

Hamburg

24. Mai 2023

FSP-EES / Doktorand*innen-Seminar

Aluminiumsilikat-basierte Brennstoffadditivierung als primäre Emissionsminderungsmaßnahme bei der Verbrennung von Holzhackschnitzeln

Christian Gollmer





„Zehntausende Menschen in Deutschland sterben jährlich wegen hoher Feinstaubbelastungen.“^[1]



Heizen mit Holz: Umweltbundesamt rät davon ab

„Das Heizen mit Holz ist in Deutschland und ganz Europa eine der Hauptquellen von Feinstaub und Ruß.“^[2]



Heizen mit Holz: Ein Problem für Gesundheit und Klima



Heizen mit Holz schadet Gesundheit und Umwelt

„Viele Haushalte wollen [...] verstärkt mit Holz heizen. Doch Experten warnen vor schädlichen Folgen für Gesundheit, Klima und Umwelt.“^[3]



Holzheizungen verschmutzen die Luft

„[...] das Heizen mit Holz gerät in Verruf. Das trifft nicht nur das Feuer im Kamin, sondern auch Pelletöfen und andere Feuerungsarten.“^[4]

[1] <https://www.zdf.de/nachrichten/politik/heizen-holz-umweltbundesamt-100.html> [2] <https://www.duh.de/holzfeuerung/> [3] <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/immobilien-heizen-mit-holz-schadet-gesundheit-und-umwelt-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-220926-99-899650> [4] <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/feinstaub-debatte-holzheizungen-verschmutzen-die-luft-16160369.html>



1. Hintergrund

Feinstaubemissionen aus Holzverbrennung, Brennstoffadditivierung & Status quo

Vollständige Holzverbrennung

Aluminiumsilikat-basierte Brennstoffadditivierung

(Anorganische) Feinstaubemissionen
(bspw. 69 % K_2SO_4 & 24 % KCl)^[5]

Partikelwachstum

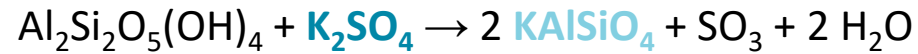
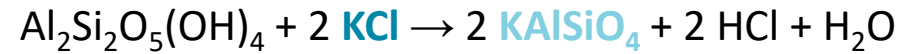
Nukleation

KOH, KCl, K_2SO_4
(flüchtige, gasförmige Verbindungen)

Kalium (K)
(anorganischer Holzbestandteil)



hochtemperaturstabile Ascheverbindungen



Kaolinit/Kaolin
($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)



Status quo: Brennstoffadditivierung von Holzpellets

Sägemehl



Kaolinit/
Kaolin



Pelletpresse



Additivierte Pellets

[5] Johansson et al. (2003) [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00036-9](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00036-9)



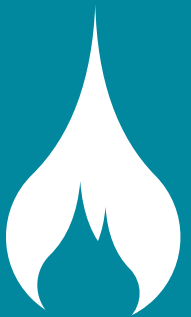
2. Zielstellung

Untersuchung der Übertragbarkeit der Brennstoffadditivierung auf Holz hackschnitzel



