise und des Nutzerverhaltens negative Auswirkungen vor allem in Ballungsräumen auf. Neue Entwicklungen bei Biomasse-Einzelöfen zielen allerdings auf deutlich niedrigere Werte ab, was deren Verwendung außerhalb von Ballungsräumen vertretbar machen würde. In Ballungsräumen sind generell zentralisierte Systeme wie beispielsweise Biomasse Fernheizwerke zu bevorzugen, da diese Anlagen auf Grund weitergehender Emissionsminderungen die abgeschätzten Werte unterschreiten würden. Bei Strategien zur Biomasseförderung wäre dies ebenso entsprechend zu berücksichtigen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Hintergrund	1
2	Ziel und Durchführung der Arbeiten.....	2
3	Abschätzung und Bewertung der Emissionsveränderungen von CO₂, NO_x und Staub im Inntal	4
3.1	Erhebung relevanter Studien	4
3.2	Erhebung Emissionsfaktoren.....	7
3.3	Energieeinsatz des Sektors Kleinverbraucher im Jahr 2003	11
3.4	Anlagenstrukturdaten im Jahr 2003.....	12
3.5	Festlegung der Änderungsfaktoren in den Szenarien für 2015.....	13
3.6	Emissionsberechnung für Tirol im Jahr 2003	15
3.7	Betrachteter Regionalraum - Inntal	16
3.8	Energie- und Anlagenstruktur in den Szenarien 2015 im Inntal	17
3.9	Emissionsberechnung für 2003 und Szenarien 2015 im Inntal.....	19
3.10	Abschätzung der Emissionsveränderung in den Szenarien 2015	25
3.11	Bewertung der Auswirkungen der Emissionsszenarien.....	27
4	Abschätzung und Bewertung der Immissionsveränderungen bei Feinstaub – PM₁₀	28
4.1	Methodik der Immissionsbetrachtung	28
4.2	Abschätzung der Auswirkung der Szenarien auf die Immissionssituation von Feinstaub im Inntal	28
4.3	Bewertung der Immissionsveränderungen	29
5	Abschätzung und Bewertung der umweltmedizinischen Auswirkungen durch Feinstaub - PM₁₀	31
5.1	Gesundheit und Holzrauch.....	31
5.2	Methodik der umweltmedizinischen Betrachtung.....	32
5.3	Ergebnisse und Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen	34
6	Zusammenfassung	37
7	Verzeichnisse.....	40
7.1	Literaturverzeichnis.....	40
7.2	Tabellenverzeichnis.....	43
7.3	Abbildungsverzeichnis	43

1 Hintergrund

Als das gravierendste globale Umweltproblem gilt derzeit die durch den Menschen verursachte Klimaerwärmung. Österreich ist von diesen Klimaveränderungen maßgeblich betroffen. So ist der seit 1860 gemessene globale Temperaturanstieg um 0,6 Grad Celsius in Österreich mit 1,8 Grad rund dreimal so stark ausgeprägt.

Österreich hat deswegen im Rahmen des „burden sharing agreements“ der Europäischen Union die Verpflichtung übernommen, seine Treibhausgasemissionen bis zum Zeitraum 2008/2012 um 13% gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren (Lit 1). Dies betrifft die Emissionen von Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und F-Gase.

Das Bundesministerium für Land-, und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft hat zur Erreichung des Zieles im Jahr 2002 ein umfangreiches Maßnahmenpaket in der „Nationalen Klimastrategie“ ausgearbeitet (Lit 2). Im Oktober 2002 wurde die Klimastrategie auch von der Landeshauptleutekonferenz zustimmend zur Kenntnis genommen. Die Bundesländer haben sich somit verpflichtet, ihren Beitrag zum Kyoto-Ziel insbesondere zur Senkung der CO₂-Emissionen beizusteuern. Der „Evaluierungsbericht zur Klimastrategie 2002“ liegt seit 2006 vor (Lit 3).

Zum lokalen Schutz der Gesundheit des Menschen und des Lebensraumes vor schädigenden Wirkungen von Luftschadstoffen hat Österreich im Rahmen der NEC-Richtlinie einerseits das „Emissionshöchstmengengesetz Luft - EG-L“ (Lit 4), in dem die Höchstmengen der Emissionen von Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxiden (NO_x) und Lösungsmittel (NMVOC) festgelegt sind und andererseits das „Immissionschutzgesetz Luft - IG-L“ (Lit 7), welches zu einer vorsorglichen Verringerung der Immission von Luftschadstoffen führen soll, erlassen. Im IG-L sind Grenzwerte für die Konzentration und Deposition ua. für Ozon, SO₂ und PM₁₀ festgelegt. Zur Erreichung dieses Ziels hat der Landeshauptmann gegebenenfalls einen entsprechenden Maßnahmenkatalog für betroffene Sanierungsgebiete zu erlassen.

Aufgrund dieser verschiedenen umweltpolitischen Ziele existiert im Land Tirol eine Reihe von Aktivitäten. Darunter fallen ua. die Förderung von Heizungsanlagen für biogene Brennstoffe und die Umsetzung von Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen aus Heizungsanlagen laut der Vereinbarung gemäß Art 15a B-VG. Auch in den Wahlprogrammen (Lit 5, Lit 6) findet sich als Ziel die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger bei gleichzeitigem Rückgang der Ölheizungen.

Diese Maßnahmen weisen allerdings gegensätzliche Trends bei den Luftschadstoffen Kohlendioxid (CO₂), Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (PM₁₀) hinsichtlich ihrer Emissions- und Immissionsverhaltens auf. In der vorliegenden Studie sollten das Ausmaß der Emissionsveränderung sowie die Auswirkung auf die Immissionskonzentration abgeschätzt werden, um die Wechselwirkung der unterschiedlichen umweltpolitischen Ziele darzustellen.

Abschließend werden die gesundheitlichen Auswirkungen dieser Veränderungen dargestellt und aus umwelthygienischer Sicht diskutiert.

2 Ziel und Durchführung der Arbeiten

In Folge sind das Ziel, der Umfang sowie die Durchführung dieses Projekts dargestellt, welches das Institut für Industrielle Ökologie (Teil 1 - Emission und Teil 2 - Immission) sowie das Institut für Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien (Teil 3 - Umwelthygiene) erstellt haben.

Ziel:

- Die Unterschiede in der Emission werden zwischen den einzelnen Feuerungsanlagen und den Energieträgern für das Jahr 2003 dargestellt.
- Die Emissionsveränderung bei Umstellung von Öl beheizten Anlagen auf Anlagen mit Gas bzw. biogenen Brennstoffen werden in Szenarien für das Jahr 2015 berechnet.
- Die Betrachtung des Regionalraumes „Inntal“ erfolgt unter Berücksichtigung des verdichteten Wohngebietes und der verwendeten Energieträger für Heizungsanlagen.
- Die Auswirkungen der Emissionsveränderungen werden in den Szenarien bewertet.
- Diese Emissionsveränderungen werden in ihrer Wirkung auf die Immissionssituation für den Regionalraum „Inntal“ abgeschätzt.
- Diese Veränderungen werden auf ihre umweltmedizinischen Auswirkungen untersucht.

Umfang:

Den Betrachtungsbereich für die Arbeit stellen die privaten Haushalte und haushaltsähnliche Dienstleister und Gewerbebetriebe sowie die Landwirtschaft dar.

Im Basisjahr 2003 werden die Emissionen für das Bundesland Tirol und in Folge für den Regionalraum Inntal berechnet.

Die zu betrachtenden Feuerungsanlagen sind Einzelöfen sowie Einzel- und Hauszentralheizungsanlagen. Bei den eingesetzten Energieträgern werden alle für den Sektor der Kleinverbraucher verwendeten Arten entsprechend der Energiebilanz der Statistik Austria berücksichtigt. Bei den biogenen Brennstoffen wird für Brennholz zusätzlich nach Stückholz, Hackschnitzel und Pellets unterschieden.

In vier Szenarien für 2015 werden dem Basisszenario die Szenarien „Gas“ und „Holz“ sowie „Mix+“ und „Holz+“ gegenübergestellt. In den Szenarien „Gas“ und „Holz“ werden jeweils die Hälfte der ölbeheizten Anlagen durch Erdgas bzw. Brennholz ersetzt. Im Szenario „Mix+“ werden alle ölbeheizten Anlagen durch Erdgas und Brennholz ersetzt. Im Szenario „Holz+“ werden alle ölbeheizten Anlagen durch Anlagen mit Brennholz ersetzt.

Die Abschätzung der Emissionsveränderung erfolgt für die Emissionen Gesamtstaub (Total Suspended Particles -TSP) und Feinstaub (PM10 – Partikel kleiner als 10µm) sowie Stickoxide (NOx) und Kohlendioxid (CO₂).

Die Abschätzung der Auswirkungen auf die Immissionssituation der PM10-Konzentration wird proportional der Emissionsveränderung vorgenommen und hinsichtlich des Grenzwertes des Jahresmittelwertes und der Zahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes sowie nach prognostizierten Auswirkungen auf Mortalität und Morbidität bewertet.

Durchführung:

Inhalte Teil 1 - Emission

- *Datengrundlage und Emissionsmodell:*
 - Erhebung relevanter Studien mit Vergleich der Zielsetzungen, Methodik und Ergebnisse
 - Zusammenstellung der Emissionsfaktoren für CO₂, Staub (TSP und PM₁₀) und NO_x, getrennt nach Anlagenart und für die angegebenen Energieträger
 - Erhebung des Energieeinsatzes für den Sektor Kleinverbraucher aus der regionalen Energiebilanz im Jahr 2003
 - Bestimmung der Anlagenverteilung (Zentralheizungen und Einzelöfen) und der Altersstruktur der Anlagen
 - Festlegung der Änderungsfaktoren in den Szenarien für 2015
 - Berechnung der Emissionen 2003 in Tirol im Sektor Kleinverbraucher
- *Abschätzung und Bewertung der Emissionsveränderung im Inntal:*
 - Festlegung des Regionalraumes Inntal unter Berücksichtigung des verdichteten Wohngebietes und der verwendeten Energieträger für Heizungsanlagen
 - Bestimmung der Energie- und Anlagenstrukturdaten der Szenarien im Inntal
 - Berechnung der Emissionen 2003 im Inntal im Sektor Kleinverbraucher
 - Abschätzung der Emissionsveränderung bei den Szenarien in 2015 gegenüber dem Jahr 2003
 - Bewertung der Auswirkungen der Emissionsveränderung in den Szenarien

Inhalte Teil 2 – Immission

- *Abschätzung und Bewertung der Immissionsveränderung bei Feinstaub*
 - Methodik der Immissionsabschätzung
 - Abschätzung der Auswirkungen auf die PM₁₀-Immissionssituation im Inntal
 - Bewertung der Immissionsveränderungen

Inhalte Teil 3 – Umwelthygiene

- *Abschätzung und Bewertung der umweltmedizinischen Auswirkungen*
 - Gesundheit und Holzrauch
 - Methodik der umweltmedizinischen Betrachtung
 - Ergebnisse und Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen

3 Abschätzung und Bewertung der Emissionsveränderungen von CO₂, NO_x und Staub im Inntal

3.1 Erhebung relevanter Studien

Österreichische Emissionsinventur für Staub (ARC 2001, Lit 16):

- Emissionen (TSP, PM₁₀, PM_{2,5})
- Gebiet: Österreich
- Bezugsjahre: 1990, 1995 und 1999
- Methodik: Branchenaktivität (Energieeinsatz [GJ]) mal BranchenEmisFakt [g/GJ], alle Energieträger, Format: OLI (SNAP-Systematik)
- Haushalte:
 - Energieeinsatz: SK, BK, BKB, Koks, Holz, HL, Hxl, Erdgas, LPG von Energiebilanz (Statistik Austria)
 - Emis-Faktoren: Spitzer 1998 (Lit 15)
 - Anlagen: SNAP 020202 (other combustion plants < 50 MW): Haus- und Wohnungszentralheizungen und SNAP 020205 (Other equipments): Einzelöfen
 - Größenverteilung: 90% PM₁₀, 80% PM_{2,5}
- Diskussion: Wiederaufwirbelung von Straßenverkehr: Berechnung nach U.S.EPA, nicht in Gesamtsumme aufgenommen, da sonst 50% von PM₁₀

Emissionsbilanz von Holzfeuerungen kleiner Leistungen in Niederösterreich (ABC/BLT 2006, Lit 17):

- Emissionen (TSP (=PM₁₀), CO, NO_x, orgC)
- Gebiet: Niederösterreich
- Bezugsjahre: 1980, 1995, 2000 und 2005 (Extrapolation)
- Methodik: Energieeinsatz [GJ] mal Emis-Fakt [g/GJ]
 - Energieeinsatz: Brennholz und biogene Brenn- und Treibstoffe von regionaler Energiebilanz (Statistik Austria)
 - Emis-Faktoren: technische und gesetzliche Regelungen, Prüfstände (BLT, 2005), durchschnittliche Werte (Spitzer 1998), Energiebericht 1990 und 2003
 - Anlagen: private Haushalte und Landwirtschaft, Alterstruktur (50% älter als 20 Jahre, 20% 10-20 Jahre, 30% bis 10 Jahre), Anlagenbestand (Mikrozensus, Verkaufszahlen (NÖ LWK) und Kesseltauschförderung) und installierte Kesselleistung, 1600 Volllaststunden
- Diskussion: „Stand der Technik“ gibt es im praktischen Betrieb nicht (Unterschiede zwischen Prüfstandergebnissen und Praxiswerten, Emissionen durch Planung, Errichtung, Betrieb und Wartungszustand beeinflusst)

Feinstaubemissionen aus Heizungsanlagen (Vorarlberg 2005, Lit 18)

- Emissionen (PM10)
- Gebiet: Vorarlberg
- Bezugsjahre: 2003
- Methodik: Energieeinsatz [GJ] mal Emis-Fakt [g/GJ] sowie Abschätzung sekundärer Beiträge aus der Immissionssituation
 - Energieeinsatz: Kohle/Koks, HL, Hxl, Erdgas, Holz (Energiebericht 2004), Abschätzung Raumwärmebedarf für Winterhalbjahr
 - Emis-Faktoren: Joanneum 1998, sekundär Anteile für NO_x (2%), SO₂ (5%), OGC (20%)
 - Anlagen: Hackschnitzelheizungen, Pelletsheizungen, Stückholzkessel, Kohle/Koksheizungen, Öl- bzw. Gasheizungen
- Diskussion: geringe Anzahl von Messdaten im Betriebszustand, fehlende Differenzierung Grob- und Feinstaub, schwere Quantifizierbarkeit von schlecht eingestellten Anlagen und instationären Betriebsphasen, Umwandlung von gasförmigen Schadstoffen in sekundäre Aerosole

Statuserhebung für PM10 und Schwebstaub im Inntal (UBA 2004, Lit 19)

