

Markus Schwarz

## Factsheet Staubemissionen

Aktuelle Daten und  
Ausblick auf 2050

Datum 16. Oktober 2019

Nummer 913 TR C100740

Projektleitung Markus Schwarz

[markus.schwarz@best-research.eu](mailto:markus.schwarz@best-research.eu)

Mitarbeit Christoph Strasser

[christoph.strasser@best-research.eu](mailto:christoph.strasser@best-research.eu)

Projektnummer C-10-074-0-RealLifeBiomass

Projektlaufzeit 01. Juni 2019 - 31. August 2019

### **BEST- Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH**

#### **Standort Wieselburg**

Gewerbepark Haag 3  
A 3250 Wieselburg-Land  
T +43 (0) 7416 52238-27  
F +43 (0) 7416 52238-99  
[office@best-research.eu](mailto:office@best-research.eu)  
[www.best-research.eu](http://www.best-research.eu)

#### **Firmensitz Graz**

Innfeldgasse 21b, A 8010 Graz  
FN 232244k  
Landesgericht für ZRS Graz  
UID-Nr. ATU 56877044





## Factsheet Staubemissionen

### Inhalt

1	Einleitung und Vorgehensweise	4
2	Zusammenfassung	5
3	Ergebnisse	7
3.1	Veränderung Staubemissionen im Szenario Wärmezukunft 2050	7
3.2	Plausibilitätskontrolle der verwendeten Faktoren	9
3.3	Gesundheitsaspekte	14
3.4	Öfen und Herde	15
4	Literaturverzeichnis	16

## 1 Einleitung und Vorgehensweise

Zum Erreichen der Ziele der österreichischen Klimastrategie leisten Biomassefeuerungen einen entscheidenden Beitrag. Um dabei die Luftgüte nicht außer Acht zu lassen, wird in diesem Factsheet der aktuelle und zukünftige Status (bis 2050) von Staubemissionen in Österreich basierend auf Literaturdaten und eigenen Messungen dargelegt, und der aktuelle Kenntnisstand zu Emissionen aus Biomasse-Kleinfeuerungen zusammengefasst.

## 2 Zusammenfassung

Biomasse ist der wichtigste regenerative Energieträger in jedem klimaneutralen Energieversorgungsszenario, wobei die thermische Nutzung in Kleinanlagen aufgrund der damit verbundenen Emissionen kritisiert wird. Biomasseheizungen verursachen in Summe ein Viertel der Feinstaubemissionen Österreichs.

Laut der Österreichischen Luftschadstoffinventur [1] stammt bei Kleinfeuerungen der größte Anteil der Feinstaubemissionen mit einem Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm (PM<sub>10</sub>) aus sogenannten Allesbrennern, einer veralteten Bauform von Scheitholzkesseln. Diese verursachen 2/3 der Feinstaubemissionen aus Kleinfeuerungen, das sind 16,8% der gesamten Feinstaubemissionen Österreichs. Im Gegensatz dazu liegt der Anteil der modernen Kessel an den Feinstaubemissionen nur bei 3,6%, jener von Öfen und Herden beträgt 4,3%.

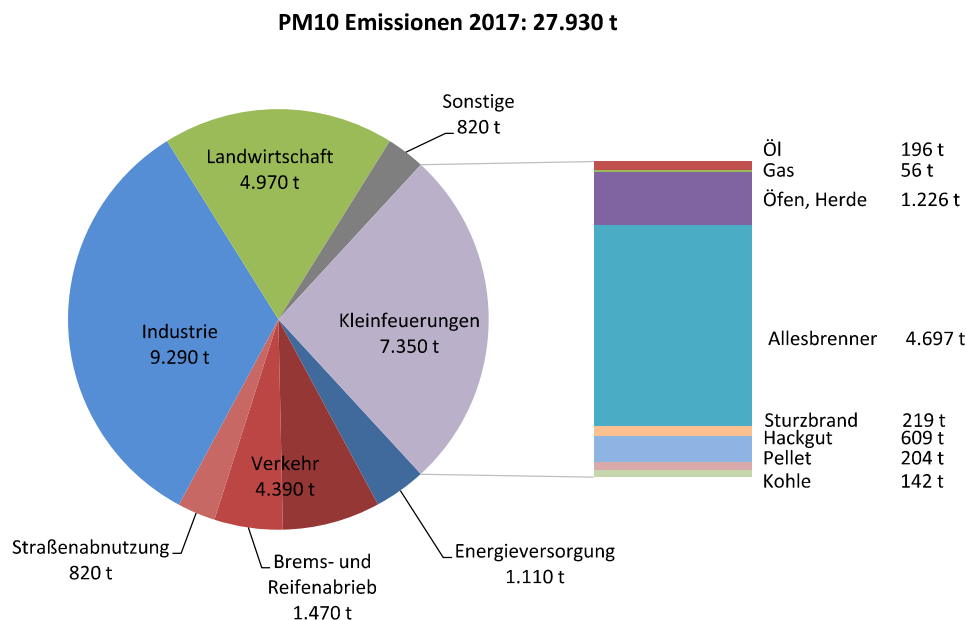


Abbildung 1: Quellenzuordnung der Staubemissionen 2017 in Österreich

Dieser Factsheet zeigt, dass durch den Einsatz modernster Geräte und deren sachgerechtem Betrieb die Staubemissionen aus Kessel und Öfen während der nächsten Jahre stark sinken werden. Somit wird Biomasse in der zukünftigen Energieversorgung auf umweltfreundliche Weise eine wichtige Rolle spielen.

