

Für Mensch & Umwelt

Umwelt 
Bundesamt

Forum für den Öffentlichen Gesundheitsdienst 2024, 17. – 19. April 2024

Heizen mit Holz – die Nebenwirkungen der Behaglichkeit und was durch angepasstes Verhalten verbessert werden kann

Christian Liesegang
Umweltbundesamt
Abteilung Nachhaltige Produktion und Produkte
Fachgebiet III2.1 Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie, Feuerungsanlagen

Dr. Myriam Tobollik
Umweltbundesamt
Abteilung Umwelthygiene
Fachgebiet II1.5 Umweltmedizin und gesundheitliche Bewertung

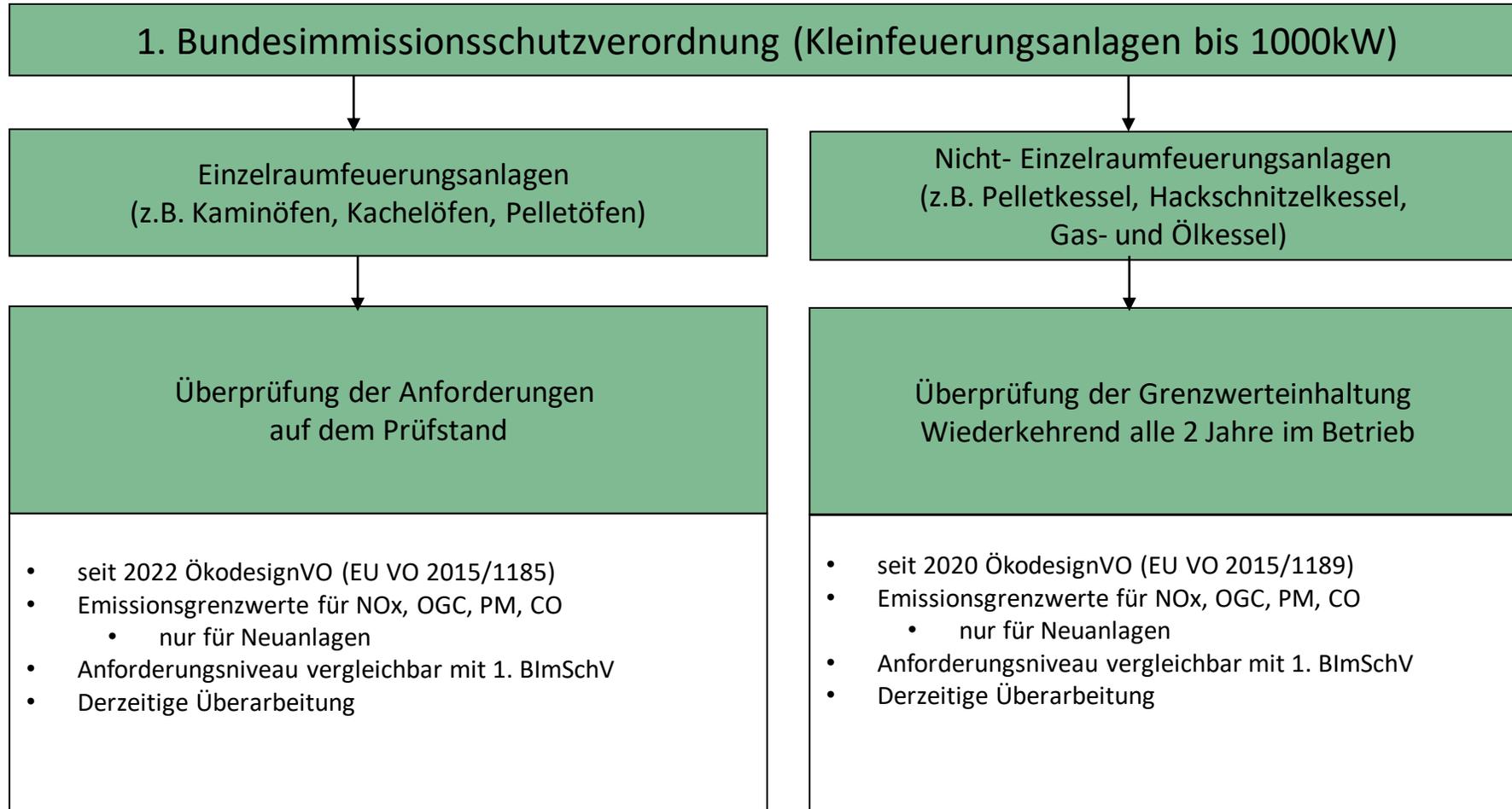


Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024

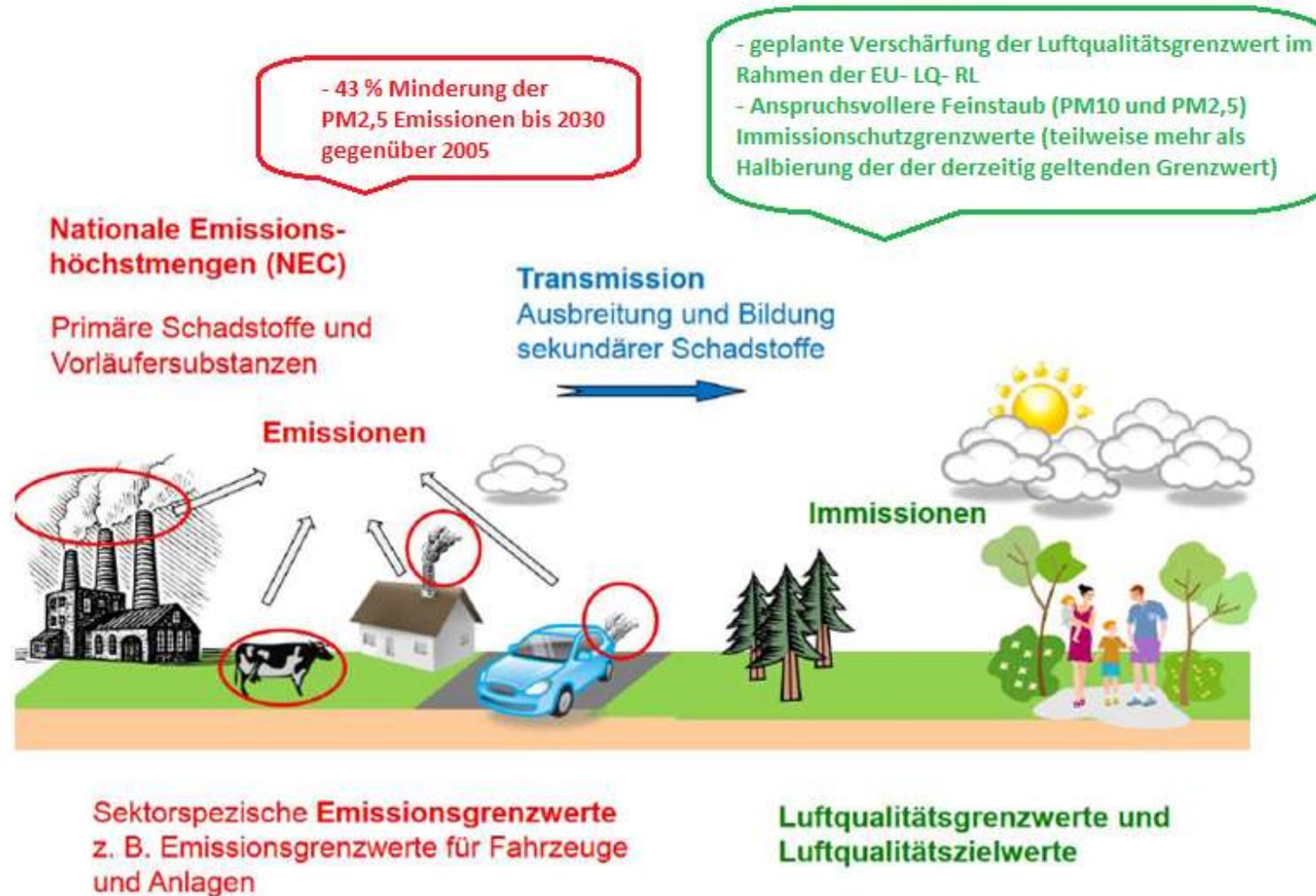
Gliederung

- Gesetzliche Grundlagen bei Kleinfeuerungsanlagen (1. BImSchV)
- Anlagenbestand Kleinfeuerungsanlagen
- Emissionen und Brennstoffeinsatz
- Gesundheitliche Effekte von Luftschadstoffen aus Kleinfeuerungsanlagen
 - Feinstaub
 - PAK
- Der Ofenführerschein