- Emissionen (PM10), Immission (PM10, Pb und Cd im Staubniederschlag)
- Gebiet: Inntal
- Bezugsjahre: 2002
- Methodik: Emissionsberechnung: Energieeinsatz [GJ] mal Emis-Fakt [g/GJ]
 - Energieeinsatz: Mikrozensus (Verein Energie Tirol)
 - Emis-Faktoren: Joanneum 1998 (Hausbrand: PM10 95% von TSP)
 - Anlagen: Hausbrand (Wohnung und Brennstoff, Wärmebedarf), Industrie und Gewerbe, Bauwirtschaft, Mineralstoffabbau, Verkehr
- Diskussion: Ableitung von Maßnahmen

Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe (Joanneum Research 1998, Lit 15)

- Emissionen: keine
- Gebiet: Österreich
- Bezugsjahre: 1975-1997
- Methodik:
 - Emis-Faktoren: TSP, PM10, NO_x,
 - Anlagen: Hackschnitzelheizungen, Pelletsheizungen, Stückholzkessel, Kohle/Koksheizungen jeweils Zentralheizungen bzw. Einzelöfen
- Diskussion: Daten für Anlagenstand 1997/1998 bzw. für Vorperioden

Energiebericht 2003 (BMWA 2005, Lit 21)

- Emissionen: keine
- Gebiet: Österreich
- Bezugsjahre: 2003
- Methodik:
 - Energieeinsatz: Energiebilanz Statistik Austria
 - Emis-Faktoren: Anhang 3: Emissionsfaktoren als Grundlage für die österreichische Luftschadstoffinventur für Kraft- und Heizwerke (1999/2000: Emissionserklärungen), Kleinverbraucher (Holz und Kohle: Joanneum Research 1998, Heizöl: OMV-Projekt/TU-Wien 1993-95 bzw. 1996-98, Gas: ÖCGW/TU-Wien 1990-95 bzw. 1996-98, Kraftfahrzeuge, Industrie
 - Anlagen: Kraft- und Heizwerke, Kleinverbraucher (Einzelöfen, Zentralheizungen), Kraftfahrzeuge, Industrie
- Diskussion:
 - teilweise Aktualisierung (Kraft- und Heizwerke, Kleinverbraucher (Öl und Gasbeheizte Anlagen), Kraftfahrzeuge
 - Emissionsfaktoren: gewichtete Durchschnittswerte bezogen auf den Primärenergieeinsatz über den Mix der des Spektrums der Emissionsquellen (Leistungsklasse, Alter der Emissionsquellen), die Betriebsweisen, das Nutzerverhalten, die Brennstoffeigenschaften und alle anderen variablen Größen innerhalb der einzelnen Technologien über ganz Österreich
 - Gleichartigkeitskriterien für erfasste Emissionsquellen: Brennstoff, Verbrennungstechnik, Brennstoffwärme-Leistungsbereich, physikalische und chemische Bezugsbedingungen der Angabe
 - Unterschiedliche Unsicherheitsbereiche aufgrund des gewählten Verfahrens: Feld- und Betriebsmessungen, Literaturstudie

3.2 Erhebung Emissionsfaktoren

In den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 3-1 bis Tabelle 3-8) werden die Emissionsfaktoren verschiedener Datenquellen zusammenfassend dargestellt. Neben den eingesetzten Energieträgern unterscheiden sich diese in Abhängigkeit vom Kesseltyp, dem Zeitraum und der Leistung. Die Angabe der Emissionsfaktoren erfolgt für Gesamtstaub (TSP), Feinstaub (PM10) und Stickoxide (NOx) jeweils in [kg/TJ]. Die in diesem Projekt zur Anwendung kommenden Emissionsfaktoren finden sich anschließend in Tabelle 3-9 (CO₂ und NOx) sowie in Tabelle 3-10 (TSP und PM10).

Tabelle 3-1: Emissionsfaktoren Staubinventur Österreich (UBA 2001)

Staubinventur Österreich, ARC 2001		Kesseltyp	Jahr	TSP	PM10
	Holz	HZH, WZH	1999	90	81
	Heizöl, Heizöl xl	Hauszentralheizungen (HZH)	1999	3	2,7
	Erdgas	HZH, WZH, EO	1999	0,5	0,45
	Heizöl xl	Whgszentralheiz. (WZH), EO	1999	3	2,7
	Holz	Einzelofen	1999	148	133,2
	Kohle (SK, BK, BKB, Koks)	HZH, WZH	1999	94	84,6
	Kohle (SK, BK, BKB, Koks)	Einzelofen (EO)	1999	153	137,7

Die Emissionsfaktoren (TSP & PM10) stammen aus der „Staubinventur Österreich“ (Lit 16).

Tabelle 3-2: Emissionsfaktoren Staturerhebung Inntal (UBA 2004)

Staturerhebung Staub Inntal, UBA 2004		Kesseltyp	TSP	PM10
Joanneum Research 1998				
	Scheitholz, Holz-Bricketts	Einzelofen	148	141
	Scheitholz, Hackgut, Holz-Brick	Etagenheizkessel	148	141
	Scheitholz, Hackgut, Holz-Brick	Zentralheizung	90	86
	Steink/Braunk/Brik./Koks	Einzelofen	153	145
	Steink/Braunk/Brik./Koks	Etagenheizkessel	153	145
	Steink/Braunk/Brik./Koks	Zentralheizung	94	89
	Heizöl xl	alle	0,5	0,5
	Heizöl	Zentralheizungen	2	1,9
	Erdgas, LPG	alle	0,05	0,048

Die „Staturerhebung Inntal“ (Lit 19) verwendet die Emissionsfaktoren (TSP & PM10) von Joanneum Research (Lit 15). Die NOx-Faktoren sind vom „AIIR-Report“ (Lit 12) des UBA.

Tabelle 3-3: Emissionsfaktoren Austria's Informative Inventory Report (UBA 2004)

Austria's Informative Inventory Report 2004, UBA 2004		Jahr	NOx	
	Holz, Holzabfälle	Einzelofen	1999-02	106
	Holz, Holzabfälle	Einzelofen	1990/95	40
	Holz, Holzabfälle	Zentralheizung	1999-02	107
	Holz, Holzabfälle	Zentralheizung	1990/95	85
	Biogas, Klärgas, Deponiegas	alle		150
	Kohle	Einzelofen	1999-02	132
	Kohle	Einzelofen	1990/95	110
	Kohle	Zentralheizung	1999-02	78
	Kohle	Zentralheizung	1990/95	170
	Heizöl xl	Einzelheizung		19
	Heizöl xl	Etagenheizung, Zentralheizung		42
	Heizöl	Zentralheizung		115
	Flüssiggas	alle	1990-02	42
	Erdgas	Einzelheizung	1995-02	51
	Erdgas	Einzelheizung	1990	38
	Erdgas	Etagenheizung, Zentralheizung	1999-02	43
	Erdgas	Etagenheizung, Zentralheizung	1990	40

Tabelle 3-4: Emissionsfaktoren Emissionsbilanz NÖ (ABC/BLT 2006)

Emissionsbilanz von Holzfeuerungen kleiner Leistungen in Niederösterreich, Wieselburg 2005						
Emissionsgrenzwerte gemäß Vereinbarung Art 15a B-VG über Kleinfeuerungen 1995				TSP	NOx	
		händisch beschickt		60	150	
		automatisch beschickt		60	150	
Emissionsgrenzwerte gemäß VEN 303-5 für Heizkessel 1999				TSP		
		händisch beschickt, Klasse 1		200		
		automatisch beschickt, Klasse 1		200		
Emissionsgrenzwerte gemäß Feuerungsanlagen-VO für gewerbliche Betriebsanlagen 1997				TSP	NOx	
		Holz naturbelassen oder verunreinigt	< 100	150	300-500	
Vorschlag Emissionsgrenzwerte für Feuerungsanlagen Länderexpertekonferenz 2005				TSP	NOx	
	Holz	handbeschickt	< 50	50	150	
	Holz	automatisch beschickt		50	150	
	biogene Brennstoffe	handbeschickt	< 50	60	300	
	biogene Brennstoffe	automatisch beschickt		50	300	
Energiebericht 1990						
		Scheitholz		100	25	
		Scheitholz		70	50	
		Hackgut		50	80	
Prüfstandergebnisse BLT, Voglauer 2005				TSP	NOx	
			Jahr	Leistung		
		Stückholz	99-04 (196)	30	14	
		Hackgut	99-04 (196)	77	18	
		Pellets	99-04 (196)	22	11	
Joanneum Research 1998				TSP	NOx	
			Kesseltyp	Jahr		
	Holz	Zentralheizungen	75-84 (23)	104	84	
	Holz	Zentralheizungen	85-94 (34)	94	137	
	Holz	Zentralheizungen	90-97 (31)	69	142	
	Holz	Zentralheizungen	95-97 (11)	59	86	
	Holz	Einzelöfen	75-84 (6)	167	123	
	Holz	Einzelöfen	85-94 (3)	68	106	
	Holz	Einzelöfen	90-97 (6)	66	106	
	Holz	Einzelöfen	95-97 (4)	64	89	
NÖ Werte 2006				TSP	NOx	
			Jahr			
	Holz	Kleinfeuerungen	1980	122	80	
	Holz	Kleinfeuerungen	1995	96	96	
	Holz	Kleinfeuerungen	2000	104	101	
	Holz	Kleinfeuerungen	2005	92	97	

Die „Emissionsbilanz NÖ“ (Lit 17) fasst die Faktoren (TSP & NOx) einiger Quellen zusammen.

Tabelle 3-5: Emissionsfaktoren Feinstaubemissionen (Vorarlberg, 2005)

Feinstaubemissionen aus Heizungsanlagen, Vorarlberg 2005						
Joanneum Research 1998				TSP		
			Kesseltyp	Jahr		
	Holz	Einzelöfen	1998	148		
	Holz	Zentralheizungen	1998	90		
	Holz	Einzelöfen gesamt	1998	112		
	Holz	Einzelöfen ab 1990	1998	(90)		
	Holz	Kachelöfen ab 1990	1998	(38)		
	Pellets	Pelletsessel an 1990	1998	(29)		
	Hackschnitzel	Hackschnitzel	1998	52		
	Stückholz	Stückholzkessel gesamt	1998	73		
	Stückholz	Stückholzkessel vor 1998	1998	70		
	Stückholz	Stückholzkessel ab 1990	1998	55		
Vorarlberg Werte 2005 (zusätzlich EF für sekundär gebildete Partikel)					PM10	NOx
			Leistung			
	Pellets	Pelletsessel			30	
	Stückholz	Einzelöfen			40	
	Hackschnitzel	Hackschnitzel			40	
	Hackschnitzel	Hackschnitzel	> 1MW		20	
	Heizöl xl	Ölkessel			2	
	Heizöl	Ölkessel			45	
	Erdgas	Gaskessel			10	
					120	
					0,2	
					30	
	Holz naturbelassen				105	
	Holz verunreinigt				220	

Für die „Emissionen in Vorarlberg“ (Lit 18) liegen ebenfalls Faktoren (PM10 & NOx) vor.

Tabelle 3-6: Emissionsfaktoren Energiebericht 2003 (BMWA 2005)

Energiebericht 2003, BMWA 2005		Kesseltyp	Jahr	TSP	NOx
Holz	Einzelofen	1997/98	148	106	
Holz	Zentralheizung	1997/98	90	107	
Kohle	Einzelofen	1997/98	153	132	
Kohle	Zentralheizung	1997/98	94	78	
Heizöl xl	Einzelheizung	1993-95	0,5	19	
Heizöl xl	Etagenheizung, Zentralheizung	1993-95	0,5	42	
Heizöl	Zentralheizung	1993-95	2	115	
Erdgas	Einzelheizung	1996	0	51	
Erdgas	Etagenheizung, Zentralheizung	1996	0	43	

Der „Energiebericht 2003“ (Lit 21) enthält Emissionsfaktoren für TSP und NOx.

Tabelle 3-7: Emissionsfaktoren Schwebstaub in Österreich (UBA 2006):

Schwebstaub in Österreich, UBA 2006		Kesseltyp	Leistung	TSP
Hasler 2000	Holzschnitzel	alle Anlagen		90
		Unterschubfeuerung		85
		Rostfeuerung		95
	Stückholz	alle Anlagen		45
Wieser 2001	Stückholz	Stückholzkessel	25/70	28
	Pellets	Pelletsessel	25	20
	Pellet	Pelletofen	10	54
	Trockenschnitzel	Trockenschnitzel	70/200	94
	Grünschnitzel	Grünschnitzel	325/800	48
	Restholz	Restholz	200	64
	Öl	Ölkessel	465/1165	0,6-1,5
	Erdgas	Gaskessel	190	0,3
Johansson 2004	Pellets	Pelletsessel	3-34	12-65
BLT Wieselburg	Pellets	Pelletsfeuerung, automatisch		10,8
		Pelletsöfen, einzel		21
		Hackschnitzel	Hackschnitzel	

In der UBA-Studie „Schwebstaub in Österreich“ (Lit 20) sind die Emissionsfaktoren für TSP von verschiedenen Datenquellen angeführt.

Tabelle 3-8: Emissionsfaktoren Feinstaub (Umweltbundesamt 2006)

Feinstaub aus Kamin und Holzofen, Umweltbundesamt 2006		Leistung	PM10
Holz	Dauerbrandöfen	< 15	71
Holz	Kachelöfen	< 15	111
Holz	Kamine	< 15	158
Holz	Kaminöfen	< 15	113
Holz	Heizkessel	4-25	22
Pellets	Pelletsessel (RAL-ZU 112)	< 50	
Pellets	Pelletsöfen (RAL-Zu 111)	< 15	

Die PM10-Faktoren sind ebenfalls in der Studie des deutschen Umweltbundesamtes „Feinstaub aus Kamin und Holzofen“ (Lit 22) aufgelistet.

Nachfolgende Emissionsfaktoren werden in diesem Projekt verwendet. Entsprechend der Altersstruktur der Anlagen werden bei NO_x, TSP und PM₁₀ vier Zeitperioden unterschieden.

Tabelle 3-9: Emissionsfaktoren CO₂ und NO_x dieses Projekts

Emissionsfaktoren CO ₂ [t/TJ], NO _x [kg/TJ] Energieträger	EmisFakt CO ₂ {alle}	Emissionsfaktoren Stickoxide - NO _x			
		{bis '85}	{'86-'95}	{'96-'05}	{'06-'15}
Steinkohle - Zentralheizung	94	170	170	78	78
Steinkohle - Einzelofen	94	110	110	132	132
Braunkohle - ZH	97	170	170	78	78
Braunkohle - EO	97	110	110	132	132
Braunkohlebriketts - ZH	97	170	170	78	78
Braunkohlebriketts - EO	97	110	110	132	132
Koks - ZH	104	170	170	78	78
Koks - EO	104	110	110	132	132
KOHLE					
Gasöl f. Heizzwecke - ZH	75	42	42	42	42
Gasöl f. Heizzwecke - EO	75	19	19	19	19
Heizöl - ZH	77	115	115	115	115
Flüssiggas	64	41,5	41,5	42	42
ÖL					
Naturgas - ZH	55	40	40	43	43
Naturgas - EO	55	38	38	51	51
GAS					
Brennbare Abfälle - ZH	0	85	85	107	107
Brennholz -ZH - Stückholz	0	85	85	107	90
Brennholz - ZH - Hackschnitzel	0	85	85	107	90
Brennholz - ZH - Pellets	0	85	85	107	90
Brennholz - EO	0	85	85	106	90
Biogene Brenn- u. Treibst.	0	150	150	150	150
ERNEUERBARE					

Die Emissionsfaktoren sind für CO₂ in [t/TJ] und für NO_x und Staub in [kg/TJ] angegeben.