Bis 2050 lassen sich ausgehend von den aktuellen Berechnungen des Umweltbundesamtes und dem Wärmezukunftszenario der EEG TU Wien [2] (mit deutlich erhöhten Einsatz von Biomassekesseln und durch Effizienzsteigerung und Gebäudedämmung geringerem Energieverbrauch für die Raumwärme) die Staubemissionen aus Kleinfeuerungen trotz Ausstieg aus Heizsystemen für fossile Energieträger um 90% verringern, wobei eine zusätzliche

Reduktion durch den stetigen Fortschritt der Technik zu erwarten ist, da die Spitzenprodukte der Österreichischen Biomassekesselhersteller heute bereits nur einen Bruchteil jener Staubemissionen emittieren, welche den durchgeführten Berechnungen zu Grunde liegen.

Der wesentlichste Aspekt für die Feinstaubreduktion ist, dass veraltete Feuerungsanlagen (veraltete Allesbrenner verursachen 68% der Feinstaubemissionen aus Holzheizungen) durch moderne, elektronisch geregelte, emissionsarme Feuerungen ersetzt werden, und diese Veränderung im Feuerungsanlagenbestand in der Luftschadstoffinventur berücksichtigt werden. Der in der aktuellen Luftschadstoffinventur herangezogene Anlagenbestand ist veraltet, eine Aktualisierung des Datenbestandes führt zu einer Reduktion der den Kleinf Feuerungen zugeschriebenen Feinstaubemissionen um 28%.

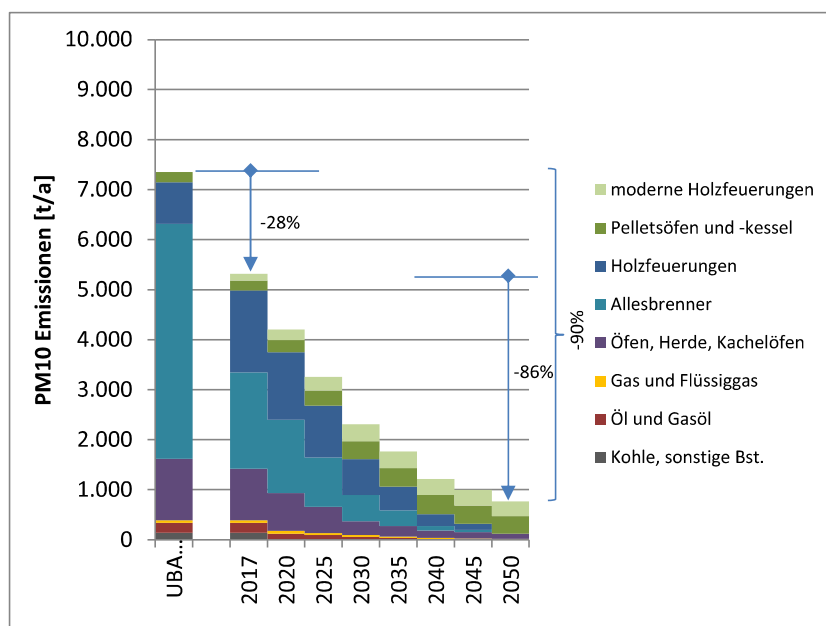


Abbildung 2: Reduktionspotential der Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario

Erläuterung: UBA... entsprechend der aktuellen Österreichischen Luftschadstoffinventur, siehe auch Abbildung 5

Im Anlagenbetrieb ist wichtig, dass manuell beschickte Scheitholzöfen (Verursachen 17% der Feinstaubemissionen aus Holzheizungen) und -kessel optimal geheizt werden, da auch Menge und Art des Holzes sowie das richtige Anzünden und Nachlegen die Feinstaubemissionen stark beeinflussen (siehe z.B. [3], [4]). Im Feldversuch wurde nachgewiesen, dass durch richtiges Ein- und Nachheizen bei Öfen eine Emissionsreduktion von über 50% erzielt werden kann.

Feinstaub Partikel aus ordnungsgemäß betriebenen automatisierten Biomassekesseln und Öfen sind hauptsächlich anorganischer Natur und weisen eine signifikant geringere oder sogar nicht nachweisbare Zytotoxizität auf, während Verbrennungsrückstände aus unsachgemäß betriebenen Anlagen wesentlich schädlicher sind (siehe [5]). Schulungen zum sachgemäßen Anlagenbetrieb sind ein wesentlicher Hebel zur Reduktion der Feinstaubemissionen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Veränderung Staubemissionen im Szenario Wärmезukunft 2050

Ein wesentlicher Beitrag zum Erreichen der nationalen Klimaschutzziele ist die Reduktion des Energiebedarfes für Raumwärme und die Umstellung dieses Sektors auf erneuerbare Energieträger, ohne die Umwelt durch höhere Emissionen zu belasten.

