

Markus Schwarz

Christoph Strasser

Factsheet Staubemissionen - Update 2025

Aktuelle Daten und Ausblick auf 2050

Datum 11. März 2026

Nummer 984 TR N-11-490-0

Projektleitung Markus Schwarz
markus.schwarz@best-research.eu

Mitarbeit Christoph Strasser
christoph.strasser@best-research.eu

Firmenpartner Österreichischer Biomasse-Verband

Projektnummer N-11-490-0

Projektlaufzeit 01. Mai 2025 - 31. Jänner 2026

BEST - Bioenergy and Sustainable Technologies GmbH

Standort Wieselburg

Gewerbepark Haag 3
A 3250 Wieselburg-Land
T +43 5 02378-9448
F +43 5 02378-9499
office@best-research.eu
www.best-research.eu

Firmensitz Graz

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



Factsheet Staubemissionen - Update 2025

Inhalt

1	Einleitung und Vorgehensweise	4
2	Zusammenfassung	5
3	Berechnungen und Ergebnisse	7
3.1	Feinstaubemissionen 2023	7
3.2	Veränderung Staubemissionen im Szenario Wärmezukunft 2050	15
3.3	Potential moderner Biomassefeuerungen hinsichtlich Feinstaubemissionen	18
3.4	Gesundheitsaspekte	21
3.5	Öfen und Herde	22
4	Verzeichnisse	23
4.1	Tabellenverzeichnis	23
4.2	Abbildungsverzeichnis	23
5	Literaturverzeichnis	24

1 Einleitung und Vorgehensweise

Zum Erreichen der Ziele der österreichischen Klimastrategie leisten Biomassefeuerungen einen entscheidenden Beitrag. Jedoch emittieren Biomasse-Kleinfeuerungen Luftschadstoffe insbesondere Feinstaub, welche die Luftgüte beeinträchtigen. In diesem Factsheet wird die Österreichische Luftschadstoff Inventur analysiert und die Feinstaubemissionen welche von Biomassekleinfeuerungsanlagen in Wohn-, Gewerbegebäuden und öffentlichen Einrichtungen emittiert werden, aufgezeigt.

In diesem Factsheet wird neben dem aktuellen auch der zukünftige Status (bis 2050) von Staubemissionen in Österreich basierend auf Literaturdaten dargelegt, und der aktuelle Kenntnisstand zu Emissionen aus Biomasse-Kleinfeuerungen zusammengefasst.

Das ursprüngliche Factsheet stammt aus dem Jahr 2019 [1]. In diesem Update 2025 wurden die Emissionswerte aktualisiert und an die aktuelle Berechnung der Österreichischen Luftschadstoffinventur angepasst.

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 19,0% der Feinstaubemissionen Österreichs.

Laut der Österreichischen Luftschadstoffinventur [2] sind Kleinfeuerungsanlagen zur Erzeugung von Raumwärme in Wohn-, Gewerbegebäuden und öffentlichen Einrichtungen für 19,8% der Staubemissionen mit einem Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm (PM₁₀) verantwortlich. Dabei verursachen Allesbrenner und Naturzugkessel, veraltete Bauformen von Stückholzkesseln mehr als 50% der Emissionen von Kleinfeuerungen. Im Gegensatz dazu liegt der Anteil moderner automatischer Kessel an den Feinstaubemissionen nur bei 2,6%, jener von Öfen und Herden beträgt 3,5%.

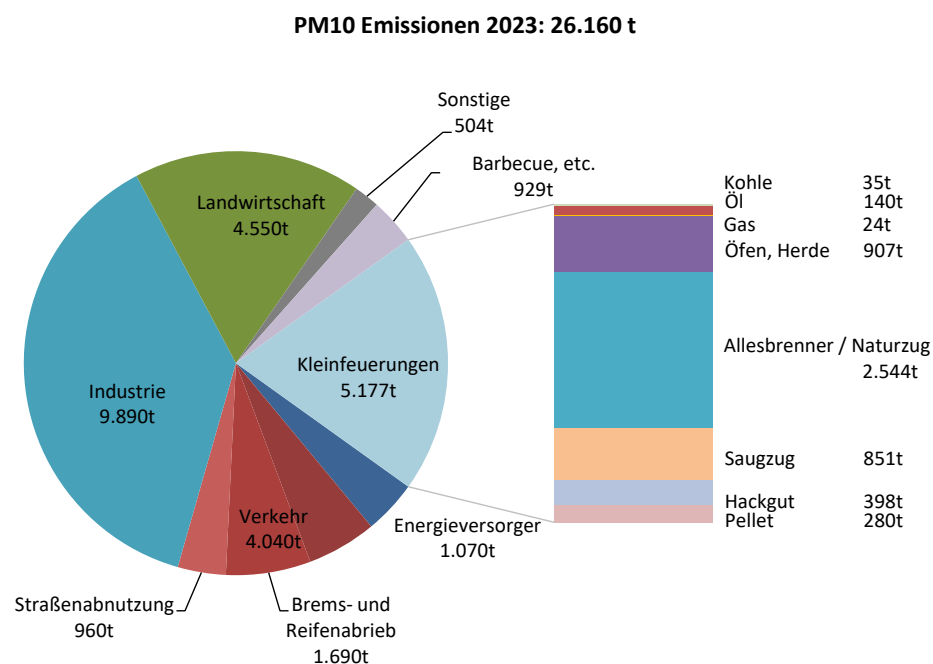


Abbildung 1: Quellenzuordnung der Staubemissionen 2023 in Österreich

Dieses 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 Wärmezukunftsszenario der EEG TU Wien [3] (mit deutlich erhöhten Anteil an

automatischen 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 durch emissionsarme moderne automatische Feuerungen mit elektronischer Verbrennungsregelung ersetzt werden.

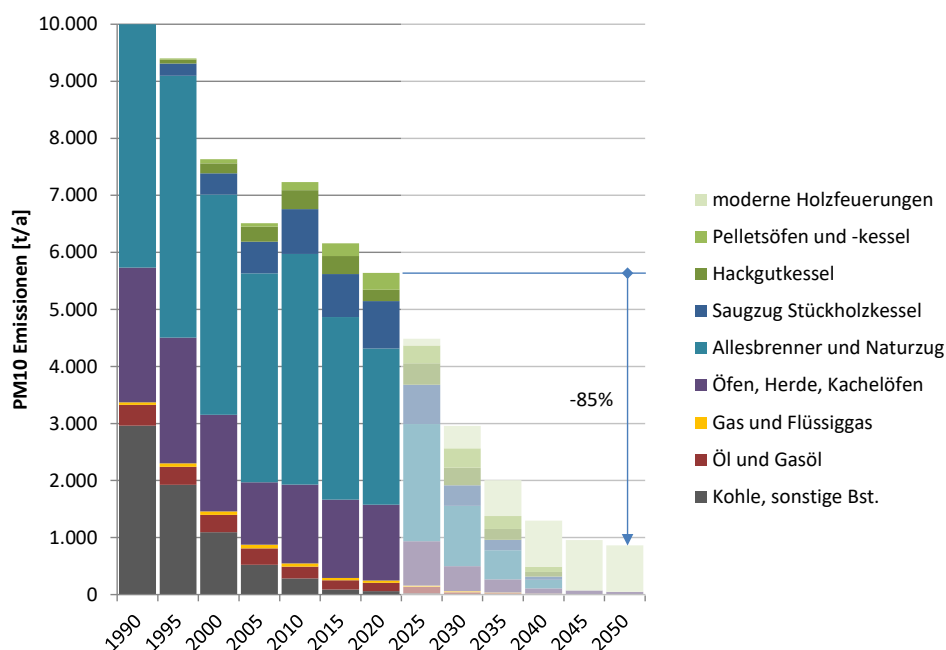


Abbildung 2: Reduktionspotential der Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario

Im Anlagenbetrieb ist wichtig, dass manuell beschickte Scheitholzöfen und -kessel optimal geheizt werden, da auch Menge und Art des Holzes sowie das richtige Anzünden und Nachlegen die Feinstaubemissionen stark beeinflussen [4], [5]. 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 keine signifikante Zytotoxizität auf, während Verbrennungsrückstände aus unsachgemäß betriebenen Anlagen wesentlich schädlicher sind [6]. Schulungen zum sachgemäßen Anlagenbetrieb sind ein wesentlicher Hebel zur Reduktion der Feinstaubemissionen.