Tabelle 3-10: Emissionsfaktoren TSP und PM₁₀ dieses Projekts

Emissionsfaktoren TSP, PM ₁₀ [kg/TJ] Energieträger	Emissionsfaktoren Gesamtstaub - TSP				Emissionsfaktoren Feinstaub - PM ₁₀			
	{bis '85}	{'86-'95}	{'96-'05}	{'06-'15}	{bis '85}	{'86-'95}	{'96-'05}	{'06-'15}
Steinkohle - Zentralheizung	94	94	94	94	85	85	85	85
Steinkohle - Einzelofen	153	153	153	153	133	133	133	133
Braunkohle - ZH	94	94	94	94	85	85	85	85
Braunkohle - EO	153	153	153	153	133	133	133	133
Braunkohlebriketts - ZH	94	94	94	94	85	85	85	85
Braunkohlebriketts - EO	153	153	153	153	133	133	133	133
Koks - ZH	94	94	94	94	85	85	85	85
Koks - EO	153	153	153	153	133	133	133	133
KOHLE								
Gasöl f. Heizzwecke - ZH	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
Gasöl f. Heizzwecke - EO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
Heizöl - ZH	2	2	2	2	1,8	1,8	1,8	1,8
Flüssiggas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
ÖL								
Naturgas - ZH	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
Naturgas - EO	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45	0,45	0,45	0,45
GAS								
Brennbare Abfälle - ZH	90	90	90	90	90	81	81	81
Brennholz -ZH - Stückholz	104	94	69	40	94	85	62	36
Brennholz - ZH - Hackschnitzel	104	94	69	40	94	85	62	36
Brennholz - ZH - Pellets	104	94	69	33	94	85	62	30
Brennholz - EO	167	68	66	40	150	61	59	36
Biogene Brenn- u. Treibst.	90	90	90	90	90	81	81	81
ERNEUERBARE								

3.3 Energieeinsatz des Sektors Kleinverbraucher im Jahr 2003

Die eingesetzten Energieträgermengen sind der regionalen Energiebilanz der Statistik Austria, (Lit 13) entnommen. Diese beinhalten für den Sektor Kleinverbraucher die Angaben der Öffentlichen und Privaten Dienstleistungen (DL), der Privaten Haushalte (HH) sowie der Landwirtschaft (LW). Für das Bundesland Tirol liegt eine Zeitreihe der Daten von 1998 bis 2003 vor. Hierbei werden folgende Energieträger unterschieden:

- KOHLE: Steinkohle (SK), Braunkohle (BK), Braunkohlebriketts (BKB) und Koks (KK)
- ÖL: Gasöl für Heizzwecke (Heizöl extra leicht, HEL), Heizöl (HL) und Flüssiggas (LPG)
- GAS: Naturgas (NG)
- ERNEUERBARE: Brennbare Abfälle (BA), Brennholz (BH) und Biogene Brenn- u. Treibstoffe (BT)
- WÄRME: Umgebungswärme etc. (UW) und Fernwärme (FW)
- STROM: Elektrische Energie (ST)

Nachfolgend ist der Energieeinsatz der Kleinverbraucher für Tirol im Jahr 2003 angegeben.

Tabelle 3-11: Energetischer Endverbrauch im Sektor Kleinverbraucher in Tirol, 2003

Energetischer Endverbrauch, 2003 Energieträger	Dienst- leister [TJ]	Haus- halte [TJ]	Land- wirtschaft [TJ]	Kleinverbraucher	
				[TJ]	[%]
Steinkohle (SK)	15	9	0	25	0%
Braunkohle (BK)	6	4	0	10	0%
Braunkohlebriketts (BKB)	7	102	5	114	0%
Koks (KK)	5	96	2	103	0%
KOHLE	33	211	6	251	1%
Gasöl f. Heizzwecke (HEL)	410	8.762	7	9.178	37%
Heizöl (HL)	527	1.182	461	2.170	9%
Flüssiggas (LPG)	305	121	10	436	2%
ÖL	1.242	10.065	478	11.785	47%
Naturgas (NG)	438	2.386	27	2.852	11%
GAS	438	2.386	27	2.852	11%
Brennbare Abfälle (BA)	127	0	0	127	1%
Brennholz (BH)	66	5.030	317	5.413	22%
Biogene Brenn- u. Treibstoffe (BT)	244	198	102	543	2%
ERNEUERBARE	437	5.228	419	6.084	24%
Umgebungswärme etc. (UW)	540	272	3	816	3%
Fernwärme (FW)	736	524	7	1.266	5%
WÄRME	1.276	796	10	2.082	8%
Elektrische Energie (ST) - Gesamt	4.676	5.195	279	10.150	k.A.
STROM für Wärme	290	1.581	80	1.950	8%
Gesamt	3.716	20.268	1.020	25.004	100%

Insgesamt wurden im Jahr 2003 in Tirol im Sektor Kleinverbraucher etwa 23.000 TJ an Kohle, Öl, Gas, Erneuerbaren und Wärme eingesetzt. Weiters werden etwa 20% der Elektrischen Energie (1.950 TJ) zum Heizen verwendet. Dadurch ergibt sich in Tirol für das Jahr 2003 ein energetischer Endenergieeinsatz von 25.000 TJ.

Der größte Anteil mit 47% entfällt auf Öl, etwa ein Viertel auf Erneuerbare. Der Anteil von Gas liegt bei 11%. Die Anteile von Strom und Wärme betragen ungefähr jeweils 8%. Kohle weist einen Anteil von nur 1% auf.

3.4 Anlagenstrukturdaten im Jahr 2003

Die zu betrachtenden Feuerungsanlagen sind Einzelöfen sowie Einzel- und Hauszentralheizungsanlagen. Aufgrund der vorliegenden Emissionsfaktoren werden in diesem Projekt Einzelöfen und Zentralheizungen getrennt betrachtet.

Bei den eingesetzten Energieträgern werden alle für den Sektor der Kleinverbraucher verwendeten Arten entsprechend der Energiebilanz der Statistik Austria berücksichtigt. Bei den biogenen Brennstoffen wird für Brennholz zusätzlich nach Stückholz, Hackschnitzel und Pellets unterschieden.

Die Anlagenverteilungen zwischen Einzelöfen und Zentralheizungen wird für den Sektor Kleinverbraucher entsprechend den Energieträgern der Studie „Austria´s National Inventory Report 2006“ (Lit 14) des Umweltbundesamts angenommen.

Tabelle 3-12: Anlagenverteilung Einzelöfen und Zentralheizungen

Anlagenverteilung	Einzelöfen	Zentralheizung
Steinkohle	32%	68%
Braunkohle	34%	66%
Braunkohlebriketts	64%	36%
Koks	17%	83%
Gasöl für Heizzwecke	10%	90%
Naturgas	5%	95%
Brennholz	24%	76%
Sonstige Energieträger		100%

Die Alterstruktur der Anlagen wird entsprechend der Studie „Emissionsbilanz von Holzfeuerungen in Niederösterreich“ (Lit 17) angenommen, wobei diese Daten von einer Studie der Energieagentur Österreich stammen und für ganz Österreich gelten. Hierbei wird von folgender Altersverteilung ausgegangen:

Tabelle 3-13: Alterstruktur der Heizkessel, 2003

Alter der Feuerungsanlage, 2003	Anteil
Anlagen älter als 20 Jahre	50%
Anlagen zwischen 10 und 20 Jahre	20%
Anlagen bis 10 Jahre	30%

Die Anlagenanteile der in dieser Studie zusätzlich vorgenommenen Unterscheidung von Zentralheizungsanlagen für die Kategorie „Brennholz“ nach Stückholz, Hackschnitzel und Pellets sind für das Jahr 2003 nachfolgend angegeben.

Tabelle 3-14: Anlagenverteilung von Holzheizungen, 2003

Holzheizungen, 2003	Anteil
Stückholz	50%
Hackschnitzel	40%
Pellets	10%

3.5 Festlegung der Änderungsfaktoren in den Szenarien für 2015

In der nachfolgenden Tabelle sind für die Szenarien die Änderungsfaktoren für den Energieträgerwechsel in Tirol angeführt.

Tabelle 3-15: Energieträgerwechsel in den Szenarien, Tirol 2015

Energieträgerwechsel	Sektor Kleinverbraucher			
	„Gas“	„Holz“	„Mix+“	„Holz+“
Tirol Szenarien 2015				
Kohle	1	1	1	1
Öl	0,5	0,5	0,0	0,0
Gas	3,0	1	3,0	1
Erneuerbare	1	1,9	1,9	2,9
Wärme	1	1	1	1
Strom	1	1	1	1

In den Szenarien „Gas“ und „Holz“ werden jeweils die Hälfte der ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,5) durch Erdgas (Faktor **3,0**) bzw. Brennholz (Faktor **1,9**) ersetzt. Im Szenario „Mix+“ werden alle ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,0) durch Erdgas (Faktor **3,0**) und Brennholz (Faktor **1,9**) ersetzt. Im Szenario „Holz+“ werden alle ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,0) durch Anlagen mit Brennholz (Faktor **2,9**) ersetzt. Die anderen Energieträger (Kohle, Wärme und Strom) werden nicht verändert (Faktor 1).

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die sich daraus ergebenden Anteile der Energieträger für die Szenarien 2015 in Tirol.

Tabelle 3-16: Energieträgeranteile in den Szenarien, Tirol 2015

Energieträgeranteile	Sektor Kleinverbraucher				
	„Basis“	„Gas“	„Holz“	„Mix+“	„Holz+“
Tirol Szenarien 2015					
Kohle	1%	1%	1%	1%	1%
Öl	47%	24%	24%	2%	2%
Gas	11%	34%	11%	34%	11%
Erneuerbare	24%	24%	47%	47%	70%
Wärme	8%	8%	8%	8%	8%
Strom	8%	8%	8%	8%	8%

Aufgrund der Halbierung der Ölkessel erhöht sich in Tirol im Szenario „Gas“ der Anteil von Gas von 11% auf 34% bzw. im Szenario „Holz“ der Anteil der Erneuerbaren von 24% auf 47% im Jahr 2015.

Im Szenario „Mix+“ steigen die Anteile von Gas auf 34% und von Erneuerbaren auf 47% im Jahr 2015 an. Im Szenario „Holz+“ steigt der Anteil der Erneuerbaren auf 70%. In diesen beiden Szenarien sinkt der Anteil von Öl auf jeweils 2%, was durch die verbleibenden Anlagen mit Flüssiggas bedingt ist.

In allen Szenarien wird neben der Berücksichtigung des Energieträgerwechsels generell die Hälfte der Anlagen, die derzeit älter als 20 Jahre sind, bis zum Jahr 2015 durch Neuanlagen ersetzt. Dadurch ergibt sich für das Jahr 2015 nachfolgende Altersverteilung.

Tabelle 3-17: Alterstruktur der Heizkessel, 2015

Alter der Feuerungsanlage, 2015	Anteil
Anlagen älter als 30 Jahre	25%
Anlagen zwischen 20 und 30 Jahre	20%
Anlagen zwischen 10 und 20 Jahre	30%
Anlagen bis 10 Jahre	25%

Die Anlagenanteile der Zentralheizungsanlagen für Brennholz, die in dieser Studie zusätzlich nach Stückholz, Hackschnitzel und Pellets unterschieden werden, sind nachfolgend für die Szenarien in 2015 angegeben.

Tabelle 3-18: Anlagenverteilung von Holz-Zentralheizungen, 2015

Holzheizungen, 2015	„Basis“	„Gas“	„Holz“	„Mix+“	„Holz+“
Stückholz	40%	40%	30%	30%	30%
Hackschnitzel	30%	30%	20%	20%	20%
Pellets	30%	30%	50%	50%	50%

Auf Basis des Energieträgerwechsel, der generellen Anlagenerneuerung sowie der Anlagenverteilung der Holz-Zentralheizungen ergibt sich die Anlagenstruktur in den jeweiligen Szenarien.

3.6 Emissionsberechnung für Tirol im Jahr 2003

Auf Basis der der eingesetzten Energieträgermengen und der festgelegten Emissionsfaktoren werden unter Berücksichtigung der Anlagenstruktur die Emissionen von Staub (TSP) und Feinstaub (PM10), sowie Stickoxide (NO_x) und Kohlendioxid (CO₂) für Tirol berechnet.

Im Jahr 2003 errechnen sich für Tirol an Kohlendioxidemissionen 1.070 kt. Dieser Wert entspricht recht genau der Summe aus den Sektoren Dienstleister, Haushalte und Landwirtschaft von 1.100 kt, die als CO₂-Emissionen im „Pflichtenheft 2005“ der Bundesländer Luftschadstoff-Inventur (BLI) publiziert sind (Lit 9).

Bei den NO_x-Emissionen liegt der für Tirol im Jahr 2003 errechnete Wert von 1.370 t NO_x etwas unter dem in der BLI veröffentlichten Wert der Haushalte von 1.450 t NO_x.

Die für Tirol berechneten Emissionswerte von TSP mit 650 t bzw. für PM10 mit 590 t können aufgrund des Fehlens von Staubemissionsdaten auf Bundesländerebene in der BLI nicht verifiziert werden.

3.7 Betrachteter Regionalraum - Inntal

Als zu betrachtender Regionalraum wurde das Inntal festgelegt.

Da keine Wohnungs- und Heizungsanlagendaten zur Verfügung standen, erfolgte die Abschätzung der Emissionsdaten für das Inntal unter Berücksichtigung dreier Kriterien:

- Bevölkerungsanteil im Inntal: **53%** (360.000 von 680.000 EinwohnerInnen)
- Reduzierter Energieeinsatz aufgrund eines erhöhten Anteils an verdichteten Wohngebieten: **75%** (des Durchschnittswertes von Tirol)
- Unterschiedliche Anteile der Energieträger bei den Heizungsanlagen gegenüber dem gesamten Bundesland Tirol (siehe Tabelle 3-19)

Tabelle 3-19: Unterschiedlicher Heizungs- bzw. Energieanteil Tirol und Inntal

2003	Sektor Kleinverbraucher		
Energieträger	Energieanteil Tirol	Veränderter Heizungsanteil gegenüber Tirol	Energieanteil Inntal
Kohle	1%	250%	3%
Öl	47%	106%	50%
Gas	11%	125%	14%
Erneuerbare	24%	70%	17%
Wärme	8%	100%	8%
Strom	8%	100%	8%

Im Inntal ergeben sich unter Berücksichtigung der drei Kriterien zur Regionalisierung geringe Unterschiede zu den eingesetzten Energieträgermengen zum Heizen gegenüber dem Land Tirol. Der Anteil von Kohle liegt im Inntal bei 3% (Tirol: 1%), der Anteil von Öl bei 50% (Tirol: 47%), der Anteil von Gas bei 14% (Tirol: 11%) und der Anteil der Erneuerbaren im Inntal bei 17% (Tirol: 24%).