Dieser FactSheet beruht auf einem Szenario der Energy Economics Group (EEG) der TU-Wien für die Dekarbonisierung des zukünftigen Energiebedarfs für Raumwärme und Warmwasserbereitung im Österreichischen Gebäudebestand [2].

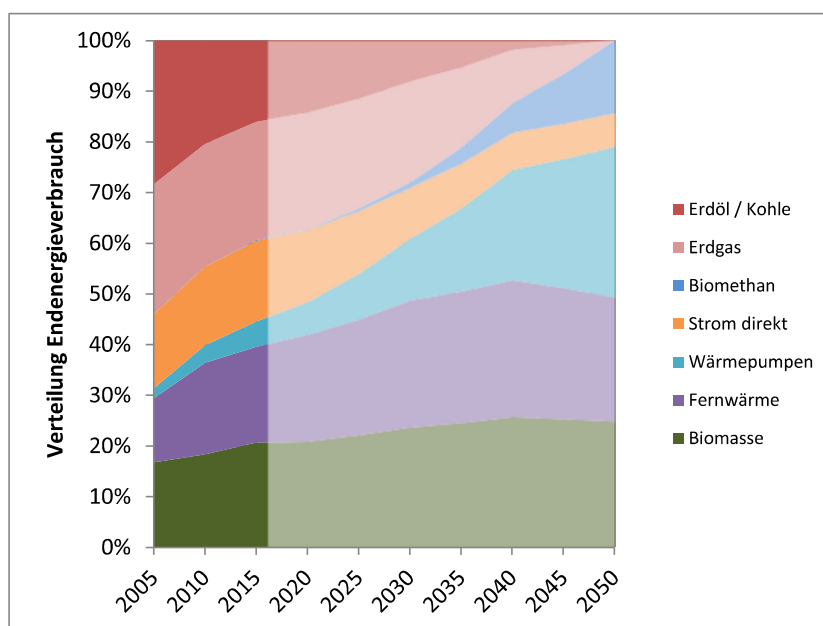


Abbildung 3: Entwicklung der Verteilung des Endenergieverbrauches zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung nach Energieträger

Basierend auf diesem, wird eine Reduktion der Gesamtstaubemissionen für die NFR (Nomenclature for Reporting) Sektoren 1.A.4.b.1 Private Haushalte und 1.A.4.a.1 Öffentliche und Private Dienstleistungen von dem für das Jahr 2017 angegebenen Wert von 7.819 t/a auf 1.806 t/a im Jahre 2050 erwartet.

Diese Abschätzung erfolgt entsprechend der Rechenmethode und mit den Faktoren welche für die Österreichische Luftschadstoffinventur eingesetzt wird. Sie beruht auf der Annahme, dass Biomassefeuerungen eine durchschnittliche Lebensdauer von 40 Jahren besitzen und dass bei deren Erneuerung sowie bei allen zukünftigen Installationen auf den entsprechenden

Feuerungstyp mit dem geringsten Emissionsfaktor der in der Emissionsbilanz in Tabelle 159 [1] angeführten Liste umgestellt wird.

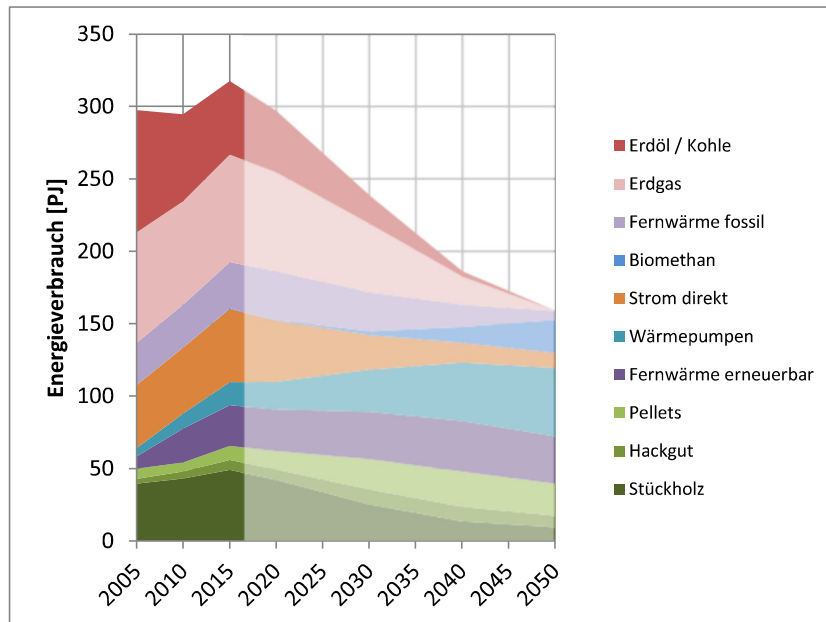


Abbildung 4: Prognostizierter Verlauf des Endenergieverbrauches aufgegliedert nach Energieträger

Diese sehr starke Reduktion der Staubemissionen von 77% gegenüber den aktuellen Werten beruht im Wesentlichen auf folgenden Punkten:

- Zwar steigt der Anteil an Biomasse bei der dezentralen Energiebereitstellung von 35% auf 63% an, jedoch reduziert sich die eingesetzte Endenergiemenge um 40%
- Der darin enthaltene Anteil an Scheitholz reduziert sich von 75% auf 24% während jener von Pellets, dessen Feuerungen sehr viel geringere Emissionsfaktoren aufweisen, von 15% auf 65% ansteigt.
- Der Kesselbestand nach der aktuellen Luftschadstoffinventur [1] besteht größten Teils aus Feuerungen mit veralteter Technologie, welche hohe Emissionsfaktoren besitzen. In der Prognose wurde berücksichtigt, dass der Großteil der alten Kessel und Öfen bis 2050 durch modernere Heizanlagen ersetzt werden. Diese wurden mit den niedrigsten Emissionsfaktoren bewertet, welche für die entsprechende Technologie in der Luftschadstoffinventur 2019 angeführt sind.