Gesetzliche Grundlagen bei Kleinfeuerungsanlagen

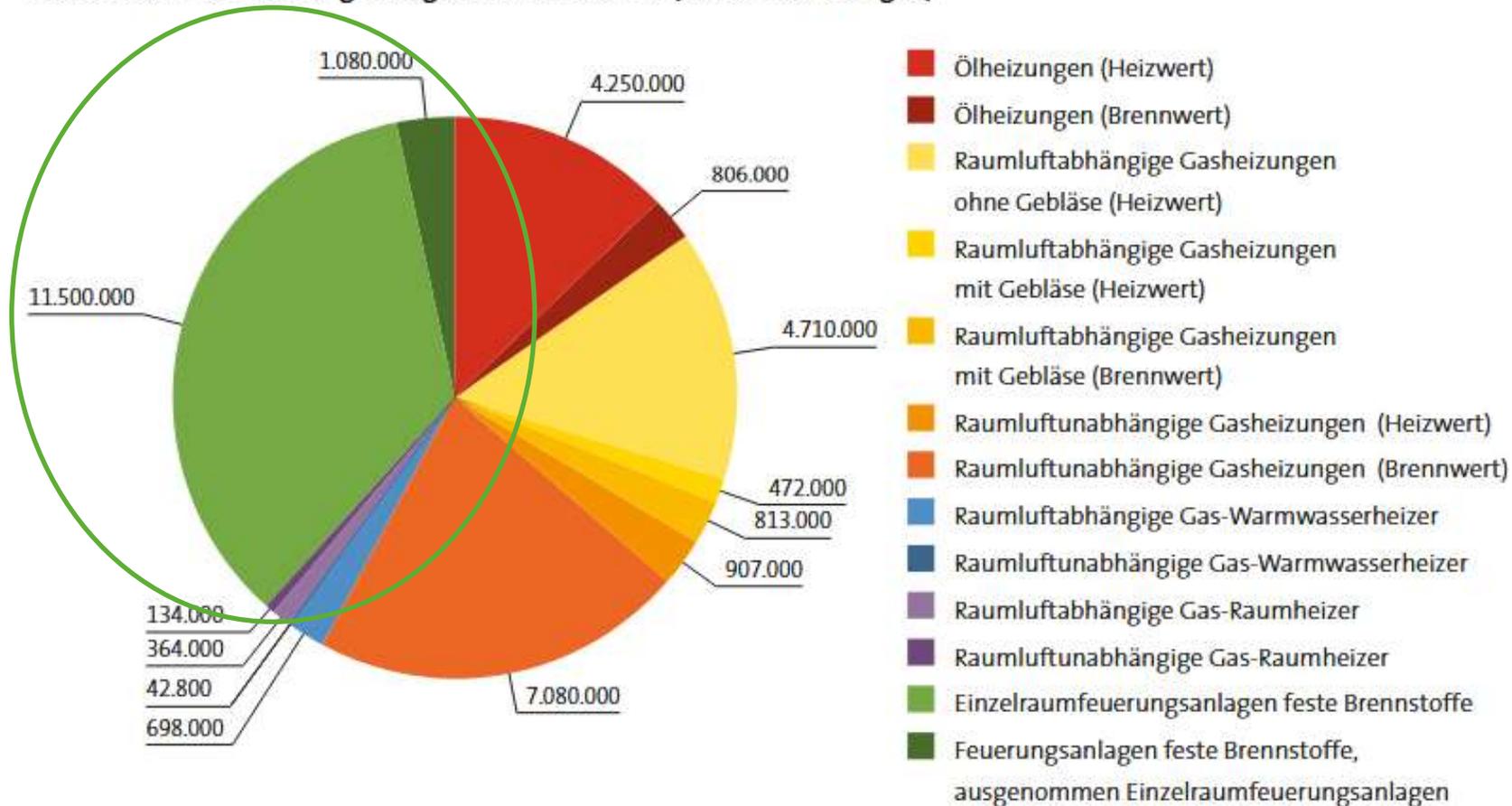


Luftreinhaltung



Bestand an Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland im Jahr 2022

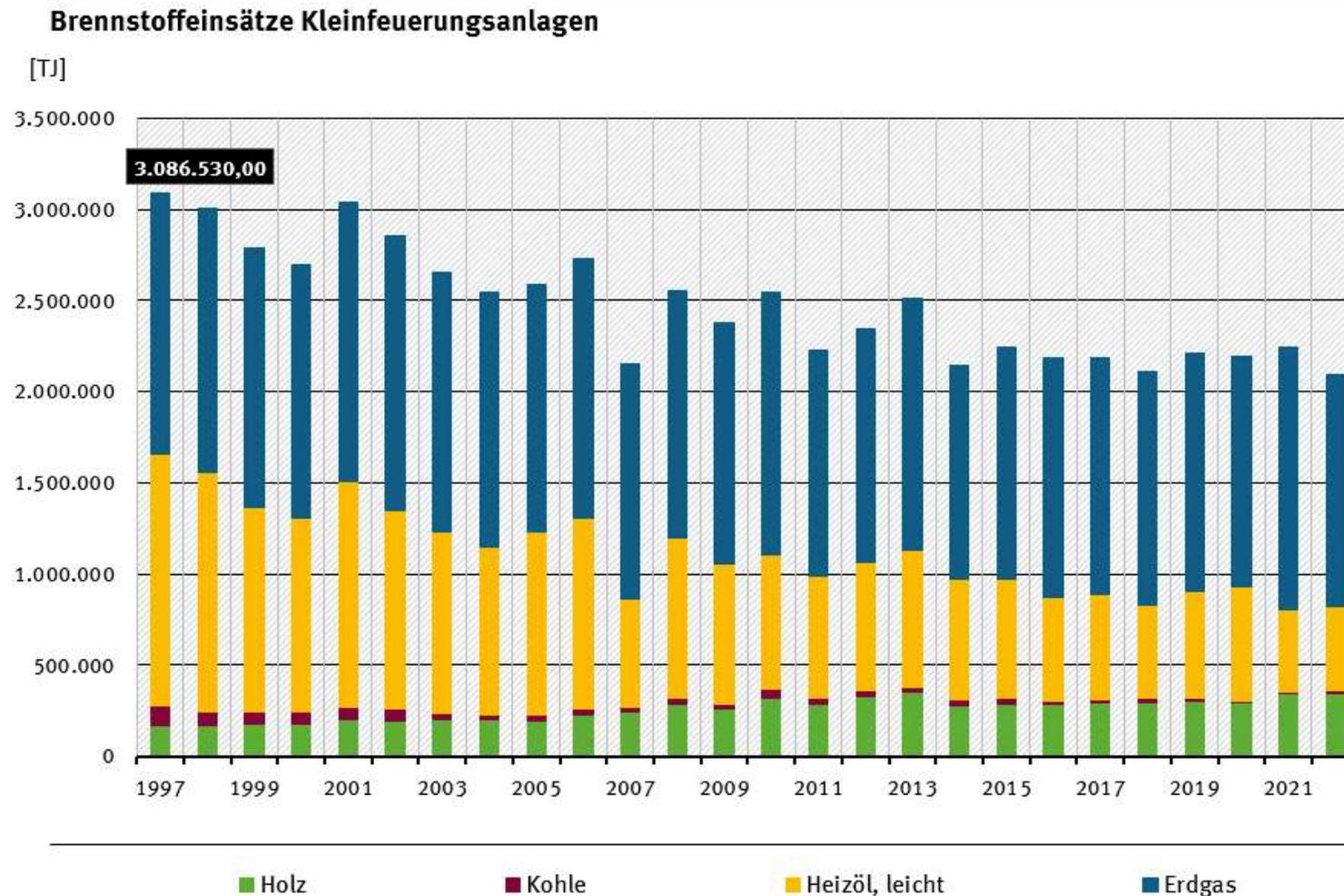
Gesamtzahl der Feuerungsanlagen in Deutschland (Anzahl der Anlagen)



- 32 Millionen Kleinfeuerungsanlagen in Deutschland
- Davon 11,5 Mio. Einzelraumfeuerungsanlagen wie Kamin- und Kachelöfen und 1 Mio. Festbrennstoffkessel

Quelle: Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks 2023 für 2022 Link: <https://www.schornsteinfeger.de/erhebungen.aspx>