Die Anteile der Energieträger zum Heizen im Inntal im Jahr 2003 stimmen sehr gut mit den Daten der Statuserhebung Inntal (Lit 19) überein. Dort betragen die Anteile der Heizungen bei Kohle 4%, bei Öl 50%, bei Gas 14%, bei Holz 15%, bei Fernwärme 8% und bei Strom 8%.

Die im Inntal im Kleinverbrauch eingesetzte Energiemenge beträgt jeweils etwa 10.000 TJ.

3.8 Energie- und Anlagenstruktur in den Szenarien 2015 im Inntal

In der nachfolgenden Tabelle sind aufgrund der Berücksichtigung der drei Regionalisierungskriterien für die Szenarien die Änderungsfaktoren für den Energieträgerwechsel im Inntal angeführt, wodurch sich gegenüber dem Land Tirol geringfügige Änderungen ergeben.

Tabelle 3-20: Energieträgerwechsel in den Szenarien, Inntal 2015

Energieträgerwechsel	Sektor Kleinverbraucher			
	„Gas“	„Holz“	„Mix+“	„Holz+“
Inntal Szenarien 2015				
Kohle	1	1	1	1
Öl	0,5	0,5	0,0	0,0
Gas	2,7	1	2,6	1
Erneuerbare	1	2,5	2,5	3,8
Wärme	1	1	1	1
Strom	1	1	1	1

In den Szenarien „Gas“ und „Holz“ werden jeweils die Hälfte der ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,0) durch Erdgas (Faktor **2,7**) bzw. Brennholz (Faktor **2,5**) ersetzt. Im Szenario „Mix+“ werden alle ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,0) durch Erdgas (Faktor **2,6**) und Brennholz (Faktor **2,5**) ersetzt. Im Szenario „Holz+“ werden alle ölbeheizten Anlagen (Faktor 0,0) durch Anlagen mit Brennholz (Faktor **3,8**) ersetzt. Die anderen Energieträger (Kohle, Wärme und Strom) werden nicht verändert (Faktor 1).

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die sich daraus ergebenden Anteile der Energieträger für die Szenarien 2015 im Inntal.

Tabelle 3-21: Energieanteile in den Szenarien, Inntal 2015

Energieträgeranteile	Sektor Kleinverbraucher				
	„Basis“	„Gas“	„Holz“	„Mix+“	„Holz+“
Inntal Szenarien 2015					
Kohle	3%	3%	3%	3%	3%
Öl	50%	25%	25%	2%	2%
Gas	14%	39%	14%	37%	14%
Erneuerbare	17%	17%	42%	43%	65%
Wärme	8%	8%	8%	8%	8%
Strom	8%	8%	8%	8%	8%

Im Szenario „Gas“ sinkt der Anteil der Ölkessel um den Faktor 0,5 auf 25%, wohingegen der Anteil der Gasheizungen um den Faktor 2,7 auf 39% ansteigt.

Im Szenario „Holz“ sinkt der Anteil der Ölkessel im Inntal ebenfalls um den Faktor 0,5 auf 25%, wohingegen der Anteil der Holzheizungen um den Faktor 2,5 auf 42% ansteigt.

Im Szenario „Mix+“ sinkt der Anteil der Ölkessel auf 2%. Das sind jene Anlagen, die mit Flüssiggas betrieben werden. Der Anteil der Gasheizungen steigt um den Faktor 2,6 auf 37% und der Anteil der Holzheizungen nimmt um den Faktor 2,5 auf 43% zu.

Im Szenario „Holz+“ sinkt im Jahr 2015 der Anteil der Ölkessel mit 2%, auf jene Anlagen, die mit Flüssiggas betrieben werden, wohingegen der Anteil der Holzheizungen um den Faktor 3,8 auf 65% ansteigt.

Die insgesamt im Kleinverbrauch eingesetzte Energiemenge von etwa 10.000 TJ wird in den Szenarien konstant gehalten.

3.9 Emissionsberechnung für 2003 und Szenarien 2015 im Inntal

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Emissionsberechnung des Sektors Kleinverbraucher für das Inntal dargestellt, wobei jeweils die Emissionen, der Emissionsanteil sowie der Emissionsfaktor angeführt sind. Die Daten sind jeweils für CO₂ und NO_x sowie TSP und PM₁₀ angegeben: für das Jahr 2003 (Tabelle 3-22 & Tabelle 3-23), für das Szenario „Basis“ (Tabelle 3-24 & Tabelle 3-25), für das Szenario „Gas“ (Tabelle 3-26 & Tabelle 3-27), für das Szenario „Holz“ (Tabelle 3-28 & Tabelle 3-29), für das Szenario „Mix+“ (Tabelle 3-30 & Tabelle 3-31) sowie für das Szenario „Holz+“ (Tabelle 3-32 & Tabelle 3-33).

Tabelle 3-22: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Jahr 2003

2003	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)			
	Hausbrand Inntal	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
	Kohle	25	5%	100	33	6%	132
	Öl	373	78%	75	267	51%	54
	Gas	78	16%	55	58	11%	41
	Erneuerbare	0	0%	0	164	31%	97
	Gesamt	475	100%	48	521	100%	52

Im Inntal liegen im Jahr 2003 die Emissionen von CO₂ bei 475 kt (Emisfakt: 48 t/TJ) und die Emissionen von NO_x bei 521 t (Emisfakt: 52 kg/TJ).

Tabelle 3-23: TSP und PM₁₀-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Jahr 2003

2003	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM ₁₀)			
	Hausbrand Inntal	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
	Kohle	29	15%	118	26	15%	104
	Öl	4	2%	0,8	3	2%	0,7
	Gas	1	0%	0,5	1	0%	0,45
	Erneuerbare	164	83%	97	148	83%	88
	Gesamt	198	100%	20	178	100%	18

Im Jahr 2003 ergeben sich im Inntal Staubemissionen von TSP mit 198 t (Emisfakt: 20 kg/TJ) und von PM₁₀ mit 178 t (Emisfakt: 18 kg/TJ). Der Emissionswert von PM₁₀ für das Inntal entspricht mit etwa 180 t den Ergebnissen der „Statuserhebung Inntal“ (Lit 19).

Tabelle 3-24: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Basis“

„Basis“	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)		
Hausbrand Inntal	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle	25	5%	100	30	6%	120
Öl	373	78%	75	267	51%	54
Gas	78	16%	55	59	11%	42
Erneuerbare	0	0%	0	166	32%	98
Gesamt	475	100%	48	522	100%	53

Im Inntal liegen beim Szenario „Basis“ die Emissionen von CO₂ bei 475 kt (Emisfakt: 48 t/TJ) und die NO_x-Emissionen bei 522 t (Emisfakt: 53 kg/TJ).

Bei den Energieträgern weist Öl im Szenario „Basis“ jeweils die größten Anteile an den Emissionen auf. Die Anteile von Öl liegen bei CO₂ bei 78% und bei NO_x bei 51%. Die CO₂-Emissionen der Erneuerbaren werden CO₂-neutral betrachtet und betragen daher Null. Bei den NO_x-Emissionen liegt der Anteil der Erneuerbaren allerdings bei rund 32%.

 Tabelle 3-25: TSP und PM₁₀-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Basis“

„Basis“	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM ₁₀)		
Hausbrand Inntal	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle	29	18%	118	26	17%	104
Öl	4	2%	0,8	3	2%	0,7
Gas	1	0%	0,5	1	0%	0,45
Erneuerbare	133	80%	79	120	80%	71
Gesamt	167	100%	17	151	100%	15

Im Szenario „Basis“ ergeben sich im Inntal Staubemissionen von TSP mit 167 t (Emisfakt: 17 kg/TJ) und Feinstaubemissionen von PM₁₀ mit 151 t (Emisfakt: 15 kg/TJ).

Den größten Anteil an den Staubemissionen weisen mit etwa 80% die Erneuerbaren auf. Die restlichen 20% stammen fast ausschließlich von den Kohleheizungen.

Tabelle 3-26: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Gas“

"Gas"	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)		
	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Hausbrand Inntal						
Kohle	25	6%	100	30	6%	120
Öl	187	44%	75	134	27%	53
Gas	213	50%	55	166	34%	43
Erneuerbare	0	0%	0	166	33%	98
Gesamt	425	100%	43	496	100%	50

Im Inntal liegen beim Szenario „Gas“ die Emissionen von CO₂ bei 425 kt (Emisfakt: 43 t/TJ) und die NO_x-Emissionen bei 496 t (Emisfakt: 50 kg/TJ).

Aufgrund der etwa Verdreifachung der Anzahl der Gasheizungen beim Szenario „Gas“ weist Gas die höchsten Emissionsanteile auf. Diese liegen bei CO₂ bei rund 50% und bei NO_x bei 34%. Die Ölheizungen haben einen Emissionsanteil von etwa 44% bei CO₂ und von 27% bei NO_x. Der Anteil der Erneuerbaren liegt bei NO_x bei einem Drittel.

Tabelle 3-27: TSP und PM10-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Gas“

„Gas“	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM10)		
	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Hausbrand Inntal						
Kohle	29	18%	118	26	17%	104
Öl	2	1%	0,8	2	1%	0,7
Gas	2	1%	0,5	2	1%	0,45
Erneuerbare	133	80%	79	120	80%	71
Gesamt	167	100%	17	150	100%	15

Im Szenario „Gas“ ergeben sich im Inntal Staubemissionen von TSP mit 167 t (Emisfakt: 17 kg/TJ) und Feinstaubemissionen von PM10 mit 150 t (Emisfakt: 15 kg/TJ).

Die Holzheizungen haben mit 80% auch beim Szenario „Gas“ den größten Anteil an den Staubemissionen. Etwa 20% kommen wiederum von den Kohleheizungen.

Tabelle 3-28: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz“

„Holz“	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)			
	Hausbrand Inntal	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle		25	9%	100	30	5%	120
Öl		185	64%	75	132	21%	53
Gas		78	27%	55	59	10%	42
Erneuerbare		0	0%	0	394	64%	94
Gesamt		287	100%	29	615	100%	62

Im Inntal ergeben sich im Szenario „Holz“ Emissionen von CO₂ mit 287 kt (Emisfakt: 29 t/TJ) und die Emissionen von NO_x mit 615 t (Emisfakt: 62 kg/TJ).

Beim Szenario „Holz“ emittieren die Ölheizungen zwei Drittel und die Gasheizungen ein Viertel der CO₂-Emissionen. Den größten Anteil der NO_x-Emissionen weisen mit fast zwei Drittel die Holzheizungen auf.

 Tabelle 3-29: TSP und PM₁₀-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz“

„Holz“	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM ₁₀)			
	Hausbrand Inntal	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle		29	10%	118	26	10%	104
Öl		2	1%	0,8	2	1%	0,7
Gas		1	0%	0,5	1	0%	0,45
Erneuerbare		250	89%	60	226	89%	54
Gesamt		282	100%	28	254	100%	26

Im Szenario „Holz“ ergeben sich im Inntal Staubemissionen von TSP mit 282 t (Emisfakt: 28 kg/TJ) und Feinstaubemissionen von PM₁₀ mit 254 t (Emisfakt: 26 kg/TJ).

Der Anteil der Holzheizungen bei den Staubemissionen liegt bei rund 90%. Etwa 10% der Staubemissionen kommen von den Kohleheizungen.

Tabelle 3-30: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Mix+“

„Mix+“	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)			
	Hausbrand Inntal	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle		25	10%	100	30	5%	120
Öl		12	5%	64	8	1%	42
Gas		200	85%	55	156	26%	43
Erneuerbare		0	0%	0	401	67%	94
Gesamt		236	100%	24	595	100%	60

Im Inntal ergeben sich im Szenario „Mix+“ Emissionen von CO₂ mit 236 kt (Emisfakt: 24 t/TJ) und die Emissionen von NO_x mit 595 (Emisfakt: 60 kg/TJ).

Beim Szenario „Mix+“ emittieren die Gasheizungen 85% der CO₂-Emissionen. Den größten Anteil der NO_x-Emissionen weisen mit zwei Drittel die Holzheizungen auf. Etwa ein Viertel der NO_x-Emissionen kommt von den Gasheizungen.

 Tabelle 3-31: TSP und PM₁₀-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Mix+“

„Mix+“	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM ₁₀)			
	Hausbrand Inntal	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle		29	10%	118	26	10%	104
Öl		0	0%	0,5	0	0%	0,46
Gas		2	1%	0,5	2	1%	0,45
Erneuerbare		255	89%	60	230	89%	54
Gesamt		287	100%	29	258	100%	26

Im Szenario „Mix+“ ergeben sich im Inntal Staubemissionen an TSP von 287 t (Emisfakt: 29 kg/TJ) und Feinstaubemissionen an PM₁₀ von 258 t (Emisfakt: 26 kg/TJ).

Der Anteil der Holzheizungen bei den Staubemissionen liegt bei 90%. Etwa 10% der Staubemissionen stammen aus den Kohleheizungen.

Tabelle 3-32: CO₂ und NO_x-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz+“

„Holz+“	Kohlendioxid (CO ₂)			Stickoxide (NO _x)		
Hausbrand Inntal	Emission [kt/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [t/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle	25	22%	100	30	4%	120
Öl	11	10%	64	7	1%	42
Gas	78	68%	55	59	8%	42
Erneuerbare	0	0%	0	602	86%	93
Gesamt	114	100%	11	699	100%	70

Im Inntal ergeben sich im Szenario „Holz+“ Emissionen von CO₂ mit 114 kt (Emisfakt: 11 t/TJ) und die Emissionen von NO_x mit 699 t (Emisfakt: 702 kg/TJ).

Beim Szenario „Holz+“ emittieren die Gasheizungen 68% und die Kohleheizungen 22% der CO₂-Emissionen. Den größten Anteil der NO_x-Emissionen weisen mit über 85% die Holzheizungen auf.

 Tabelle 3-33: TSP und PM₁₀-Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz+“

„Holz+“	Gesamtstaub (TSP)			Feinstaub (PM ₁₀)		
Hausbrand Inntal	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]	Emission [t/a]	Anteil [%]	EmisFaktor [kg/TJ]
Kohle	29	8%	118	26	8%	104
Öl	0	0%	0,5	0	0%	0,45
Gas	1	0%	0,5	1	0%	0,45
Erneuerbare	343	92%	53	309	92%	48
Gesamt	373	100%	38	336	100%	34

Im Szenario „Holz+“ ergeben sich im Inntal Staubemissionen an TSP von 373 t (Emisfakt: 38 kg/TJ) und Feinstaubemissionen an PM₁₀ von 336 t (Emisfakt: 34 kg/TJ).

Der Anteil der Holzheizungen bei den Staubemissionen liegt bei 92%. Etwa 8% der Staubemissionen stammen aus den Kohleheizungen.