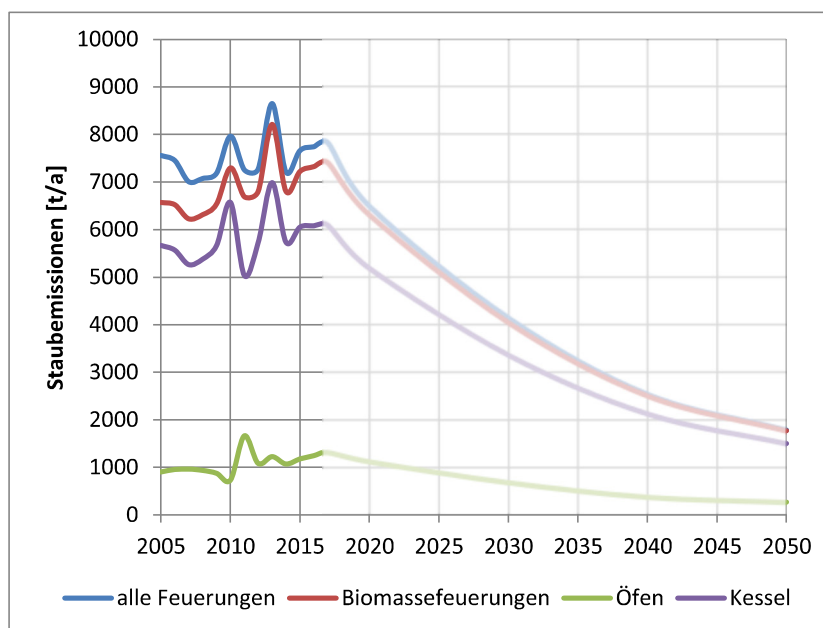


Abbildung 5: Verlauf Gesamtstaubemissionen bei Wärmewendeszenario 2050 basierend auf den aktuell in der Österreichischen Luftschadstoffinventur verwendeten Faktoren und Geräteverteilung

*PM<sub>10</sub> beträgt 94% davon, PM<sub>2,5</sub> beträgt 90% davon*

## 3.2 Plausibilitätskontrolle der verwendeten Faktoren

Insbesondere die hohen Emissionsfaktoren für viele Feuerungstypen sowie die mutmaßliche weite Verbreitung alter Technologien sind dafür verantwortlich, dass die offizielle angegebenen Werte Staubemissionen von Biomassefeuerungen während der letzten Jahre kaum gesunken, sondern im Zuge der Neuberechnung sogar stark gestiegen sind. Dies ist umso mehr verwunderlich, da die im Jahr 1995 beschlossene Vereinbarung gemäß Art. 15a B-VG über Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen einen wesentlichen Impuls für die Entwicklung der Österreichischen Biomassekesselindustrie darstellte, welche heute Spitzenprodukte mit geringsten Emissionen produziert. Wie man aus der Veränderung der Staubemissionen bei der Typenprüfung (siehe Abbildung 6) erkennen kann, haben sich diese während der letzten Jahre stark reduziert.