Labortechnische Untersuchungen

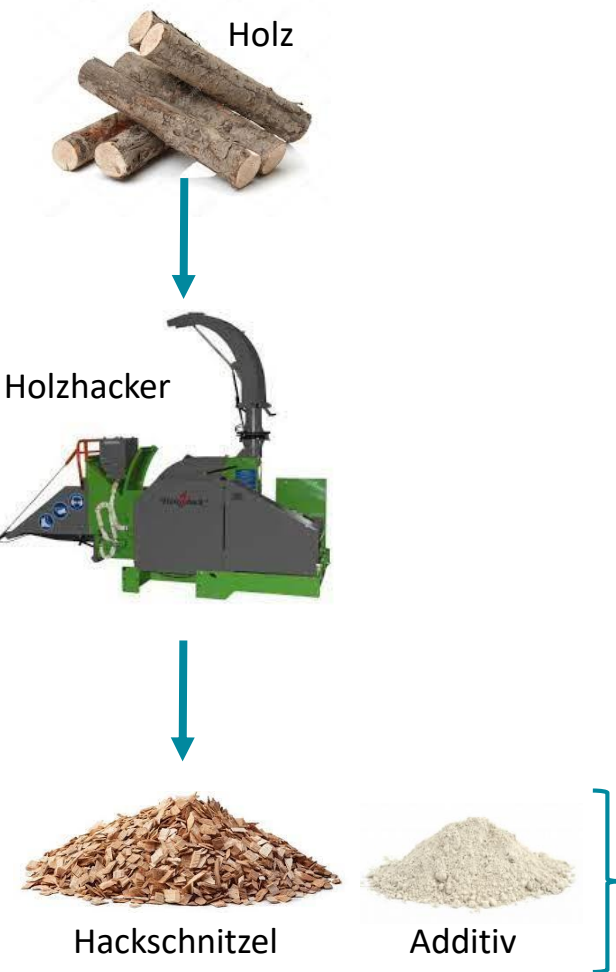
- Einfluss der Menge und Partikelgrößenverteilung von Kaolin auf die potenzielle Minderung der Feinstaubemissionen bei der Additivierung von Holz hackschnitzeln.^[6]
- Einfluss unterschiedlicher Additive auf die potenzielle Minderung der Feinstaubemissionen bei der Additivierung von Holz hackschnitzeln.^{[7][8]}



Technikumsmessreihen

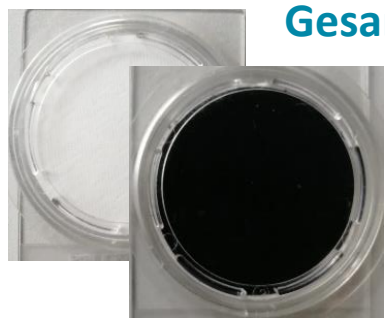
- Einfluss der Menge von Kaolin auf die Emissionen bei der Verbrennung von Holz hackschnitzeln in einer Kleinf Feuerungsanlage.
- Einfluss der Partikelgrößenverteilung von Kaolin auf die Emissionen bei der Verbrennung von Holz hackschnitzeln in einer Kleinf Feuerungsanlage.^[9]
- Einfluss verschiedener Additive auf die Emissionen bei der Verbrennung von Holz hackschnitzeln in einer Kleinf Feuerungsanlage.

Brennstoffadditivierung



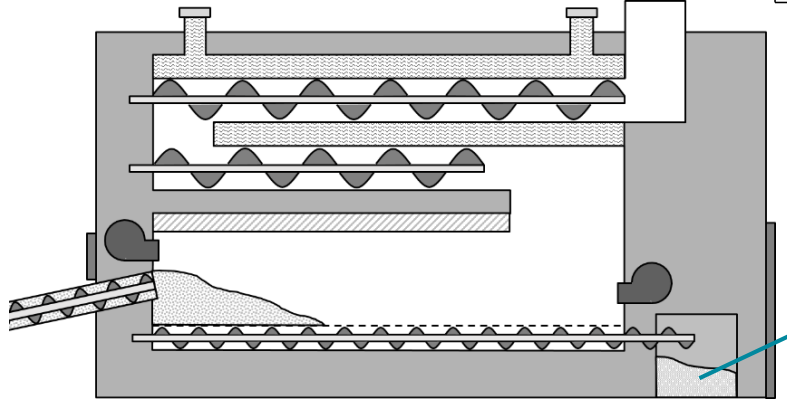
Verbrennungsversuche

gravimetrische Bestimmung gemäß VDI 2066;
chemische Zusammensetzung (AAS, IC)

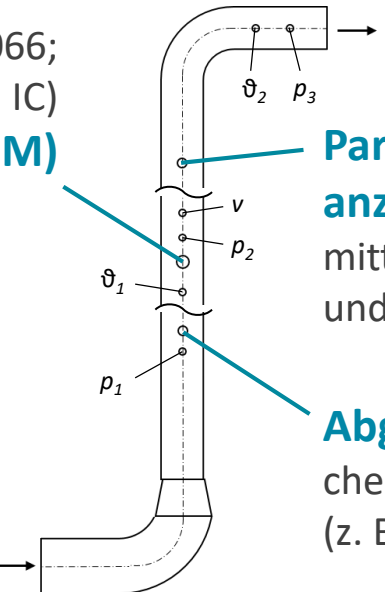


Gesamtstaub (tPM)

z. B. KCl, K2SO4

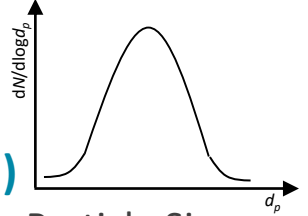


Kleinfeuerungsanlage (33 kW_{th})