3 Berechnungen und Ergebnisse

3.1 Feinstaubemissionen 2023

In der Österreichischen Luftschadstoffinventur 2025 [2] erfolgt die Berechnung der Emissionsmengen über den Energieverbrauch in den Sektoren [7], der Aufteilung der Technologien sowie deren zugeordneten Emissionsfaktoren. Im Informative Inventory Report sind alle Informationen zur Berechnung enthalten, jedoch nicht die Detailergebnisse der Kalkulation. In diesem Factsheet werden die Staubemissionen von stationären Quellen der NFR (Nomenclature for Reporting) Sektoren *1.A.4.b.1 Residential* und *1.A.4.a.1 Commercial/Institutional* mit dem Fokus auf Biomasse Kleinfeuerungen detailliert präsentiert, und die technologischen Unterschiede analysiert.

Bei Feinstaub handelt es sich um kleine Teilchen oder Tröpfchen, die von Menschen eingeatmet werden können. Von großer Bedeutung sind insbesondere die feinen und ultrafeinen Partikel, da diese, wenn sie eingeatmet werden, nicht in Rachen oder Bronchien abgefangen werden, sondern bis in die Lungenbläschen vordringen und die Gesundheit schädigen können.

Abhängig von der Größe des Partikels, exakter gesagt von seinem aerodynamischen Durchmesser, wird der Gesamtschwebstaub (Total Suspended Particulates - TSP) in folgende Klassen unterteilt:

- TSP (Total Suspended Particles) Gesamtschwebstaub
- PM₁₀ Partikel kleiner 10 µm (inhalierbarer Feinstaub)
- PM_{2.5} Partikel kleiner 2,5 µm (lungengängiger Feinstaub)

Nach der Österreichischen Luftschadstoffinventur [2] beträgt bei Biomassefeuerungen der Anteil an PM₁₀ 94% des TSP, jener von PM_{2.5} beträgt 90% des TSP.

Biomassekleinfeuerungen zur Erzeugung von Raumwärme in Wohn- und Gewerbegebäuden sowie in öffentlichen Einrichtungen emittieren im Jahr 2023 4.978 t Feinstaub PM₁₀, das sind 19,0% der gesamten Österreichischen Feinstaubemissionen. Dies ist eine deutliche Verbesserung gegenüber den Feinstaubemissionen, welche für diesen Sektor in der Österreichischen Luftschadstoffinventur 2019 [8] ausgewiesen wurden. Im Jahr 2017 wurden von Biomassefeuerungen noch 6.956 t an PM₁₀ emittiert, das waren 24,9% der gesamten österreichischen Feinstaubemissionen.

Im Jahre 2023 wurden in Österreich 3.448.866 t Scheitholz, 871.561 t Pellets und 635.328 t Hackgut zur Wärmeerzeugung in Biomassekleinfeuerungen eingesetzt. Somit sind biogene Brennstoffe in Österreich die wichtigsten Primärenergieträger für die Raumwärmeproduktion in Wohn und Gewerbegebäuden, im Jahr 2023 betrug deren Anteil in Summe 27,2%. Stückholz war 2023 jener Brennstoff, der in Österreich in Wohngebäuden am meisten zum Heizen verwendet wurde.

Primärenergieträger	Energiemenge [TJ]	Anteil Heizenergie [%]
Naturgas	63.387	24,1%
Fernwärme	58.242	22,2%
Brennholz	49.357	18,8%
Elektrische Energie	35.458	13,5%
Gasöl für Heizzwecke	32.364	12,3%
Pellets	15.064	5,7%
Hackgut	7.215	2,7%
Flüssiggas	1.170	0,4%
Kohlen und Koks	309	0,1%

Tabelle 1: Verteilung der Primärenergieträger zur Gebäudeheizung

Quelle: Österreichische Luftschadstoffinventur 2025 [2]

Bei den Staubemissionen von Biomassefeuerungen handelt es sich einerseits aus Ruß und Teeren der unvollständigen Verbrennung sowie aus Asche und Mineralsalze welche mit dem Abgasstrom aus der Feuerung ausgetragen werden. Während erstere durch kontrollierte sensorgeregelte Verbrennung bei modernen Feuerungen nur mehr während Start- und Ausbrandphase auftreten ist es wesentlich komplizierter die durch Mineralien verursachten Feinstaubemission zu reduzieren. Diese Emissionen korrelieren stark mit dem Mineralsalzgehalt des Brennstoffes, weshalb Pelletfeuerungen geringere Staubemissionen aufweisen, da diese aus Sägespänen ohne mineralstoffreicher Rinde produziert werden. Zur Reduktion dieser Emissionen finden Sekundäre Staubabscheider wie Elektrofilter in den letzten Jahren verstärkt Verbreitung, ebenfalls werden von den Biomassekesselherstellern kontinuierlich neue Feuerungstechnologien entwickelt, um die Feinstaubemissionen weiter zu reduzieren.

Für die Berechnung der Feinstaubemissionen basierend auf dem Brennstoffeinsatz werden Emissionsfaktoren (IEF, implied emission factor) verwendet. Diese gibt es für die verschiedenen Feuerungstechnologien und sie geben typische Feinstaubemissionen im realen Betrieb an.

Obwohl die Kessel- und Ofenprüfung in der Zwischenzeit alle Betriebszustände der Feuerung berücksichtigt verursacht der reale Kesselbetrieb in Wohn- und Gewerbegebäuden sowie in öffentlichen Einrichtungen in der Regel höhere Feinstaubemissionen als am Prüfstand. Meist erfolgt dies aufgrund eines schlechten Wartungszustands der Kessel sowie dem Einsatz von zu feuchten oder minderwertigen Brennstoffen. Insbesondere bei Kesseln ohne elektronische Verbrennungsregelung können vor allem die Emissionen von unverbrannten organischen Verbindungen stark ansteigen, wenn der Kessel nicht korrekt betrieben wird.

Diese Emissionsfaktoren werden in Kilogramm pro Terajoule (kg/TJ) ($=10^{12}$ Joule) angegeben, wobei ein Terajoule dem Heizwert von ca. 65 Tonnen Scheitholz oder 55 t Holzpellets und somit dem Heizenergiebedarf von ca. 15 Haushalten entspricht.

Die angewendeten Emissionsfaktoren stammen aus unterschiedlichen Quellen. Viele der in der Luftschadstoffinventur verwendeten Emissionsfaktoren stammen dabei aus dem EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook [9], d.h. sie basieren auf der gesamteuropäischen Durchschnittstechnologie, welche nicht dem Österreichischen Niveau der Biomassekleinfeuerungen entspricht. Zudem wurden die Emissionsfaktoren im Guidebook zumeist aus alten Messungen abgeleitet, da es in den letzten 10 Jahren kaum wissenschaftliche Arbeiten zu diesem Thema gegeben hat.