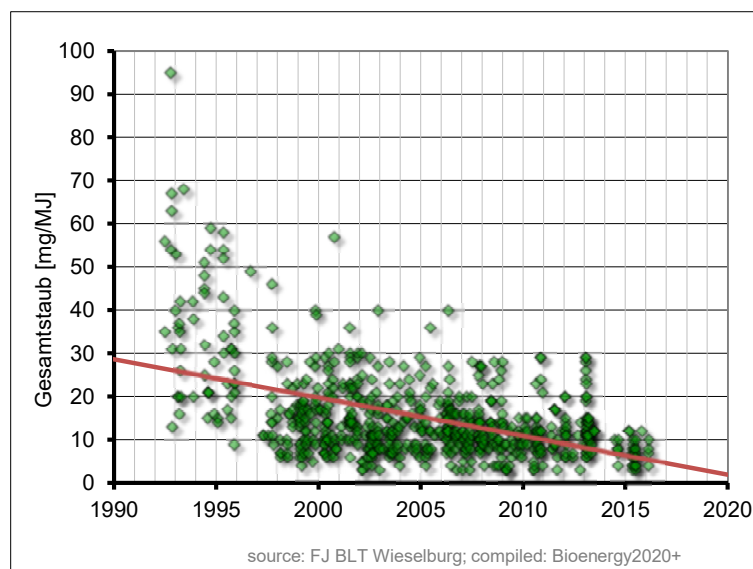


Abbildung 6: Ermittelte Staubemissionen bei der Typenprüfung von Biomassekesseln

Lange Jahre wurde zur Staubemissionsberechnung von Biomassekessel der von Spitzer [6] ermittelte IEF (implied emission factor) von 90 kg TSP/TJ verwendet, wobei in der Fachliteratur [7] schon vor vielen Jahren kritisiert wurde, dass er nur veraltete Technologien berücksichtigt und somit den Stand der Technik vor Inkrafttreten der Art. 15a Vereinbarung repräsentiert. In der neuesten Luftschadstoffinventur [1] wurde die Berechnung umgestellt, und es werden im Gegensatz zu früher unterschiedliche Feuerungstechnologien unterschieden. Die meisten Werte für die verwendeten Emissionsfaktoren stammen dabei aus dem EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook [8], d.h. sie basieren auf der gesamteuropäischen Durchschnittstechnologie, welche nicht dem Österreichischen Niveau der Biomassekleinfeuerungen entspricht.

- Aktuell werden für die Berechnung der Gesamtstaubemissionen aus Biomassefeuerungen folgende Emissionsfaktoren für Gesamtstaub (TSP) angewendet:
  - Holzöfen und Herde 164,4 kg/TJ
  - Grund- und Kachelöfen 111,1 kg/TJ
  - Wechselbrand Holzkessel 138,9 kg/TJ
  - Holzkessel im Naturzug 83,3 kg/TJ
  - Holzkessel mit Saugzuggebläse 55,6 kg/TJ
  - Hackgutkessel, konventionell 111,1 kg/TJ
  - Hackgutkessel, lambdageregelt 61,1 kg/TJ
  - Pelletofen 33,3 kg/TJ
  - Pelletkessel 21,1 kg/TJ

Der IEF für PM<sub>10</sub> beträgt 94% davon, jener für PM<sub>2.5</sub> beträgt 90% des TSP.

Zudem wird ein extrem veralteter Kesselbestand angenommen. Laut der Emissionsberechnung der Luftschadstoffinventur kommt in Österreich bei 90% des in Kessel verfeuerten Scheitholzes

ein Wechselbrandkessel (Allesbrenner) zum Einsatz, obwohl dieser Kesseltyp aufgrund seiner hohen Emissionen seit mehr als 20 Jahren nicht mehr als Hauptheizsystem neu installiert werden darf. In der offiziellen Darstellung steigen dadurch in Österreich die Absolutwerte der Feinstaubemissionen des NFR Sektors 1.A.4.b Kleinfeuerungen Wohngebäude signifikant an (z.B. PM<sub>2,5</sub>: 2015: 5,6 kt, Neuberechnung 2018: 6,9 kt), während diese in anderen Ländern wie etwa Deutschland sinken, da die Emissionsfaktoren an den nationalen Stand der Technik angepasst wurden [9].

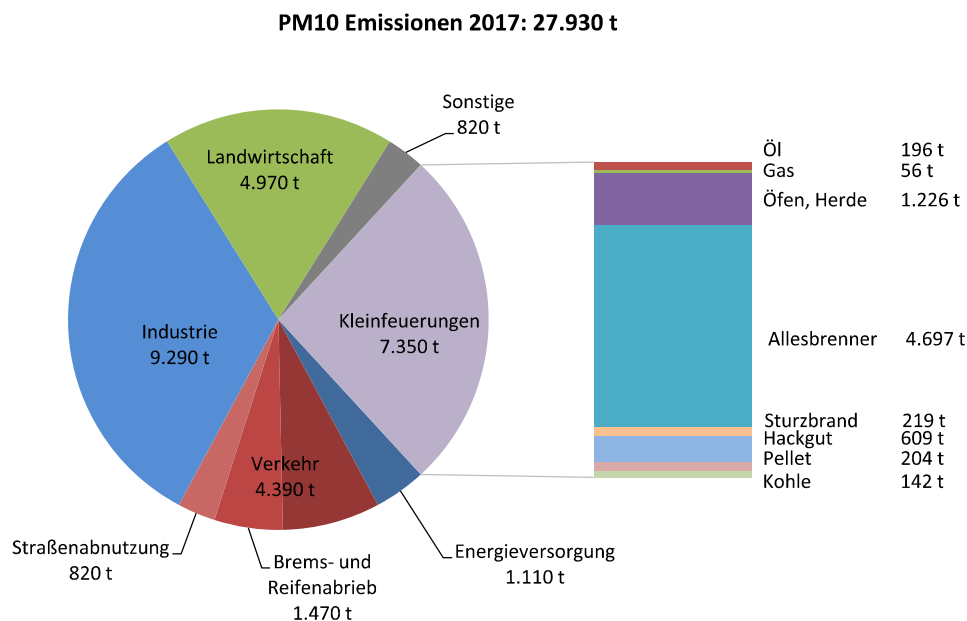


Abbildung 7: Quellenzuordnung der PM<sub>10</sub> Feinstaubemissionen 2017 in Österreich

Dass die Feinstaubemissionen in Österreich absinken ist anhand der Immissionsmessungen belegt. Die Messstellen im städtischen, inneralpinen Bereich, wo Biomassefeuerungen stark vertreten sind, weisen für die Jahre 2003 bis 2017 einen Rückgang von fast 50% auf. Auch das Umweltbundesamt vermutet in diesem Zusammenhang, dass die Emissionen aus Biomassekleinfeuerungen für die Raumwärmeerzeugung stärker gesunken sind als bislang angenommen [10].