Brennstoffeinsätze in Kleinfeuerungsanlagen

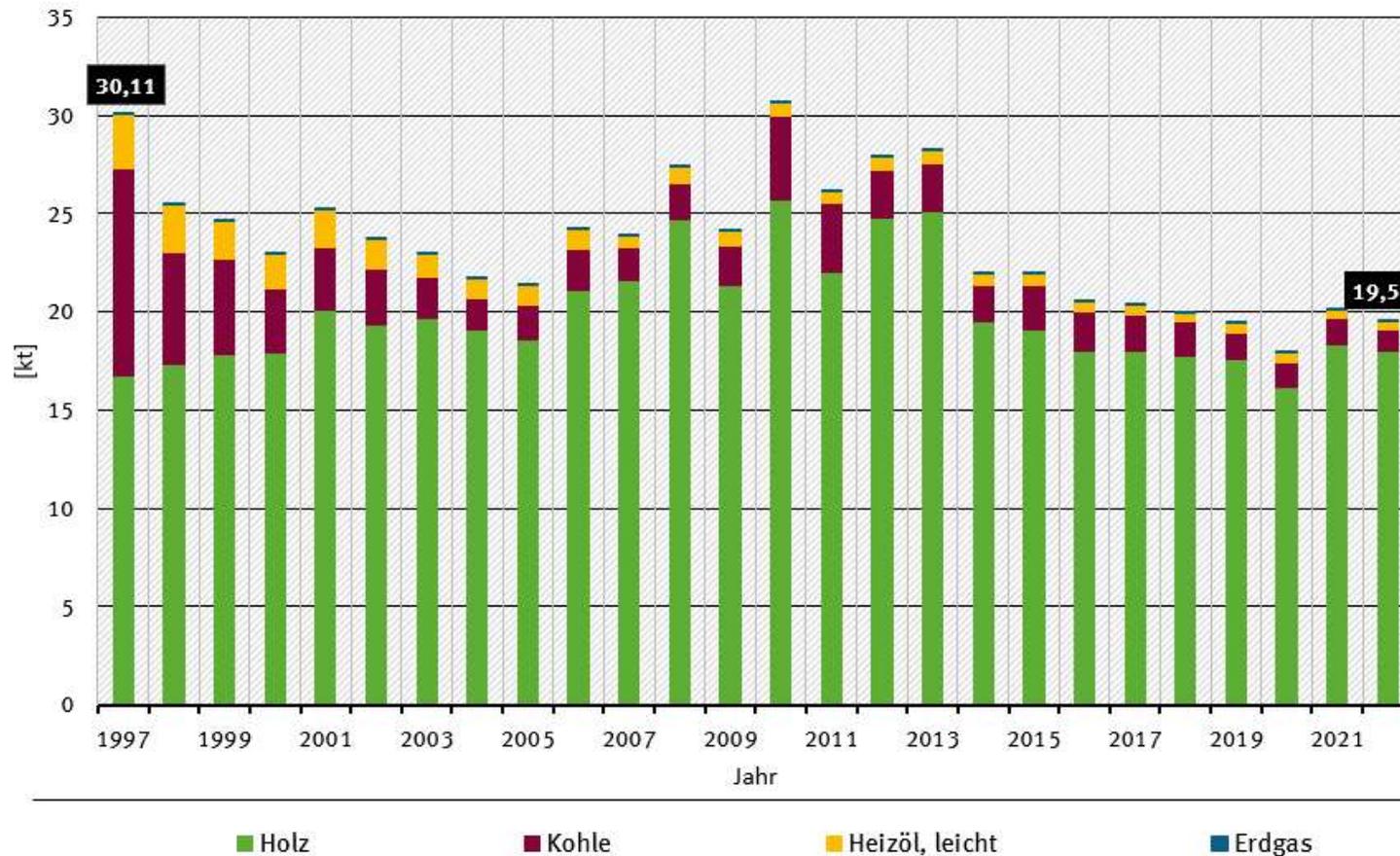


Quelle: Umweltbundesamt, Zentrales System Emissionen (Stand 04/2024)

- 16 % des Brennstoffeinsatzes in Kleinfeuerungsanlagen wird durch Holz bereitgestellt
- 62 % durch Erdgas
- 22 % durch Heizöl, deutlicher Rückgang im Betrachtungszeitraum
- GEG wird zu einem Anstieg der Holzheizungen verbunden mit einem höheren Holz-Brennstoffeinsatz führen
- Prognosen des Holz- Brennstoffeinsatzes zeigen einen Anstieg auf 400 bis 500.000 TJ in 2035 bedingt durch GEG und BEG - Förderung

Feinstaubemissionen (PM2,5) aus Kleinfeuerungsanlagen

Feinstaub-Emissionen (PM2,5) aus Kleinfeuerungsanlagen



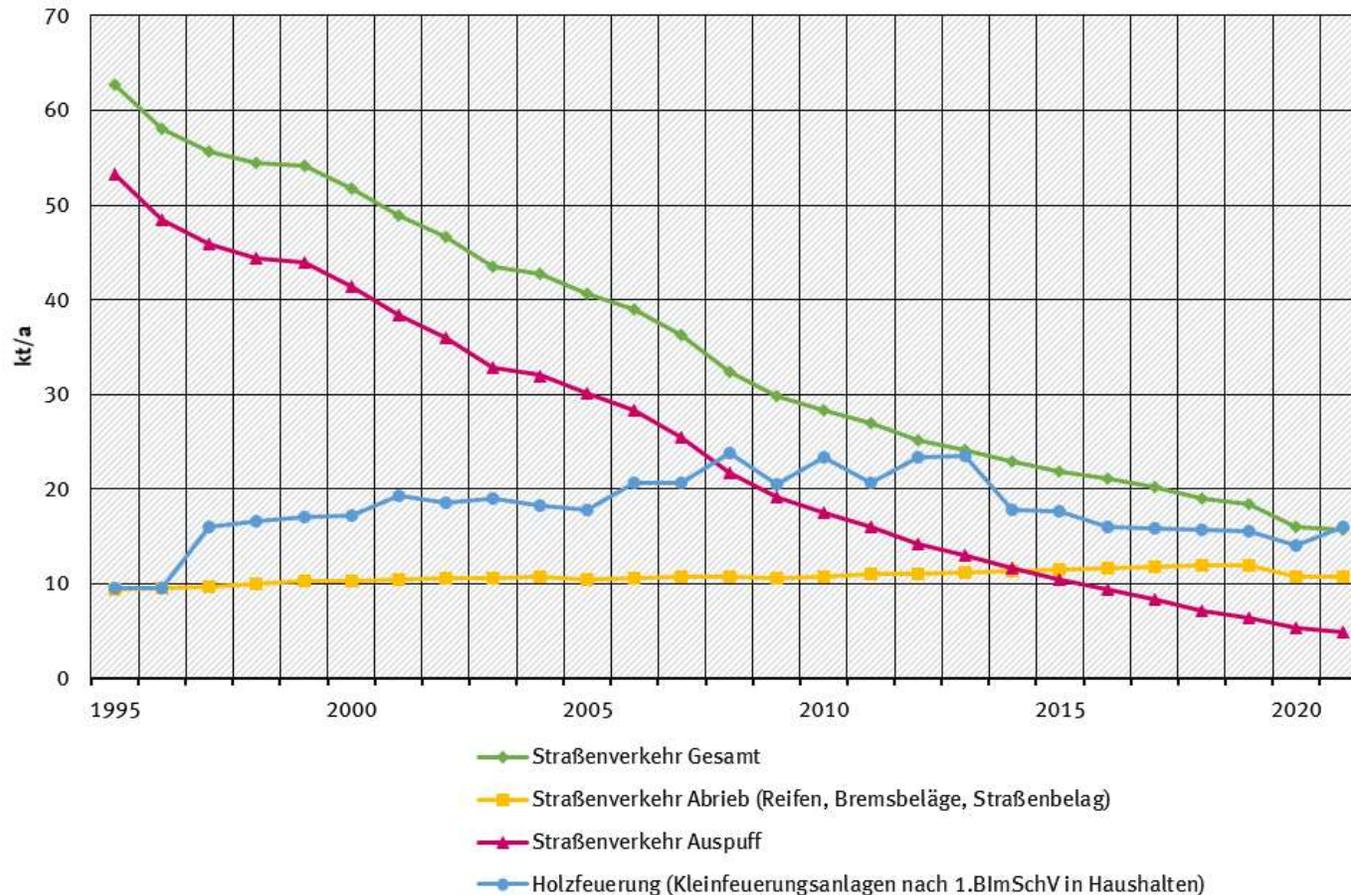
Quelle: Umweltbundesamt, Zentrales System Emissionen (Stand 04/2024)

- Die Holzverbrennung hat einen Anteil von 21 % an den nationalen PM2,5-Emissionen (ZSE 2024)
- Trotz höherer Brennstoffeinsätze von Holz sind die Emissionen nicht im gleichen Maße gestiegen

PM_{2,5} Emissionen aus Holzfeuerungen und Straßenverkehr

PM_{2,5}-Emissionen von Straßenverkehr und Holzfeuerung im Vergleich

Entwicklung der nationalen Emissionen nach Berichterstattung 2023



Quelle: Umweltbundesamt

- Deutlicher Rückgang der Feinstaub-Emissionen aus dem Straßenverkehr
- Reduktion der Auspuffemissionen durch Partikelfilter
- Keine Verringerung der Abriebemissionen aus dem Straßenverkehr
- Emissionen aus der Holzfeuerung ist bedeutende Feinstaub-Quelle

Zusammensetzung der nationalen PM_{2,5}-Emissionen 2021 nach Berichterstattung 2023