In Österreich erfolgte die letzte große Studie zu realen Emissionen von Festbrennstoffkessel im Jahr 1998. Der damals von Spitzer [10] ermittelten IEF (implied emission factor) von 148 kg TSP/TJ wird noch immer bei Holzöfen und Herden, sowohl konventioneller als auch fortschrittlicher Bauart verwendet.

Die Emissionsberechnungen der aktuellen Österreichischen Luftschadstoffinventur [2] basieren auf den in Tabelle 2 angeführten Emissionsfaktoren.

Feuerungsart	Feuerungstyp	IEF für TSP [kg/TJ]
Öfen	Holzöfen und -herde konventionell	148
	Holzöfen und -herde fortschrittlich	148
	Grund- und Kachelöfen	100
Stückholzkessel	Allesbrenner konventionell	125
	Allesbrenner fortschrittlich	100
	Holzkessel im Naturzug	85
	Holzkessel mit Saugzuggebläse	50
Hackgutkessel	Hackgutkessel mit konventioneller Technologie	100
	Hackgutkessel mit Lambdasonde	55
Pelletfeuerungen	Pelletöfen	30
	Pelletkessel	20

Tabelle 2: Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien

Quelle: Österreichische Luftschadstoffinventur 2025 [2]

Die Emissionsfaktoren PM₁₀ liegen bei 94% des TSP, jene von PM_{2.5} betragen 90% dieser Werte.

Die Unterscheidung der Kesseltechnologien ist wichtig, da obsolete Technologien viel höhere Emissionen haben. Wie die in Abbildung 3 dargestellte Auswertung der Ergebnisse der Typenprüfung zeigt, sind die Feinstaubemissionen bei Biomassekessel durch deren stetige Weiterentwicklung stark zurückgegangen.

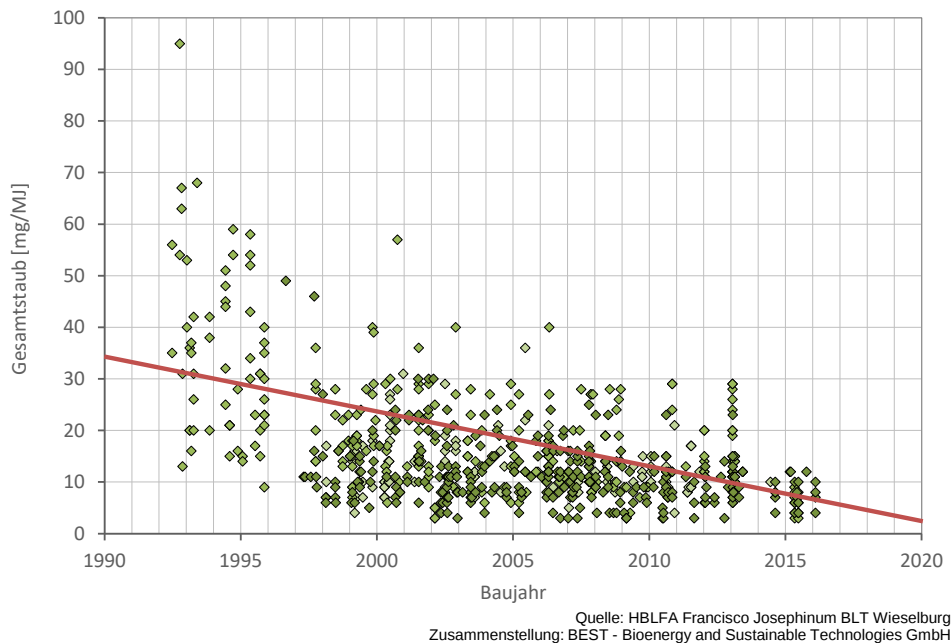


Abbildung 3: Ermittelte Staubemissionen bei der Typenprüfung von Biomassekesseln

Zusätzlich sind vor allem die Emissionsmengen an organischen Verbindungen bei Feuerungen ohne Verbrennungsregelung sehr viel höher. Diese Substanzen gelten als Vorläufersubstanzen für Feinstaub, sie werden in der Atmosphäre zu anthropogenen Sekundären Aerosolen (SOA) oxidiert und tragen auch zu den Feinstaubimmissionen bei.

Daher sollte nach neuer IEF Definition auch der kondensierbare Anteil an organischen Kohlenwasserstoffen in den Emissionsfaktoren berücksichtigt werden. Wobei Nussbaumer [11] bereits gezeigt hat, dass die Summe von Feinstaub und Kohlenwasserstoffen größer ist als jene von Staub und Kondensaten, d.h. der IEF Feinstaub sollte kleiner sein als die Summe von TSP und OGC Emissionen.

Für die Berechnung der Feinstaubemissionen basierend auf den Emissionsfaktoren müssen die von der Statistik Austria für den Sektor Raumwärmeerzeugung erfassten Energiemengen [7] auf die unterschiedlichen Feuerungstechnologien aufgeteilt werden.

In der Tabelle 3 sind die in der Luftschadstoffinventur kombinierten Daten der Sektoren 1.A.4.b.1 Wohngebäude und 1.A.4.a.1 Gewerbe/Institutionen angeführt.

Brennstoff	Feuerungstyp	Anteil [%]
Stückholz	Holzöfen und -herde konventionell	5,9
	Holzöfen und -herde fortschrittlich	2,8
	Grund- und Kachelöfen	6,7
	Allesbrenner konventionell	32,9
	Allesbrenner fortschrittlich	5,9
	Holzkessel im Naturzug	9,1
	Holzkessel mit Saugzuggebläse	36,7
Hackgut	Hackgutkessel mit konventioneller Technologie	8,3
	Hackgutkessel mit Lambdasonde	91,7
Pellet	Pelletöfen	6,8
	Pelletkessel	93,2

Tabelle 3: Anteil Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien

Quelle: Österreichische Luftschadstoffinventur 2025 [2]

Diese Unterteilung ist von großer Bedeutung, da die verschiedenen stark unterschiedliche IEF aufweisen. Es liegt in Österreich keine Statistik zur Verteilung der Kessel- und Ofentechnologien vor, diese kann in erster Näherung nur über das Alter der Feuerungsanlagen abgeschätzt werden.

Leider gibt es auch keine exakte Statistik über die Altersverteilung von Biomasseheizkessel in Österreich. In den Heizanlagendatenbanken der Bundesländer werden nur Kesselanlagen und diese nur über ihren Brennstoff jedoch nicht der Anlagentyp erfasst, zudem ist der Erfassungsgrad nicht hoch, in Niederösterreich liegt er beispielsweise bei ca. 40%.

Eine weitere Quelle für die Kesselverteilung ist die Biomasse Heizungserhebung der Landwirtschaftskammer NÖ [12], welche die Verkaufszahlen von vielen Kesselherstellern und Kesselimporteuren erfasst sind. In dieser Statistik sieht man, dass die Kesselverteilung in Niederösterreich eine ähnliche Verteilung wie in gesamt Österreich besitzt.

Der Vergleich der beiden Datenquellen liefert eine identische Altersverteilung für Biomassekessel mit einem Alter von 5 bis 20 Jahren. Bei älteren Feuerungen liefert die Heizungserhebung [12] zu hohe Werte, da viele Feuerungen bereits außer Betrieb sind, bei den neuen Anlagen gibt es einen Überbefund in der Anlagendatenbank [13] da verstärkt Neuanlagen in diese eingetragen werden.