Die vorher genannten Gründe legen nahe, dass die derzeitige Berechnung der Feinstaubemissionen aus dem Sektor Wärmeerzeugung Kleinanlagen nicht der Realität entspricht. Daher wurden die Feinstaubemissionen entsprechend der Methode der OLI (Österreichischen Luftschadstoffinventur) neu berechnet, und ebenso die Projektion des Wärmewendeszenario 2050. Dabei wurde eine realistischere Verteilung der Feuerungstechnologien angenommen, sowie der technische Fortschritt der Wärmeerzeuger berücksichtigt.

Im Detail wurden dafür folgende Annahmen getroffen:

- Scheitholz- und Hackgutkessel habe eine durchschnittliche Lebensdauer von 40 Jahren, jene von Pelletkessel wird aufgrund der leichteren Bauweise mit 30 Jahren angenommen, die von Öfen liegt bei 20 Jahren.
- da Wechselbrandkessel seit 1995 nur mehr als Beistellkessel erlaubt sind, ist der in der OLI verwendete Anteil am Scheitholzkesselbestand von 90% nicht realistisch, bei einer Typischen Lebensdauer von 40 Jahren, liegt deren Anteil heute maximal bei 45%
- es wurden zusätzliche IEF für Öfen und Kessel eingeführt die den aktuell verbreitetsten Stand der Technik repräsentieren. Die nachfolgend angeführten IEF geben die Gesamtstaubemissionen (TSP) pro TJ an Brennstoffmenge an. Die angeführten Werte wurden durch dynamische Messungen über mehrere Abbrände im Feld oder am Prüfstand ermittelt, sie enthalten die Emissionen während aller Phasen des Kesselbetriebs.
 

○ moderner Ofen	45,9 kg/TJ
○ moderner Scheitholzkessel	16,7 kg/TJ
○ moderner Hackgutkessel	20,0 kg/TJ
○ moderner Pelletkessel	15,1 kg/TJ

Analog zur Berechnung der OLI beträgt der IEF für  $PM_{10}$  94% des TSP, jener für  $PM_{2,5}$  beträgt 90%.

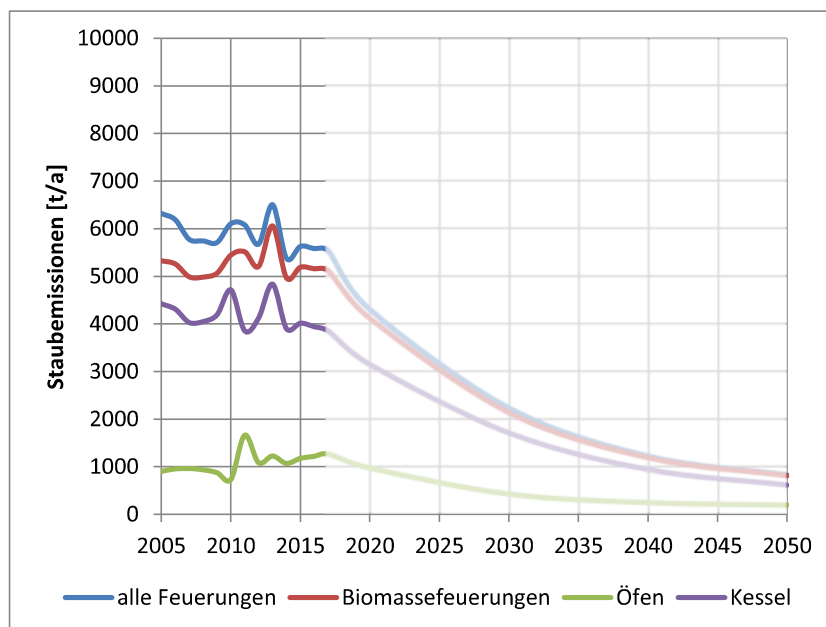


Abbildung 8: Verlauf der Gesamtstaubemissionen beim Wärmewendeszenario 2050 basierend auf realistischen Annahmen

Die Annahmen sind im vorherigen Absatz beschrieben, die Emissionsmenge an  $PM_{10}$  beträgt 94% davon,  $PM_{2,5}$  beträgt 90% davon

Durch die oben definierten Annahmen ist nicht nur der Wert der aktuellen Feinstaubemissionen geringer als jener in der Luftschadstoffinventur, auch die Berechnung der Werte bis 2050 erfolgt auf der Basis von modernen Geräten. Da diese im Jahr 2050 natürlich veraltet sind, und die Kesseltechnik sich stetig weiterentwickelt, beschreibt das Szenario somit eigentlich nur den schlechtest möglichen Fall.

Entsprechend den obigen Annahmen sind trotz konservativer Austauschrate die PM<sub>10</sub> Feinstaubemissionen aus Biomassefeuerungen heute bereits 28% geringer als offiziell ausgewiesen.