Luftschadstoffen aus Kleinfeuerungsanlagen

Stickoxide

Methan

Ruß /
Schwarzer Kohlenstoff

Schwefeldioxid

Kohlenstoffmonoxid

Kohlenstoffdioxid

Feinstaub

Polyzyklische aromatische
Kohlenwasserstoffe - PAK

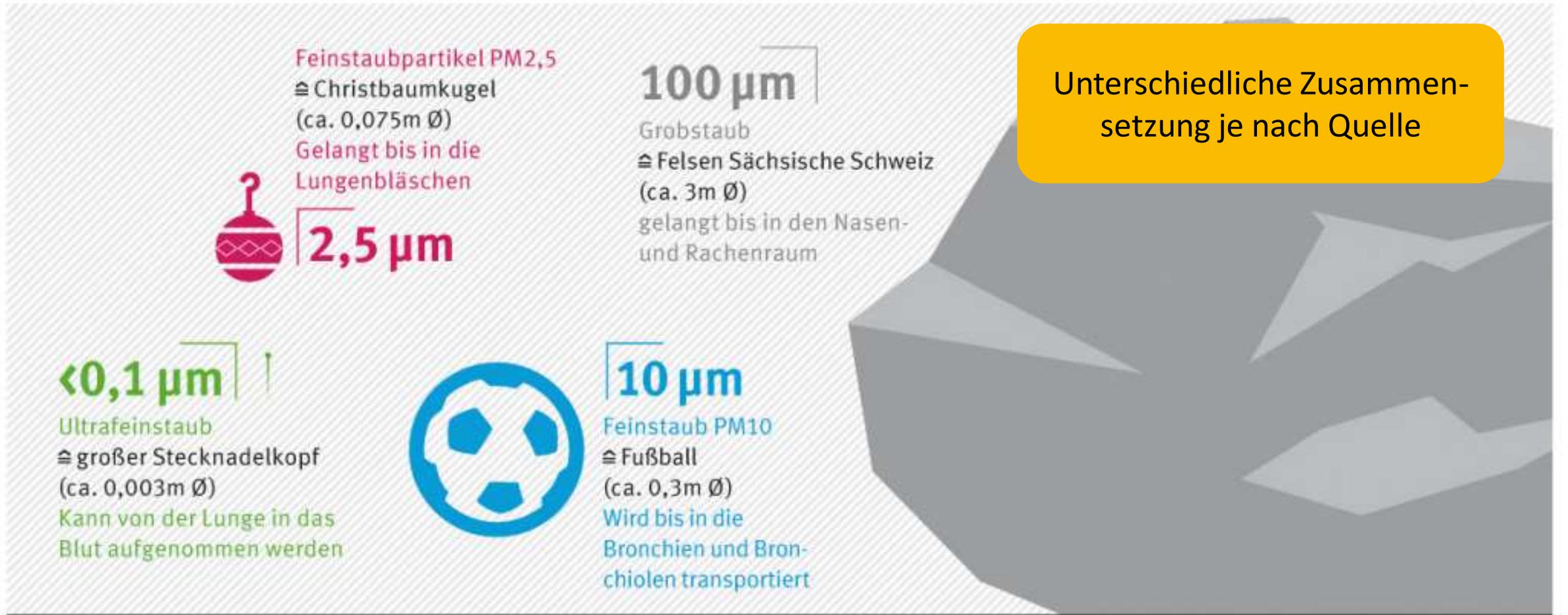
Schwermetalle

Flüchtige organische
Verbindungen

Aber welche sind die
relevanten für die
Gesundheit?



Feinstaub



Feinstaub aus der Holzverbrennung



Gesundheitliche Effekte von Feinstaub

Nervensystem:

Schlaganfall
Demenz

Herz-/Kreislaufsystem:

Arteriosklerose
Bluthochdruck
Herzrhythmusstörungen
Thrombosen
Herzinfarkt
Erhöhte Sterblichkeit



Atemwege:

Lungenkrebs
Verminderte Lungenfunktion
Asthma
Lungenentzündung

Stoffwechsel/Immunsystem

Diabetes Typ 2

Schwangerschaft und Geburt:

Frühgeburt
Verringertes Geburtsgewicht

Im abgebildeten Beispiel handelt es sich um eine Auswahl an Erkrankungen.

Quellen: Thurston et al. 2017
U.S. EPA. Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-19/188, 2019
Weltgesundheitsorganisation Luftqualitätsleitlinien 2021

Wo stecken die Schwierigkeiten bei epidemiologischen Studien zur Holzverbrennung?

- Exposition von Verbrennungen aus Kaminöfen
 - Messungen: Luftschadstoffmonitoring, Satellitensensoren (Feinstaubkonzentrationen und Schwellenwerte)
 - Modelle: Chemie-Transport-Modelle
 - Anzahl: Rauchige Tage
 - Biomarker: Kalium
- Individuelle Exposition (Zeit im Außen/Innenraum, Anpassungsverhalten etc.)
- Störgröße: Wetter mit der Temperatur als größten Einflussfaktor

“Despite of the different methods and criteria used to define and determine biomass burning exposure there is a large body of evidence indicating that exposure to ambient biomass burning particulate matter is associated with increased morbidity and mortality.” (Karanasiou et al. 2021: 17)

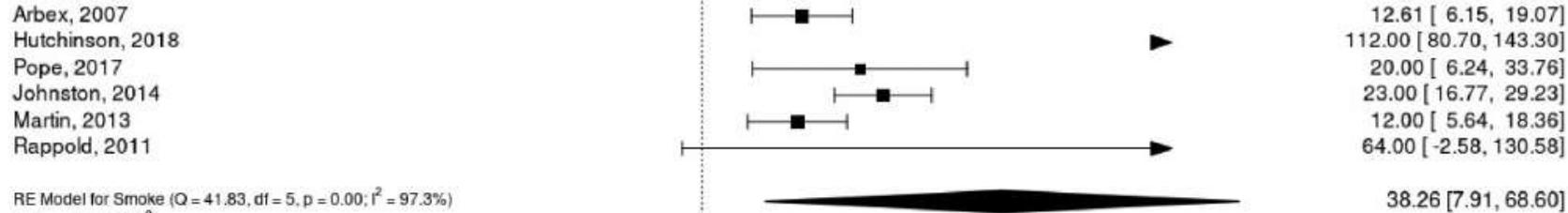
A

Morbidity - Asthma (all ages)

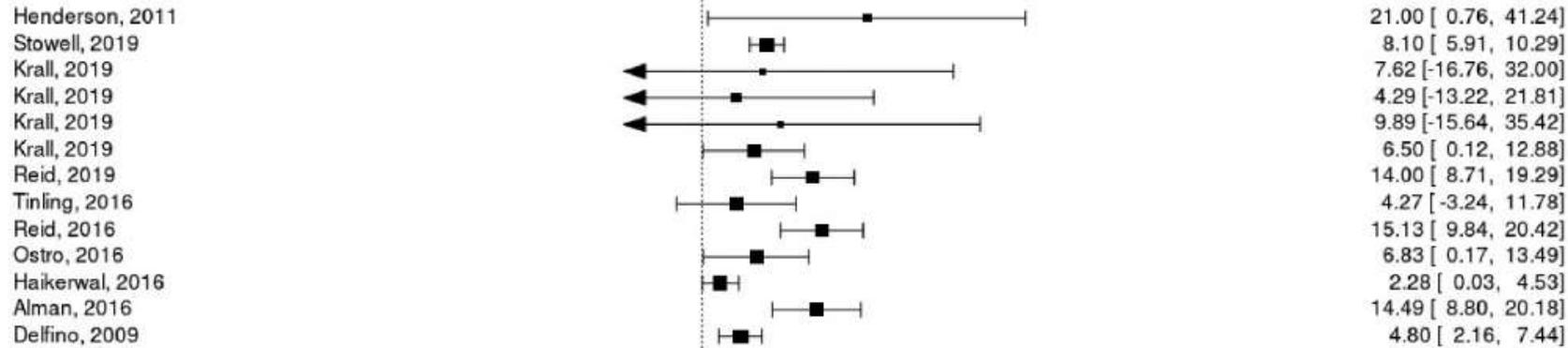
Author and Year

% change [95% CI]

Smoke (Yes vs No)

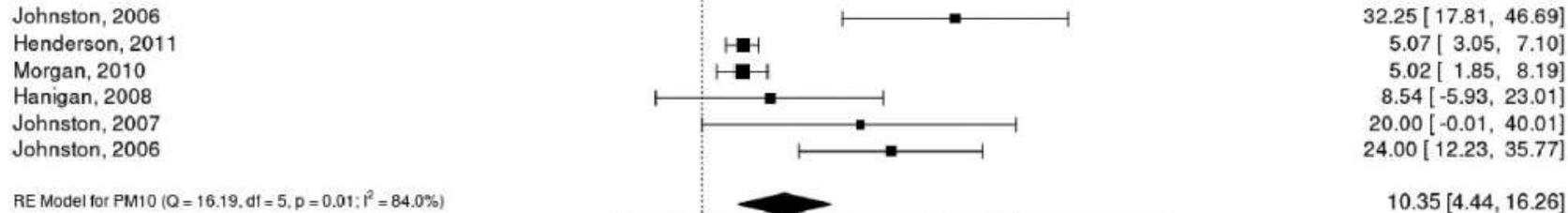


PM_{2.5} (10 μm³)