Basierend auf der Verteilung nach NÖ Biomassedatenbank kombiniert mit der Abschätzung der neuen Biomasseheizungsanlagen (0 – 5 Jahre) entsprechend der Verkaufszahlen in der Biomasse Heizungserhebung 2024 ergibt die in Abbildung 4 dargestellte Verteilung.

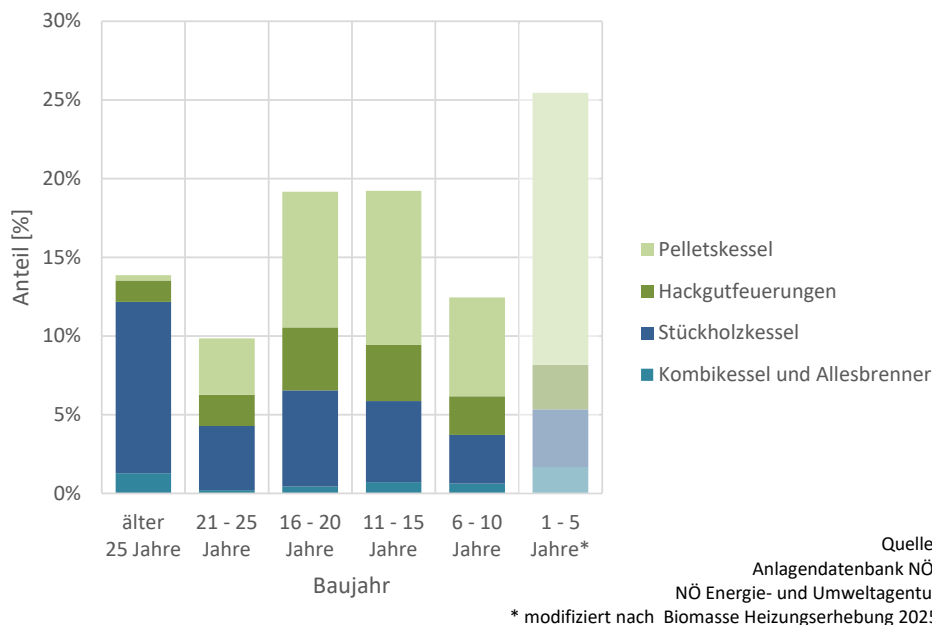


Abbildung 4: Altersverteilung der in der Niederösterreichischen Anlagendatenbank erfassten Biomassekessel, Anteil neuer Kessel anhand der Heizungserhebung korrigiert.

Quelle: Daten aus Anlagendatenbank NÖ [13] und Biomasse Heizungserhebung 2024 [12]

Beim Vergleich der in Abbildung 4 dargestellten Altersverteilung mit den Daten der Aufteilung des Stückholzeinsatzes in den verschiedenen Technologien (Tabelle 4) erkennt man, dass die Gruppe der Holzessel mit Saugzuggebläse ungefähr jenen Kesseln entspricht, welche seit dem Inkrafttreten von strengen Emissionsrichtlinien für Biomasseheizkessel im Jahre 2008 installiert wurden.

Feuerungsart	Feuerungstyp	Anteil [%]
Stückholzkessel	Allesbrenner konventionell	38,9
	Allesbrenner fortschrittlich	7,1
	Holzessel im Naturzug	10,7
	Holzessel mit Saugzuggebläse	43,3

Tabelle 4: Anteil Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Stückholzkesseltechnologien

Quelle: Österreichische Luftschadstoffinventur 2025 [2]

Interessant ist in Abbildung 4 auch der starke Anstieg an Allesbrennern in den letzten Jahren. Bei diesen handelt es sich jedoch nicht wie früher um Durchbrand Festbrennstoffkessel, welche sowohl für Kohle aus auch für Holz geeignet sind, sondern um moderne Kombinationskessel, welche neben einer Biomassefeuerung für Pellets auch über einen eigenständigen Stückholzkessel oder über eine Wärmepumpe verfügen, nur die Heizungsregelung ist gemeinsam, sonst sind es 2 getrennte Wärmeerzeuger, welche den Brennstoff mit höchster Effizienz und niedrigsten Emissionen umsetzen können.

Durch die Kombination von Feuerungsverteilung und Brennstoffeinsatz kann für jeden der über die Emissionsfaktoren definierten Kesseltypen der Biomasseeinsatz berechnet werden. Dieser ist in Tabelle 5 angeführt.

Feuerungsart	Feuerungstyp	Energie Stückholz [TJ]	Energie Hackgut [TJ]	Energie Pellets [TJ]
Öfen	Holzöfen und -herde konventionell	2.900		
	Holzöfen und -herde fortschrittlich	1.390		
	Grund- und Kachelöfen	3.298		
Stückholzkessel	Allesbrenner konventionell	16.248		
	Allesbrenner fortschrittlich	2.935		
	Holzkessel im Naturzug	4.488		
	Holzkessel mit Saugzuggebläse	18.098		
Hackgutkessel	Hackgutkessel mit konventioneller Technologie		599	
	Hackgutkessel mit Lambdasonde		6.616	
Pellet- feuerungen	Pelletöfen			1.027
	Pelletkessel			14.037
Summe	Biomassefeuerungen	49.357	7.215	15.064

Tabelle 5: Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Biomassefeuerungstechnologien

Durch Multiplikation mit den Emissionsfaktoren aus Tabelle 2 berechnen sich die Staub- und Feinstaubemissionen für Biomassefeuerungen zur Wärmebereitstellung von Wohn- und Gewerbegebäuden sowie in öffentlichen Einrichtungen in Österreich im Jahre 2023. Die erhaltenen Werte sind im Detail in Tabelle 6 angeführt.

Feuerungsart	Feuerungstyp	TSP [t/a]	PM10 [t/a]	PM2.5 [t/a]
Öfen	Holzöfen und -herde konventionell	429	403	386
	Holzöfen und -herde fortschrittlich	206	193	185
	Grund- und Kachelöfen	330	310	297
Stückholzkessel	Allesbrenner konventionell	2.031	1.909	1.828
	Allesbrenner fortschrittlich	293	276	264
	Holzkessel im Naturzug	381	359	343
	Holzkessel mit Saugzuggebläse	905	851	814

Feuerungsart	Feuerungstyp	TSP [t/a]	PM10 [t/a]	PM2.5 [t/a]
Hackgut-kessel	Hackgutkessel mit konventioneller Technologie	60	56	54
	Hackgutkessel mit Lambdasonde	364	342	327
Pellet-feuerungen	Pelletöfen	31	29	28
	Pelletkessel	267	251	240
Summe	Alle Biomassekleinfeuerungen	5.297	4.979	4.766

Tabelle 6: Staubemissionen (TSP, PM₁₀ und PM_{2.5}) der verschiedenen Biomassefeuerungstechnologien

Wenn man die Feinstaubemissionen der Biomassekleinfeuerungen zur Wärmebereitstellung im Kontext zu den gesamtösterreichischen Emissionen (siehe Abbildung 5) betrachtet, so sind diese für 19,0% der Emissionen verantwortlich. Die Emissionen von Barbecue und Brauchtumsfeuer, welche in der Luftschadstoffinventur ebenfalls dem Sektor Kleinfeuerungen zugeschlagen werden, wurden in dieser Grafik getrennt ausgewiesen, um deren signifikanten Anteil an den Feinstaubemissionen richtig darzustellen.