Partikelgrößenanzahlverteilung (PM)

mittels Scanning Mobility Particle Sizer und Optical Particle Sizer



Abgas

chemische Zusammensetzung (z. B. CO, CO2, O2, NOx)

Feuerraumasche

chemische Zusammensetzung (AAS, IC); kristalline Phasenanalyse (XRD)



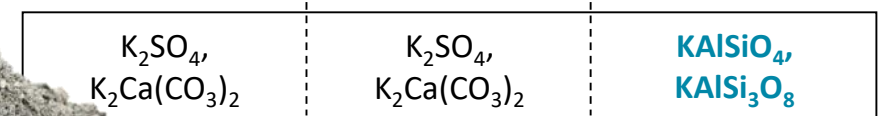
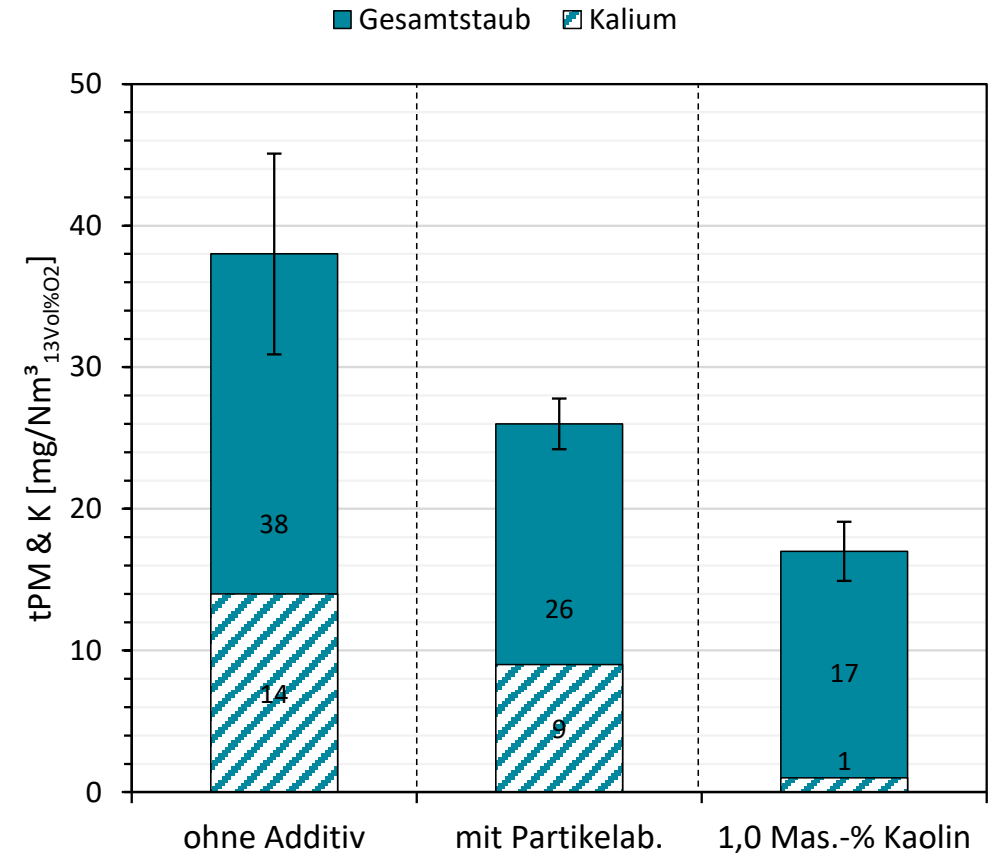
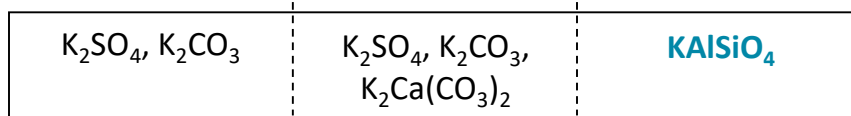
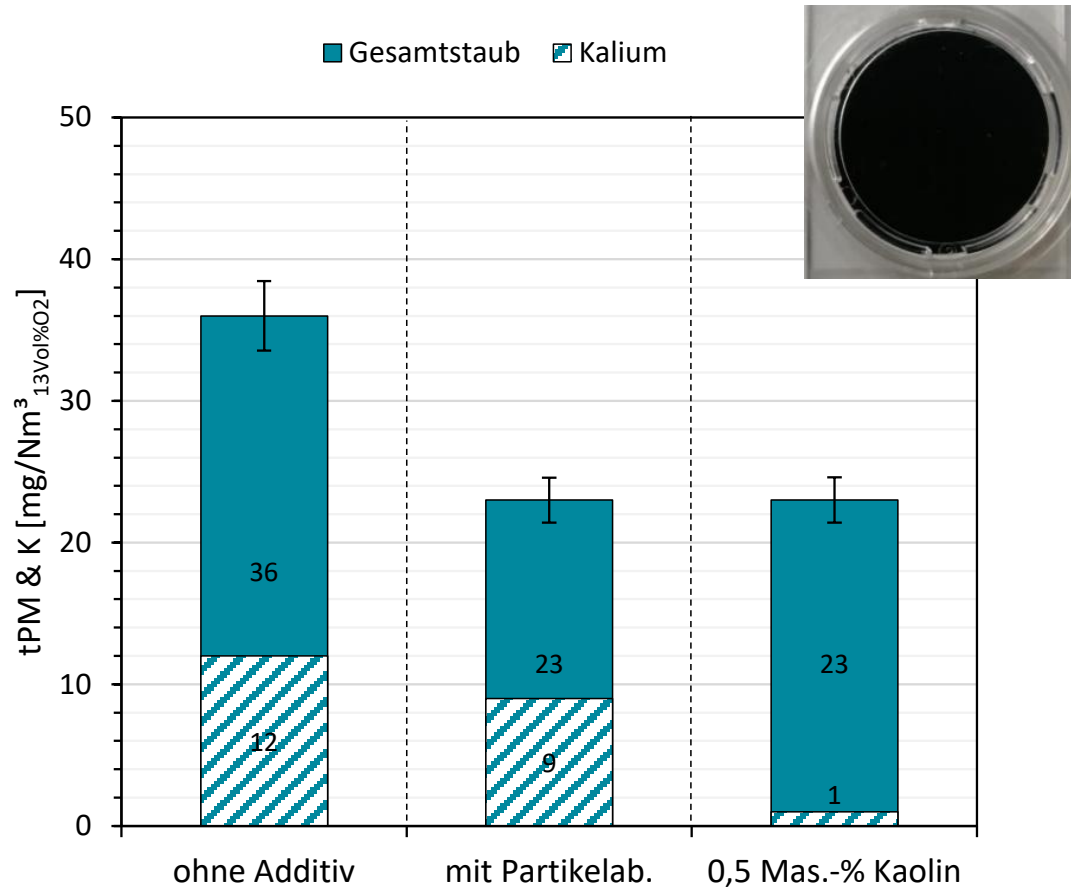