RE Model for PM_{2.5} (Q = 55.25, df = 12, p = 0.00; I² = 82.4%)

PM₁₀ (10 μm³)



RE Model for PM₁₀ (Q = 16.19, df = 5, p = 0.01; I² = 84.0%)

-10 0 10 20 30 40 60
% change



A systematic review on solid fuel combustion health in adults in Europe, USA, Canada

Valentina Guercio^{a,*}, Artemis Doutsis^a, Karen S. E

^a Air Quality and Public Health Group, Environmental Hazards and Emergencies Department, United Kingdom

^b Department of Health Sciences, University of

**Innenraum
Luftschadstoffe aus
Verbrennungen**

ARTICLE INFO

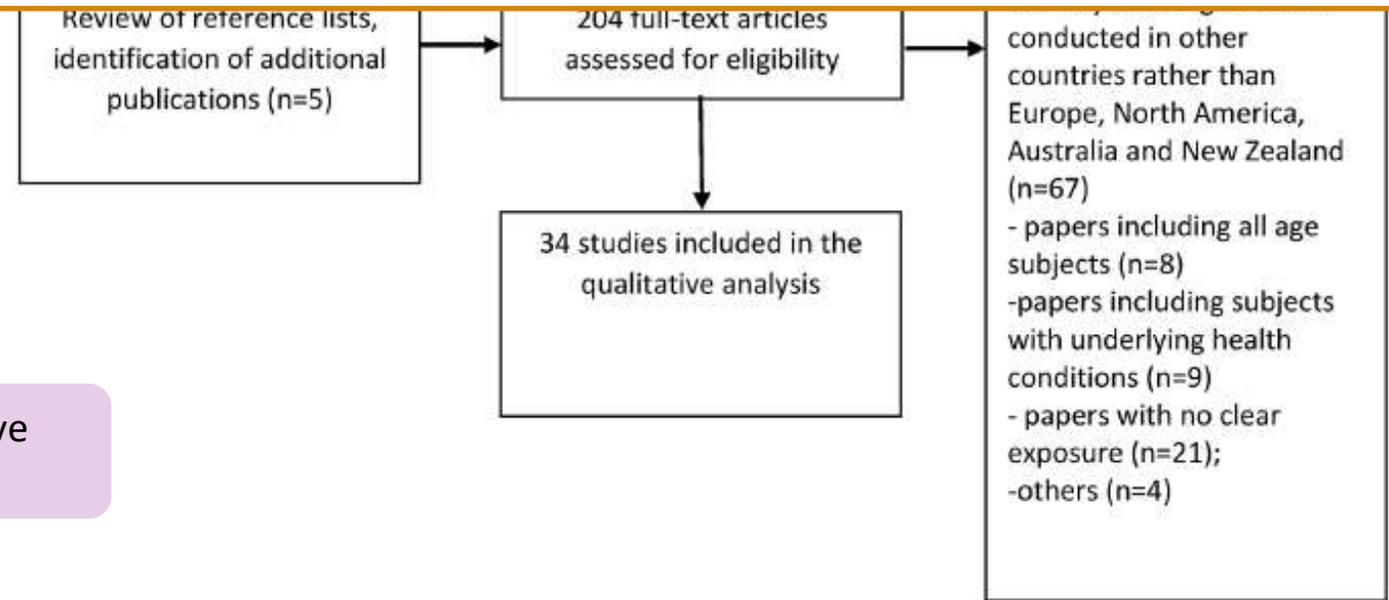
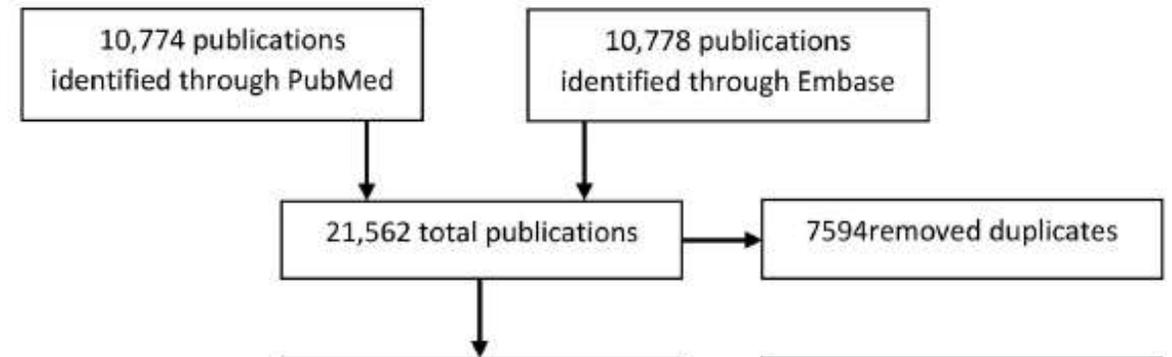
Keywords:
Solid fuels

Epidemiological studies
between solid fuel burni

Lungenkrebs

Chronische obstruktive
Lungenerkrankung

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat in ihrer Monographie von 2010 festgestellt, dass Emissionen aus der Verbrennung von Biomassebrennstoffen, insbesondere Holz, in Innenräumen wahrscheinlich krebserregend für den Menschen sind (2A).



Regulierung der Holzverbrennung in Privathaushalten zur Verringerung der Feinstaubkonzentration

Periodic Wood Burning Curtailments

RULE 4901 WOOD BURNING FIREPLACES AND **Einführung des Verbots im Jahr 2003**
July 15, 1993; Amended July 17, 2003, Amended October 16, 2008, Amended
September 18, 2014; Amended June 20, 2019; Amended May 18, 2023)

1.0 Purpose

The purpose of this rule is to limit emissions of carbon monoxide and particulate matter from wood burning fireplaces, wood burning heaters, and outdoor wood burning devices.

Abnahme der Tage mit schlechter Luftqualität von 35 auf 12

Abnahme der Feinstaubkonzentration um $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (von $30,8$ auf $26,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Abnahme der Krankenhauseinweisungen bei Herz-Kreislauferkrankungen pro 1.000 von 152,2 auf 81,1 Fälle bei über 65 Jährigen



Luftschadstoffen aus Kleinfeuerungsanlagen

Stickoxide

Methan

Ruß /
Schwarzer Kohlenstoff

Schwefeldioxid

Kohlenstoffmonoxid

Kohlenstoffdioxid

Feinstaub

Polyzyklische aromatische
Kohlenwasserstoffe - PAK

Schwermetalle

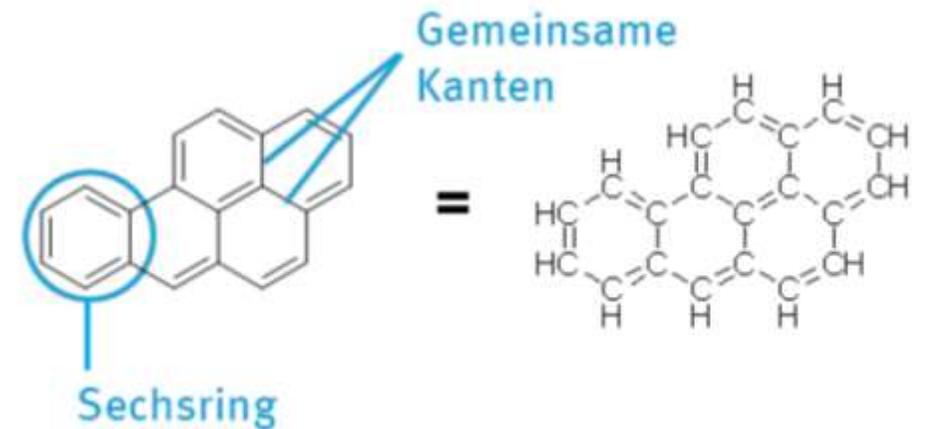
Flüchtige organische
Verbindungen

Aber welche sind die
relevanten für die
Gesundheit?



Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAK

- Stoffgruppe aus geschätzt 10.000 Verbindungen - treten immer als variable Gemische auf
- binden stark an Ruß-, Boden- oder Staubpartikel
- entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material wie Holz, Kohle oder Öl
 - Naturprozesse, wie Waldbrände oder Vulkanausbrüche
 - Menschengemacht, wie Kleinf Feuerungsanlagen, industriell Prozessen, Feuerstellen oder Tabakrauch
 - Raffinerie- und Kokerei-Produkten
- (Gesundheitliche) Wirkung
 - Krebserregend
 - Erbgutverändernd
 - Fortpflanzungsgefährdend
 - Toxisch
 - Persistent und bioakkumulierend

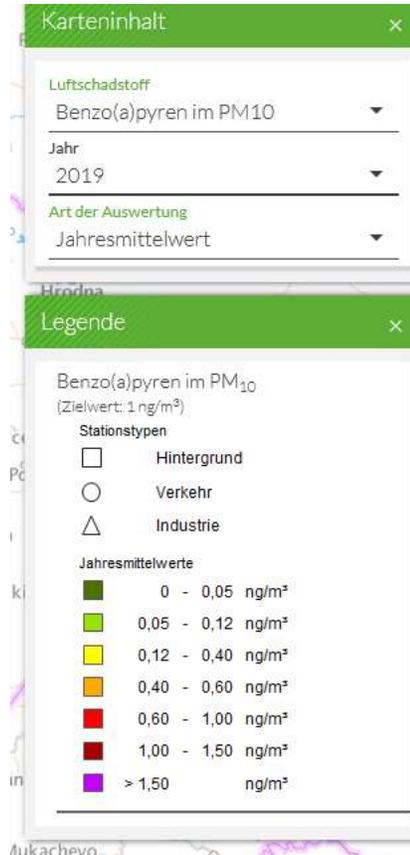
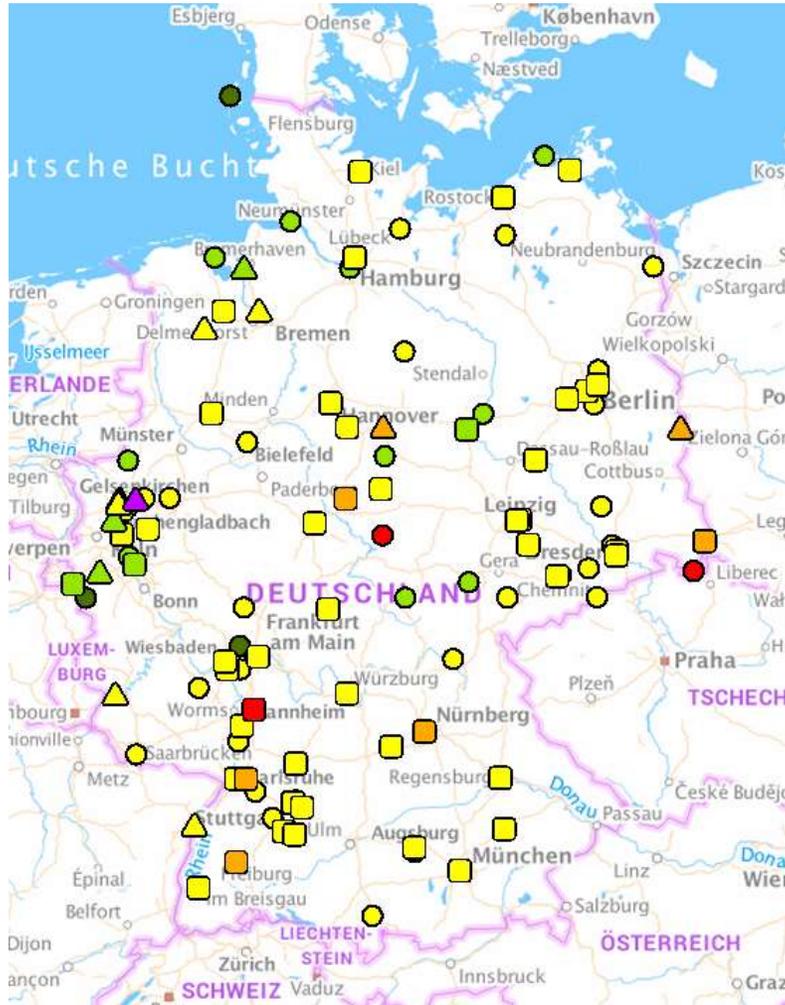


Leitsubstanz - Benzo[a]pyren

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe – PAK Beispiele

Name (CAS-Nr.)	Schmelzpunkt in °C	Siedepunkt in °C	Chemische Summenformel	Gefahrenkennzeichnung	Gefahrensymbol
Benzo[a]pyren (50-32-8)	175	495	$C_{20}H_{12}$	Gefahr: Kann Krebs erzeugen, genetische Defekte verursachen, die Fruchtbarkeit beeinträchtigen, und das Kind im Mutterleib schädigen, sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung	
Benzo[e]pyren (192-97-2)	178	493	$C_{20}H_{12}$	Gefahr: Kann Krebs erzeugen, Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung	
Chrysen (218-01-9)	255	448	$C_{18}H_{12}$	Gefahr: Kann Krebs erzeugen, vermutlich genetische Defekte verursachen, Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung	
Dibenz[a,h]anthracen (53-70-3)	267	524	$C_{22}H_{14}$	Gefahr: Kann Krebs erzeugen, Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung	
Naphthalin (91-20-3)	80.5	218	$C_{10}H_8$	Achtung: Kann vermutlich Krebs erzeugen, Gesundheitsschädlich bei Verschlucken, Sehr giftig für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung	

Benzo(a)pyren im Feinstaub 2019 – Jahresmittelwerte



86 % aus der Holzverbrennung in Kleinf Feuerungsanlagen

Zielwert: 1,0 ng/m³
(bald wahrscheinlich ein Grenzwert)

Aber: Messstationen stehen nicht in Wohngebieten

Zwischenfazit

- Holzverbrennungen in Kaminöfen führen zum Ausstoß von unterschiedlichen Luftschadstoffen
 - Diese sind größtenteils gesundheitsschädlich
- Eine Reduktion der Luftschadstoffe hat positive Effekte auf die Gesundheit
- Am besten: keine Holzverbrennung = keine Luftschadstoffe aus dieser Quelle
- Zweitbeste: möglichst gute/ vollständige Verbrennung herstellen um Luftschadstoffe zu reduzieren
 - Kaminöfenbetreiberinnen und -betreiber sind hier gefragt



Schulungsmaterial zum richtigen Heizen mit Holz

Ziele des Projekts:

- Konzept für den Rollout des Schulungsprogramms
- Erstellung der Schulungsmaterialien
- Messtechnische Überprüfung der Emissionsminderung in der Testschulung

Ca. 140 Schulungsfolien für 6 Stunden Schulung

- Gesetzliche Grundlagen
- Grundlagen des Verbrennungsprozess
- Auswahl und Betrieb eines Ofens
- Brennstoffauswahl (was zu beachten ist)

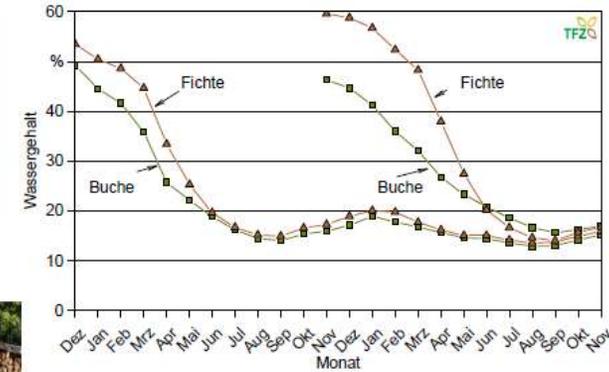
Interaktive Aufbereitung und Darstellung

- Quizaufgaben vorhanden
- Praxisbeispiele vorhanden (z.B. Feuchtegehalt von Holz bestimmen)
- Kurzvideos/ Animationen enthalten
- Hilfreiche Alltagstipps (z.B. wie kann ich Energie einsparen)

Schulungsmaterial: Geeignete Brennstoffe im Kaminofen

Scheitholz:

- Herkunft und Erwerb
- Lagerung
- Umrechnungsfaktoren
- Wassergehalt
- Scheitgröße



Holzbricketts:

- Labels und Qualität
- Lagerung



Zum Zünden:

- Dünne Holzstäbe,
- wachstränkte Holzwolle



Der Betrieb des Kaminofens – Nachlegen – Falsche Lufteinstellung

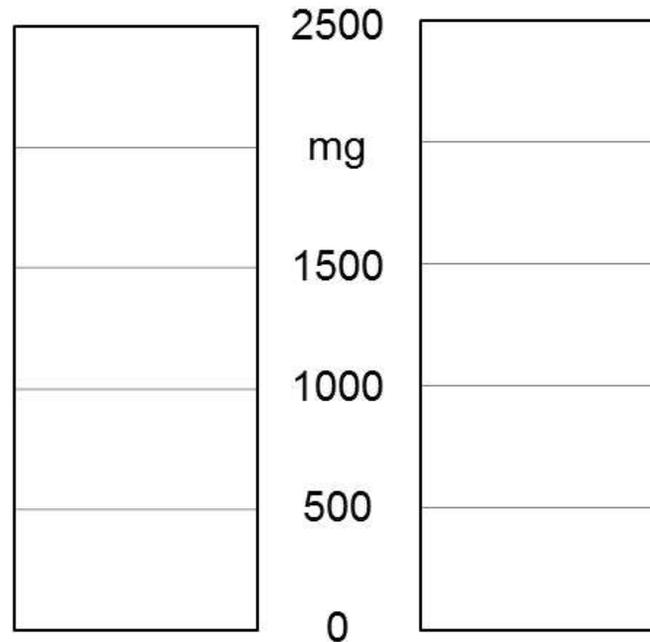
Optimale Lufteinstellung

Primärluft geschlossen



- Primärluft nach dem ersten Abbrand geschlossen
- ruhiger, gleichmäßiger Abbrand bei optimaler Gasverweilzeit
- **geringer Staubausstoß**