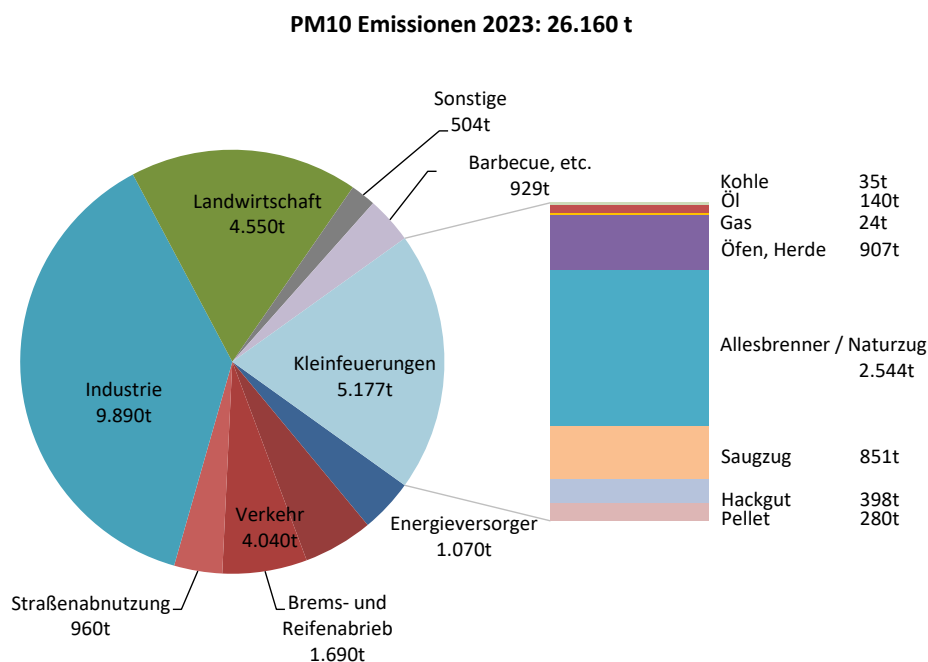


Abbildung 5: PM₁₀ Feinstaubemissionen 2023 in Österreich

Wie man in Abbildung 5 anhand in der Zuordnung der Emissionsmengen zu den unterschiedlichen Technologien erkennt, stammt ein Großteil der Feinstaubemissionen von Stückholzfeuerungen mit alter Technologie (Allesbrenner/Naturzug). Während hingegen

moderne automatische Feuerungen mit Hackgut und Holzpellets als Brennstoff nur 2,6% der Emissionen verursachen.

3.2 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 Teil befasst sich mit dem Potential zur Verringerung der Feinstaubemissionen von Biomassekleinfeuerungen durch die stetige Entwicklung der Feuerungsanlagen sowie dem prognostizierten geänderten Brennstoffeinsatz.

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 [3]. Diese wurde an die starken Veränderungen der Energiequellen in den letzten Jahren angepasst. Während die Gesamtmenge an dezentraler Biomasse für die Wärmebereitstellung für das aktuelle Jahr gut prognostiziert wurde gibt es einen deutlichen verstärkten Trend zu Pelletheizungen (+ 27%) während die Energiebereitstellung mit Hackgutfeuerungen hinter den Erwartungen zurückblieb. Die stärksten Änderungen ergaben sich bei Strom aus alternativen Quellen (Strom aus Wasser, Wind, Solar, Geothermie), die produzierte Menge war 2020 bereits doppelt so hoch wie die in dieser Studie 2023 Jahr prognostizierten Werte.

Bis zum Jahr 2050 wird in dieser Studie aufgrund der stetigen Verbesserungen der Energieeffizienz der Gebäude und der starken Verbreitung von Wärmepumpen mit einem weiteren Rückgang des Biomasse Brennstoffbedarf im Haushalt von 29% gerechnet. Dieser Wert entspricht auch dem Mittelwert von WEM und WAM Szenario [14] im Modell des Umweltbundesamtes.

Die prognostizierte Veränderung der eingesetzten Energieträger sind in Abbildung 6 grafisch dargestellt.

Der Anteil von Scheitholz bei Biomasse reduziert sich in diesem Szenario von 75% auf 25% während jener von Holzpellets, dessen Feuerungen auch aufgrund des Einsatzes eines weitgehend standardisierten, hochqualitativen Brennstoffs sehr viel geringere Emissionsfaktoren aufweisen, von 22% auf 60% ansteigt.

Entsprechend dem Rechenmodell der Luftschadstoffinventur kann basierend auf den Daten dieser Prognose auch die zukünftige Entwicklung der Feinstaubemission abgeschätzt werden.

Zusätzlich wird berücksichtigt, dass ein Großteil der bestehenden Anlagen innerhalb des Zeitraumes bis 2050 ausgetauscht wird. Die Lebensdauer der Biomassekessel sinkt aufgrund

des immer stärkeren Einsatzes von elektronischen Bauteilen auf 30 Jahre ab, jene von Öfen liegt bei 20 Jahren, nur Kachelöfen haben mit 60 Jahren eine längere Lebensdauer.

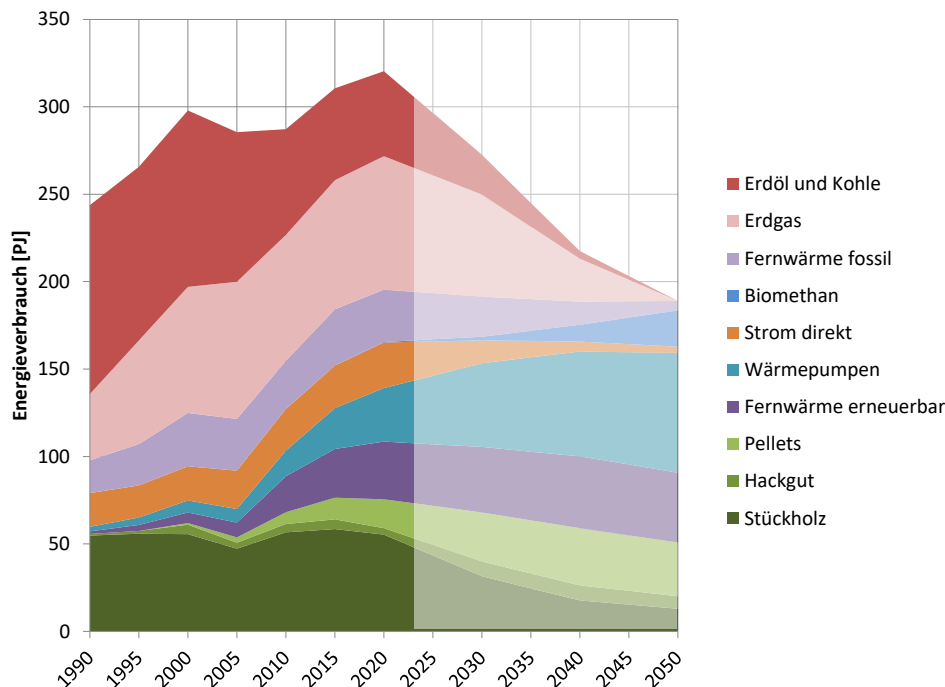


Abbildung 6: Prognostizierter Verlauf des Endenergieverbrauches zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung aufgegliedert nach Energieträger

Um auch die technologische Weiterentwicklung der Feuerungsanlagen abbilden zu können wird angenommen, dass die Feinstaubemissionen von neuen Feuerungen den seit 2021 gültigen (alten) Emissionsgrenzwerten des Österreichischen Umweltzeichens UZ37 v7.0 2021 [15] entsprechen. Diese Grenzwerte sollten von modernen Feuerungen auch im realen Betrieb eingehalten werden, da einerseits bereits die aktuelle Richtlinie UZ37 v8.0 2025 [16] noch strengere Emissionsvorgaben hat, und da die Vorschriften für die Kessel- und Ofenprüfung immer strenger werden und annähernd den gesamten Anlagenbetrieb umfassen. Zudem werden bei modernen Feuerungsanlagen vermehrt sekundäre Abscheider eingesetzt, welche auch bei schlechteren Brennstoffqualitäten eine effektive Abgasreinigung bewirken.