3.10 Abschätzung der Emissionsveränderung in den Szenarien 2015

Im Folgenden werden für den Sektor Kleinverbraucher im Inntal die Emissionen der Szenarien für 2015 gegenüber dem Jahr 2003 zusammenfassend dargestellt und deren Veränderung abgeschätzt. Dies erfolgt für CO₂, NO_x und Feinstaub (PM₁₀).

Tabelle 3-34: Emissionsveränderung der Kleinverbraucher in den Szenarien 2015 gegenüber Jahr 2003, Inntal

Emission	Kohlendioxid		Stickoxide		Feinstaub	
	Emission [kt/a]	Veränderung gegen 2003 [%]	Emission [t/a]	Veränderung gegen 2003 [%]	Emission [t/a]	Veränderung gegen 2003 [%]
Hausbrand Inntal						
2003	475		521		178	
„Basis“	475	0%	522	0%	151	- 16%
„Gas“	425	- 11%	496	- 5%	150	- 16%
„Holz“	287	- 40%	615	+ 18%	254	+ 43%
„Mix+“	236	- 50%	595	+ 14%	258	+ 45%
„Holz+“	114	- 76%	699	+ 34%	336	+ 88%

Im Szenario „Basis“ bleiben die Emissionswerte von CO₂ und NO_x unverändert, wohingegen der Feinstaubwert um 16% gegenüber dem Emissionswert vom Jahr 2003 sinkt.

Im Szenario „Gas“ nehmen alle Emissionen gegenüber den Werten von 2003 ab. Die Emissionsveränderungen gegenüber dem Jahr 2003 liegen bei CO₂ bei minus 11%, bei NO_x bei minus 5% und bei Feinstaub bei minus 16%.

Im Szenario „Holz“ gehen die CO₂-Emissionswerte deutlich zurück. Die Emissionen sinken gegenüber dem Jahr 2003 bei CO₂ um 40%. Die Emissionen von NO_x und Feinstaub steigen allerdings im Gegenzug deutlich an. Die Emissionen steigen bei NO_x um 18% und bei Feinstaub um 43% gegenüber den Werten des Jahres 2003 an.

Im Szenario „Mix+“ weisen die Emissionen ähnliche Trends wie beim Szenario „Holz“ auf. Die CO₂-Emissionswerte gehen mit 50% gegenüber dem Jahr 2003 deutlich zurück. Die Emissionen von NO_x und Feinstaub steigen im Gegenzug deutlich an. Die Emissionen steigen bei NO_x um 14% und bei Feinstaub um 45% gegenüber den Werten des Jahres 2003 an.

Im Szenario „Holz+“ sinken die CO₂-Emissionswerte sehr deutlich. Die Emissionen gehen gegenüber dem Jahr 2003 bei CO₂ um 76% zurück. Die Emissionen von NO_x und Feinstaub steigen allerdings im Gegenzug sehr deutlich an. Die Emissionen nehmen bei NO_x um 34% und bei Feinstaub um 88% gegenüber den Werten des Jahres 2003 zu.

Im „Statusbericht Inntal“ (Lit 19) werden die Emissionen des Hausbrandes, die den Emissionen der Kleinverbraucher dieser Studie entsprechen, mit einem Anteil von etwa 16% an den gesamten Feinstaubemissionen im Inntal angeführt. Die gesamten Feinstaubemissionen im Inntal liegen demnach im Jahr 2003 bei rund 1.090 t. Nachfolgend werden für das Inntal die gesamten Emissionsveränderungen aufgrund der Szenarien für 2015 gegenüber dem Jahr 2003 (1.091 t) abgeschätzt.

Tabelle 3-35: Gesamten Feinstaub-Emissionsveränderung in den Szenarien 2015 gegenüber 2003, Inntal

Emission	Feinstaub (PM10)	
	Gesamtes Inntal	Veränderung gegen 2003 [%]
	Emission [t/a]	
2003	1.091	
„Basis“	1.063	- 3%
„Gas“	1.062	- 3%
„Holz“	1.167	+ 7%
„Mix+“	1.171	+ 7%
„Holz+“	1.248	+ 14%

Im Szenario „Basis“ und im Szenario „Gas“ sinken im Inntal insgesamt die Feinstaubemissionen um jeweils 3%, wohingegen die Feinstaubemissionswerte gegenüber dem Jahr 2003 in den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ um je 7% sowie „Holz+“ um 14% ansteigen.

Im Statusbericht Inntal (Lit 19) werden darüber hinaus auch Angaben zu den Feinstaubemissionen an einem Wintertag getätigt. Hierfür werden 3.710 kg pro Tag im Jahr 2003 angegeben. Nachfolgend werden für das Inntal die Emissionsveränderungen pro Wintertag aufgrund der Szenarien für 2015 gegenüber dem Jahr 2003 (3.715 t) abgeschätzt.

Tabelle 3-36: Gesamten Feinstaub-Emissionsveränderung pro Wintertag in den Szenarien 2015 gegenüber 2003, Inntal

Emission	Feinstaub (PM10)	
	Gesamtes Inntal	Veränderung gegen 2003 [%]
	Emission pro Wintertag [kg/Tag]	
2003	3.715	
„Basis“	3.542	- 5%
„Gas“	3.540	- 5%
„Holz“	3.888	+ 5%
„Mix+“	3.901	+ 5%
„Holz+“	4.159	+ 12%

In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinken im Inntal insgesamt die Feinstaubemissionen pro Wintertag um jeweils 5%, wohingegen die Feinstaubemissionswerte gegenüber dem Jahr 2003 in den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ um je 5% sowie „Holz+“ um 12% ansteigen.

3.11 Bewertung der Auswirkungen der Emissionsszenarien

Die Betrachtung der Auswirkungen der Emissionsveränderungen erfolgt für den Sektor Kleinverbraucher im festgelegten Regionalraum - „Inntal“. Als Regionalisierungskriterien werden neben dem Bevölkerungsanteil von 53% sowohl ein reduzierter Energieeinsatz aufgrund eines erhöhten Anteils an verdichteten Wohngebieten von 75% gegenüber dem Durchschnittswert von Tirol und unterschiedliche Anteile der Energieträger bei den Heizungsanlagen gegenüber dem gesamten Bundesland Tirol verwendet.

Entsprechend den Zielvorgaben dieser Studie werden in zwei Szenarien jeweils die Hälfte der Ölkessel (Faktor 0,5) durch Gaskessel bzw. Holzkessel ersetzt, wodurch der Anteil der Ölkessel auf je 25% sinkt. Im Szenario „Gas“ steigt der Anteil der Gasheizungen auf 39% (Faktor 2,7). Im Szenario „Holz“ nimmt der Anteil der Holzheizungen auf 42% (Faktor 2,5) zu.

In den beiden Szenarien „Mix+“ und „Holz+“ wird der Ersatz aller Ölkessel (Faktor 0) angenommen. Im Szenario „Mix+“ steigen die Anteile von Gas auf 37% (Faktor 2,6) und von den Erneuerbaren auf 43% (Faktor 2,5). Im Szenario „Holz+“ steigt der Anteil der Holzheizungen auf 65% (Faktor 3,8).

Die Emissionsveränderung bei Umstellung von Öl beheizten Anlagen auf Anlagen mit Gas bzw. biogenen Brennstoffen liefert für die Kleinverbraucher in den Szenarien für das Jahr 2015 unterschiedliche Trends bei den Emissionen von Kohlendioxid, Stickoxid und Staub.

Im Szenario „Gas“ nehmen alle Emissionen gegenüber den Werten von 2003 ab. Die Emissionsveränderungen gegenüber dem Jahr 2003 liegen bei CO₂ bei minus 11%, bei NO_x bei minus 5% und bei Feinstaub bei minus 16%.

Die Szenarien „Holz“ und „Mix+“ weisen ähnliche Emissionstrends auf. Die CO₂-Emissionswerte gehen deutlich zurück. Die Emissionen sinken gegenüber dem Jahr 2003 bei CO₂ um 40% bzw. 50%. Die Emissionen von NO_x und Feinstaub steigen allerdings im Gegenzug deutlich an. Die Emissionen steigen bei NO_x um 18% bzw. 14% und bei Feinstaub um 43% bzw. 45% gegenüber den Werten des Jahres 2003 an. Im Szenario „Holz+“ sind diese Emissionstrends noch verstärkt. Die Emissionen von CO₂ sinken um 76% sehr stark, wohingegen die Emissionen bei NO_x um 34% und bei Feinstaub um 88% sehr deutlich gegenüber den Werten des Jahres 2003 ansteigen.

Da im Szenario „Gas“ alle Emissionen (CO₂, NO_x und Staub) zurückgehen, weist dieses Szenario insgesamt betrachtet die größten emissionsrelevanten Erfolge auf. Bei den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ stehen den deutlichen Kyoto-relevanten Rückgängen der CO₂-Emissionen die immisionsrelevanten Emissionssteigerungen von NO_x und Staub gegenüber, wobei diese Effekte beim Szenario „Holz+“ noch verstärkt sind. Allerdings haben die zukünftigen technischen Entwicklungen und daneben auch die Betriebsweise und das Nutzerverhalten große Auswirkungen auf Emission der Anlagen.

4 Abschätzung und Bewertung der Immissionsveränderungen bei Feinstaub – PM10

4.1 Methodik der Immissionsbetrachtung

In der Stuserhebung Inntal (Lit 19) wurde wegen der häufigen Inversionslagen bei der Abschätzung der Herkunft der PM10-Belastung für das Winterhalbjahr 2002 davon ausgegangen, dass das Inntal zwischen Wörgl und Haiming eine abgeschlossene Luftmasse darstellt und ausschließlich Quellen im Inntal für die PM10-Belastung verantwortlich sind. Bei derartigen Wetterlagen ist wegen der stabilen Schichtung der bodennahen Atmosphäre auch nicht mit einem Überströmen der Berge zu rechnen. Im Bereich unterhalb von Wörgl spielt der Luftmassenaustausch mit dem Alpenvorland eine etwas größere Rolle.

Entsprechend diesem Sachverhalt wurde in einer groben Abschätzung der Auswirkungen einer veränderten Emissionssituation auf die Immissionsituation von einer proportionalen Veränderung der Immissionswerte ausgegangen.

4.2 Abschätzung der Auswirkung der Szenarien auf die Immissions-situation von Feinstaub im Inntal

Nach der Stuserhebung Inntal (Lit 19) liegt derzeit die Immissionskonzentration von PM10 bei einem Jahresmittelwert von durchschnittlich 30 µg/m³. Diese setzt sich aus einer Grundbelastung, die jeweils zur Hälfte aus direkten Emissionen und aus sekundären anorganischen Ionen besteht, und einem lokalen Beitrag zusammen. Die hinter dieser Immission stehende Feinstaubemissionen PM10 beträgt 1.090 t/a.

In der nachfolgenden Tabelle sind die sich aus den einzelnen Szenarien durch die Veränderungen im Hausbrand ergebende Emissionsveränderung und die aliquot auf die Immissionswerte im Jahresmittel umgelegten Immissionskonzentrationen zusammengestellt.

Tabelle 4-1: Auswirkungen der Szenarien 2015 auf Immissionskonzentration im Jahresmittel, Inntal

Gesamtes Inntal	Feinstaub (PM10)		
	Emission [t/a]	Veränderung gegen 2003 in [%]	Immission Jahresmittelwert [µg/m ³]
2003	1.091		30
„Basis“	1.063	- 3%	29,2
„Gas“	1.062	- 3%	29,2
„Holz“	1.167	+ 7%	32,1
„Mix+“	1.171	+ 7%	32,2
„Holz+“	1.248	+ 14%	34,3

In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinkt der Jahresmittelwert der Immissionskonzentration von rund 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ geringfügig auf 29,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ steigt hingegen im Inntal die Immissionskonzentration von PM10 im Jahresmittel um 7% auf etwa 32,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Beim Szenario „Holz+“ ergibt sich aufgrund der Steigerung um 14% eine PM10-Immissionskonzentration von 34,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Im Wintermittel liegt nach Angaben der Stuserhebung Inntal (Lit 19) eine Immissionskonzentration von etwa 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (33 bis 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) an den Messstellen im Inntal vor. Die analoge Abschätzung ist in nachfolgender Tabelle für das Wintermittel dargestellt.

Tabelle 4-2: Auswirkungen der Szenarien 2015 auf Immissionskonzentration im Wintermittel, Inntal

Gesamtes Inntal	Feinstaub (PM10)		
	Emission pro Wintertag [kg/Tag]	Veränderung gegen 2003 in [%]	Immission Wintermittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
2003	3.715		40
„Basis“	3.542	- 5%	38,1
„Gas“	3.540	- 5%	38,1
„Holz“	3.888	+ 5%	41,9
„Mix+“	3.901	+ 5%	42,0
„Holz+“	4.159	+ 12%	44,8

In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinkt der Wintermittelwert der Immissionskonzentration von rund 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf 38,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ steigt hingegen im Inntal die Immissionskonzentration von PM10 im Wintermittel um 5% auf etwa 42,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Beim Szenario „Holz+“ ergibt sich aufgrund der Steigerung um 12% eine PM10-Immissionskonzentration im Wintermittel von 44,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3 Bewertung der Immissionsveränderungen

Maßgeblich für die Bewertung der Immissionssituation ist das Immissionsschutzgesetz - Luft IG-L (Lit 7). Es gibt für Feinstaub PM10 Grenzwerte für das Jahresmittel sowie Höchstzahlen für Überschreitungen von Tagesmittelwerten an.

Die Grenzwerte gemäß IG-Luft liegen beim Jahresmittelwert (JMW) bei 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie bei maximal 35 Überschreitungen von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Tagesmittelwert (TMW) bis zum Jahr 2004 und von 2005 bis 2009 bei maximal 30 Überschreitungen von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ TMW.

Die obigen Abschätzungen zeigen auf Ebene des Jahresmittelwertes keine absehbaren Grenzwertüberschreitungen. Um auch die Veränderung bei den Überschreitungen des Tagesmittelwertes abschätzen zu können, wurde die nachfolgende Korrelation aus der Stuserhebung Inntal (Lit 19) verwendet. Sie zeigt den Zusammenhang von Jahresmittelwerten und den Überschreitungswerten von Tagesmittelwerten über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für die PM10-Messstellen in Österreich.

Im Jahr 2003 ergeben sich bei einem Jahresmittelwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ etwa 43 Überschreitungen des Tagesmittelwerts von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (schwarzer Pfeil).

In die Korrelation in nachfolgender Abbildung wurden nun die abgeschätzten Veränderungen der Immissionsjahresmittelwerte eingetragen, um die zu erwartende Veränderung bei der Anzahl der Überschreitungen zu erhalten (rote Pfeile).

Die waagrechte Linie bei $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kennzeichnet den Grenzwert für das Jahresmittel von PM10, wohingegen die senkrechten Linien die Maximalzahl der Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ TMW markieren. Die Maximalzahl lag bis zum Jahr 2004 bei maximal 35 Überschreitungen (schwarze Linie), derzeit beträgt der Grenzwert maximal 30 Überschreitungen (rot strichlierte Linie) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ TMW.