Staubausstoß



Falsche Lufteinstellung

Primärluft offen



- Primärluft nach dem ersten Abbrand weiterhin offen
- sehr heißer, kurzer Abbrand mit erhöhtem Brennstoffumsatz (geringe Gasverweilzeit)
- **hoher Staubausstoß**

Video: TFZ

Messungen: Rahmenbedingungen am DBI in Freiberg

- 2 Kaminöfen (Ofen A preisgünstig, Ofen B preisintensiv)
- Prüfung unter Naturzugbedingungen wie beim Blauen Engel (DE ZU 212) an 4 m langer Messstrecke
- Erfassung von CO, Org. C, Gesamtstaub, aber auch Partikelanzahl und PAK
- 6 zufällig ausgewählte Probanden, die den Ofen so betreiben sollten, wie sie es daheim machen würden (4 von 6 besitzen einen Ofen)
- Jeweils 1 x Anzünden + 3 x Nachlegen durch Proband
- Brennstoff und Anzündhilfen wurden 6 Probanden zur Verfügung gestellt
- Bedienungsanleitung war verfügbar (nur ein Proband hat sie verwendet)



Brennstoffauflage und Abbrand vor und nach der Schulung

Abbrand vor der Schulung



Auswahl an Brennstoffauflagen beim Zünden & Nachlegen - Kaminofen A

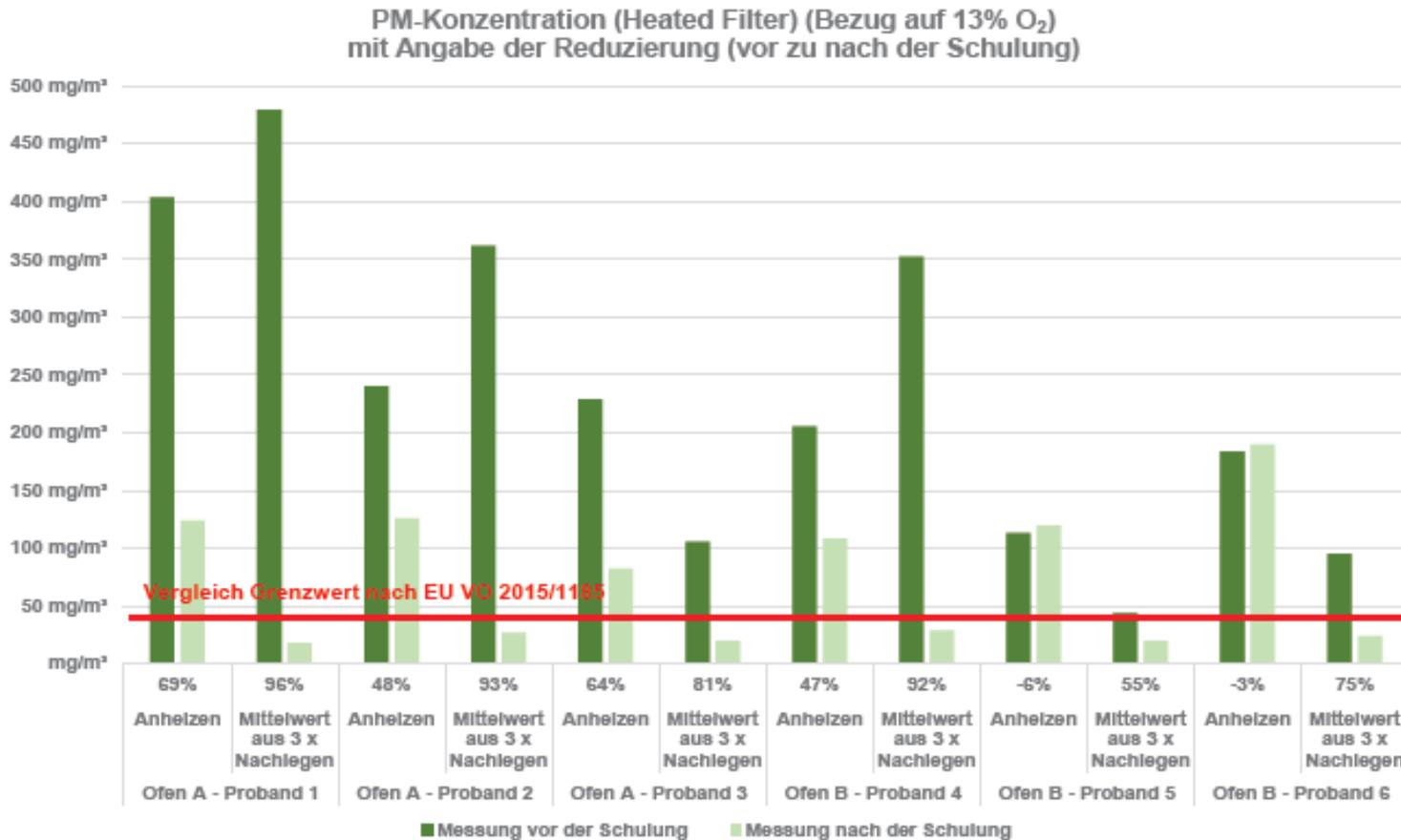
Abbrand nach der Schulung



Auswahl an Brennstoffauflagen beim Zünden & Nachlegen - Kaminofen A

Messung der Staubemissionen

5 Messergebnisse aus den Feuerungen vor und nach der Schulung

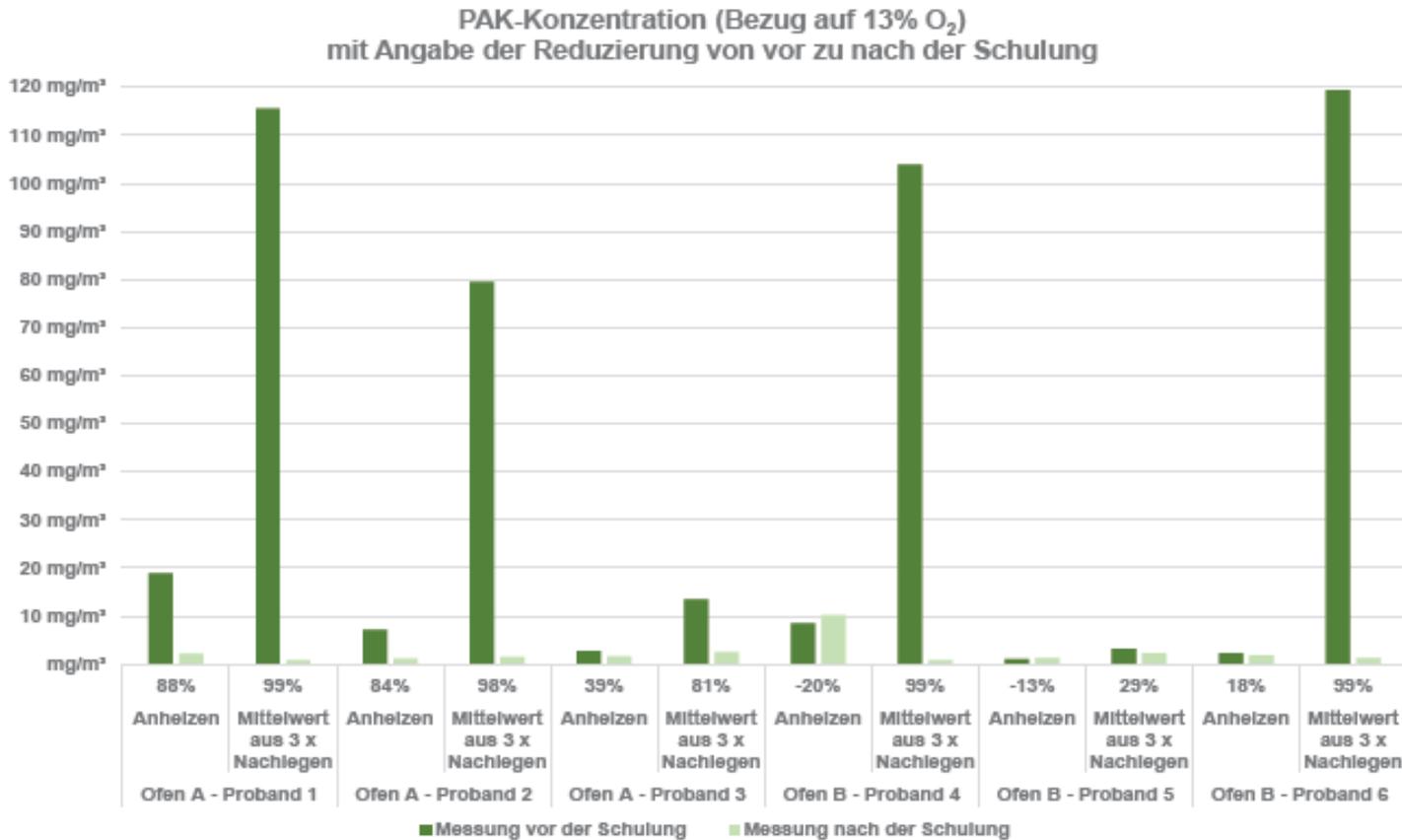


- Sehr hohe PM-Konz. vor der Schulung hauptsächlich durch hohen Primärluftanteil und Luftmangel / unvollst. Verbrennung
- Nach der Schulung wurden durchgängig beim Nachlegen durch bestimmungsgemäßen Betrieb (keine bzw. nur geringfügige Primärluftzufuhr) PM-Konz. unter 40 mg/m³ (bei 13% O₂) gemessen

→ Minderung der Staubemissionen um ca. 70 % nach der Schulung

Messung der PAK Emissionen

5 Messergebnisse aus den Feuerungen vor und nach der Schulung

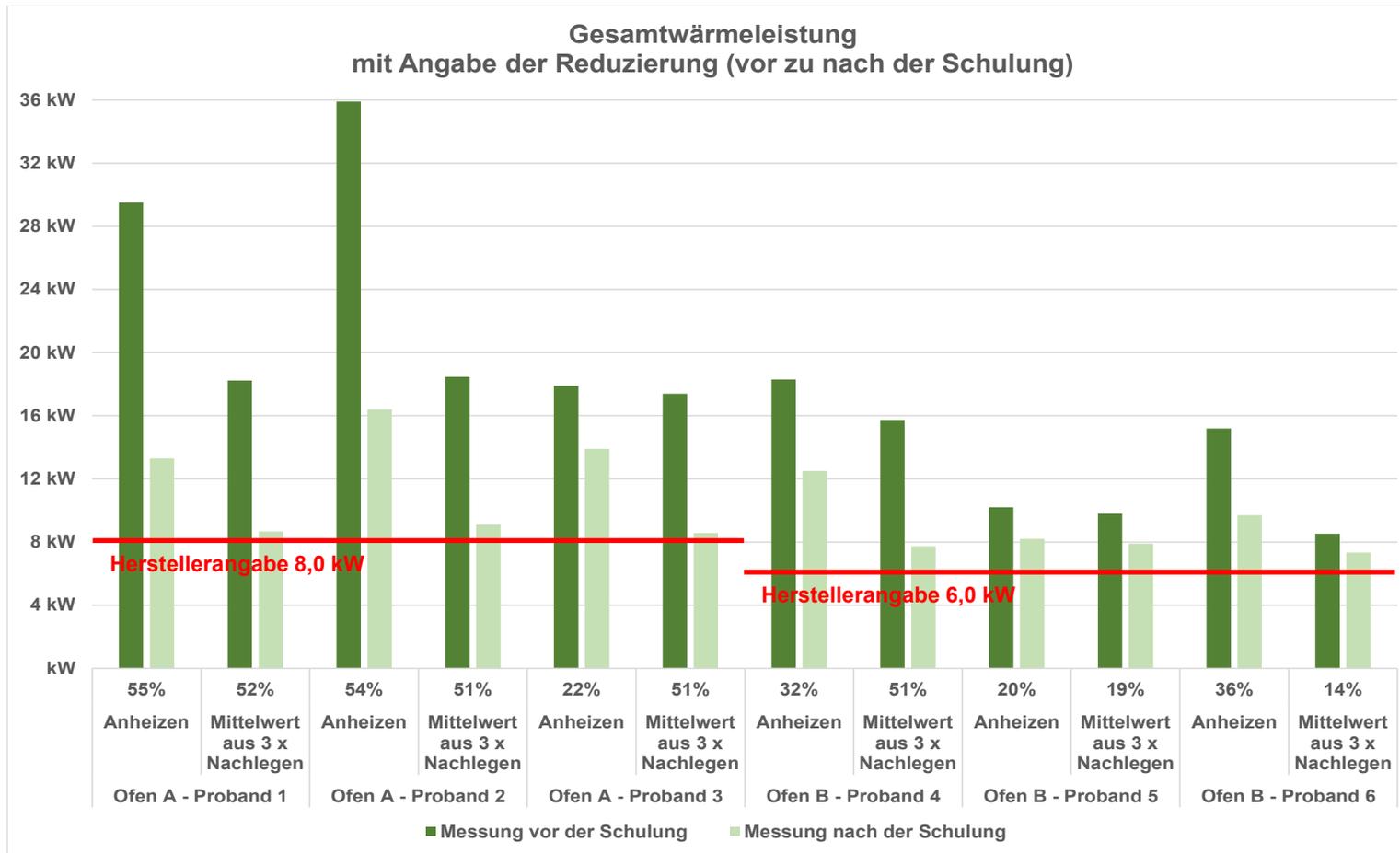


- PAK's = polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe = besonders gesundheits-schädigend
- PAK's entstehen u.a. bei Verbrennungsvorgängen bei unvollst. Verbrennung – hier v.a. bei Überlast der Feuerstätte / Luftmangel
- Mit Schulung konnte durch den bestimmungsgemäßen Betrieb bei fast allen Abbränden die PAK-Emission deutlich reduziert werden

DBI
Gruppe

→ Minderung der PAK- Emissionen um mehr als 90 % nach der Schulung

Wärmeleistung



Schulung bewirkt neben einer Verringerung der Wärmeleistung:

- eine Verlängerung der Abbrandzeiten
 - einer Verringerung der Abgastemperatur
- Dies führt zu eine Zunahme der Effizienz

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Christian Liesegang

christian.liesegang@uba.de