Ergänzend zu Tabelle 2 wurden daher für die Prognose für moderne, zukünftig installierte Feuerungen die in Tabelle 7 aufgelisteten Emissionsfaktoren eingeführt.

Basierend auf den angeführten Annahmen wird für das Szenario eine Reduktion der PM₁₀ Feinstaubemissionen für die NFR Sektoren 1.A.4.b.1 Wohngebäude und 1.A.4.a.1 Gewerbegebäude und öffentliche Einrichtungen von 5.642 t/a im Jahr 2020 auf 863 t/a im Jahr 2050 erwartet.

Feuerungsart	Feuerungstyp	IEF für TSP [kg/TJ]
Öfen	Holzöfen und -herde modern	30
	Grund- und Kachelöfen modern	30
Stückholzkessel	Stückholzkessel modern	20
Hackgutkessel	Hackgutkessel modern	20
Pelletfeuerungen	Pelletofen modern	15
	Pelletkessel modern	15

Tabelle 7: Emissionsfaktoren nach UZ37 v7.0 (2021) der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien

Die Emissionsfaktoren PM_{10} liegen bei 94% des TSP, jene von $PM_{2.5}$ betragen 90% dieser Werte.

Die Berechnung erfolgt ohne Berücksichtigung der Feinstaubemissionen von Barbecue und Brauchtumsfeuer, da diese 929 t/a betragen, welches mehr ist als die prognostizierte Feinstaubmenge aller Kleinf Feuerungen, und damit das Ergebnis zu stark verzerren würden.

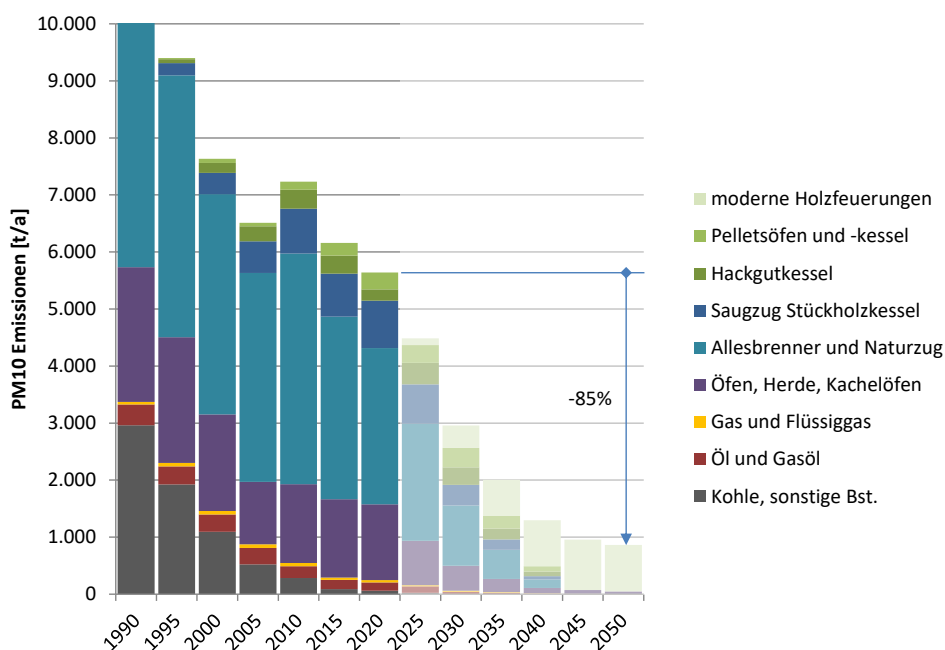


Abbildung 7: Reduktionspotential der PM_{10} Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario

Trotz der bereits bisher erreichten signifikanten Emissionsreduktion sollen die Feinstaubemissionen wie in Abbildung 7 zu sehen ist auch in den nächsten Jahren weiter stark absinken. Durch den Einsatz moderner, emissionsarmer Feuerungen und dem Trend zu automatisch beschickten Feuerungen sollten sich nach dem Wärmewende 2050 Szenario bis 2050 die PM_{10} Feinstaubemissionen aus Biomassefeuerungen gegenüber 2020 um weitere 85% reduzieren.

Dass die Feinstaubemissionen in Österreich geringer werden, ist anhand der Immissionsmessungen belegt. Die Messstellen im inneralpinen Bereich, jene Gebiete in welchen Biomassefeuerungen stark vertreten sind, weisen für die Jahre 2005 bis 2022 einen Rückgang von 47% auf. Da die PM₁₀ Emissionen in der Berechnung der Luftschadstoffinventur jedoch im gleichen Zeitraum nur um 28% gesunken sind, gibt das Umweltbundesamt den starken Einfluss des Ferntransports von Luftschadstoffen aus östlichen Ländern als Ursache für die Reduktion der Feinstaubimmissionen an [17], [18].

3.3 Potential moderner Biomassefeuerungen hinsichtlich Feinstaubemissionen

Österreich ist schon seit vielen Jahren ein Vorreiter für emissionsarme Biomasseverbrennung. Bereits im Jahre 1994 wurde in Österreich mit der §15a Vereinbarung über Schutzmaßnahmen betreffend Kleinf Feuerungen strenge Staubgrenzwerte von 60 Milligramm pro Megajoule (mg/MJ) eingeführt. Dies war auch der Startpunkt für die Entwicklung der Österreichischen Biomassekesselindustrie. Dem gegenüber erlaubte im restlichen Europa die 1999 veröffentlichte ÖNorm EN 303-5 noch Gesamtstaubemissionen von 200 mg/MJ für manuell beschickte Biomassekessel der Klasse 1. Die seit Anfang 2025 gültige Richtlinie des Österreichischen Umweltzeichens UZ37 (2025) limitiert die Staubemissionen für förderungswürdige Pellets- und Hackgutkessel auf nur mehr 7 mg/MJ. Somit wurde der Emissionsgrenzwert, ausgehend von einer für damalige Verhältnisse bereits sehr strengen Vorschrift, in den vergangenen 30 Jahren noch einmal um fast 90% reduziert.

In Österreich müssen alle modernen Biomassefeuerungen im Rahmen der Typenprüfung, bei gutem Betrieb und in der Regel mit hochwertigem Brennstoff zeigen, dass sie sehr geringe Feinstaubemissionen besitzen. Bei der Wiederkehrenden Überprüfung wird dies aufgrund des großen Messaufwands nicht getestet, sondern es werden als Indikator für emissionsarme Verbrennung nur die Kohlenmonoxid Emissionen erfasst. Im Unterschied dazu wird in Deutschland, wo technologisch gleichwertige Biomassekessel in Verwendung sind, sehr oft von Österreichischen Herstellern, die Einhaltung der Staubemissionsgrenzwerte der deutschen 1. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1. BimSchV) seit dem Jahr 2010 vom Rauchfangkehrer bei allen Biomassekesseln alle 2 Jahre überprüft. Daher sind ein Großteil der Biomassefeuerungen bereits heute in der Lage sehr viel weniger Feinstaub zu emittieren, als die in der Luftschadstoffinventur verwendeten Emissionsfaktoren vermuten lassen.