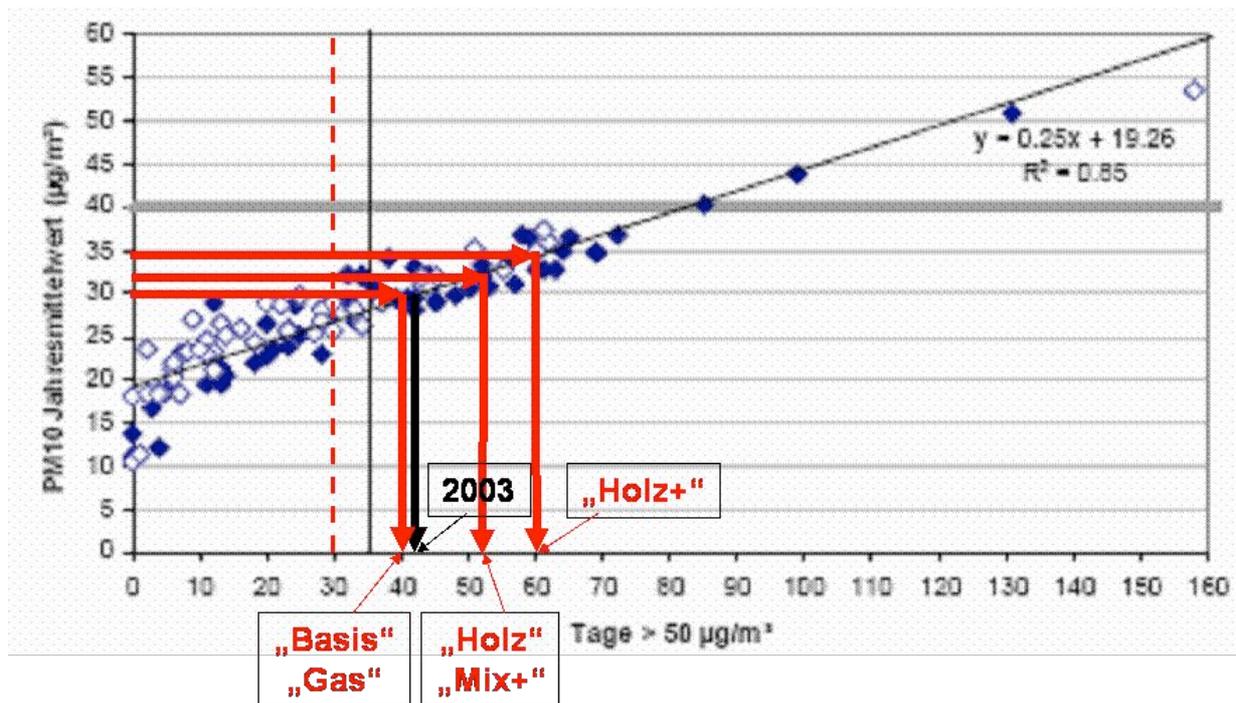


Abbildung 4-1: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und der Anzahl der Tage mit Werten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für PM10 in den Szenarien 2015

In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinken aufgrund des nahezu unveränderten Jahresmittelwerts von $29,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur geringfügig auf etwa **40 Tage**.

In den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ liegen aufgrund des Jahresmittelwerts von etwa $32,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel etwa **52 Überschreitungen** des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor. Durch die flache Steigung der Geraden liegt die prozentuelle Veränderung der Überschreitungen höher als die Änderung des Jahresmittelwertes.

Beim Szenario „Holz+“ ergeben sich aufgrund des Jahresmittelwerts von $34,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Mittel etwa **60 Überschreitungen** des Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5 Abschätzung und Bewertung der umweltmedizinischen Auswirkungen durch Feinstaub - PM10

5.1 Gesundheit und Holzrauch

Die gesundheitlichen Auswirkungen durch Feinstaub aus der Verbrennung fester Brennstoffe einschließlich Holz wurden in unzähligen Arbeiten untersucht. Die meisten Arbeiten befassen sich allerdings mit den Problemen der Schadstoffbelastung in Innenräumen vor allem in unterentwickelten Ländern, wo biogenes Heizmaterial zum Heizen und Kochen oft ohne ausreichenden Luftabzug (Kamin) verwendet wird (Lit 23) und erheblich zur Krankheitslast vor allem bei Kindern und Frauen (Lit 24) beiträgt. Doch nicht nur die geplante Verbrennung von Holz in mehr oder weniger geeigneten Öfen, sondern auch das unerwünschte Geschehen bei Waldbränden trägt erheblich zur Belastung der Luft mit Schadstoffen und nachfolgend zu Gesundheitsschäden bei (Lit 25). Weniger ausführlich erforscht sind die Auswirkungen des Holzbrandes in dafür geeigneten Öfen auf die Umweltbelastung und die Gesundheit. Dies liegt unter anderem, dass eine genaue Quellenzuordnung der Luftschadstoffe nur schwer mit vertretbarem Aufwand möglich ist. Eine Studie (Lit 26) aus Phönix hat dieses versucht und ist zum Schluss gekommen, dass Feinstaub (PM2.5) aus dem Straßenverkehr und durch Verbrennung von Biomasse die größte Risikozunahme für Todesfälle an Herz-Kreislauf-Erkrankungen in sich birgt.

Boman et al. (Lit 27) fanden nur wenige Studien, die gezielt Gesundheitsauswirkungen von Holzrauch untersuchten. Dennoch erlaubten diese die Schlussfolgerung, dass das Risiko für Asthma, Atemwegssymptomatik, Lungenfunktion und täglicher Sterblichkeit pro Masse Feinstaub (PM10) aus Holzrauch höher ist als für den gesamten Feinstaub. So fand auch eine österreichische Studie aus dem Salzburger Land (Lit 28) höhere Asthmaprävalenz in Gegenden mit einem höheren Anteil an Holzheizungen. Auch die amerikanische Umweltschutzbehörde warnt vor den Folgen von Holzrauch (Lit 29).

Ebenso weisen toxikologische Untersuchungen im Tierversuch auf die Schädlichkeit des Holzrauches. So wird das Lungenkrebsrisiko (in Ratten und Mäusen) ähnlich hoch wie bei Kohler Rauch gesehen (Lit 30). Kubatova et al. (Lit 31) zeigten, dass nicht nur die polaren Anteile des Feinstaubes aus Holzrauch und Dieselruß zell- und genotoxische Wirkungen entfalten, sondern auch die wasserlöslichen Anteile dieser partikulären Abgase.

Diese Erkenntnisse wurden jüngst wieder bei einer internationalen Toxikologentagung unterstrichen. Cassee berichtete, dass unter den Umweltstäuben Verbrennungsaerosole aus dem Verkehr und der Holzverbrennung besonders toxisch sind (Lit 32), wofür vor allem Sauerstoffradikalbildung und chronische Entzündungsvorgänge verantwortlich sein dürften (Lit 33). Neben zahlreichen Tierversuchen sprechen auch einige Studien am Menschen für die besondere Gefährlichkeit von Holzrauch aus dem Hausbrand (Lit 34). Dies zeigen aktuelle toxikologische Studien (Lit 35) und auch epidemiologische Studien z.B. über die Entwicklung chronisch obstruktiver Lungenerkrankungen (Lit 36).

Aus dem Gesagten ist zusammenfassend zu folgern, dass die Gesundheitsschädlichkeit von Holzrauch wissenschaftlich unbestritten ist. Für eine genaue quantitative Abschätzung des Risikos fehlen jedoch die Grundlagen, da für die dazu nötigen großen epidemiologischen Studien die genaue Quellenzuordnung des Feinstaubes zu aufwendig ist. In erster Näherung kann jedoch das Risiko je Konzentrationserhöhung für Feinstaub aus Holzrauch der Risikoerhöhung durch Feinstaub generell gleichgesetzt werden. Die wenigen diesbezüglichen Untersuchungen legen den Schluss nahe, dass diese Gleichsetzung eher konservativ ist, also die Gefährlichkeit des Holzrauches eher unterschätzt.

5.2 Methodik der umweltmedizinischen Betrachtung

Als bester Effektschätzer für gesundheitliche Auswirkungen der Außenluftverunreinigung erwies sich bisher PM_{2.5} (Lit 37 - Lit 39). Auf Grund seiner messtechnischen Normierung, gesetzlichen Begrenzung und weit verbreiteten Verfügbarkeit verwendeten europäische Arbeitsgruppen wie APHEIS - Air Pollution and Health: A European Information System (Lit) aber bisher bevorzugt PM₁₀, um Beziehungen zwischen der Konzentration von Außenluftverunreinigungen und der Häufigkeit von Gesundheitsfolgen abzuschätzen. Dies ist insoweit gerechtfertigt, als die Korrelation zwischen PM_{2.5} und PM₁₀ sehr hoch ist (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

In Wien und Niederösterreich fanden sich bei Menschen über 65 Jahren stärkere Zunahmen von Hospitalisierungen wegen chronisch obstruktiver Lungenkrankheiten (COPD - Chronic Obstructive Pulmonary Disease) und Asthma (Lit 39) als multizentrische Studien im Mittel prognostizieren. Wir entschieden uns aber für eine konservative Abschätzung auf Basis größerer Populationen, die gleichzeitig eine Vergleichbarkeit mit Ergebnissen des europäischen Projektes APHEIS (Lit) ermöglicht.

Die Risikoschätzer aus der internationalen bzw. europäischen Forschung finden sich für Kinder in Tabelle 5-1 und für die Allgemeinbevölkerung in Tabelle 5-2. Ein relatives Risiko (RR) von 1,048 (1. Zeile!) bedeutet z.B. eine Zunahme des Risikos (für die gesamte Sterblichkeit im ersten Lebensjahr) um 4,8% je Zunahme der PM₁₀-Konzentration (im Jahresmittel) um 10 µg/m³. Die Schätzunsicherheiten sind jeweils in Klammer angeführt. Bei dieser Studie (Lit) betrug diese 2,2 bis 7,5% (1,022-1,075).

Tabelle 5-1: Verwendete Expositions-Wirkungs-Beziehungen bei Kindern

WIRKUNG auf Kinder (PM₁₀)	EXPOSITION	BEZIEHUNG pro 10µg/m³ PM₁₀	Zitat
Gesamte postneonatale Sterblichkeit (1 Monat - 1 Jahr)	PM ₁₀ Jahresmittel	RR=1,048 (1,022-1,075)	Lit
Postneonatale respiratorische Sterblichkeit (ICD10 J00-J99)	PM ₁₀ Jahresmittel	RR=1,216 (1,102-1,342)	Lit
Postneonatales Sudden Infant Death Syndrome (SIDS) (Geburtsgew. ≥ 2,5kg) (ICD10 R95)	PM ₁₀ Jahresmittel	Adjusted Odds Ratio AOR=1,12 (1,07-1,17)	Lit
Husten	PM ₁₀ Tagesmittel	OR=1,041 (1,020-1,062)	Lit
Symptome der unteren Atemwege	PM ₁₀ Tagesmittel	OR=1,041 (1,020-1,051)	Lit

Tabelle 5-2: Verwendete Expositions-Wirkungs-Beziehungen bei der Allgemeinbevölkerung

WIRKUNG auf Allgemeinbevölkerung (PM10)	EXPOSITION	BEZIEHUNG pro 10µg/m³ PM10	Zitat
Atraumatische Gesamtsterblichkeit (ICD10 A00-R99)	PM10 Tagesmittel	RR=1,006 (1,004-1,008)	Lit
Cardiovasculäre Mortalität (ICD10 I00-I99)	PM10 Tagesmittel	RR=1,009 (1,005-1,013)	Lit
Respiratorische Mortalität (ICD10 J00-J99)	PM10 Tagesmittel	RR=1,013 (1,005-1,021)	Lit
Hospitalisierungen: Herzerkrankungen (ICD10 I00-I52)	PM10 Tagesmittel	RR=1,006 (1,004-1,008)	Lit
Hospitalisierungen: Atemwegserkrankungen (ICD10 J00-J99)	PM10 Tagesmittel	RR=1,0114 (1,0062-1,0167)	Lit
Atraumatische Gesamtsterblichkeit (ICD10 A00-R99)	PM10 40- Tagesmittel	RR=1,012 (1,008-1,016)	Lit
Cardiovasculäre Mortalität (ICD10 I00-I99)	PM10 40- Tagesmittel	RR=1,02 (1,014-1,026)	Lit 40
Respiratorische Mortalität (ICD10 J00-J99)	PM10 40- Tagesmittel	RR=1,042 (1,011-1,074)	Lit
Atraumatische Gesamtsterblichkeit (ICD10 A00-R99)	PM10 Jahresmittel	RR=1,043 (1,026-1,061)	Lit

Belastbare Risikoschätzer existieren vor allem für vorzeitige Sterbefälle in der Allgemeinbevölkerung (sowohl gesamt als auch für respiratorische und kardiovaskuläre Diagnosen) sowie für Krankenhausaufnahmen wegen Erkrankungen der Atmungsorgane. Grundsätzlich ist zwischen akuten Folgen von Anstiegen der Luftverunreinigung (vor allem am selben und am nächsten Tag) und von chronischen Folgen im Laufe des Lebens zu unterscheiden, wobei letztere naturgemäß wesentlich größere Gruppen der Bevölkerung betreffen als akute Folgen, die nur für besonders empfindliche und vorgeschädigte Risikogruppen letal werden können. Um zwischen der akuten Wirkung, die schon bei einmaliger Exposition möglich ist und der teilweise latenten und kumulativen Wirkung, die eine Dauereexposition annimmt, auch noch einen Risikoschätzer für akute bis subakute Wirkungen angeben zu können, verwendeten wir Studien mit verteilten Latenzen bis zu 40 Tagen.

In Österreich werden nur Daten zur Sterblichkeit und zu Krankenhausaufnahmen routinemäßig mittels des Diagnoseschlüssels der WHO (ICD) erfasst. Die Diagnosen der Krankenhausaufnahmen erwiesen sich (auch bei Verwendung der Entlassungsdiagnosen) als stärker von regionalen Einflussfaktoren abhängig. Darüber hinaus waren aus

Datenschutzgründen die Entlassungsdiagnosen samt Aufnahmezeitpunkt nur bis zum Detaillierungsgrad „Bundesland“ aber nicht auf Ebene einzelner Städte bei Statistik Austria erhältlich. Das letzte verfügbare Kalenderjahr für die Spitalsaufnahmen in Tirol war 2003 und das für die Todesursachen 2004. Auf dieser Basis wurden Hospitalisierungen und Sterbefälle für das Inntal im Verhältnis der Bevölkerung berechnet. Zusätzliche Hospitalisierungen wegen Atemwegserkrankungen und vorzeitige Sterbefälle durch Luftschadstoffe wurden unter Verwendung der in Tab. 5-1 angegebenen Beziehungen für das Basisszenario berechnet sowie für die Szenarien „Holz“ und „Holz+“ abgeschätzt. Dabei wurden die für 2015 prognostizierten Jahresmittel und eine der Ausgangssituation entsprechende Verteilung der Tagesmittelwerte angenommen. Die Ergebnisse werden als Differenzen zwischen dem Basisszenario und dem Szenario „Holz“ bzw. „Holz+“ angegeben.