4. Ergebnisse

Gesamtstaub- und Kaliumemissionen

gravimetrische Bestimmung & chemische Zusammensetzung

kristalline Phasenanalyse



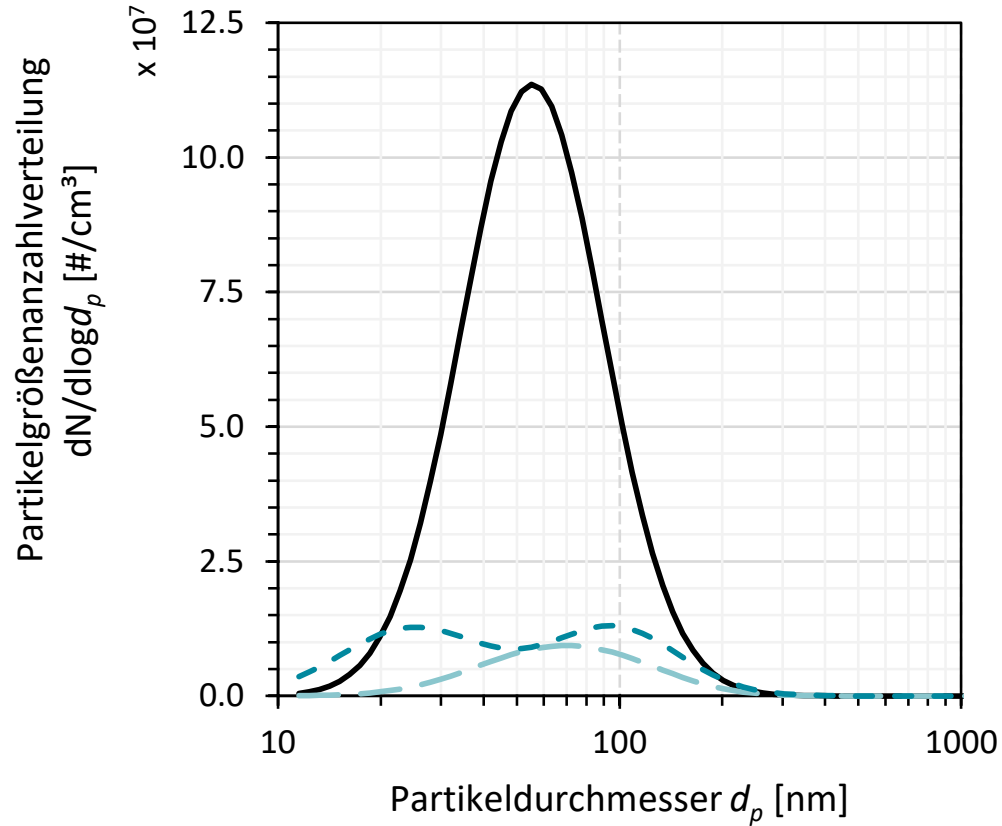


4. Ergebnisse

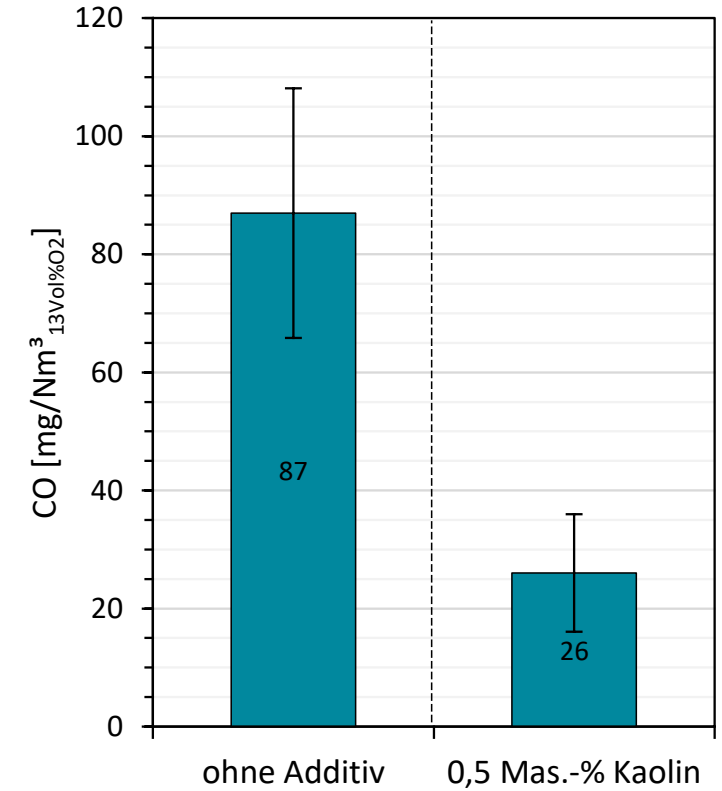
Partikelgrößenanzahlverteilung & Kohlenstoffmonoxidemissionen