Hinsichtlich der Quantität der PM₁₀ Feinstaubemissionen im Jahre 2050 wurden daher zusätzlich 3 weitere Varianten untersucht, welche dies berücksichtigen und deren Staubemissionen folgenden Richtlinien entsprechen:

- BimSchV (2010)
Alle Feuerungen entsprechen den Anforderungen der deutschen Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen von 2010

- Richtlinie UZ37 v8.0 (2025)
Im Jahre 2050 entsprechen alle Feuerungen den Vorgaben der UZ37 v8.0 2025
- BAT Beste derzeit verfügbare Technik (2024)
Entspricht den ambitionierten Emissionsstandards für Biomasseheizungen der Plattform Biomasse & Luftqualität

Dazu werden die Grenzwerte der oben angeführten Regelungen als ergänzende Emissionsfaktoren für die verschiedenen Varianten verwendet.

Feuerungsart	Feuerungstyp	1. BimschV (2010)	RL UZ37 v8.0 (2025)	BAT (2024)
Öfen	Holzöfen und Holzherde	28	20	12
	Grund- und Kachelöfen	30*	20	12*
Stückholzkessel	Stückholzkessel	14	10	6
Hackgutkessel	Hackgutkessel	14	7	4
Pelletfeuerungen	Pelletofen	21	10	6
	Pelletkessel	14	7	3

Tabelle 8: Emissionsfaktoren IEF in kg/TJ für Gesamtstaub TSP für unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien bei den untersuchten Emissionsvarianten

Die Emissionsfaktoren PM₁₀ liegen bei 94% des TSP, jene von PM_{2,5} betragen 90% dieser Werte.

* ... Grenzwerte angenommen, da in den Vorschriften keine Werte festgelegt

Wenn für die Varianten nun die in Tabelle 8 zusammengefassten Emissionsfaktoren in die Berechnung entsprechend der Luftschadstoffinventur einfließen, kann unter der Annahme, dass innerhalb von 25 Jahren alle Feuerungen gegen moderne getauscht wurden, das theoretische Potential zur Reduktion der Feinstaubemissionen für das Jahr 2050 errechnet werden.

Feuerungsart	RL UZ37 v7.0 (2021)	1. BimSchV (2010)	RL UZ37 v8.0 (2025)	BAT (2024)
Öfen, Herde, Grund- und Kachelöfen	70,5	66,4	59,1	52,5
Stückholzkessel	218,0	152,6	109,0	65,4
Hackgutkessel	134,1	93,9	53,9	35,4
Pelletöfen und -kessel	436,6	429,7	211,5	96,1
Alle Biomasse- feuerungen	859,2	742,6	433,5	249,4

Tabelle 9: PM₁₀ Emissionen in t/a im Jahre 2050 der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien bei Energiebedarf entsprechend Wärmewende 2050 Szenario [3]

Das Ergebnis dieser Berechnung ist in Tabelle 9 zu sehen. Unter der Annahme, dass in 25 Jahren alle Biomassefeuerungen im Mittel jene Feinstaubemissionen einhalten, welche aktuell von den Förderbedingungen der Sanierungsoffensive für Kesseltausch gefordert werden bzw. heute bereits technisch möglich sind, so ergibt sich für die Projektion auf das Jahr 2050 eine PM₁₀ Emissionsmenge zwischen 859 und 249 t/a.

Im Bezugsjahr der Luftschadstoffinventur dem Jahr 1990, und somit vor dem Einsatz moderner Biomassefeuerungen mit Verbrennungsregelung, lagen die PM₁₀ Feinstaubemissionen der in Österreich betriebenen Kleinf Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Raumwärme in Wohn- und Gewerbegebäuden sowie öffentlichen Einrichtungen bei 10.418 t.

Im Vergleich zu diesen Werten würden bereits unter Beibehaltung der alten Grenzwerte der Richtlinie UZ37 v7.0 (2021) [15] die Feinstaubemissionen bis zum Jahr 2050 um 91% sinken, die noch erheblich strengeren Emissionslimits der aktuellen Version des Umweltzeichens UZ 37 v8.0 (2025) [16] bringen nur eine weitere Reduktion um 4 Prozentpunkte, und somit nur eine geringe absolute Verbesserung um 426 t/a. Eine weitere Senkung der Grenzwerte wird vermutlich zu einer deutlichen Steigerung der Anlagenkosten führen, welche die Konkurrenzfähigkeit der Produkte auch im Vergleich mit alternativen Heizsystemen gefährdet.

Ein wesentlich effizienterer Schritt zur Emissionsreduktion wäre der Austausch von Altanlagen gegen moderne Feuerungen mit elektronischer Verbrennungsregelung, da diese alten Anlagen bereits im Normalbetrieb viel Höhere Feinstaubemissionen haben. Zudem können bei diesen Kleinf Feuerungen durch falsche Bedienung oder minderwertigem Brennstoff die Feinstaubemissionen auf ein Vielfaches ansteigen.

	RL UZ37 v7.0 (2021)	1. BimSchV (2010)	RL UZ37 v8.0 (2025)	BAT (2024)
Emissionen 1990 [t/a]	10.418	10.418	10.418	10.418
Emissionen 2050 [t/a]	863	746	437	253
Reduktion absolut [t/a]	9.555	9.672	9.981	10.165
Reduktion relativ [%]	92	93	96	98

Tabelle 10: PM₁₀ Reduktion aller Kleinf Feuerungsanlagen zur Erzeugung von Raumwärme in Wohn-, Gewerbegebäuden und öffentlichen Einrichtungen von 1990 bis 2050 bei unterschiedlichen Grenzwerten.

In allen betrachteten Szenarien liegen die für 2050 prognostizierten Emissionen aus Kleinf Feuerungen unter den Feinstaubemissionen welche für Brauchtu ms- Lager- und Grillfeuer ausgewiesen und den NFR Sektoren 1.A.4.b.1 Residential und 1.A.4.a.1 Commercial/Institutional Fuel Combustion Activities zugeschlagen werden. Diese Arten der unkontrollierten Verbrennung werden seit Jahren konstant mit einer Emissionsmenge von 929 t/a an Feinstaub bewertet, sie

sind im Jahr 2023 3,5 Prozent der gesamten Österreichischen PM₁₀ Feinstaubemission verantwortlich.

3.4 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.