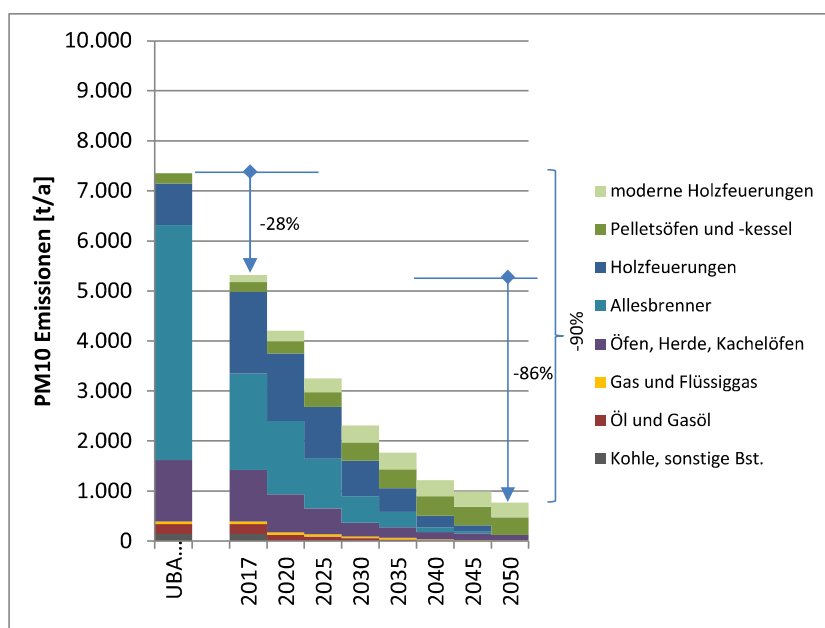


Abbildung 9: Reduktionspotential der PM<sub>10</sub> Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario

Erläuterung: UBA... entsprechend der aktuellen Faktoren der Österr. Luftschadstoffinventur, siehe auch Abbildung 5

Bis 2050 sollte nach dem Wärmewende 2050 Szenario die PM<sub>10</sub> Feinstaubemissionen aus Biomassefeuerungen von derzeit 4925 t/a auf 750 t/a und somit um weitere 86% absinken. Dies bedeutet eine Feinstaubreduktion um 90% für die Sektoren Energieerzeugung durch Verbrennung in Kleinanlagen in privaten Haushalten sowie öffentlichen und privaten Dienstleistungsbetrieben.

Durch den stetigen Fortschritt der Entwicklung der Biomassefeuerungen ist eine weitere Absenkung der Feinstaubemissionen zu erwarten. Heute bereits am Markt befindliche Spitzentechnologien wie z.B. Brennwertgeräte und Vergaserbrenner sowie Sekundärtechnologien zur Feinstaubminderung wurden in der Berechnung noch nicht berücksichtigt.

### 3.3 Gesundheitsaspekte

Eine Studie zu den Gesundheitsaspekten von Staub aus Biomassefeuerungen im Auftrag von IEA Bioenergy Task 32 kommt zu folgenden Schlussfolgerungen [11]:

Es ist wichtig, kohlenstoffhaltige (organische) und anorganische Schadstoffe sowie primäre und sekundäre Aerosole zu unterscheiden. Organische Schadstoffe sind besonders relevant für die Verbrennung von Biomasse in Wohngebieten und können bei nahezu vollständigen Verbrennungsbedingungen vermieden werden. Partikel, die aus einer unvollständigen Verbrennung in veralteten Kesseln oder falsch bedienten manuellen Systemen resultieren, weisen eine hohe Zytotoxizität auf, während Partikel aus ordnungsgemäß betriebenen automatisierten Biomassekesseln und Öfen hauptsächlich anorganisch sind (abgeleitet von Aschebestandteilen in der Biomasse) und eine signifikant geringere oder sogar nicht nachweisbare Zytotoxizität aufweisen. Darüber hinaus können anorganische Partikel durch Luftreinhaltevorrichtungen wie Elektrofilter oder Gewebefilter wirksam entfernt werden.

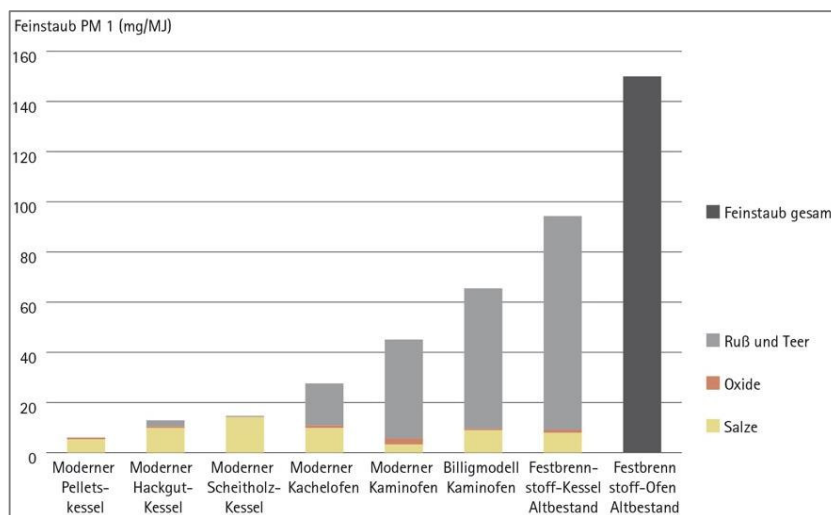


Abbildung 10: Vergleich von Ultrafeinstaubemissionen von Holzheizungen bei Lastzyklusmessungen und deren chemische Zusammensetzung