— ohne Additiv — mit Partikelab. - - - 0,5 Mas.-% Kaolin

Partikelgrößenanzahlverteilung
mittels SMPS & OPS



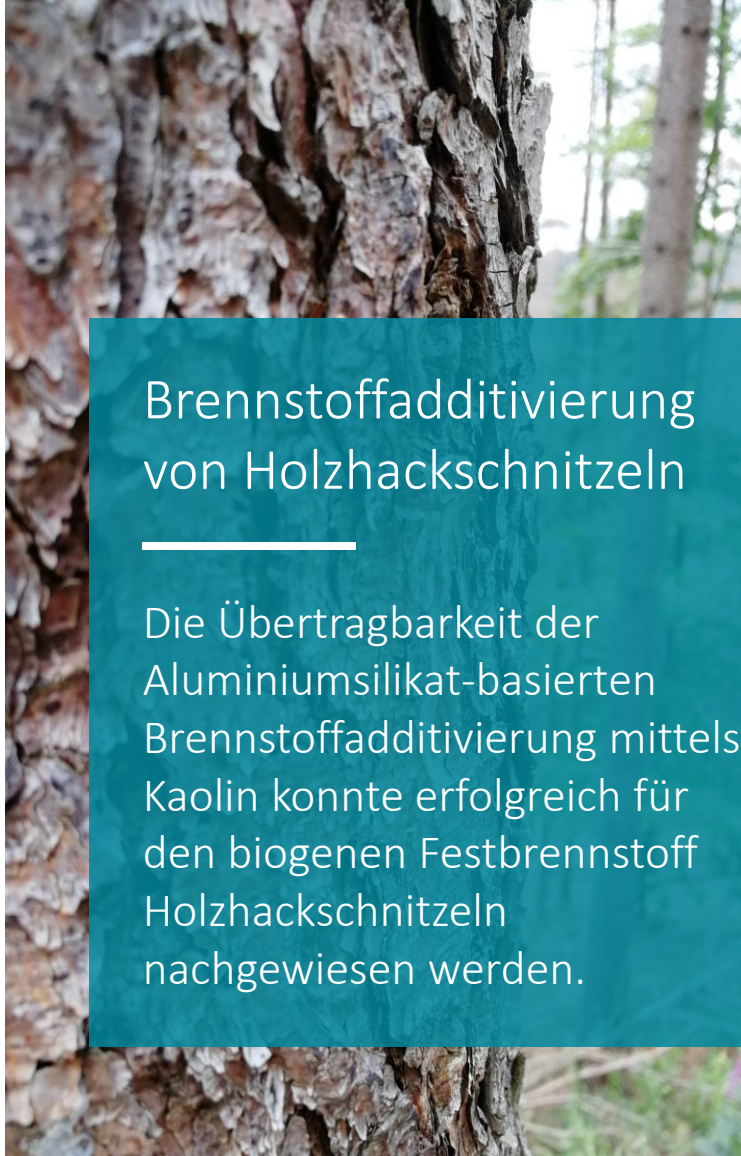
chemische Abgaszusammensetzung (Kohlenstoffmonoxid)





5. Zusammenfassung

Untersuchung der Übertragbarkeit der Brennstoffadditivierung auf Holzhackschnitzel



Brennstoffadditivierung von Holzhackschnitzeln

Die Übertragbarkeit der Aluminiumsilikat-basierten Brennstoffadditivierung mittels Kaolin konnte erfolgreich für den biogenen Festbrennstoff Holzhackschnitzeln nachgewiesen werden.

1

Gesamtstaub. Durch die Aluminiumsilikat-basierte Brennstoffadditivierung lassen sich gegenüber einem herkömmlichen elektrostatischen Partikelabscheider vergleichbare (-36 %) bzw. sogar deutlichere (-55 %) Minderungen der tPM-Emissionen erreichen.

2

Partikelgrößenanzahlverteilung. Die primäre Minderungsmaßnahme der Brennstoffadditivierung und die sekundäre Minderungsmaßnahme in Form des elektrostatischen Partikelabscheiders wirken sich unterschiedlich auf die größenspezifische Zusammensetzung der Staubemissionen aus.

3

Kohlenstoffmonoxid. Anders als durch den elektrostatischen Partikelabscheider lässt sich durch die Aluminiumsilikat-basierte Brennstoffadditivierung auch eine deutliche Minderung der CO-Emissionen (-70 %) erreichen.

The image shows the main facade of the TUHH building, a large red brick structure with a central arched entrance and multiple windows. A modern glass and metal structure is visible on the right side. A teal banner is overlaid on the left side of the image.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Fragen und Diskussion

Christian Gollmer

Technische Universität Hamburg (TUHH)

Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE)

Eißendorfer Str. 40, D-21073 Hamburg

+49 40 42878 3319 | christian.gollmer@tuhh.de | www.tuhh.de/iue