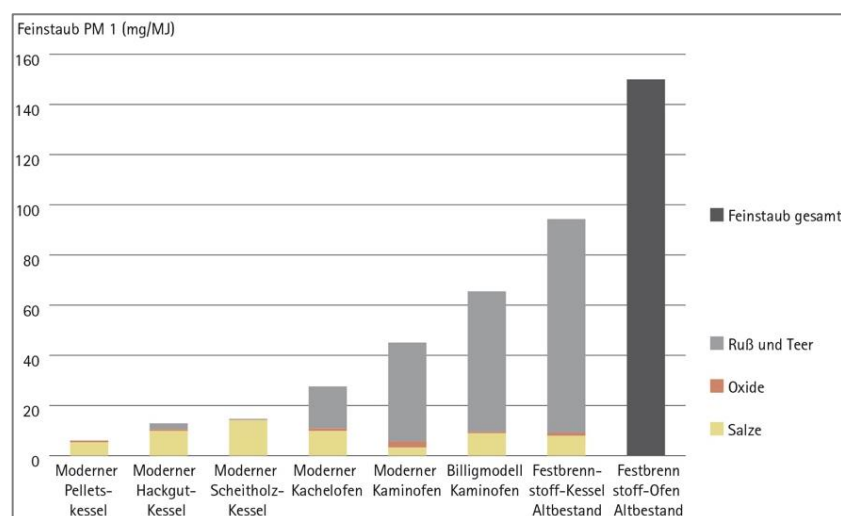


Abbildung 8: Vergleich von Ultrafeinstaubemissionen von Holzheizungen bei Lastzyklusmessungen und deren chemische Zusammensetzung

Erläuterung: Messungen aus [6], Emissionen Festbrennstoff-Ofen Altbestand aus [19] 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 von alten Festbrennstoffkessel gegen neue Kessel ermöglicht eine starke Reduktion der

Feinstaubemissionen, und hat daher einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Menschen. Auch moderne Öfen- und Kachelöfen können die Feinstaubemissionen im Vergleich zu alten Festbrennstofföfen ebenfalls drastisch reduzieren [6], [20].

3.5 Öfen und Herde

Öfen und Herde verursachen 2023 mit 965 t PM₁₀ 3,5% der gesamten Feinstaubemission. Im Bereich der Kleinf Feuerungen liegt deren Anteil bei 17,5%.

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 verkehrte oder unterlassene Einstellung der richtigen Luftzufuhr stellt die größte Fehlerquelle dar. Dies kann aufgrund nicht vollständiger Verbrennung zu einem extrem hohen Anstieg der Staubemissionen, bis auf den 6,5-fachen Wert im Vergleich zum Regelbetrieb führen [21].

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 [5].

4 Verzeichnisse

4.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung der Primärenergieträger zur Gebäudeheizung	8
Tabelle 2: Emissionsfaktoren der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien	9
Tabelle 3: Anteil Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien	11
Tabelle 4: Anteil Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Stückholzkesseltechnologien	12
Tabelle 5: Brennstoffverbrauch der unterschiedlichen Biomassefeuerungstechnologien	13
Tabelle 6: Staubemissionen (TSP, PM ₁₀ und PM _{2.5}) der verschiedenen Biomassefeuerungstechnologien	14
Tabelle 7: Emissionsfaktoren nach UZ37 v7.0 (2021) der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien	17
Tabelle 8: Emissionsfaktoren IEF in kg/TJ für Gesamtstaub TSP für unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien bei den untersuchten Emissionsvarianten	19
Tabelle 9: PM ₁₀ Emissionen in t/a im Jahre 2050 der unterschiedlichen Biomasse Feuerungstechnologien bei Energiebedarf entsprechend Wärmewende 2050 Szenario [3]	19
Tabelle 10: PM ₁₀ Reduktion aller Kleinfeuerungsanlagen zur Erzeugung von Raumwärme in Wohn-, Gewerbegebäuden und öffentlichen Einrichtungen von 1990 bis 2050 bei unterschiedlichen Grenzwerten.	20

4.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Quellenzuordnung der Staubemissionen 2023 in Österreich	5
Abbildung 2: Reduktionspotential der Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario...	6
Abbildung 3: Ermittelte Staubemissionen bei der Typenprüfung von Biomassekesseln	10
Abbildung 4: Altersverteilung der in der Niederösterreichischen Anlagendatenbank erfassten Biomassekessel, Anteil neuer Kessel anhand der Heizungserhebung korrigiert.	12
Abbildung 5: PM ₁₀ Feinstaubemissionen 2023 in Österreich	14
Abbildung 6: Prognostizierter Verlauf des Endenergieverbrauches zur Gebäudeheizung und Warmwasserbereitung aufgeschlüsselt nach Energieträger	16
Abbildung 7: Reduktionspotential der PM ₁₀ Feinstaubemissionen bei Wärmewende 2050 Szenario	17
Abbildung 8: Vergleich von Ultrafeinstaubemissionen von Holzheizungen bei Lastzyklusmessungen und deren chemische Zusammensetzung	21

5 Literaturverzeichnis

- [1] Schwarz, M. und Strasser, C.:
Factsheet Staubemissionen - Aktuelle Daten und Ausblick auf 2050
Bericht Nr. 913 TR C100740, BEST – Bioenergy and Sustainable Technologies,
Wieselburg (2019)
- [2] Mayer, S. et.al.:
Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2025.
REP–0966; Umweltbundesamt GmbH, 2025.
- [3] 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)
- [4] Schön, C. und Hartmann, H.:
Nutzer - und Brennstoffeinflüsse auf Feinstaubemissionen aus
Kleinfeuerungsanlagen.
Berichte aus dem TFZ Nr. 36, Straubing (2014)
- [5] 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)
- [6] Kelz, J., Brunner, T. und Obernberger, I.:
Emissionsfaktoren und chemische Charakterisierung von Feinstaubemissionen
moderner und alter Biomasse-Kleinfeuerungen über typische Tageslastverläufe.
Environmental Sciences Europe. 24(3) (2012)
- [7] Statistik Austria:
Energiebilanz Österreich 1970-2023.
Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien (2024)
- [8] S. Haider et.al.:
Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2019
Umweltbundesamt, Wien (2019)
- [9] European Environment Agency:
EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023.
EEA, Kopenhagen (2023)

- [10] J. Spitzer et. al.:
Emissionsfaktoren für feste Brennstoffe .
Institut für Energieforschung, Graz (1998)
- [11] Nussbaumer, T.:
Aerosols from Biomass Combustion - Technical report on behalf of the IEA.
IEA Bioenergy Task 32 (2017)
- [12] Haneder, H. und Muck, P.:
Biomasse Heizungserhebung 2024.
Landwirtschaftskammer Niederösterreich, St. Pölten (2025)
- [13] Datensatz Biomassekessel aus Anlagendatenbank Niederösterreich.
persönliche Kommunikation mit NÖ Energie- und Umweltagentur (2025)
- [14] Krutzler, T. et.al.:
Energie- und Treibhausgas Szenarien 2025.
Bericht REP-0995, Umweltbundesamt, Wien (2025)
- [15] Österreichisches Umweltzeichen:
Richtlinie UZ37 – Holzheizungen
Version 7.0 (2021)
- [16] Österreichisches Umweltzeichen:
Richtlinie UZ37 – Holzheizungen
Version 8.0 (2025)
- [17] Spangl, W.:
Luftgütemessungen und meteorologische Messungen – Jahresbericht
Hintergrundmessnetz Umweltbundesamt 2024.
Umweltbundesamt, Wien (2025)
- [18] Spangl, W. und Nagl, C.:
Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2024.
Umweltbundesamt, Wien (2025)
- [19] Wieser, M.:
Emissionsfaktoren als Grundlage für österreichische Luftschadstoff-Inventur.
Bericht BE-254, Umweltbundesamt, Wien (2004)

- [20] Sikorova, J. et.al.:
The Genotoxic Potential of Organic Emissions from Domestic Boilers Combusting Biomass and Fossil Fuels.
Toxics, 13 (8), 619 (2025)
- [21] Mack, R., Schön, C., Kuptz, D. und Hartmann, H.
Nutzereinflüsse auf das Emissionsverhalten von Kaminöfen.
Berichte aus dem TFZ 61, Straubing (2019)