5.3 Ergebnisse und Bewertung der gesundheitlichen Auswirkungen

Ausgehend von einer Population von 360.000 ergeben sich für die Gemeinden des Inntals im Vergleich zu den Szenarien „Basis“ und „Gas“ (mit jeweils 29,2 µg PM10/m³ im Jahresmittel) in den Szenarien „Holz“ (32,1 µg PM10/m³ im Jahresmittel) und „Holz+“ (34,3 µg PM10/m³ im Jahresmittel) im Jahr 2015 die in Tabelle 5-3 angegebenen zusätzlichen, akuten Sterbefälle (alle nichttraumatischen, Herzkreislauf, Atmungsorgane) bzw. spitalsbedürftigen Erkrankungsfälle. Neben dem zentralen Schätzwert sind jeweils auch das untere und obere 95% Vertrauensintervall angegeben. Auf das Szenario „Mix+“ (32,2 µg/m³) wird nicht im Detail eingegangen, da sich die durchschnittliche Immissionsbelastung nur unwesentlich vom Szenario „Holz“ unterscheidet.

Bei Berücksichtigung einer Latenzzeit von bis zu 40 Tagen ergeben sich im Jahr 2015 unter gleichen Annahmen die in Tabelle 5-4 angegebenen zusätzlichen Sterbefälle (alle nichttraumatischen, Herzkreislauf & Atmungsorgane).

Nimmt man an, dass die Luftsituation des Jahres 2015 weiter besteht und berechnet die langfristigen Folgen mit ein, so ergeben sich die in Tabelle 5-5 angeführten zusätzlichen Sterbefälle (alle nichttraumatischen Todesfälle bei Erwachsenen).

Tabelle 5-3: Akute, vorgezogene Sterbefälle und Hospitalisierungen im Inntal

	Akut, alle vorzeitigen Sterbefälle			Sterbefälle an Herzkreislauf-Erkrankungen			Sterbefälle an Atemwegserkrankungen		
	zentrale Schätz.	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere
„Holz“	4,41	2,94	5,87	2,9	1,61	4,18	0,62	0,24	1,0
„Holz+“	7,5	5,0	9,99	4,93	2,74	7,11	1,05	0,41	1,7
				Hospitalisierungen: Herzerkrankungen			Hospitalisierungen: Atemwegserkrankungen		
„Holz“				12,43	6,22	18,62	26,77	14,59	39,14
„Holz+“				21,14	10,58	31,69	45,56	24,81	66,66

Tabelle 5-4: Akute und subakute vorgezogene Sterbefälle im Inntal

	Akut & subakut: Alle vorzeitigen Sterbefälle			Sterbefälle an Herz-Kreislauf-Erkrankungen			Sterbefälle an Atemwegserkrankungen		
	zentrale Schätz.	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere
„Holz“	8,83	5,84	11,79	6,12	4,33	7,91	1,83	0,48	3,19
„Holz+“	15,04	9,94	20,08	10,43	7,37	13,48	3,12	0,81	5,46

Tabelle 5-5: Akute, subakute und Spätfolgen auf die Sterblichkeit bei Erwachsenen im Inntal

	Akut & subakut & chronisch/latent: Alle vorzeitigen Sterbefälle		
	zentrale Schätzung	untere	obere
„Holz“	31,35	19,07	44,20
„Holz+“	53,06	32,21	74,95

Wendet man die in Tabelle 5-1 angegebenen Expositions-Wirkungsbeziehungen für das Kindesalter auf die Kinder des Inntals an und berechnet Krankheits- und Todesfolgen (alle nichttraumatischen Sterbefälle und Plötzlicher Kindstod – SIDS sowie Spitalsaufnahmen) der erhöhten Feinstaubbelastung für die Kinderzeit (postneonatal bis zum 14. Lebensjahr), so ergeben sich die in Tabelle 5-6 angeführten Fallzahlen. Zusätzliche Fälle pro Jahr für das Szenario „Holz“ und „Holz+“ gegenüber dem Basisszenario (zentraler Schätzwert, unteres und oberes 95% Vertrauensintervall).

Tabelle 5-6: Akute, subakute und Spätfolgen auf die postneonatale Sterblichkeit und Spitalsaufnahmen wegen Atemwegserkrankungen bis zum 14. Lebensjahr im Inntal

	Alle postneonatalen Sterbefälle im Kindesalter			Plötzlicher Kindstod (SIDS)			Spitalsaufnahmen von Kindern wegen Atemwegserkrankungen		
	zentrale Schätz.	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere	zentrale Schätzung	untere	obere
„Holz“	0,21	0,10	0,32	0,04	0,02	0,05	5,94	-1,19	12,43
„Holz+“	0,35	0,16	0,54	0,06	0,04	0,08	10,11	-2,03	21,18

Aus den Tabelle 5-3 bis Tabelle 5-6 ist ersichtlich, dass die höhere Feinstaubbelastung des Inntals durch Umstellung auf Holzheizungen zu beträchtlichen Zunahmen von Krankheiten und vorzeitigen Sterbefällen führen würde. Im Szenario „Holz+“ ist dadurch etwa alle 18 Jahre mit einem zusätzlichen Fall von plötzlichem Kindstod und etwa alle 3 Jahre mit insgesamt einem zusätzlichen Todesfall im Kindesalter zu rechnen. An akuten, unmittelbaren Folgen der erhöhten PM10-Belastung würden insgesamt im Jahr 2015 etwa 7 Menschen vorzeitig sterben, die meisten davon in höherem Alter und an Herz-Kreislauf-erkrankungen und „nur“ einer an einer Atemwegserkrankung.

Die entsprechenden Hospitalisierungsraten würden allerdings ein Vielfaches davon ausmachen. Die für die Zeit nach der Umstellung auf Holzheizungen berechnete, erhöhte Mortalität und Morbidität würde sich nicht nur jedes Jahr mit diesen Akutfolgen an besonders empfindlichen und vorgeschädigten Personen äußern, sondern bei Anhalten dieser Luftsituation auch mit subakuten, chronischen und latenten Folgen an einer wesentlich größeren Gruppe der Bevölkerung. Insgesamt muss daher etwa ab dem Jahr 2015 im Szenario „Holz“ mit etwa 30 zusätzlichen Sterbefällen pro Jahr und einer wesentlich größeren Anzahl spitalsbedürftiger Erkrankungen gerechnet werden und im Szenario „Holz+“ mit fast doppelt so vielen Fällen (53 Sterbefälle).

Umweltmedizinisch ist zu folgern, dass die zur Verhinderung langfristiger Klimafolgen (mit Rückwirkungen auf die menschliche Gesundheit auch in Österreich) unerlässliche CO₂-Reduktion durch andere Maßnahmen erzielt werden muss (Senkung des Energieverbrauchs und Erhöhung der Energieeffizienz in allen Sektoren). Eine Förderung der Holzheizung erscheint beim dzt. Stand der Technik für Einzelfeuerungen im Hausbrand kontraproduktiv und nur für Blockheizwerke mit entsprechenden Feuerungs- und Abgasreinigungsanlagen (Zusammenschluss mehrerer Verbraucher im ländlichen Raum) sinnvoll. Umstellungen, die zu keiner Reduktion von Feinstaub und NO₂ führen, sollten aus umweltmedizinischer Sicht keinesfalls gefördert werden.

6 Zusammenfassung

Zum Schutz des globalen Klimas und zum Schutz der Gesundheit des Menschen und des Lebensraumes existieren im Land Tirol viele Aktivitäten zur Erreichung des Kyotoziels und der Ziele im „Immissionsschutzgesetz Luft - IG-L“. Darunter fallen ua. die Förderung von Heizungsanlagen für biogene Brennstoffe und die Umsetzung von Maßnahmen zur Begrenzung der Emissionen aus Heizungsanlagen, wobei diese Maßnahmen allerdings gegensätzliche Emissionstrends der Luftschadstoffe Kohlendioxid (CO₂), Stickoxiden (NO_x) und Feinstaub (PM₁₀) bewirken.

Die Betrachtung der Auswirkungen der Emissionsveränderungen der genannten Luftschadstoffe erfolgt für den Sektor „Kleinverbraucher“ im festgelegten Regionalraum - „Inntal“. Entsprechend den Zielvorgaben dieser Studie wird in den zwei Szenarien „Gas“ bzw. „Holz“ jeweils die Hälfte der derzeitigen Ölkessel im Inntal durch Gaskessel bzw. Holzkessel ersetzt. Weiters wird in den Szenarien „Mix+“ und „Holz+“ der Ersatz aller Ölkessel bei „Mix+“ durch Gas- und Holzkessel bzw. bei „Holz+“ nur durch Ölkessel angenommen.

Im Szenario „Gas“ nehmen alle Emissionen gegenüber den Werten von 2003 ab. Die Emissionsveränderungen gegenüber dem Jahr 2003 liegen bei CO₂ bei minus 11%, bei NO_x bei minus 5% und bei Feinstaub bei minus 16%.

Die Szenarien „Holz“ und „Mix+“ weisen ähnliche Emissionstrends auf. Die CO₂-Emissionswerte gehen deutlich zurück und sinken gegenüber dem Jahr 2003 um 40% bzw. 50%. Die Emissionen von NO_x und Feinstaub steigen allerdings im Gegenzug deutlich an. Die Emissionen steigen bei NO_x um 18% bzw. 14% an und bei Feinstaub um 43% bzw. 45% gegenüber den Werten des Jahres 2003.

Im Szenario „Holz+“ sind diese Emissionstrends noch verstärkt. Die Emissionen von CO₂ sinken sehr stark um 76%, wohingegen die Emissionen bei NO_x um 34% und bei Feinstaub um 88% sehr deutlich gegenüber den Werten des Jahres 2003 ansteigen.

Da im Szenario „Gas“ alle Emissionen (CO₂, NO_x und Staub) zurückgehen, weist dieses Szenario insgesamt betrachtet die größten emissionsrelevanten Erfolge auf. Bei den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ stehen dem Kyoto-relevanten Rückgang der CO₂-Emissionen die immissionsrelevanten Steigerungen von NO_x und Staub gegenüber, wobei diese Effekte beim Szenario „Holz+“ noch verstärkt sind. Allerdings haben neben den zukünftigen technischen Entwicklungen auch die Betriebsweise und das Nutzerverhalten große Auswirkungen auf die zu erwartenden Emissionen der Anlagen.

Analog zur „Statuserhebung Inntal“ des Umweltbundesamts wird das Inntal zwischen Wörgl und Haiming als eine abgeschlossene Luftmasse betrachtet, für deren PM₁₀-Belastung überwiegend Quellen im Inntal verantwortlich sind. Bei einer groben Abschätzung der Auswirkungen einer veränderten Emissionssituation auf die Immissionsituation wird daher von einer proportionalen Veränderung der Immissionswerte ausgegangen.

Nach der „Statuserhebung Inntal“ liegt derzeit die Immissionskonzentration von PM₁₀ bei einem Jahresmittelwert von durchschnittlich 30 µg/m³. In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinkt der Jahresmittelwert geringfügig auf 29,2 µg/m³, wohingegen im Inntal die Immissionskonzentrationen von PM₁₀ im Jahresmittel in den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ um 7% auf etwa 32,2 µg/m³ und im Szenario „Holz+“ um 14% auf 34,3 µg/m³ ansteigen würden.

Die obigen Abschätzungen zeigen auf Ebene des Jahresmittelwertes keine absehbaren Grenzwertüberschreitungen laut IG-L. Aus den Ergebnissen der PM₁₀-Messstellen in Österreich liegen aber Korrelationen von Jahresmittelwerten mit der Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte von 50 µg/m³ vor. Im Jahr 2003 lagen im Inntal bei einem Jahresmittelwert von 30 µg/m³ PM₁₀ 43 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ vor.

In den Szenarien „Basis“ und „Gas“ sinkt durch die Erneuerung der Heizanlagen der Jahresmittelwert auf 29,2 µg/m³, wodurch die Anzahl der Überschreitungen der Tagesmittelwerte von 50 µg/m³ geringfügig von derzeit 43 Tage auf etwa 40 Tage zurückgeht. In den Szenarien „Holz“ und „Mix+“ ist aufgrund des Jahresmittelwertes von 32,2 µg/m³ allerdings mit einem Anstieg der Überschreitungen des Tagesmittelwertes auf über 50 Tage zu rechnen. Beim Szenario „Holz+“ würden sich aufgrund des Jahresmittelwertes von 34,3 µg/m³ etwa 60 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ ergeben.

Die gesundheitlichen Auswirkungen dieser prognostizierten Zusatzbelastung an Feinstaub lassen sich nur angenähert abschätzen, da für Feinstaub aus Holzrauch bisher nicht genügend belastbare Daten vorliegen, um eine quantitative Konzentrations-Wirkungsrelation anzugeben. Die wenigen Untersuchungen, die sich mit den Wirkungen von Holzrauch befasst haben, weisen jedoch darauf hin, dass Feinstaub aus Holzrauch zumindest gleich schädlich ist wie Feinstaub der üblichen urbanen Hintergrundmischung, für die sehr wohl belastbare Effektschätzer existieren.

Es werden daher für die Abschätzung der Gesundheitsauswirkungen die Effektschätzer für Feinstaub herangezogen, wobei auch aus Gründen der Vergleichbarkeit die anerkannten Methoden des EU-Projektes APHEIS (Air Pollution and Health: A European Information System, www.apheis.net) zur Anwendung kommen. Für die Kurzzeitwirkungen ist hierbei auch der zeitliche Verlauf der Schadstoffbelastung über das Jahr und nicht nur der Jahresmittelwert von Bedeutung. Die Immissionsprognose für 2015 ergibt aber nur einen Jahresmittelwert. Es wird daher angenommen, dass der Zeitverlauf der Tagesmittelwerte dem des Jahres 2003 entspricht. Die Ergebnisse werden als Differenzen zwischen dem Szenario „Basis“ und dem Szenario „Holz“ (32,1 µg/m³) bzw. „Holz+“ (34,3 µg/m³) angegeben.

Sodann wurden die Gesundheitsdaten für Tirol (Sterbefälle für 2004, Krankenhausaufnahmen für 2003) auf die Bevölkerungszahl im Untersuchungsgebiet – Inntal umgelegt und die der Zusatzbelastung zuzurechnenden Fälle entsprechend der APHEIS-Methode bzw. aufbauend auf den Effektschätzern aus großen internationalen, zumeist europäischen Studien berechnet.