Myriam Tobollik

myriam.tobollik@uba.de

www.uba.de

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/heizen-holz>

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriebereiche/feuerungsanlagen/kleinfeuerungsanlagen#gesetzliche-grundlagen-die-1-bundesimmissionsschutzverordnung>



Jahre
Umweltbundesamt
1974–2024

Quellen

Bundesverband des Schornsteinfegerhandwerks – Zentralinnungsverband (ZIV) (2022): Erhebungen des Schornsteinfegerhandwerks. Link: <https://www.schornsteinfeger.de/erhebungen.aspx>

Guercio V, Doutsis A, Exley KS. A systematic review on solid fuel combustion exposure and respiratory health in adults in Europe, USA, Canada, Australia and New Zealand. *Int J Hyg Environ Health*. 2022 Apr;241:113926. doi: 10.1016/j.ijheh.2022.113926. Epub 2022 Feb 8. PMID: 35149281. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463922000098?via%3Dihub>

Karanasiou A, Alastuey A, Amato F, Renzi M, Stafoggia M, Tobias A, Reche C, Forastiere F, Gumy S, Mudu P, Querol X. Short-term health effects from outdoor exposure to biomass burning emissions: A review. *Sci Total Environ*. 2021 Aug 10;781:146739. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146739. Epub 2021 Mar 26. PMID: 33798874. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00489697210180766>

Sigsgaard T, Forsberg B, Annesi-Maesano I, Blomberg A, Bølling A, Boman C, Bønløkke J, Brauer M, Bruce N, Héroux ME, Hirvonen MR, Kelly F, Künzli N, Lundbäck B, Moshhammer H, Noonan C, Pagels J, Sallsten G, Sculier JP, Brunekreef B. Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. *Eur Respir J*. 2015 Dec;46(6):1577-88. doi: 10.1183/13993003.01865-2014. Epub 2015 Sep 24. PMID: 26405285. <https://erj.ersjournals.com/content/46/6/1577.long>

UBA (2023): Heizen mit Holz. Ein Ratgeber zum richtigen und emissionsarmen Heizen mit Holz. UBA: Dessau-Roßlau <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/heizen-holz>

UBA (2016): Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe. Umweltschädlich! Giftig! Unvermeidbar? Hintergrund. UBA: Dessau-Roßlau <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/polyzyklische-aromatische-kohlenwasserstoffe>

Yap PS, Garcia C. Effectiveness of residential wood-burning regulation on decreasing particulate matter levels and hospitalizations in the San Joaquin Valley Air Basin. *Am J Public Health*. 2015 Apr;105(4):772-8. doi: 10.2105/AJPH.2014.302360. Epub 2015 Feb 25. PMID: 25713937; PMCID: PMC4358186. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4358186/>