Erläuterung: Messungen aus [5], Emissionen Festbrennstoff-Öfen Altbestand aus [12] als Größenordnung zum Vergleich

Feinstäube aus alten, schlecht geregelten oder unsachgemäß betriebenen Biomassefeuerungen, aber auch Feinstäube aus alten Ölheizungen enthalten einen hohen Anteil an Partikeln aus unvollständiger Verbrennung. Bei modernen Anlagen liegt der Anteil von anorganischen Salzen bei über 90%. Moderne Anlagen reduzieren dadurch sowohl die absolute Menge an Feinstaub als auch deren schädlichen Auswirkungen. Die Messungen erfolgten im standardisierten Umfeld und zeigen den Einfluss von verschiedenen Technologien. Der Tausch eines alten Festbrennstoffkessels gegen einen neuen Kessel ermöglicht eine Reduktion der Feinstaubemissionen von mehr als 90%. Moderne Öfen- und Kachelöfen können die Feinstaubemissionen im Vergleich zu alten Festbrennstofföfen ebenfalls drastisch reduzieren [5].

### 3.4 Öfen und Herde

Öfen und Herde verursachen mit 1.226 t PM<sub>10</sub> 4,4% der gesamten Feinstaubemission. Im Bereich der Kleinfeuerungen liegt der Anteil bei 16,7%. Erhebungen der Statistik Austria gehen von einem in Betrieb befindlichen Anlagenbestand von 617.721 Holz-Einzelöfen aus, wobei 518.000 nur als Zusatzheizgerät genutzt werden, 99.713 Anlagen werden als Hauptheizungen genutzt. In Zusatzheizgeräten werden im Durchschnitt lediglich etwa 2,5 Festmeter Holz pro Jahr eingesetzt.

Neben der eingesetzten Technologie hat bei händisch beschickten Feuerungen der Nutzer der Anlagen einen hohen Einfluss auf die Emissionen. Durch das richtige Anfeuern und Nachlegen sowie die Verwendung des richtigen Brennstoffs (trockenes naturbelassenes Holz) können die Emissionen bei bestehenden Anlagen ebenfalls stark reduziert werden. Eine aktuelle Feldstudie hat den Nutzereinfluss untersucht, in der die Emissionen vor und nach einer Schulung gemessen wurden. Im Feldversuch wurde nachgewiesen, dass durch richtiges Ein- und Nachheizen von Öfen eine Reduktion der Staubemissionen von 40% erzielt werden können, im besten Fall konnte eine Verminderung um knapp über 75% erreicht werden [4].

## 4 Literaturverzeichnis

- [1] S. Haider et.al.:  
Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2019  
Umweltbundesamt, Wien (2019)
- [2] Kranzl, L., Müller, A., Maia, I., Büchele, R. und Hartner, M.:  
Wärmezukunft 2050. Erfordernisse und Konsequenzen der Dekarbonisierung von  
Raumwärme und Warmwasserbereitstellung in Österreich  
Studie i.A. Erneuerbare Energie Österreich, Wien (2018)
- [3] Schön, C. und Hartmann, H.:  
Nutzer - und Brennstoffeinflüsse auf Feinstaubemissionen aus  
Kleinf Feuerungsanlagen.  
Berichte aus dem TFZ Nr. 36, Straubing (2014)
- [4] Sturmlechner, R.:  
Real life emissions of domestic wood heating appliances – Results of a field  
campaign in the Clean Air by biomass project.  
WSED next Conference, Wels (2019)
- [5] Kelz, J., Brunner, T. und Obernberger, I.:  
Emissionsfaktoren und chemische Charakterisierung von Feinstaubemissionen  
moderner und alter Biomasse-Kleinf Feuerungen über typische Tageslastverläufe  
Environmental Sciences Europe. 24(3) (2012)
- [6] J. Spitzer et. al.:  
Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe .  
Institut für Energieforschung, Graz (1998)
- [7] Winiwarter, W., Schmidt-Stejskal, H. und Windsberger A.:  
Aktualisierung und methodische Verbesserung der österreichischen  
Luftschadstoffinventur für Schwebstaub.  
IIÖ und ARC im Auftrag des Umweltbundesamtes, Wien (2007)
- [8] European Environment Agency:  
EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016.  
EEA, Kopenhagen (2016)

- [9] Tebert, C., Volz, S. und Töfge, K.:  
Ermittlung und Aktualisierung von Emissionsfaktoren für das nationale Emissionsinventar bezüglich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher.  
Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau (2016)
  
- [10] Spangl, W. und Nagl, C.:  
Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2017.  
Umweltbundesamt, Wien (2018)
  
- [11] Nussbaumer, T.:  
Aerosols from Biomass Combustion - Technical report on behalf of the IEA.  
IEA Bioenergy Task 32 (2017)
  
- [12] Wieser, M.:  
Emissionsfaktoren als Grundlage für österreichische Luftschadstoff-Inventur.  
Bericht BE-254, Umweltbundesamt, Wien (2004)