Am bedeutsamsten sind hierbei die Auswirkungen der Langzeitbelastung (Jahresmittelwert) auf die Gesamtsterblichkeit. Beim Szenario „Holz“ ist hierbei mit jährlich etwa 30 zusätzlichen Todesfällen zu rechnen. Die entsprechende Zahl ist im Szenario „Holz+“ fast doppelt so hoch (53 Fälle). Dabei handelt es sich um konservative Schätzungen: Zum einen berücksichtigen die Effektschätzer für die Langzeitbelastung keine kleinräumigen Belastungsunterschiede, während die Belastung aus dem Hausbrand gerade dort am höchsten ist, wo auch die meisten Personen exponiert und somit gefährdet sind. Zum anderen basieren die Effektschätzer auf Messungen der Gesamtbelastung an Feinstaub (PM₁₀ bzw. PM_{2.5}), während Feinstaub aus Holzrauch nach derzeitigem Kenntnisstand tendenziell noch schädlicher ist.

Im Hausbrand gilt es daher primär den Energiebedarf durch umfassende thermische Gebäudesanierungen sowie durch Steigerung der Energieeffizienz zu senken. Die Wohnbauförderung wäre in dieser Hinsicht zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Als zweiter Schritt wäre die Energiebereitstellung zu betrachten. Hier weisen speziell Biomasse-Kleinfeuerungen durch den großen Einfluss der Betriebsweise und des Nutzerverhaltens negative Auswirkungen vor allem in Ballungsräumen auf. Neue Entwicklungen bei Biomasse-Einzelöfen zielen allerdings auf deutlich niedrigere Werte ab, was deren Verwendung außerhalb von Ballungsräumen vertretbar machen würde. In Ballungsräumen sind generell zentralisierte Systeme wie beispielsweise Biomasse Fernheizwerke zu bevorzugen, da diese Anlagen auf Grund weitergehender Emissionsminderungen die abgeschätzten Werte unterschreiten würden. Bei Strategien zur Biomasseförderung wäre dies ebenso entsprechend zu berücksichtigen.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- Lit 1: EU Burden-Sharing Agreement, Schlussfolgerungen EU-Umweltrat, Juni 1998, Das „13 Prozent Ziel“ betrifft den Summenwert von sechs Treibhausgasen, welcher als CO₂-Äquivalent ausgedrückt wird. Der Zielwert muss im Durchschnitt der Jahre 2008 bis 2012 erreicht werden. Als Ausgangswerte dienen bei CO₂, CH₄ und N₂O die Emissionen des Jahres 1990 und bei H-FKW, PFKW und SF₆ die Emissionen im Jahr 1995.
- Lit 2: Nationale Klimastrategie: <http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/klimat.pdf>
- Lit 3: Evaluierungsbericht zur Klimastrategie 2002, Austrian Energy Agency und Umweltbundesamt, Wien 2006
- Lit 4: Emissionshöchstmengengesetz – Luft, EG-L, BGBl 34/2003
- Lit 5: Kursbuch Zukunft, Österreichische Volkspartei, www.oevp.at/inhalte
- Lit 6: Wahlmanifest der Sozialdemokratischen Partei Österreichs, www.spoe.at
- Lit 7: Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L, BGBl 115/1997, Änderung IG-L, BGBl 62/2001
- Lit 8: Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2003, BE-278, Umweltbundesamt, Wien 2005
- Lit 9: Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2003, Pflichtenheft 2005, Umweltbundesamt, Wien 2005
- Lit 10: Luftschadstoff-Trends in Österreich 1980-2003, Umweltbundesamt, Wien 2005
- Lit 11: Austria´s National Inventory Report 2004, BE-244, Umweltbundesamt, Wien 2004
- Lit 12: Austria´s Informative Inventory Report 2004, BE-257, Umweltbundesamt, Wien 2004
- Lit 13: Regionalisierte Energiebilanz 1980-2003, Statistik Austria, Wien 2005
- Lit 14: Austria´s National Inventory Report 2006, REP-0016, Umweltbundesamt, Wien 2006
- Lit 15: Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe, Joanneum Research, Graz 1998
- Lit 16: Österreichische Emissionsinventur für Staub, ARC Seibersdorf research Report, ARC-S-0151, Seibersdorf 2001
- Lit 17: Emissionsbilanz von Holzfeuerungen kleiner Leistungen in Niederösterreich, Austrian Bioenergy Centre GmbH, Wieselburg 2005
- Lit 18: Feinstaubemissionen aus Heizungsanlagen, Vorarlberg 2005
- Lit 19: Stuserhebung betreffend Überschreitung der IG-L-Grenzwerte für PM₁₀ und Schwebestaub, Blei und Cadmium im Staubniederschlag im Inntal, Umweltbundesamt GmbH, Wien 2004
- Lit 20: Schwebestaub in Österreich, Umweltbundesamt GmbH, BE-277, Wien 2006
- Lit 21: Energiebericht 2003, BMWA, Wien 2005
- Lit 22: Feinstaub aus Kamin und Holzofen, Umweltbundesamt, 2006
- Lit 23: MA Desai, S Mehta, KR Smith: Indoor smoke from solid fuels: Assessing the environmental burden of disease. Environmental burden of disease series No. 4. World Health Organization (2004). ISBN 92 4 159135 8.
- Lit 24: Triche E.W., Belanger K., Bracken M.B., Beckett W.S., Holford T.R., Gent J.F., McSharry J.E., Leaderer B.P.: Indoor heating sources and respiratory symptoms in nonsmoking women. *Epidemiology* 16, 377-384 (2005).
- Lit 25: Tan W.C., Qiu T., Liam B.L., Ng T.P., Lee S.H., van Eeden S.F. et al.: The human bone marrow response to acute air pollution caused by forest fires. *Am. J. Resp. Crit. Care Med.* 161, 1213-1217 (2000).
- Lit 26: Mar T.F., Norris G.A., Koenig J.Q., Larson T.V.: Association between air pollution and mortality in Phoenix, 1995-1997. *Environ Health Perspect* 108:347-353 (2000).
- Lit 27: Boman B.C., Forsberg A.B., Jarvholm B.G.: Adverse health effects from ambient air pollution in relation to residential wood combustion in modern society. *Scand. J. Work. Environ. Health* 29, 251-260 (2003).

VERZEICHNISSE

- Lit 28: Oberfeld G., Riedler J., Eder W., Gamper A., ISAAC Studie Salzburg 1995 & 1996; Hrsg: Amt der Salzburger Landesregierung, November 1997.
- Lit 29: US EPA: Clean Burning Woodstoves and Fireplaces. Im Internet gelesen am 13.9.2006: <http://www.epa.gov/woodstoves/healthier.html>
- Lit 30: Liang C.K., Quan N.Y., Cao S.R., He X.Z., Ma F.: Natural inhalation exposure to coal smoke and wood smoke induces lung cancer in mice and rats. *Biomed. Environ. Sci.* 1, 42-50 (1988).
- Lit 31: Kubatova A., Steckler T.S., Gallagher J., Hawthorne S.B., Picklo M.J.: Toxicity of wide-range polarity fractions from wood smoke and diesel exhaust particulate obtained using hot
- Lit 32: Cassee F.R.: Toxicity of automotive fine and ultrafine particles. *Toxicology Letters* 164S: S14 (2006).
- Lit 33: Kocbach A. J.I. Herseith, E Namork, et al.: Inflammatory potential of wood smoke and traffic derived particles. *Toxicology Letters* 164S: S182 (2006).
- Lit 34: Boman C., Forsberg B., Sandström T.: Shedding new light on wood smoke: a risk factor for respiratory health. *Eur Respir J* 27:446-447 (2006).
- Lit 35: G. Sällsten, P. Gustafson, L. Johansson, et al.: Experimental Wood Smoke Exposure in Humans. *Inhalation Toxicology* 18: 855-864 (2006).
- Lit 36: M. Orozco-Levi, J. Garcia-Aymerich, J. Villar, A. Ramírez-Sarmiento, J. M. Antó, J. Gea: Wood smoke exposure and risk of chronic obstructive pulmonary disease. *Eur Respir J* 27:542-546 (2006).
- Lit 37: Dockery D et al.: An association between air pollution and mortality in six US cities. *N. Engl. J. Med.* 329, 1753-1759 (1993).
- Lit 38: Pope A et al.: Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 287: 1132-1141 (2002).
- Lit 39: Neuberger M et al.: Acute effects of particulate matter on respiratory diseases, symptoms and functions. Epidemiological results of the Austrian Project on Health Effects of Particulate Matter (AUPHEP). *Atmospheric Environment* 38, 24, 3971-3981 (2004).
- Lit 40: Medina S., Plasència A., Mücke H.-G.: Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities - First Results in of the APHEIS study. *Pollution Atmosphérique* 176, 499-502 (2002).
- Lit 41: Lacasaña M., A. Esplugues F. Ballester: Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects. *Europ. J. of Epidemiology* 20, 183-189 (2005).
- Lit 42: Woodruff T.J., J. Grillo, K.C Schoendorf: The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States. *Environ. Health Perspect.* 105, 608-612 (1997).
- Lit 43: Ward D.J., J.G. Ayres: Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review. *Occup. Environ. Med.* 61, e13 (2004).
- Lit 44 Atkinson R.W.: Acute effects of air pollution on admissions: reanalysis of APHEA 2. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 169, 1257-1258 (2004).
- Lit 45: Le Tertre A., Medina S., Samoli E., Forsberg B., Michelozzi .P, Boumghar A., Vonk J.M., Bellini A., Atkinson R., Ayres J.G., Sunyer J., Schwartz J., Katsouyanni K.: Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities *Journal of Epidemiology and Community Health* 56, 773-779 (2002).
- Lit 46: Atkinson R., Anderson H.R.: New E-R function for respiratory hospital admissions. Analysis of all-age respiratory hospital admissions and particulate air pollution within the Apehis programme. Appendix 4 in: RW Atkinson, HR Anderson, Sylvia Medina, Carmen Iñiguez, Bertil Forsberg, Bo Segerstedt, Lucia Artazcoz, Anna Paldy, Belén Zorrilla, Agnès Lefranc, Paola Michelozzi: APHEIS 3rd year report. Im Internet unter : www.apheis.net.
- Lit 47: Zanobetti A., J. Schwartz, E. Samoli, A. Gryparis, G. Touloumi, R. Atkinson, et al.: The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement. *Epidemiology* 13, 87-93 (2002).

VERZEICHNISSE

- Lit 40: Zanobetti A., J. Schwartz, E. Samoli, A. Gryparis, G. Touloumi, J. Peacock, et al.: The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environ. Health Perspect.* 111, 1188-1193 (2003).
- Lit 49: Künzli N., R. Kaiser, S. Medina, M. Studnicka, O. Chanel, P. Filliger, M. Herry, F.Jr. Horak, V. Puybonnieux-Textier, P. Quénel, J. Schneider, R. Seethaler, J.-C. Vergnaud, H. Sommer: Public health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a tri-national European assessment. *Lancet* 356, 795-801 (2000).

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Emissionsfaktoren Staubinventur Österreich (UBA 2001)	7
Tabelle 3-2: Emissionsfaktoren Stuserhebung Inntal (UBA 2004)	7
Tabelle 3-3: Emissionsfaktoren Austria´s Informative Inventory Report (UBA 2004)	7
Tabelle 3-4: Emissionsfaktoren Emissionsbilanz NÖ (ABC/BLT 2006).....	8
Tabelle 3-5: Emissionsfaktoren Feinstaubemissionen (Vorarlberg, 2005).....	8
Tabelle 3-6: Emissionsfaktoren Energiebericht 2003 (BMW 2005).....	9
Tabelle 3-7: Emissionsfaktoren Schwebstaub in Österreich (UBA 2006):	9
Tabelle 3-8: Emissionsfaktoren Feinstaub (Umweltbundesamt 2006)	9
Tabelle 3-9: Emissionsfaktoren CO ₂ und NO _x dieses Projekts.....	10
Tabelle 3-10: Emissionsfaktoren TSP und PM ₁₀ dieses Projekts.....	10
Tabelle 3-11: Energetischer Endverbrauch im Sektor Kleinverbraucher in Tirol, 2003	11
Tabelle 3-12: Anlagenverteilung Einzelöfen und Zentralheizungen	12
Tabelle 3-13: Alterstruktur der Heizkessel, 2003	12
Tabelle 3-14: Anlagenverteilung von Holzheizungen, 2003.....	13
Tabelle 3-15: Energieträgerwechsel in den Szenarien, Tirol 2015.....	13
Tabelle 3-16: Energieträgeranteile in den Szenarien, Tirol 2015.....	14
Tabelle 3-17: Alterstruktur der Heizkessel, 2015	14
Tabelle 3-18: Anlagenverteilung von Holz-Zentralheizungen, 2015.....	15
Tabelle 3-19: Unterschiedlicher Heizungs- bzw. Energieanteil Tirol und Inntal	16
Tabelle 3-20: Energieträgerwechsel in den Szenarien, Inntal 2015.....	17
Tabelle 3-21: Energieanteile in den Szenarien, Inntal 2015	17
Tabelle 3-22: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Jahr 2003	19
Tabelle 3-23: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Jahr 2003	19
Tabelle 3-24: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Basis“	20
Tabelle 3-25: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Basis“	20
Tabelle 3-26: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Gas“	21
Tabelle 3-27: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Gas“	21
Tabelle 3-28: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz“	22
Tabelle 3-29: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz“	22
Tabelle 3-30: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Mix+“	23
Tabelle 3-31: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Mix+“	23
Tabelle 3-32: CO ₂ und NO _x -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz+“	24
Tabelle 3-33: TSP und PM ₁₀ -Emissionen, Anteil und Emissionsfaktor, Inntal Szenario „Holz+“	24
Tabelle 3-34: Emissionsveränderung der Kleinverbraucher in den Szenarien 2015 gegenüber Jahr 2003, Inntal.....	25
Tabelle 3-35: Gesamten Feinstaub-Emissionsveränderung in den Szenarien 2015 gegenüber 2003, Inntal.....	26
Tabelle 3-36: Gesamten Feinstaub-Emissionsveränderung pro Wintertag in den Szenarien 2015 gegenüber 2003, Inntal	26
Tabelle 4-1: Auswirkungen der Szenarien 2015 auf Immissionskonzentration im Jahresmittel, Inntal.	28
Tabelle 4-2: Auswirkungen der Szenarien 2015 auf Immissionskonzentration im Wintermittel, Inntal.	29
Tabelle 5-1: Verwendete Expositions-Wirkungs-Beziehungen bei Kindern.....	32
Tabelle 5-2: Verwendete Expositions-Wirkungs-Beziehungen bei der Allgemeinbevölkerung	33
Tabelle 5-3: Akute, vorgezogene Sterbefälle und Hospitalisierungen im Inntal	34
Tabelle 5-4: Akute und subakute vorgezogene Sterbefälle im Inntal	35
Tabelle 5-5: Akute, subakute und Spätfolgen auf die Sterblichkeit bei Erwachsenen im Inntal	35
Tabelle 5-6: Akute, subakute und Spätfolgen auf die postneonatale Sterblichkeit und Spitalsaufnahmen wegen Atemwegserkrankungen bis zum 14. Lebensjahr im Inntal.....	35

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und der Anzahl der Tage mit Werten über 50 µg/m ³ für PM ₁₀ in den Szenarien 2015.....	30
---	----